

182
2



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

“ESTADO ACTUAL DEL CULTIVO EN EL MUNDO Y EL
POTENCIAL ACUICOLA EN MEXICO DE LA
LANGOSTA DE AGUA DULCE DE QUELAS ROJAS
CHERAX QUADRICARINATUS (VON MARTENS
1868)”

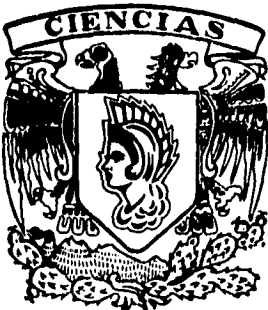
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

LAUREANO ENRIQUE VILLARREAL DELGADO



MEXICO, D. F.

AGOSTO DE 1995

FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: "Estado actual del cultivo en el mundo y el potencial acuícola en México de la langosta de agua dulce de guelas rojas *Cherax quadricarinatus* (Von Martens 1868)"

realizado por Laureano Enrique Villarreal Delgado

con número de cuenta 7485252-5 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario Dr. José Luis Arredondo Figueroa

Propietario Dr. César Flores Coto

Propietario M. en C. Graciela de Lara Icaasi

Suplente M. en C. Faustino Zavala García

Suplente M. en C. Arturo Sánchez Iturbe

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Alejandro Martínez Mena
COORDINADOR GENERAL
DE BIOLOGIA

PARA TODOS LOS MEXICANOS, EN ESPECIAL PARA LOS UNIVERSITARIOS:

"Es importante recordar que toda la energía empleada en luchar con nosotros mismos y los demás, divide y disemina la energía que podríamos aprovechar para el descubrimiento y la creatividad. Después de todo, al terminar la lucha, debemos volver a la mesa de negociaciones. Somos capaces de hallar medios más sencillos y eficaces para resolver los conflictos; podremos beneficiarnos de ellos, en vez de destruirnos".

Virginia Satir.

DEDICATORIA

A Rosa María, mi esposa, por su amor, comprensión y apoyo insustituibles, ingredientes vitales sin los cuales ésta etapa fundamental de mi vida habría quedado sin concluir.

A Olivia Elisa y Alma Lucía, por ser tan lindas hijas y uno de los motivos principales de mi vida.

A mi padre, Sr. Oscar Villarreal de la Cerda (*) y a mis hermanos Oscar, Irma y Rosa Carmen, cuyo ánimo, enseñanzas y recuerdos en la distancia me han impulsado a prepararme casi todos los días.

A mi madre, Sra. Esther Delgado Padilla y a mi hermano Jesús Jacobo (q.e.p.d.), quienes en vida me dieron invaluable enseñanzas y consejos únicos; con mucho cariño los recuerdo y extrañaré siempre.

A mis queridos suegros, Sr. Manuel Castillo Blanco y Sra. Margarita Domínguez, por ser tan finas personas; ¡gracias por toda la ayuda que me han brindado!

A mis cuñados, en ésta Ciudad, Martha, Victor, Carlos, José Luis y en mi tierra natal Coahuila, a María Teresa y Teóduo Carlos; para mí es un honor tener de aliados y amigos a tan bellas personas.

A todos los compañeros de la PExPA, presentes y ausentes, y a todas aquellas personas que me han brindado su fina amistad en la UAM-I, UAM-X e Institutos de la UNAM.

(*) "...si lees tan sólo una página de un libro cada día, a la vuelta de un año habrás estudiado al menos 365 páginas..."

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Luis Arredondo Figueroa, quien siempre me ha transmitido valores como su amistad, guía, entusiasmo, capacidad y optimismo a toda prueba. Él ha hecho posible lo que muchos consideraban inalcanzable, por eso me considero muy afortunado de ser parte de su equipo de trabajo.

Al M. en C. Faustino Zavala García, más que por sus excelentes revisión crítica y sugerencias sobre el manuscrito, por su amistad de toda la vida que nos ha permitido compartir muchas ideas para afrontar los retos que surgen cotidianamente en el ejercicio de las ciencias biológicas.

Al Dr. César Flores Coto, por el impulso y motivación oportunas que me brindó para concluir este trabajo, dejando un espacio entre sus múltiples actividades científicas y académicas.

A la M. en C. Graciela de Lara Isassi, quien siendo mi maestra de biología general me ayudó a iniciar este camino, apoyandome ahora para concluirlo; ¡gracias!

Al M. en C. Arturo Sánchez Iturbe, por su apoyo, buen ánimo, magníficas revisión crítica y sugerencias para ésta tesis.

Al Hidrobiólogo Abelardo Inclán Sánchez, por su solidario sentido del trabajo de equipo durante el desarrollo de los proyectos iniciales, en el marco de los Convenios de la UAM con el CONACYT y la SEPESCA; éstas Instituciones también merecen mi más sentido reconocimiento y gratitud.

Debo reconocer que no ha sido menos importante la ayuda directa e indirecta, así como la comprensión de mis compañeros de labores:

Biól. Ricardo Campos Verduzco, por sus consejos y amistad invaluable.

Biól. Rodolfo Valdivia Soto, por su ayuda en el montaje de algunas buenas ideas para la Planta.

Biól. Laura Hernández Lastiri, por su profesionalismo y ayuda en el Proyecto de Zeolitas.

Téc. Acuícola Juana L. Sánchez Figueroa, por su incansable y hábil labor de apoyo en la Planta.

Dr. Héctor Garduño Argueta, por su amistad, comprensión y apoyo desinteresados.

M. en C. Patricia Sánchez Rueda, por su ejemplo de fortaleza y entusiasmo sin barreras.

Dra. Ana Laura Ibáñez, por su ayuda al permitirme usar el equipo de cómputo.

P. de M. en C. Norma Hernández Soto, por su amistad y siempre grata sonrisa.

P. de M. en C. Guadalupe Tenorio Colín, por su ayuda para la adquisición de equipos en la Planta.

P. de Dra. Irma Vargas Maldonado, por su ejemplo de lucha, tenacidad y búsqueda incansables.

El número de personas a quienes manifiesto mi agradecimiento es grande, no obstante podría haber omitido involuntariamente a algunas, por esto les ofrezco una disculpa anticipada, reconociendo siempre su importancia individual en el trabajo de equipo.

INDICE

RESUMEN.....	2
JUSTIFICACION.....	3
I. INTRODUCCIÓN.....	4
OBJETIVOS.....	13
II. PERFIL BIOLÓGICO DE <i>CHERAX QUADRICARINATUS</i>.....	14
2.1 TAXONOMÍA.....	14
2.2 DISTRIBUCIÓN.....	14
2.3 CONDICIONES AMBIENTALES.....	15
2.4 DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA.....	16
2.5 RELACIONES TRÓFICAS.....	17
2.6 DESARROLLO Y CRECIMIENTO.....	19
2.6.1 Ciclo de vida.....	19
2.6.2 Desarrollo embrionario.....	19
2.6.3 Desarrollo larval.....	21
2.6.4 Desarrollo de juveniles.....	22
2.7 RÉGIMEN ALIMENTARIO.....	22
2.7.1 Uso de apéndices durante la alimentación.....	22
2.7.2 Hábitos alimentarios.....	22
2.7.3 Actividad diurna y conducta.....	24
III. ESTANQUERIA.....	25
3.1 SELECCIÓN DEL SITIO.....	25
3.2 EL AGUA.....	26
3.3 EL SUELO.....	28
3.4 CONSTRUCCIÓN DE LOS ESTANQUES.....	29
3.5 ESTANQUES PARA REPRODUCTORES.....	30
3.6 ESTANQUES DE CRÍA.....	30
3.7 ESTANQUES DE CRECIMIENTO.....	33
3.8 CANALES DE CRECIMIENTO.....	37
IV. CALIDAD DEL AGUA.....	40
4.1 TEMPERATURA.....	40
4.2 OXÍGENO DISUELTTO.....	40
4.3 pH.....	40
4.4 ALCALINIDAD TOTAL.....	41
4.5 DUREZA TOTAL.....	41
4.6 AMONIO Y AMONIACO.....	41
4.7 TURBIDEZ.....	42
4.8 PLANCTON.....	42

V. REPRODUCCION	44
5.1 SELECCIÓN DE LOS REPRODUCTORES	44
5.2 IDENTIFICACIÓN SEXUAL	44
5.3 ORGANDS REPRODUCTORES	44
5.4 APAREAMIENTO	48
5.5 FECUNDIDAD	50
5.6 AISLAMIENTO DE HEMBRAS OVÍGERAS	51
5.7 PRODUCCIÓN DE JUVENILES	52
5.7.1 Cajas de reproducción para hembras	52
5.7.2 Incubación artificial de los huevos	53
VI. NUTRICION Y ALIMENTACION	55
6.1 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES	55
6.2 ALIMENTACIÓN DE REPRODUCTORES	55
6.3 ALIMENTACIÓN DE JUVENILES Y ADULTOS	56
VII. ENGORDA Y COSECHA	58
7.1 CULTIVO DE JUVENILES	58
7.2 CULTIVO EXTENSIVO	58
7.3 CULTIVO SEMI-INTENSIVO	59
7.4 CULTIVO EN TRASPATIO	59
7.5 CULTIVO INTENSIVO	60
7.6 SOBREVIVENCIA DE JUVENILES	60
7.7 TIPOS DE REFUBIDOS	62
7.8 PRODUCCIÓN EN ESTANQUES	64
7.9 ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN	66
7.10 CONTROL DE ACTIVIDADES DE LA ORANJA	67
7.11 CONTROL DE PREDADORES	69
7.12 COSECHA	70
7.13 TRAMPAS	71
7.14 CEBOS	72
7.15 REDES	73
VIII. SANIDAD	74
8.1 MEDIDAS SANITARIAS PREVENTIVAS	74
8.2 MEDIDAS SANITARIAS CORRECTIVAS	75
8.3 ENFERMEDADES	76
8.3.1 Bacterias	77
8.3.2 Virus	77
8.3.3 Hongos	77
8.3.4 Protozoarios	79
8.3.5 Platyhelminos	79
8.3.6 Nematodos	79

IX. POSTCOSECHA	80
9.1 PROCESO POSTCOSECHA.....	80
9.2 PRESENTACIONES.....	80
9.2.1 <i>Presentación en forma viva</i>	80
9.2.2 <i>Presentación entera cruda congelada</i>	81
9.2.3 <i>Presentación cocida congelada</i>	81
9.2.4 <i>Presentación cocida pelada desvenada</i>	81
9.3 PROCESAMIENTO DE LA LANGOSTA.....	81
9.3.1 <i>Almacenamiento y cocción de la langosta</i>	82
9.3.2 <i>Extracción de la carne y disposición de las desechos</i>	83
9.3.3 <i>Empaquetamiento y almacenamiento del producto terminado</i>	83
9.4 POSIBILIDADES DE EXPORTACIÓN.....	84
9.5 POSIBILIDADES DE LA LANGOSTA MUDADA.....	84
X. ASPECTOS ECONOMICOS	85
10.1 MERCADO.....	85
10.2 IMPLEMENTACIÓN DE UNA GRANJA DE LANGOSTA.....	87
10.3 ASPECTOS ECONÓMICOS DE LAS EMPRESAS DE LANGOSTA.....	88
DISCUSION	91
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES	98
XI. LITERATURA CITADA	99
ANEXO	107
ASPECTOS LEGALES EN MÉXICO.....	107
LEYES, REGLAMENTOS Y NORMAS VINCULADAS CON LA ACUICULTURA:.....	108
1. <i>LEY DE PESCA Y SU REGLAMENTO</i>	108
2. <i>LEY DE AGUAS NACIONALES Y SU REGLAMENTO</i>	108
3. <i>LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE Y SU REGLAMENTO</i>	108

RESUMEN

El presente trabajo se ha realizado con la finalidad de dar a conocer los elementos más importantes de la biología de las principales especies del género *Cherax* y definir aquella con mayor potencial para un exitoso cultivo comercial en México.

Las experiencias de cultivo de *Cherax* en Australia, Estados Unidos y varios países de Europa, América, Oceanía y Sudáfrica indican que es factible su explotación acuícola, aunque existen diferencias significativas en los rendimientos de cultivo entre las tres principales langostas de agua dulce de este género: *C. quadricarinatus* ("quelas rojas"), *C. tenuimanus* ("marrón") y *C. destructor* ("yabbie").

Se propone la introducción a nuestro país de la especie *Cherax quadricarinatus*, ya que ofrece las características biológicas más favorables, entre otras: todo su ciclo de vida se puede completar en agua dulce; se puede reproducir durante todo el año, siempre que la temperatura del agua esté por encima de los 24° C; es la especie que presenta la menor agresividad y territorialismo en la etapa adulta; su tasa de crecimiento le permite alcanzar la talla comercial de 50 a 100 g entre los 7 y 8 meses; de acuerdo con distintos autores, es tolerante a un amplio intervalo de condiciones fisicoquímicas del agua: pH entre 6.5 y 9, dureza y alcalinidad desde menos de 20 hasta 400 ppm; soporta temperaturas entre 7 y 34° C, con una óptima entre 22 y 30° C, y concentraciones de oxígeno disuelto desde 1 ppm con un óptimo mayor de 5 ppm.

Desde el punto de vista económico los estudios en Australia y Estados Unidos indican que algunas cualidades de la langosta de "quelas rojas" le auguran un promisorio futuro acuícola, siendo las principales:

- * Rápido crecimiento en aguas dulces con temperaturas entre 22 y 30° C.
- * Alta producción de carne en porcentaje corporal (mayor que el langostino malayo *M. rosenbergii* y el cangrejo rojo de agua dulce *P. clarkii*).
- * Bajos costos de alimentación en cultivos semi-intensivos (pajas, rastrojos y heno).
- * Elevada producción en estanques de Australia (2,000 hasta 5,000 Kg / ha / año).
- * Alto precio en el mercado, comparable al langostino malayo, camarones y langostas marinas.

No obstante que promete un gran potencial de cultivo en diversos ambientes rurales de México, -respaldado por su amplia tolerancia a diversas condiciones ecológicas-, antes de su introducción definitiva en el interior del país, un lote experimental de *C. quadricarinatus* deberá ser evaluado cuidadosamente, mediante investigaciones en laboratorio y en cultivos altamente controlados, que permitan estimar su rentabilidad y su posible impacto ambiental sobre las comunidades acuáticas, en especial sobre las poblaciones de decápodos nativos.

JUSTIFICACION

En el ámbito de la acuicultura comercial, México posee actualmente diversas granjas dedicadas al cultivo de crustáceos decápodos de alto valor económico, dentro de los que destacan dos especies de camarón: *Penaeus vannamei* (camarón blanco) y *P. stylirostris* (camarón azul), ambas originarias del litoral del Pacífico; también es importante el cultivo del langostino, cuya especie *Macrobrachium rosenbergii* (langostino gigante de Malasia) es la que más se cultiva debido a su talla comercial, a diferencia de las especies nativas *M. tenellum*, *M. acanthurus* y *M. americanum*, las cuales se cultivan escasamente debido a sus menores tallas.

Para iniciar la engorda las especies de camarón y langostino se requiere de colectas, compra o producción de postlarvas, mismas que necesitan agua salobre y/o marina para su desarrollo, lo cual restringe estos cultivos a las zonas litorales o cercanas a ellas. Además, aunque el mercado turístico de las costas consume una parte importante de estos productos, la comercialización a las grandes ciudades del interior genera costos adicionales de transportación y refrigeración que se traducen en altos precios finales a los consumidores.

Si bien en nuestro país existe un buen número de especies nativas de langostino con aceptable potencial acuícola, por lo menos para cubrir los mercados regionales y populares, todas ellas requieren para su cultivo de agua dulce y salobre para el desarrollo de adultos y larvas, respectivamente. Por tal razón, cada vez se buscan más otras especies de crustáceos decápodos que se desarrollen totalmente en agua dulce, como es el caso del cangrejo de agua dulce americano *Procambarus clarkii* cultivado ampliamente en el sur de los Estados Unidos.

Aunque *P. clarkii* ha resultado un éxito como cultivo comercial en Estados Unidos, también los productores han fijado su interés en las langostas de agua dulce nativas de Australia, ya que los datos científicos indican que estas crecen a mayores tallas que los cangrejos. Por esto en ese país se han venido desarrollando desde 1988 cultivos experimentales de ciertas especies del género *Cherax*, motivados por las experiencias reportadas por los productores comerciales australianos y por los elevados precios a que se cotiza en el mercado de exportación, sobre todo en Europa.

En México la perspectiva del cultivo de las langostas australianas es muy alentadora, considerando la reciente apertura comercial del Tratado de Libre Comercio y, sobre todo, por la disponibilidad de condiciones climáticas más favorables que las de Estados Unidos para estas especies, dentro de las cuales *Cherax quadricarinatus* promete ser la más conveniente para nuestro país.

I. INTRODUCCIÓN.

Dentro del grupo de especies acuáticas susceptibles de ser explotadas, las pertenecientes a los crustáceos decápodos son las que poseen la más alta rentabilidad, como ejemplo existen las diversas granjas de engorda de camarón y langostino que se encuentran diseminadas por todo el mundo, cuyo desarrollo ha demostrado ser una de las actividades acuiculturales productivas más importantes.

En la naturaleza existen alrededor de 1,200 géneros y 10,000 especies de crustáceos decápodos (Holdich y Lowery, 1988), de las cuales las de mayor importancia comercial son: *Penaeus monodon*, *P. vannamei*, *P. japonicus* y *Macrobrachium rosenbergii*, cuya producción ha sido el resultado de investigaciones en aspectos biológicos y tecnológicos diseñados para cubrir los requerimientos de calidad y cantidad que hoy en día aseguran la rentabilidad de la inversión.

Australia posee una diversidad de climas y hábitats que dan albergue a cerca de 100 especies de langostas de agua dulce (Sokol, 1988), los más importantes pertenecen a los géneros *Astacopsis*, *Euastacus* y *Cherax*; dentro del primero se encuentra *Astacopsis gouldi* que es la más grande que se conoce (Holdich y Lowery, 1988), un adulto completamente desarrollado puede tener una longitud de 40 cm (excluyendo las quelas) y alcanzar un peso de 3.6 Kilogramos (O'Sullivan, 1988) y hasta 6 kg (Holdich y Lowery, *op. cit.*); dicho género está restringido a la isla de Tasmania. En cuanto a *Euastacus*, la especie *E. armatus* o langosta del río Murray, solo habita en el sistema del río del mismo nombre y se caracteriza por sus quelas de color blanco, con una longitud ligeramente menor que la de *A. gouldi* y un peso de hasta 2 kg o más (O'Sullivan, 1988). Otros géneros son *Parastacoides*, *Geocharax*, *Engaeus*, *Engewa*, *Grammastacus*, y *Tenuibranchirus* y *Euastacoides* (O'Sullivan, 1990).

En la **tabla 1** se enlistan los géneros, número de especies, distribución y algunos nombres comunes de las langostas australianas de agua dulce.

Tabla 1. Géneros de langostas australianas de agua dulce.

Género.	No. de especies	Distribución.	Nombre común.
<i>Astacopsis</i> .	2	Tasmania.	Langosta gigante de Tasmania.
<i>Euastacus</i> .	39	Gales, Australia del sur, Victoria Queensland.	Langosta espinosa gigante del río Murray.
<i>Parastacoides</i> .	6	Tasmania.	
<i>Cherax</i>	16	Todos los estados.	Marrón, quejas rojas, yabbies, koonacs.
<i>Geocherax</i> .	2	Victoria.	
<i>Engaeus</i> .	23	Río Victoria, Tasmania.	Langosta terrestre.
<i>Engaewa</i> .	3	Oeste de Australia.	Langosta terrestre.
<i>Gramastacus</i> .	2	Río Victoria.	
<i>Tenuibranchirus</i>	1	Gales.	
<i>Euastacoides</i> .	3	Sureste de Queensland.	

Las langostas de agua dulce australianas pertenecientes a la familia Parastacidae se distribuyen únicamente en el Hemisferio Austral (Fig. 1), a ésta pertenece el género *Cherax* que se localiza prácticamente en todo Australia excepto en Tasmania, se le encuentra normalmente en corrientes de zonas costeras bajas, en ríos interiores y cuerpos de agua como lagos y presas. Es el género con mayor potencial para la acuicultura; cuenta con muchas especies, sin embargo, sólo tres son de interés comercial; *Cherax destructor*, *C. tenuimanus* y *C. quadricarinatus* (Masser *et al.*, 1990).

Cherax destructor o "yabbie" se encuentra en toda la zona del sureste de Australia y se conocen por lo menos cuatro subespecies. Según los reportes de Sokol (1988) son: *C. destructor albidus* Clark, *C. destructor destructor* Clark, *C. destructor davisi* Clark y *C. destructor esculus* Riek, de acuerdo a Rouse *et al.* (1991) las dos primeras tienen potencial acuícola. Cada organismo de la especie alcanza un peso máximo promedio de 140 a 180 g (Frost, 1975; Carroll, 1980). Se le puede encontrar en zonas donde los ejemplares no exceden los 50 gramos y otras donde su crecimiento puede sobrepasar los 300 gramos. Existen reportes acerca de que más de 100 toneladas de ésta especie se pescan y exportan al año, y actualmente está en proceso de adaptación al cultivo; sin embargo, tiene la tendencia a excavar en los taludes de los estanques, comportamiento que es perjudicial para el proceso, por lo que su desarrollo dentro de la acuicultura se lleva a cabo lentamente. Hasta el año de 1988 no se tenían reportes de cultivos comerciales a gran escala con éxito debido al insuficiente conocimiento relativo a los factores biológicos y/o ecológicos y de apoyo financiero. A pesar de lo anterior se ha venido presentando un considerable incremento de su cultivo en algunas partes del mundo.

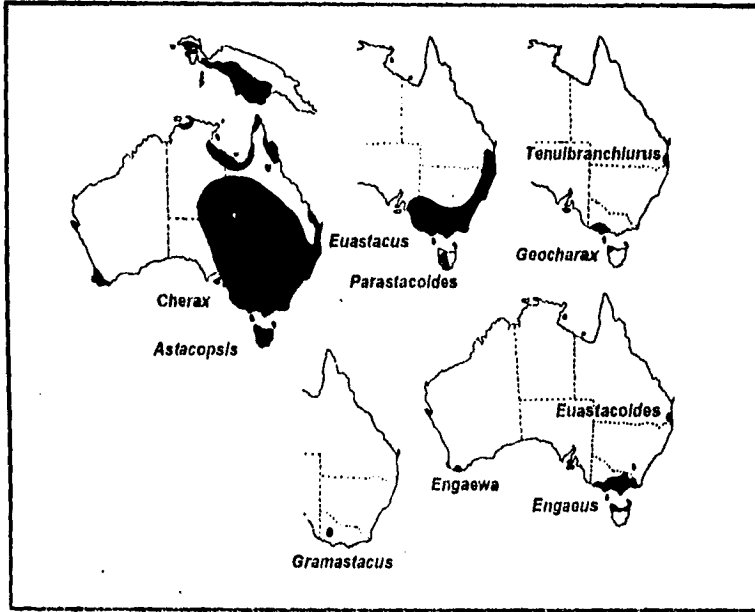


Figura 1. Distribución de las langostas de agua dulce de la familia Parastacidae.
Modificado de Riek, 1972.

Cherax tenuimanus o "marrón", se encuentra en aguas frías del suroeste de Australia y se tienen identificadas por lo menos dos subespecies. El marrón alcanza una longitud de 35 cm, excluyendo las quelas, y puede llegar a pesar más de 2 Kg. Dentro de las desventajas reportadas que presenta ésta especie se encuentran la tendencia al canibalismo, un intervalo reducido de tolerancia a las condiciones ambientales, baja fecundidad y, además, son portadores de enfermedades en especial de un hongo (*Psorospermium sp.*) (Aiken, 1988); además, es necesario hacer notar que son muy sensibles a la depredación (aves y roedores) y a la competencia con otras especies. En Australia con la finalidad de mejorar su crecimiento se intentó cultivar el marrón en zonas cálidas de Queensland con crecimientos muy pobres (Boyd, 1990), hasta 1983 solo había 18 licencias para cultivar este organismo en el oeste de Australia (Holdich and Lowery, 1988), en 1988 ya se cultivaba en poco más de 40 granjas aunque sin tener todavía resultados satisfactorios (Aiken, 1988).

La especie más viable para desarrollarse como un cultivo de importancia acuícola es *Cherax quadricarinatus*, la cual recibe varios nombres tales como "marrón de Queensland", "langosta de agua dulce" y/o "cangrejo de quelas rojas". Es nativa del noreste de Australia en el estado de Queensland (Fig. 2) de ahí su nombre, no obstante por ahora, se tiene como bien aceptado el nombre de "langosta de agua dulce de quelas rojas". Es de ésta última especie de la que se ocupará el presente trabajo por considerarla la más prometedora para regiones cálidas, y de la cual su desarrollo acuícola y tecnológico es actualmente estudiado en otros países de Europa, África, Sureste de Asia y en el sur de los Estados Unidos.

En las tablas 2 y 3 se presenta un resumen del potencial de cultivo de algunas especies australianas considerando los principales aspectos técnicos que hacen factible su explotación .

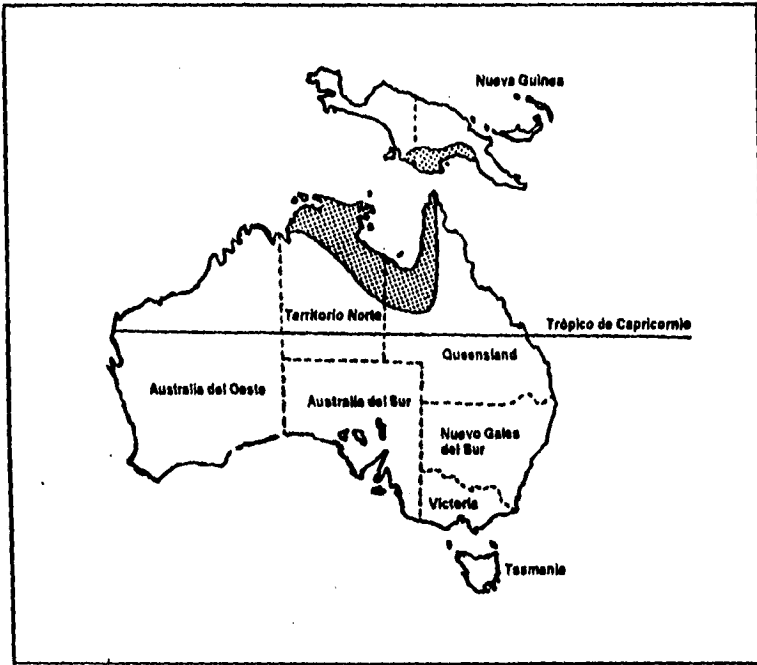


Figura 2. Area de distribución natural de la langosta de quelas rojas *C. quadricarinatus*. Según Jones y Barlow, 1992.

Tabla 2. Análisis del potencial en la acuicultura de algunas especies de langostas australianas de agua dulce.

Nombre común.	Marrón.	Yabbie.	Quelas rojas.	Koonac
Especie.	<i>Cherax tenuimanus.</i>	<i>Cherax destructor.</i>	<i>Cherax quadricarinatus.</i>	<i>Cherax plebejus,</i> <i>Cherax glaber</i>
Distribución natural.	Región del suroeste de Australia.	Ríos Victoria y del suroeste del este y centro de Australia.	Sistemas de ríos del noreste de Australia.	Región del suroeste de Australia.
Peso máximo (gramos).	2,000 o más.	320 o más.	400 o más.	130 o más.
Peso promedio (gramos).	100 a 200	50 a 100	100 a 150	40 a 50
Producción de carne (% del peso corporal).	50 a 60	hasta 40	50 a 60	hasta 40
Edad de reproducción. (meses).	mayor a 20	menor a 12	menor a 12; * 6 meses	menor a 12
Desoves por año.	1	Múltiples.	3 a 5	ND.
Fecundidad (No. de juveniles)	Moderada.	Alta.	Muy alta.	Moderada.
Hábitos excavadores.	No.	Si	(?)	Si
Sobrevivencia a alta densidad.	Buena.	Muy buena.	Muy buena.	Buena.
Resistencia a condiciones del cultivo.	Buena.	Muy buena.	Muy buena.	Buena.
Temperatura del agua.	Fría.	Cálida.	Cálida.	Fría.
Conducta canibal.	Si.	(?)	(?)	Si.
Conducta agresiva.	No.	Si.	No.	Alta.
Precio de venta al mayoreo por kg en 1989.	A\$ 25 a 35	A\$ 10 a 25	A\$ 20 a 30	A\$ 10 a 20
Precios de ultramar por kg (sin flete) en 1989.	A\$ 40 o más.	A\$ 20 a 25	A\$ 20 a 40 o más.	A\$ 20 a 30
Potencial en la acuicultura.	Alta.	Alta.	Alta.	Baja.

NOTA: A\$ significa dólares australianos

Tabla 2. Continuación.

Nombre común.	Gigante de Tasmania.	Langosta del río Murray.	Langosta espinosa de Gales.	Langosta espinosa de Queensland.
Especie.	<i>Astacopsis gouldi</i> .	<i>Eaustacus armatus</i> .	<i>Eaustacus valentulus</i> .	<i>Eaustacus hystriocosus</i> .
Distribución natural.	Ríos del norte de Tasmania.	Río Murray y Murrumbidgee.	Sureste de Queensland y noreste de Gales.	Sureste de Queensland.
Peso máximo (gramos).	3,600	2,000 o más.	2,000 o más.	2,000 o más.
Peso promedio (gramos).	500	500	350	450
Producción de carne (% del peso corporal).	Baja.	Baja.	Baja.	Baja.
Edad de reproducción (meses).	mayor a 60	mayor a 24	mayor a 24	mayor a 24
Desoves por año.	1	1	1	1
Fecundidad (No. de juveniles)	Variable.	Bajo.	Moderado.	Moderado.
Hábitos excavadores.	Si.	Si.	Si.	Si.
Sobrevivencia a alta densidad.	Bajo.	Bajo.	Bajo.	Bajo.
Resistencia a condiciones del cultivo.	Bajo.	Bajo.	Bajo.	Bajo.
Temperatura del agua.	Fría.	Fría.	Fría.	Fría.
Conducta canibal.	Alta.	Alta.	Alta.	Alta.
Conducta agresiva.	Si.	Si.	Alta.	Alta.
Precio de venta al mayorero por kg en 1989.	Nada.	ND	Nada.	Nada.
Precios de ultramar por kg (sin flete) en 1989.	Nada.	Nada.	Nada.	Nada.
Potencial en la acuicultura.	Nada.	Bajo.	Nada.	Nada.

Fuente: Tomado de O'Sullivan, 1988 y Sammy, 1988*.

ND: No existe información disponible.

Tabla 3. Análisis del potencial en acuicultura de las tres principales especies de langostas australianas de agua dulce.

Especie	<i>C. tenuimanus</i>	<i>C. destructor</i>	<i>C. quadricarinatus</i>
Intervalo de temperatura en cultivo.	13 a 23 °C	15 a 30 °C	24 a 32 °C
Intervalo de salinidad en cultivo.	Agua dulce. Al menos 100 mg/l (6)	Agua dulce (0 a 5 ‰)	Agua dulce. (0 a 12 ‰)
Toneladas capturadas.	400 (1)	menor a 500 (4)	menor a 5
Toneladas cultivadas en Australia (1988).	3 (5)	9 (5) menor a 50 (4)	7 (5)
Métodos de cultivo y localización.	Presas, en estanquería extensiva y semi intensiva. Oeste de Australia.	Estanquería semi intensiva. Sureste de Australia.	Estanquería semi intensiva. Australia, El Caribe.
Fuente de reproductores o de crías.	Cultivo de reproductores y de crías.	Silvestre o de estanques.	Silvestre y en cautiverio.
Características especiales de cultivo.	Aconsejable la crianza.	Conducta excavadora destructiva.	Dos semanas sujetos a la madre; crianza de 20 a 50 días, peso de 0.1 a 0.3 g.
Tasa de crecimiento.	40 a 120 gramos en 12 meses.	50 a 100 gramos en 4 a 12 meses.	40 a 100 gramos en 6 a 24 meses.
Sobrevivencia.	60 %	18 a 36 %	49 a 94 %
Producción (kg/ha/cosecha).	1,000 a 2,500 (2)	1,500 (3)	1,000 a 4,000.

Fuente: Tomado de Lee y Wickins, 1992;

(1) Morrissey, 1978; (2) Morrissey, 1988; (3) Villarreal, 1988;

(4) Humer, 1989; (5) FAO, 1990; (6) Rouse y Kartanavala, 1992a, b.

En la **tabla 4** se muestra la producción de langosta de agua dulce en Australia proveniente de un poco más de 280 granjas la cual alcanzó cerca de 50 toneladas para 1988-89 con un valor próximo a los \$470 mil dolares australianos y con una producción total de aproximadamente 12.4 millones de juveniles.

Tabla 4. Estimación aproximada del número de granjas, área disponible, producción y valor de la misma durante el bienio 1988-89.

Estado	No. de granjas.	Área (ha)	Producción de juveniles	Producción (1x 10 ³ ton.)	Valor (1x 10 ³ A\$)
Queensland.	11	77 o más.	843,500	8.9	193.6
Gales.	38	ND	20,000	6 +	ND
Victoria.	60	100	ND	5 +	200 +
Sur de Australia.	112	ND	ND	10	71 +
Oeste de Australia.	57	30 +	11,536,000	20	ND
Territorio norte.	< 5	ND	ND	Experimental	0

Fuente: O'Sullivan, D. (1990a).

ND: No existe información disponible.

De acuerdo a la información disponible, la acuicultura de *C. quadricarinatus* se ha implementado en Australia a pesar del limitado conocimiento que se tiene sobre su comportamiento en condiciones de cultivo (Jones, 1990a; Morrissy *et al.*, 1990; Rubino *et al.*, 1990); no obstante, se puede llevar a cabo de una forma similar a la que se aplica en la producción del langostino malayo (*M. rosenbergii*); la diferencia entre ambos cultivos radica en que para la langosta no se requiere de agua salobre para la fase larval y además es menos agresiva durante su etapa adulta (Lee y Wickins, 1992).

Las langostas australianas son altamente susceptibles a la enfermedad conocida como la "plaga de la langosta", causada por el hongo *Aphanomyces astaci*, por lo que su explotación acuícola fuera de la región de Australia se considera riesgosa, recomendándose una estrategia que permita llevar a cabo la prevención no sólo de ésta, sino de otras enfermedades que pueden llegar a padecer durante el periodo de cultivo, lo cual ocurre como consecuencia de una dieta baja en elementos nutricionales, mala calidad del agua o por condiciones inadecuadas del fondo de los estanques que ponen en riesgo la rentabilidad de los proyectos (Lee y Wickins, 1992).

A pesar de los avances logrados en el desarrollo técnico e industrial de la explotación de los decápodos en el mundo, la búsqueda de otros crustáceos para diversificar los sistemas de cultivo continúa por lo que la finalidad central de esta investigación documental es dar a conocer algunas de las características más importantes de la biología y cultivo del género *Cherax* en el mundo y estimar la potencialidad de su explotación en México.

OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar una investigación documental enfocada al conocimiento del cultivo de *Cherax sp.* en Australia, Europa, E U y en otros lugares del mundo, con objeto de ofrecer las principales bases biotécnicas que permitan sustentar la metodología necesaria para desarrollar con éxito y seguridad ecológica una unidad de producción experimental, cuyas experiencias sistematizadas se apliquen a futuro en la optimización del cultivo comercial en las condiciones particulares de México.

Objetivos particulares

Describir las bases metodológicas que se han venido aplicando en diversas partes del mundo en el cultivo de *Cherax sp.*, con especial énfasis en *C. quadricarinatus*

Definir los principales agentes patógenos que se han reportado en distintos lugares del mundo y proponer las medidas profilácticas y de control que podrían manejarse en México.

Incorporar algunas consideraciones legales y económicas básicas que se relacionan con los futuros proyectos acuícolas comerciales de esta especie exótica en nuestro país.

II. PERFIL BIOLÓGICO DE *Cherax quadricarinatus*.

2.1 Taxonomía.

Subphylum Crustacea

Clase Malacostraca

Orden Decapoda

Infraorden Astacidea, Latreille, 1802-1803.

Superfamilia Astacoidea, De Haan, 1841.

Familia Astacidae, Latreille, 1802-1803.

Familia Cambaridae, Hobbs, 1942.

Superfamilia Parastacoidea, Huxley, 1879.

Familia Parastacidae, Huxley, 1879.

Género *Astacopsis* Huxley, 1879.

Género *Engaeus* Erichson, 1846.

Género *Engaewa* Riek, 1967.

Género *Eustacoides* Riek, 1956.

Género *Euastacus* Clark, 1936.

Género *Geocharax* Clark, 1936.

Género *Gramastacus* Riek, 1972.

Género *Parastacoides* Clark, 1936.

Género *Tenuibranchiurus* Riek, 1951.

Género *Cherax* Erichson, 1846.

Especie *C. quadricarinatus* (von Martens, 1868).

Especie *C. tenuimanus* (Smith, 1912).

Especie *C. destructor* (Clarke, 1936).

2.2 Distribución.

La langosta de quejas rojas *Cherax quadricarinatus* se distribuye originalmente en la región tropical del noreste de Australia (Fig. 2). Se ubica en el Distrito de Queensland cercano a la parte del Golfo de Carpentaria y al Cabo York, en las costas al oeste del Golfo de Darwin y en el sureste de Nueva Guinea (Jones, 1990a). Debido a sus características biológicas y su atractivo en la acuicultura, ha sido introducida en otros países. En Australia se ha transplantado de su zona de distribución original en el norte, hacia el suroeste y sureste debido al potencial que presenta bajo condiciones de cultivo controlado, y a los beneficios económicos que aporta.

2.3 Condiciones ambientales.

La langosta de quejas rojas se caracteriza por presentar altas tasas de crecimiento en un amplio intervalo de temperaturas que van desde los 24 a los 32 °C, mientras que sus límites de temperatura letal han sido estimados por debajo de los 10 °C y por arriba de los 35 °C (Jones y Barlow, 1992).

Las langostas toleran además un amplio intervalo de condiciones ambientales, así por ejemplo, los adultos soportan concentraciones de 0.5 mg/l de oxígeno disuelto (Morrissy, 1976; Carroll, 1980; Morrissy *et al.*, 1984). Información más reciente indica que la langosta puede desarrollarse y crecer en salinidades por arriba de 12 partes por mil, dureza y alcalinidad entre 200 y 300 mg/l, pH entre 6.5 y 9, amonio por arriba de 1.0 mg/l y concentraciones de nitritos mayores a 0.5 mg/l, siempre y cuando este último factor no se mantenga por periodos prolongados (Masser y Rouse, 1992).

Una importante característica para el cultivo es que tiende a ser relativamente gregaria, en densidades mayores de 50 organismos por m², los adultos muestran limitada conducta agresiva, mientras que los juveniles tienden a ser más agresivos a esta misma densidad. Este comportamiento refleja la adaptación a las condiciones ambientales que esta especie experimenta en el trópico australiano, donde se presentan pronunciadas temporadas de sequía y de lluvias; durante las temporadas de estiaje hay una relativa congregación de organismos en las hoquedades. Esta condición se considera como una adaptación a la sobrevivencia del organismo, una vez que la temporada de lluvias inicia tienden a dispersarse emigrando hacia las áreas recién inundadas. Para esta época las crías alcanzan la talla juvenil y no presentan una conducta gregaria debido a que en ésta fase de su ciclo de vida son agresivos. Esta langosta en ocasiones llega a cavar pozos pequeños, sin embargo no se considera que dicha actividad sea indispensable para sus funciones vitales tal como acontece con otras especies como es el caso de *Procambarus clarkii* y *C. destructor* (Masser y Rouse, *op. cit.*).

2.4 Descripción morfológica.

La anatomía básica de la langosta de quejas rojas se muestra en la **figura 3**. El cuerpo está dividido en cefalotórax (caparazón), abdomen y telson. A pesar de tener ojos prominentes, su campo visual es relativamente pobre. Los principales órganos sensoriales son las antenas y anténulas que detectan el alimento y condiciones de calidad de agua como la temperatura y la salinidad. Los pereiópodos son utilizados para caminar y alimentarse, consisten de 5 pares, el primer par corresponde a las quejas mayores, los pares 2 y 3 se diferencian de los pares 4 y 5 en que los primeros terminan en una pequeña pinza o queja, mientras que los restantes acaban en una simple punta. El abdomen tiene seis segmentos individuales, están unidos por una membrana que les da movimiento, en la parte ventral se localizan los pleiópodos o apéndices nadadores, agrupados en seis pares. En la hembra, forman la cámara incubadora y con el auxilio de finas setas mantiene protegidos a los huevos en la temporada de reproducción, además durante esta etapa los pleiópodos mantienen a los huevos oxigenados mediante un movimiento constante. En el último segmento abdominal se encuentran los urópodos entre los que se localiza el telson que es la parte terminal del organismo y es de suma importancia para la langosta cuando requiere un desplazamiento rápido o alejarse de algún depredador.

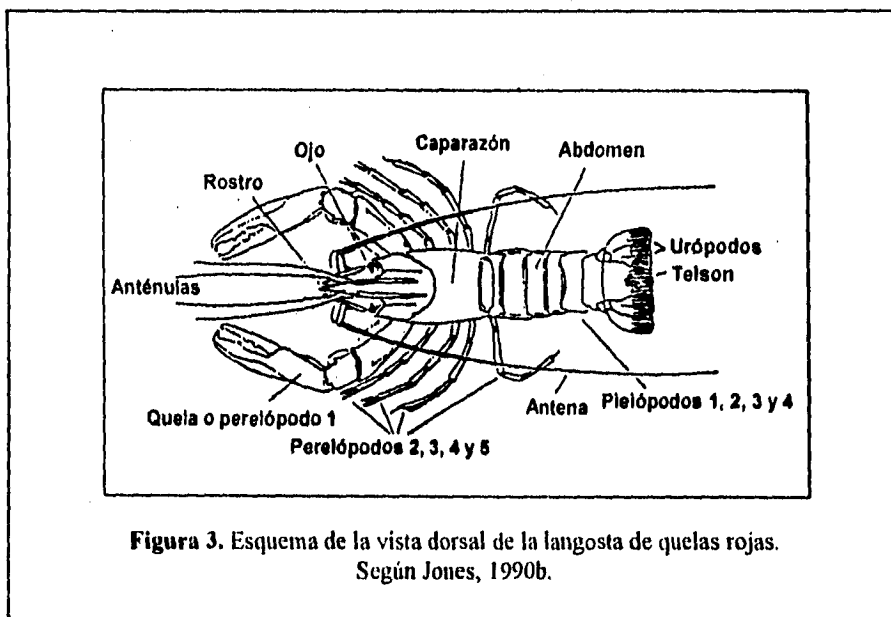


Figura 3. Esquema de la vista dorsal de la langosta de quejas rojas.
Según Jones, 1990b.

2.5 Relaciones tróficas.

En todas las comunidades donde se encuentran las langostas de agua dulce se les considera como un elemento importante dentro de la red trófica (**Fig. 4**). Estudios acerca de sus hábitos alimentarios muestran que poseen un carácter politrófico (herbívoros, omnívoros y detritívoros), por lo cual presentan un sistema digestivo complejo; también son importantes en el transporte de energía entre los eslabones tróficos y contribuyen en la regulación de la mayoría de los procesos productivos, particularmente en lo que se refiere a la producción bentónica disponible para los peces dentro del ecosistema (Momot *et al.*, 1978).

Su dieta consiste de materia orgánica en descomposición, aunque realmente la principal fuente de alimento proviene de los hongos epífitos y organismos bacterianos involucrados en los procesos de degradación de los compuestos orgánicos; dicho alimento es por lo general complementado con material micrófito, invertebrados, pequeños peces y otras langostas, aunque el alimento de origen animal solo constituye una pequeña porción de su dieta y, además, es importante proveer la presencia de compuestos orgánicos esenciales tales como los aminoácidos (Huner y Barr, 1984).

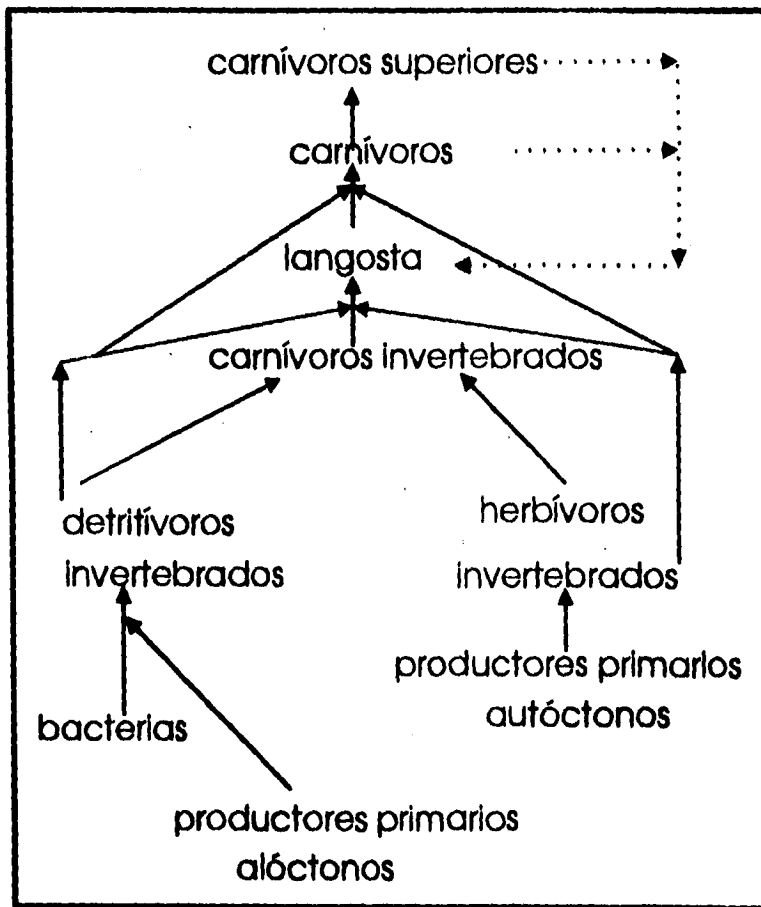


Figura 4. Diagrama de la red trófica donde se inserta la langosta de agua dulce. Según Hogger, 1988.

2.6 Desarrollo y crecimiento.

2.6.1 Ciclo de vida.

El ciclo de vida de la langosta (Fig. 5), es sencillo en comparación con el de otros decápodos, presentando dos estadios larvales los cuales permanecen sujetos a la madre, posteriormente mudan al estado juvenil o adulto inmaduro y a través de sucesivos periodos de muda continúan su crecimiento hasta el estado adulto, repitiéndose de nuevo el ciclo. Los huevos eclosionan al inicio de la temporada cálida que también corresponde al periodo de crecimiento. La langosta presenta varias mudas que se rigen por la temperatura. El mecanismo de las mudas es conocido como "ecdicis". El tiempo de muda está bajo el control del sistema endocrino e involucra la interacción de los órganos "X", "Y" y la secreción de la hormona crustecidona, además de las condiciones nutricionales del animal (Pratten, 1980), estas últimas relacionadas con la disponibilidad de colesterol en su dieta. Durante subsecuentes temporadas de crecimiento el ciclo se repite cada año, decreciendo el número de mudas conforme se incrementa la talla y declina a una sola muda por año conforme avanza en edad.

Los mecanismos hormonales y de control que gobiernan los procesos antagónicos de muda y maduración en las langostas son sensibles a los fotoperiodos (Adiyodi, 1984; Byard y Aiken, 1984; Skinner, 1984) y a la temperatura (Armitage *et al.*, 1973; Dendy, 1978; Mills y Mc Cloud, 1983; Westin y Gydemo, 1986; Nelson *et al.*, 1988a,b). En las poblaciones naturales de la langosta de quelas rojas, la maduración del ovario coincide con el incremento de temperatura, de 16 a 21 °C y del fotoperiodo de 11 a 14 horas (Jones, 1990a), presentando un extenso periodo de desove que puede abarcar de 6 a 12 meses (Herbert, 1987a; Sammy, 1988; Jones, 1990a), además de tener desoves continuos siempre y cuando las temperaturas excedan los 21 °C (Sammy, *op. cit.*). La langosta de quelas rojas no requiere de un proceso de muda previo al apareamiento, como sucede en el caso de los langostinos en donde inmediatamente después de que la hembra ha mudado el macho copula con ella (Jones, 1990b).

2.6.2 Desarrollo embrionario.

Los huevos pasan por diferentes estadios durante su desarrollo. El periodo de incubación depende de la temperatura del agua, que en promedio es de 4 a 6 semanas, identificándose cada etapa por el cambio de color y la formación de estructuras del embrión. Los huevos en un principio son de color crema y conforme avanza el desarrollo comienzan a oscurecerse, apareciendo más tarde las manchas oculares y justo antes de la eclosión cambian a un color entre rojo y naranja. En la **tabla 6** se presenta de manera general la secuencia del desarrollo embrionario y su tiempo aproximado a una temperatura de 29.5 °C.

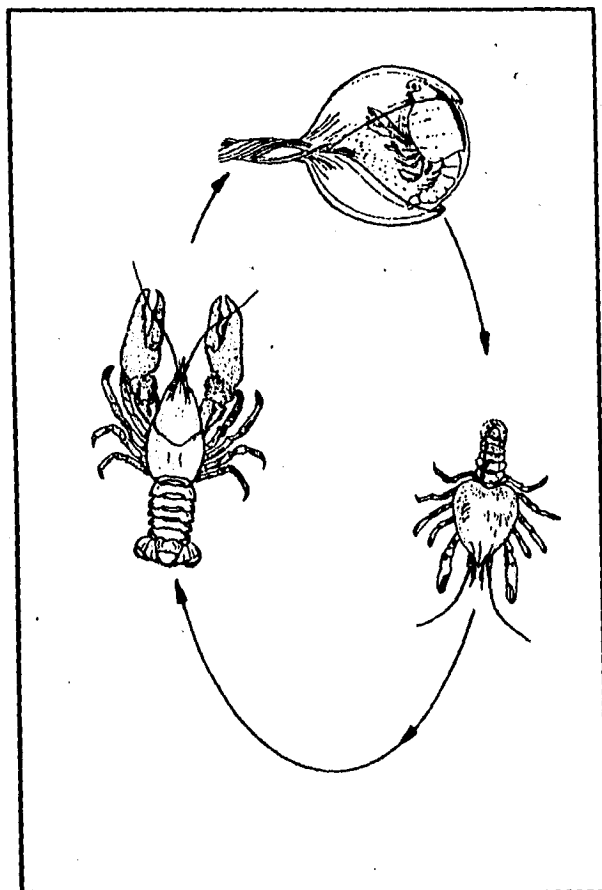


Figura 5. Representación esquemática del ciclo de vida de la langosta de agua dulce. Los huevos son incubados por la madre de 4 a 6 semanas. Las larvas permanecen adheridas dos semanas más. Ya como postlarvas se liberan, pasan a juveniles y crecen hasta alcanzar su madurez.

Nota: la figura no tiene una proporción de la escala en los esquemas de las distintas etapas.

Según Lee y Wickins, 1992.

Tabla 6. Secuencia del desarrollo embrionario.

ESTADIO	CARACTERISTICA	EN LOS DIAS*
1	color crema	1-3
2	café oscuro	12-14
3	manchas oculares	20-23
4	naranja-rojizo	28-35
5	eclosión	35-40

* Nota: la característica es más evidente durante los días indicados, contados a partir del apareamiento.
Fuente: Tomado de Masner y Rouse, 1992.

Jones (1990a), relacionó los cambios de color en el desarrollo de los huevos para distinguir los diferentes estadios, comenzando con un tono verde seguido con una coloración naranja y terminando con un color rojo oscuro. Herbert (1987a) y King (1993b) encontraron una secuencia de coloración desde el naranja, seguido por el verde hasta el rojo. Sin embargo, en localidades de Australia, tales como el río Jardine, se ha reportado que las tonalidades en los huevos cambiaron de un verde oscuro a casi negro (Herbert, 1987a) y en la región del Río Finnis presentaron una coloración café-amarillento, sin sufrir cambios durante todo el desarrollo (Sammy, 1988).

2.6.3 Desarrollo larval.

Después de su eclosión, las pequeñas langostas pasan por dos estadios post-embrionarios (PO), en el primero (POI) presentan un saco vitelino de color café el cual provee los nutrientes para ambos estadios, el cuerpo es transparente y permanecen adheridas insertando la cola al saco vacío del huevo que aún sigue unido a los pleópodos y abdomen de la madre, el telson y urópodos no se han desarrollado y están unidos en los ligamentos membranosos. Su característica principal son los ojos sésiles, por lo general el organismo permanece inmóvil y sin alimentarse.

En el segundo estadio post-embrionario (POII) que se presenta de 7 a 8 días después de la eclosión, permanecen sujetos a la madre por medio de sus pequeñas quelas, sus ojos son pedunculados y con gran movimiento, siguen sin alimentarse y sólo se mantienen con las reservas provenientes del saco vitelino, los urópodos no se han separado del telson. (Sandeman y Sandeman, 1991).

En un siguiente estadio ya se les considera como postlarvas, puesto que presentan muy pocas diferencias con respecto a los adultos, las anténulas y el telson se observan más desarrolladas con la separación de los urópodos, en este momento son independientes y comienzan a alimentarse (Groves, 1985).

2.6.4 Desarrollo de juveniles.

Después de mudar al estado tres considerado como el primer estadio de adulto inmaduro (ADI), los urópodos aparecen y el juvenil gradualmente se independiza. El intervalo entre estos primeros estadios varía con las especies, para *C. destructor* se encuentra entre 16 a 24 días después de la eclosión y alcanza una talla de 3 a 4 mm de longitud (Sokol, 1988). A partir de este momento presentan una morfología y comportamiento similar a la de los adultos. El telson y los urópodos están completamente formados con franjas de cerdas sensoriales (Sandeman y Sandeman, 1991).

2.7 Régimen alimentario.

2.7.1 Uso de apéndices durante la alimentación.

Las langostas detectan el alimento a través de órganos sensoriales como las setas especializadas (Thomas, 1970), manchas sensitivas (aestetes) ubicadas en la porción ventral del flagelo externo de las anténulas, entre otras. La búsqueda del alimento mediante las quelas de los pereópodos es de forma constante sobre el sustrato. Estas poseen renglones opuestos de dientes especializados para la colecta del alimento, como se puede observar en la figura 6. Las quelas de los primeros dos pares de pereópodos y sobre las partes de la boca presentan un penacho de vellosidades quimiorreceptoras (Ameyaw-Akumfi, 1977).

2.7.2 Hábitos alimentarios.

Existen evidencias de que los juveniles presentan una preferencia por los invertebrados acuáticos, mientras que los adultos se alimentan predominantemente de vegetación y detritos que aportan una fuente de carotenoides. Dentro de los invertebrados acuáticos los cladóceros, copépodos y larvas de insectos son capturados directamente del medio, y a través de mecanismos de filtración ingieren algas como las diatomeas, *Chlorella spp.* y pequeñas partículas. Las langostas de mayor tamaño presentan una preferencia hacia el alimento inmóvil debido a que sus movimientos son lentos en comparación con los juveniles (Abrahamsson, 1966).

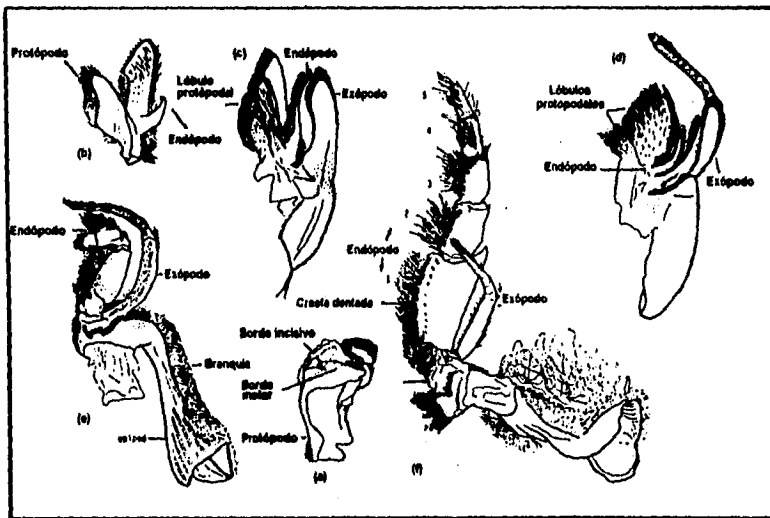


Figura 6. Estructuras que intervienen durante la alimentación:
 (a) mandíbula; (b) maxilula; (c) maxila; (d) maxilipede 1
 (e) maxilipede 2; (f) maxilipede 3.
 Según Holdich y Reeve, 1988.

2.7.3 Actividad diurna y conducta.

De acuerdo a las investigaciones se ha observado que ocurren dos picos de actividad, el principal se encuentra entre las 18 a 21 horas (Fig. 7) y otro menor se manifiesta justo alrededor del amanecer. Estos periodos son el momento ideal para suministrar el alimento, puesto que a los animales se les observa activos. Este patrón es parcialmente controlado por un reloj biológico interno y el nivel de intensidad de la luz también influye en gran medida a la estimulación. Esto último explica la reducción en la actividad y las bajas tasas de captura en las trampas durante los periodos de luna llena. Similarmente la actividad en agua clara es menor que la observada en agua turbia, debido a la menor cantidad de luz que llega a penetrar en esta última. Otro factor importante es la temperatura, observándose que a grados extremos de tolerancia se reduce la actividad así como la tasa de crecimiento (Jones, 1990b).

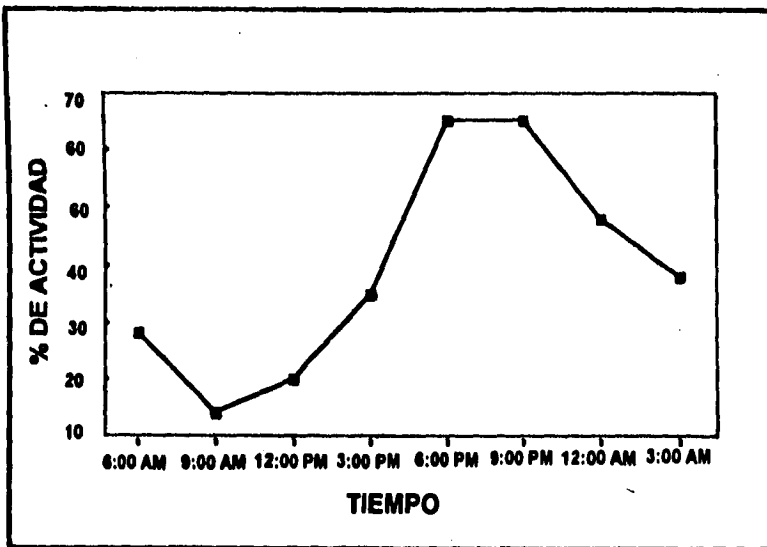


Figura 7. Intensidad relativa de la actividad diaria de la langosta de quejas rojas. Según Masser y Rouse, 1992.

III. ESTANQUERIA

3.1 Selección del sitio.

En la selección del sitio una inspección cuidadosa puede ahorrar mucho dinero, ya que una elección errónea puede resultar excesivamente costosa si se trata de modificar la obra, y siempre es menos grave invertir algo de tiempo analizando bien el lugar disponible antes de tomar una decisión definitiva.

Otro factor muy importante antes de seleccionar el sitio es que este permita el drenado de los estanques, preferiblemente por efecto de la gravedad. El área favorable para la implantación de los estanques es aquella en donde el suelo se encuentre nivelado o donde existe una ligera pendiente, para este caso se considera una pendiente óptima del 2 %. El estanque debe encontrarse en forma perpendicular a las curvas de nivel. La pendiente del fondo del estanque coincidirá con la pendiente natural del terreno, de esta manera se reduce la cantidad de tierra que se deberá excavar.

Hepher y Pruginin (1981) recomiendan considerar los siguientes aspectos:

- a) El costo de construir los estanques debe ser barato en términos de tierra, equipo, labor, manejo y otros materiales de construcción.
- b) La disponibilidad de postlarvas y reproductores debe estar cerca de la estanquería.
- c) Se deben considerar factores ambientales como: temperatura y de calidad del agua.
- d) La localización geográfica de los estanques debe estar fuera de áreas de inundación o avenidas.
- e) La transportación debe ser conveniente y accesible al sitio de la granja.
- f) La energía eléctrica debe estar disponible.
- g) El suministro de alimento balanceado, alimento natural, químicos, medicinas y fertilizantes debe ser de fácil acceso.
- h) El lugar debe ser una zona sin conflictos sociales.
- i) El sitio de los estanques debe estar libre de fuentes contaminantes de agua tales como industrias, agricultura, y desechos domésticos.
- j) Cercanía con la infraestructura relacionada en el proceso productivo.

- k) Capacidad de asegurar el área contra depredadores.
- l) Areas de seguridad para los trabajadores.
- m) Disponibilidad de mano de obra, técnicos y demás personal en el proceso productivo.
- n) Visualización de problemas a futuro que puedan impactar en las granjas de producción.

3.2 El agua.

El agua ideal para el cultivo es la de pozo -común o artesiano-, de acuerdo a su calidad química, microbiológica y a la falta de depredadores; las ventajas que trae consigo la utilización de estas fuentes es disponer de un aporte constante, por lo general libre de patógenos y parásitos, así como protegida de ciertos tipos de contaminación, y con una temperatura relativamente constante a lo largo de todo el año; no obstante, su extracción es costosa ya que casi siempre requiere bombeo y, de acuerdo a Barlow y Jones (1990), este tipo de agua debe ser revisada constantemente en cuanto al nivel de oxígeno disuelto o el contenido de dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno o fierro. Por lo general éstos compuestos pueden ser eliminados con un breve almacenamiento en estanques reservorios para su posterior utilización dentro de la unidad.

Si el agua de pozo no está disponible puede ser sustituida ventajosamente por aquella aportada por algún manantial o en su defecto es posible utilizar el agua superficial proveniente de ríos, lagos, reservorios, presas o canales de irrigación. Estas últimas cinco fuentes de agua pueden usarse si el acuacultor está consciente del riesgo que ello implica: el pasar el agua por mallas puede reducir la entrada de depredadores, pero no disminuye la contaminación química o microbiológica; esto es importante, ya que muchos de los lugares donde se hace acuicultura están cerca o dentro de áreas agrícolas donde frecuentemente se usan agroquímicos y existe el peligro de contaminación.

El agua disponible debe estar libre de metales pesados, aceite, pesticidas, herbicidas, cloro, metano, sulfuro de hidrógeno y elevado contenido de fierro. Por otro lado la alta turbidez, causada por cieno o por arcilla coloidal, deberá evitarse puesto que inhibe el desarrollo del plancton y posiblemente causa estrés debido a la depositación de dicho material en las branquias (Barlow y Jones, *op. cit.*).

En cuanto a la cantidad de agua requerida, hay que considerar el dimensionamiento de la unidad de producción, el flujo constante dentro de los estanques, las pérdidas por filtración, evaporación y recambios de agua normales o de emergencia. Para llenar un estanque de 0.2 ha y 0.9 m de profundidad media se requieren 1,800 m³ de agua y como es deseable que se llene en menos de 12 horas se necesita un aporte de 2.5 m³/minuto por estanque. Normalmente, excepto en caso de excesiva evaporación o filtración, un flujo de 140 a 280 l/ha/min es suficiente. Para un cultivo continuo y mayor productividad se recomienda cambiar hasta unos 560 l/ha/min, lo que corresponde aproximadamente a un cambio de 5 al 10 %.

En la **tabla 7** se muestran los requerimientos de agua dulce en el cultivo de *M. rosenbergii* propuestos por New y Singholka (1982), y que pueden servir de base para el cultivo de *C. quadricarinatus*.

Tabla 7. Requerimientos de agua para el cultivo en estanques .
(según New y Singholka, 1982)

Superficie de estanquería (Ha) ₁	Para llenado Máximo (m ³ /min) ₂	Flujo Normal (m ³ /min) ₃		Consumo medio (m ³ /min) ₄
		Mínimo	Máximo	
0.2	2.50	0.03	0.11	0.12
0.5	2.50	0.07	0.28	0.31
1.0	2.50	0.14	0.56	0.68
2.0	2.50	0.28	1.12	1.26
3.0	3.75	0.42	1.68	1.89
5.0	6.25	0.70	2.80	3.14
10.0	12.50	1.40	5.60	6.28
20.0	25.00	2.80	11.20	12.57
40.0	50.00	5.60	22.40	25.14

(1) Profundidad media de la columna del agua en los estanques, 0.9 m.

(2) Para llenado inicial y para recambio rápido en emergencia. Se asume que:

- a) el estanque es de 0.2 ha y se llena en menos de 12 horas.
- b) que no será necesario llenar más de un estanque a un mismo tiempo, (o 10 % de la superficie total de estanquería).

(3) Demanda continua de agua basada en 140 l/ha/min máximo.

El valor mínimo debe de ser suficiente para contrarrestar las pérdidas por filtración y evaporación.

(4) Está calculado asumiendo un flujo normal máximo más la cantidad de agua necesaria para llenar todos los estanques cuatro veces al año.

La temperatura ambiente influye sobre la del agua y esta determina el programa de cultivo, en épocas cálidas se presenta el mayor crecimiento, al término de estas se efectúa la cosecha y posteriormente en la temporada fría se da mantenimiento. La temperatura ideal para el cultivo de la langosta se encuentra entre 24 a 32 °C.

3.3 El suelo.

Las consideraciones preliminares en la elección del sitio deben incluir: un estudio topográfico, para evaluar las pendientes y determinar la forma más económica de construir los estanques, además se deben tomar núcleos de sedimento de hasta 1 m por abajo del nivel del fondo de los estanques para utilizarse en estudios fisicoquímicos del suelo y su clasificación.

El tipo de suelo más recomendable es el arcilloso, el cual presenta una tasa de filtración lenta; el contenido ideal de arcilla debe encontrarse entre 30 a 60 %, valores más altos son desventajosos, ya que cuando la tierra se seca se agrieta y se presentan fugas. Una prueba sencilla que sirve de guía es que si se puede hacer una bola con la tierra húmeda sin que se rompa, la tierra probablemente sea buena.

Por otro lado, cuando se construye sobre suelo arenoso la filtración es alta, pudiendo alcanzar más de 10 cm por día. Este problema se puede detener extendiendo una capa de estiércol de vaca a una proporción de 10 m³ por hectárea antes de llenar el estanque, repitiéndose hasta reducir la filtración en la medida que sea posible. Después de cada ciclo de cultivo se recomienda secar completamente el estanque, para de esta manera cerrar los poros intersticiales que se hayan abierto a causa de su manejo, lo que se logra con los procesos de oxidación de la materia orgánica.

Los suelos rocosos y aquellos que contengan un elevado porcentaje de grava no son recomendados para la construcción de estanques, puesto que las aberturas intersticiales son tan grandes que la depositación de la materia orgánica no es suficiente para cubrir estos poros. Tal vez la única opción sea la utilización de concreto armado y piedras, pero el elevado costo solo se justificaría si se demostrase plenamente la rentabilidad del proyecto.

En cuanto a la acidez y alcalinidad de los suelos, se recomienda aquellos que presentan un pH neutro o ligeramente alcalino, puesto que a un pH muy alto o bajo resulta adverso para el crecimiento de los organismos, para tales suelos si el pH no es corregido, puede limitar la producción o evitar por completo el cultivo.

La acidez y alcalinidad del suelo se relacionan de forma directa con el pH del agua, el cual se debe encontrar entre 6.5 a 9.0 (al amanecer). La productividad se encuentra de la misma forma relacionada directamente con la alcalinidad, es decir cuando es alta, la productividad del estanque también es alta y viceversa.

3.4 Construcción de los estanques.

La etapa inicial en el proceso de construcción (Hepher y Pruginin, 1981) involucra la planeación general. En un mapa topográfico se trazan las características generales de la granja tales como división del área en varios estanques, el número de estanques, tamaño de los mismos, su orientación, el ancho de los terraplenes, el drenado y los sistemas de suministro de agua.

La siguiente etapa involucra la planeación detallada de cada estanque. Para este propósito se requiere un plano a mayor escala, en el cual se muestre la ubicación exacta donde se construirán los estanques, para esto cada área designada a cada estanque se marcará con una letra y un número, anotándose además el nivel del suelo y la profundidad de la excavación que deberá efectuarse.

Posteriormente, la cantidad de tierra requerida para construir los terraplenes se calcula del plano general, para lo cual se considera que la cantidad de tierra necesaria para 1 m de terraplén (que es igual al volumen de 1 m de sección transversa trapezoidal) se multiplica por la longitud total del terraplén. Se debe considerar el coeficiente de compactación del suelo, que depende del tipo que se trate y de la maquinaria utilizada en la labor. El equipo pesado generalmente nos da un coeficiente de 20 a 50 %, por lo que para obtener 1 m³ de terraplén se requieren de 1.2 a 1.5 m³ de tierra, mientras que para construir un estanque de 4 ha se requieren de 25,000 a 4,000 m³.

Después de que se han hecho todos los cálculos, los datos son transferidos al plano y la construcción se inicia acorde al programa establecido. La tubería del drenaje se coloca antes de construir el terraplén, su ubicación y longitud se diseñan dentro del plan de trabajo, se cubre con tierra la cual es cuidadosamente compactada de forma manual para prevenir fugas a lo largo de la línea. Una precaución adicional es la construcción de un collar antifiltrante hecho de concreto o metal en el terraplén, alrededor y perpendicular a la tubería (Fig. 11)

3.5 Estanques para reproductores.

Es necesario conservar un cierto porcentaje de reproductores reclutados ("un stock") que se destinará para futuras producciones de juveniles, sus estanques serán independientes del resto de la estanquería.

En investigaciones llevadas a cabo en los Estados Unidos dentro de la Universidad de Auburn, en el estado de Alabama, se utilizaron estanques rectangulares de 1.35 a 1.8 m², así como de forma circular con diámetro de 0.45 a 4.5 m, semejantes a los utilizados en Australia (Fig. 8), manejaron el agua con una profundidad de 30 a 45 cm. Por ejemplo para un estanque rectangular de 1.8 m² (0.6 x 3.0 x 0.45 m) se requiere una densidad de 5 a 10 machos y de 15 a 30 hembras. No se ha observado diferencia alguna en cuanto a la eficiencia de ambos estanques (Masser y Rouse, *op. cit.*).

Las paredes de los estanques mencionados se pintan con tonos oscuros y se cubren con mallas de sombreado para reducir el estrés asociado por la luz intensa y el movimiento a su alrededor. El interior de los mismos debe estar provisto de superficies lisas como poliéster con fibra de vidrio, neopreno o acero inoxidable recubierto con pintura epóxica, minimizando con esto los posibles daños sobre el exoesqueleto de las langostas y así prevenir la adquisición de enfermedades.

Es conveniente agregar un número suficiente de refugios tales como los que se describirán más adelante

3.6 Estanques de cría.

Los estanques de cría pueden ser cuadrangulares de concreto, (Fig. 9) (con un substrato a base de arena de cuarzo, combinada con arcilla mezclada con grava fina de roca caliza), cuya longitud depende del número de juveniles que se proponga criar en ellos; sin embargo, se considera más conveniente disponer de varios estanques de uno a dos metros de lado y aproximadamente treinta centímetros de profundidad, lo que facilita su manejo. Para mantener a la población alejada de los depredadores, y a la vez prevenir el escape de los juveniles, se cubre completamente el estanque con una malla durante este periodo de cultivo.

Dentro del estanque se coloca una línea de tabiques paralela a las paredes, los cuales proveen refugio a los juveniles, además se deberán utilizar tubos de plástico apilados de forma tal que aumenten la superficie disponible, se colocan en el fondo del estanque de manera dispersa. La proporción sugerida de refugios por juvenil no debe ser menor de tres o cuatro, es importante que puedan escoger de entre un cierto número de refugios y evitar tener contacto entre ellos el menor tiempo posible, limitando con esto el canibalismo.

El flujo del agua puede ser continuo o presentar un ligero movimiento con objeto de evitar su estancamiento. El nivel de agua debe mantenerse por arriba de los tabiques a una profundidad de 15 cm o más, el cual podrá ser incrementado conforme los juveniles aumenten su talla.



Figura 8. Estanques circulares para el cultivo de langosta utilizados en Australia.
Foto de Al Smith / Simon Bennison. Tomado de Aiken, 1988.

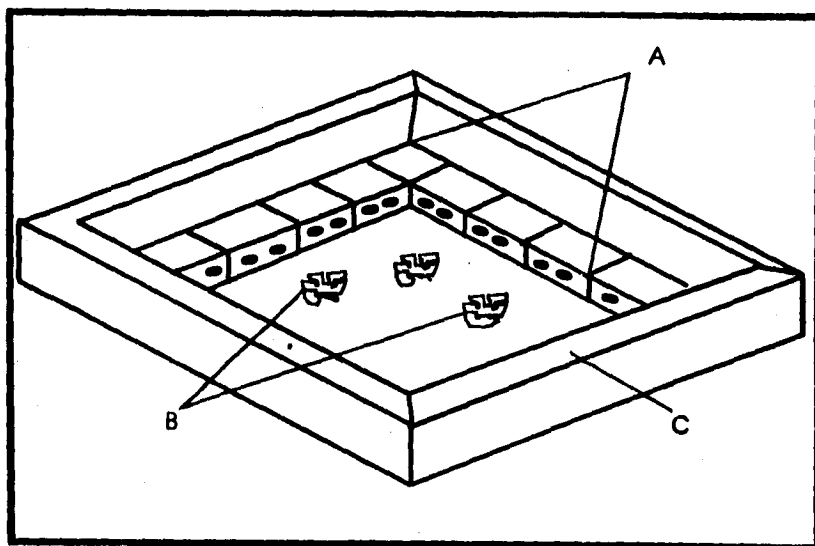


Figura 9. Esquema de uno de los estanques de cría utilizados en Europa.
(A) tabiques sueltos ubicados junto a las paredes internas; (B) refugios.
(C) saliente para evitar escapes. Según Groves, 1985.

Cuando han transcurrido de dos a cuatro meses, dependiendo de la tasa de crecimiento promedio, las langostas se trasladan a los estanques de crecimiento separadas por tallas, con el afán de conseguir una población homogénea.

3.7 Estanques de crecimiento.

En Australia, las langostas se cultivan en estanques tradicionales para peces (Fig. 10) con una superficie de 0.1 a 0.8 ha, una profundidad de 90 a 120 cm con pendiente en el fondo y un sistema de drene. Si la profundidad es menor puede haber problemas de cambios bruscos de temperatura, pH, oxígeno disuelto e invasión con vegetación acuática. En los bordos se utiliza una barrera antiescapes de madera. Los estanques de 0.4 ha son recomendables por su fácil manejo y ventajas durante la cosecha. Se utilizan densidades de 10,000 a 12,000 juveniles por cada 0.4 ha en los estanques de crecimiento, para lo cual se requieren aproximadamente 70 hembras y 25 machos (considerándose el desove y las tasas de sobrevivencia) (Masser y Rouse, *op. cit.*).

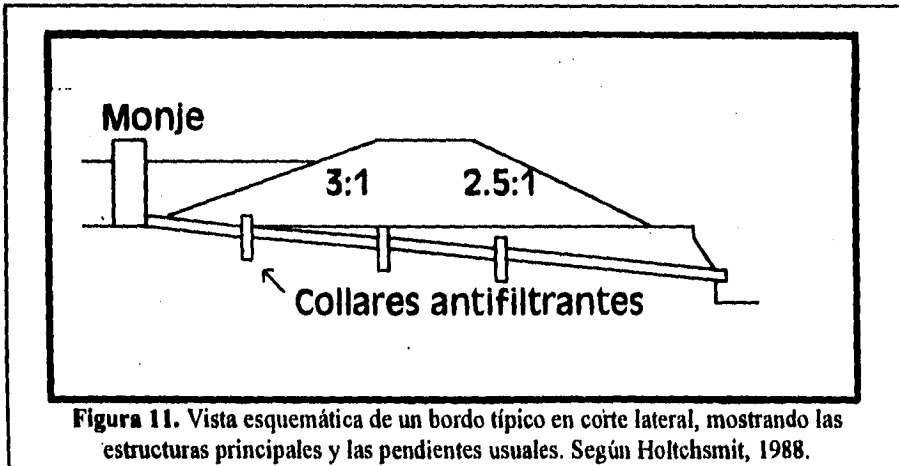
La forma de los bordos y la descarga de los estanques deben ajustarse a la forma rectangular, su longitud depende de la topografía y del tamaño del estanque seleccionado. El declive debe ser el suficiente para que toda el agua se drene al vaciarlos logrando que los organismos sigan la corriente del agua; para estanques de 0.4 ha o más se recomienda un declive de 1:500 por razones prácticas, para estanques pequeños lo ideal es 1:200.



Figura 10. Serie de estanques rectangulares utilizados en Australia para el cultivo de la langosta de quejas rojas. Foto de Al Smith / Simon Bennison.

Tomado de Aiken, 1988

Las dimensiones de los bordos deben ser tales que permitan el paso de un vehículo por su corona, es decir de aproximadamente 3 m, que sobresalgan del agua unos 40 a 70 cm y que tengan un declive de 3:1 por su parte interna y 2:1 en su parte externa y en casos excepcionales, los declives pueden ser: 2.5:1 y 2:1, respectivamente (Fig. 11).



La orientación del estanque debe estar en la misma dirección que el viento, con esto se aprovecha y obtiene una aireación natural más eficiente. Para promover la producción natural o primaria en el estanque debido a los procesos de las microalgas, el fondo debe cubrirse con una capa de entre 5 y 8 cm de tierra fértil, se debe tener cuidado de que dicha capa no contenga residuos tóxicos (Barlow y Jones, 1990).

El desfogue puede ser de varios tipos como sifones, tuberías con tapón, válvulas o monjes. Los monjes pueden estar contruidos dentro del estanque y fuera del bordo o dentro de él que es más práctico pero más caro, debido a que hay que incluir unas paredes laterales de concreto para evitar la erosión. Estas estructuras generalmente están contruidas con concreto de proporción 1 de cemento: 2 de arena: 3 de grava y se dejan curar lentamente, manteniéndolos húmedos hasta el fraguado completo.

Pueden tener tres o cuatro ranuras sobre las que se inserta un marco con malla, para evitar la salida de los organismos y una serie de tablas que se acomodan para dejar salir el agua del fondo del estanque y las que sirven como nivel. Se deja salir el agua por la parte inferior con el fin de evitar la estratificación del estanque, ya que al remover el agua del fondo, que es pobre en oxígeno, y lavarlo de algas perjudiciales como las cianofitas o azul-verdes. Las tablas deben ser de madera dura, que no se tuerza y para evitar fugas se pueden calafatear con trapos impregnados de chapopote. (Fig. 12).

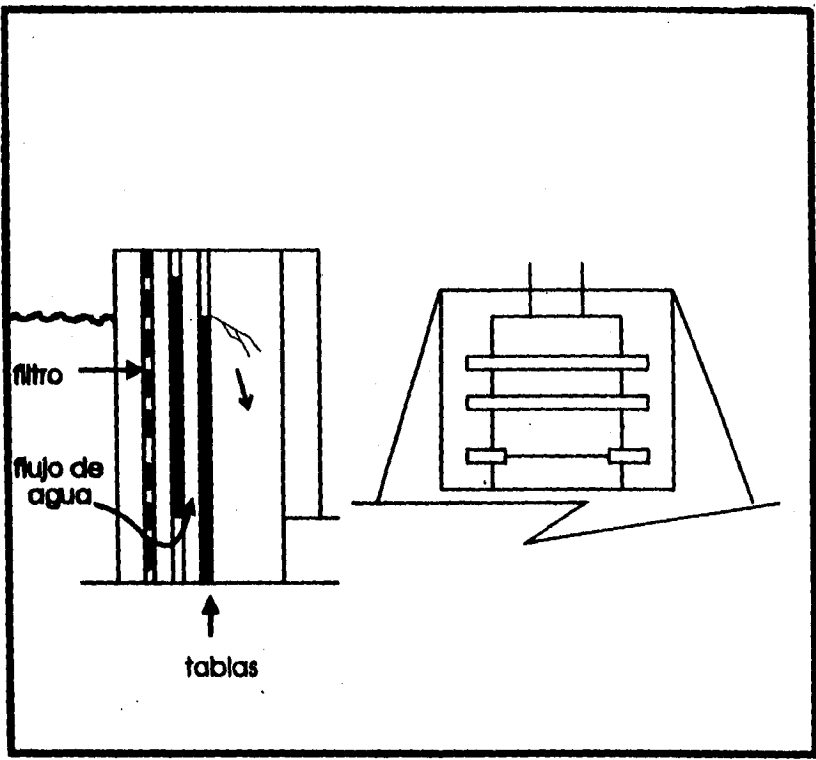


Figura 12. Vistas esquemáticas de un "monje" en corte lateral (izquierda) y superior (derecha). Según Holschmit, 1988.

Los monjes deben estar contruidos sobre una base de concreto para evitar que se hundan o se ladeen. Esta base puede extenderse un poco y formar una especie de pileta donde se acumulen los organismos durante la cosecha y, para facilitarla aún más, se puede construir otra pileta por la parte externa del estanque que reciba la descarga del agua justamente sobre una caja de cosecha forrada de malla (Fig. 13).

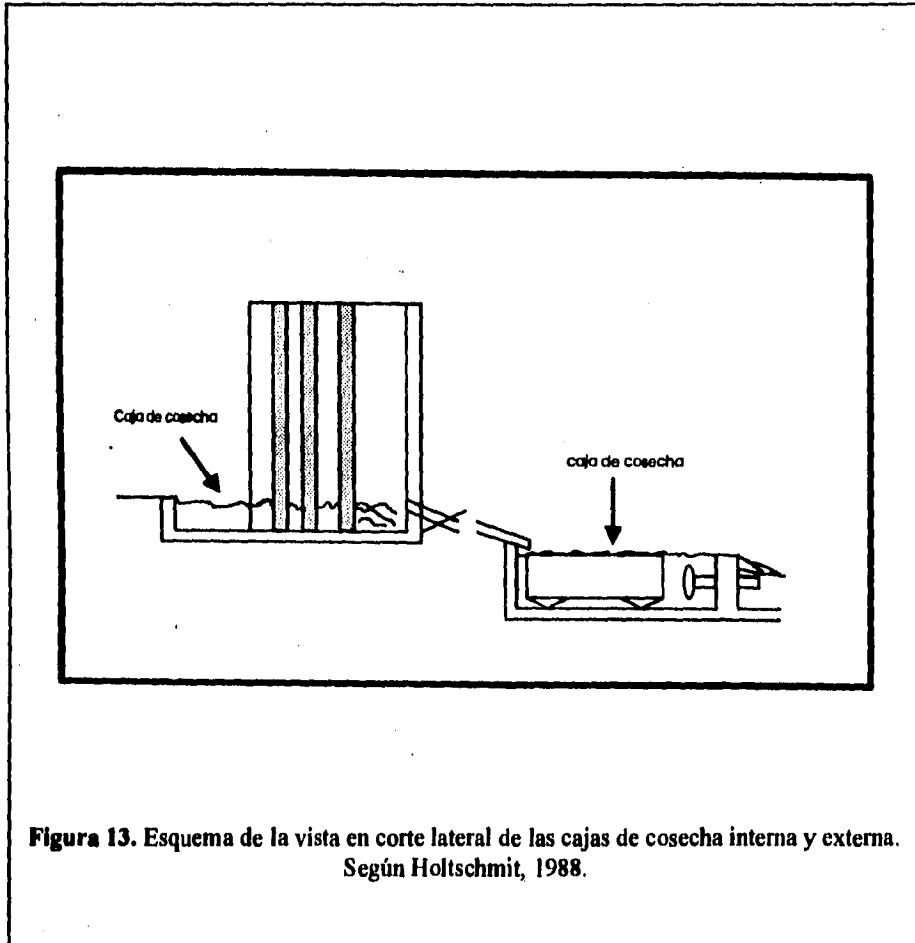


Figura 13. Esquema de la vista en corte lateral de las cajas de cosecha interna y externa. Según Holschmit, 1988.

El tamaño del tubo de desagüe debe ser lo suficientemente grande para vaciar el estanque en 1 a 2 días. De acuerdo con New y Singholka *op.cit.*, los diámetros de la tubería recomendados para diferentes descargas se enlistan en la **tabla 8**:

Tabla 8. Descarga en m³/min

Diámetro tubo (m)	Descarga (m ³ /min)
0.3	4.8
0.4	7.8
0.5	12.0
0.8	30.0
1.0	48.0

Nota. Asumiendo que los estanques tienen una profundidad de agua de 1.5 m.

3.8 Canales de crecimiento.

En su ambiente natural, las langostas se encuentran en aguas someras donde existe una mayor disponibilidad de refugios y agua relativamente más cálida en comparación a la de áreas con mayor profundidad; por lo que es necesario la creación de un medio artificial que simule el hábitat natural.

Un modelo de estanque de crecimiento utilizado en Europa se muestra en las figuras 14 y 15, y en cuya construcción se deben considerar los siguientes aspectos:

- 1) El canal debe ser de aproximadamente 2 metros de ancho.
- 2) La profundidad del agua debe ser de 60 cm como mínimo.
- 3) Proveer de una capa de grava en el fondo del canal permitiendo la formación de microfauna, la cual se utilizará como alimento natural.
- 4) Se debe utilizar una tasa de flujo mínima.
- 5) Los canales se proveerán con refugios.
- 6) En los bordes de las paredes del canal se debe colocar un alero o saliente para evitar que los animales puedan escapar.
- 7) Se recomienda utilizar rejillas para separar por tallas o sexo y permitir un mayor control del stock.
- 8) El área completa se protege contra los depredadores con una red o malla que cubra todo el sistema de cultivo.

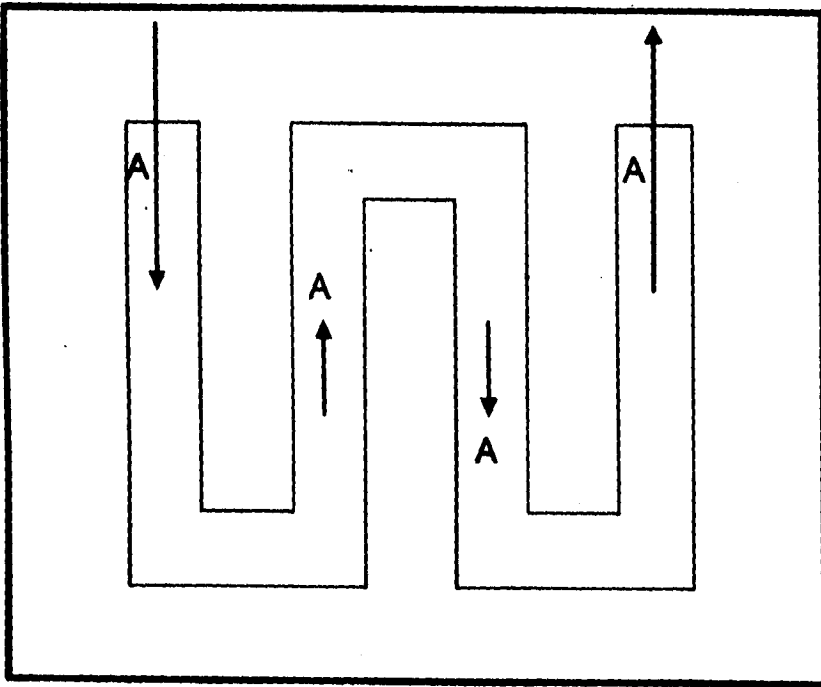


Figura 14. Esquema de un estanque en forma de canal -de crecimiento- utilizado en Europa para la engorda de langosta. (A): sentido del flujo de agua. Según Groves, 1985.

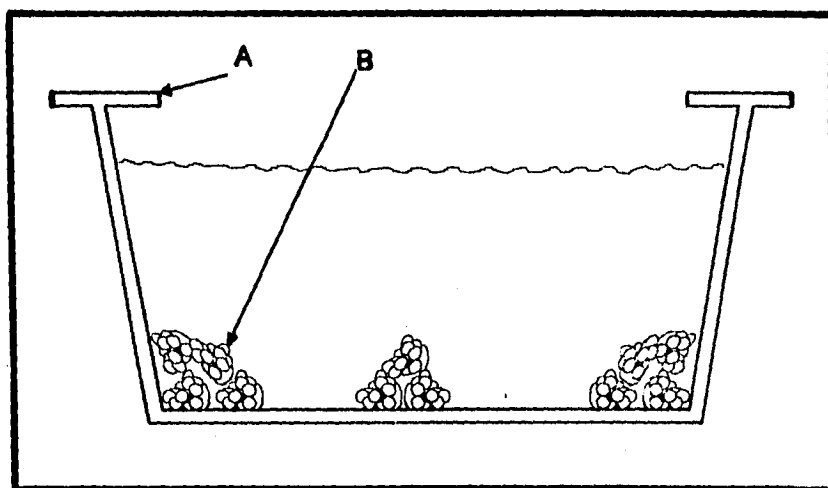


Figura 15. Esquema de la sección transversal de un canal de crecimiento, que muestra: (A) la saliente para evitar escapes y (B) los refugios dispuestos central y lateralmente a lo largo del canal. Según Groves, 1985.

IV. CALIDAD DEL AGUA.

Las variables de la calidad del agua de mayor importancia en el cultivo de langosta, de acuerdo con Jones y Burke (1990) son: la temperatura, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad y dureza total, amonio y amoniaco, turbidez y plancton.

4.1 Temperatura.

La langosta de quelas rojas presenta altas tasas de crecimiento entre los 24 °C y 32 °C, sus límites letales se encuentran por abajo de los 10 °C y por arriba de los 35 °C, con un óptimo entre 27 y 30 °C. Para su medición se utiliza un termómetro sumergible, de preferencia con lecturas máximas y mínimas de manera que el intervalo de temperaturas sea obtenido de forma más sencilla. Es importante tomar la temperatura del agua en la superficie y el fondo del estanque, ya que en este último es donde se encuentran en mayor proporción las langostas. Se recomienda tomar tres lecturas: una al amanecer, otra al mediodía y la última al atardecer. El incremento de la temperatura se relaciona con la aceleración del metabolismo y con la reducción de la disponibilidad del oxígeno disuelto.

4.2 Oxígeno disuelto.

Las langostas soportan concentraciones de 0.5 mg/l en cortos periodos, pero en cultivo se recomienda que no sean menores a 5 mg/l. Para su medición -que se expresa como partes por millón o mg/l- se puede utilizar un oxímetro, o bien mediante otro método estándar muy conocido como el de Winkler. La importancia de éste parámetro es fundamental ya que de existir bajos niveles de oxígeno se puede incrementar la mortalidad; es necesaria su medición antes del amanecer, al medio día y al atardecer, ya que si éstos niveles están por debajo de 5mg/l se deben tomar acciones rápidas como incrementar la entrada de agua al sistema o la utilización de aireadores.

4.3 pH.

A las langostas se les puede encontrar naturalmente en aguas con pH de 6.5 a 9.0, pero en las condiciones de cultivo crecen mejor en aguas ligeramente alcalinas con un pH de 7.5 a 8.0. Para su medición se utiliza un potenciómetro o papel indicador.

4.4 Alcalinidad total.

La alcalinidad en el agua se debe principalmente a la presencia de iones bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}), hidróxidos y en menor proporción por boratos, silicatos y fosfatos; sus valores se expresan en mg/l de equivalentes de carbonato de calcio (CaCO_3); se evalúa por medio de técnicas de titulación o bien utilizando estuches de análisis para campo (kits). La disponibilidad del dióxido de carbono (CO_2) para el crecimiento del fitoplancton se relaciona con la alcalinidad. Esta debe ser mayor de 100 mg/l y hasta un máximo de 300 mg/l para un buen desarrollo de las langostas.

4.5 Dureza total.

Es dependiente principalmente de la concentración de iones calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}), y se expresa como mg/l de equivalentes de carbonato de calcio (CaCO_3). Bajo circunstancias normales estos iones presentan valores de concentración similares. Debido a los altos requerimientos de calcio por parte de las langostas, los bajos niveles de dureza afectan severamente los procesos de muda por lo que la concentración debe ser mayor a 50 mg/l y, a semejanza de *P. clarkii* es recomendable que dicha concentración alcance los 200 mg/l (Bardach *et al.* 1986). Cuando la dureza total se encuentra por debajo de 40 mg/l, las fluctuaciones en el pH se tornan ácidas, haciendo necesario su incremento mediante la adición de cal (Jones, 1990c).

4.6 Amonio y amoniaco.

Los desechos nitrogenados son generados por los organismos en cultivo y se suman a los producidos por la descomposición de la materia orgánica. El nitrógeno amoniacal se presenta de dos formas: la primera es la no ionizada, el amoniaco (NH_3) y la segunda forma es la ionizada, el ion amonio (NH_4^+); el amoniaco es un componente tóxico y letal para los organismos a concentraciones bajas, mientras que el amonio es peligroso solo cuando se encuentra en elevadas cantidades (Jones y Burke, 1990). La suma del amoniaco no ionizado (NH_3) y el ion amonio (NH_4^+) constituye el nitrógeno amoniacal total. La proporción de amoniaco total existente como forma no ionizada se incrementa con el aumento de la temperatura y el pH. La influencia del pH sobre la concentración del amoniaco no ionizado es mayor que el efecto que ocasiona la temperatura. En general se puede afirmar que por cada unidad de incremento del pH, el incremento en la concentración del amoniaco no ionizado (NH_3) es diez veces mayor (Jones y Burke, 1990).

Se han reportado concentraciones de amonio por arriba de 1.0 mg/l, por periodos cortos sin efectos sobre la langosta; sin embargo, se recomienda que la concentración de este ion debe estar siempre por debajo de 0.5 mg/l.

4.7 Turbidez.

Es una medida de la transparencia del agua, se debe a la presencia de partículas suspendidas, organismos planctónicos o diversas sustancias acarreadas desde el suelo o vegetación adyacente. La turbidez causada por arcilla, la cual restringe la visibilidad a 30 cm o menos, impide el desarrollo de algas planctónicas. Este parámetro por lo general se calcula con la observación visual a través del disco de secchi mientras éste se va introduciendo en la columna de agua. Generalmente se debe considerar una visibilidad óptima entre 40 cm (Jones y Burke, 1990).

Existen tres categorías en cuanto a los sólidos en suspensión, los que se relacionan con la turbidez y son: 1) concentración menor a 25 mg/l se refiere a estanques con agua transparente, 2) de 25 a 100 mg/l se considera de un grado intermedio, y 3) concentraciones mayores de 100 mg/l el sistema presenta características lodosas, estanques manejados con alta transparencia presentan un mayor rendimiento en comparación con estanques de grado intermedio y aún en mayor proporción que los estanques lodosos.

4.8 Plancton.

Comprende organismos microscópicos, vegetales (fitoplancton) y animales (zooplancton). La presencia de algas planctónicas se reconoce por una coloración verdosa del agua, que en cantidad moderada es benéfico para el sistema; al plancton se le considera como una de las dos bases alimenticias más importantes dentro del medio acuático, la otra la constituye el detrito producido en la descomposición de la materia orgánica.

A pesar de los beneficios del plancton dentro del sistema, no es recomendable que se den crecimientos masivos de algas verde-azules o cianofitas, los cuales producen un efecto adverso sobre el sistema cuando se presentan días soleados, cálidos y carentes de vientos; estas condiciones llegan a producir una muerte masiva y una rápida descomposición de las algas, lo que trae como consecuencia un decremento brusco en los niveles de oxígeno, especialmente peligroso durante las últimas horas de la noche.

Los parámetros más importantes de calidad del agua para el cultivo de la langosta de quejas rojas se resumen en la **tabla 9**.

Tabla 9. Calidad del agua para el cultivo de *Cherax quadricarinatus*.

Variable	Rango recomendado
Temperatura	24 a 32 °C.
Oxígeno disuelto	Mayor a 5 mg/l.
Amonio total	Menor a 0,5 mg/l.
Nitrito	Menor a 0,3 mg/l.
pH	De 7,5 a 8,0
Alcalinidad total	Mayor de 100 mg/l.
Dureza total	Mayor de 50 mg/l y hasta más de 200 mg/l.
Plancton	40-60 cm por d. secchi
Turbidez	40-60 cm por d. secchi

V. REPRODUCCION

5.1 Selección de los reproductores.

Los reproductores son obtenidos del medio silvestre en Australia o comprados directamente a los productores de langosta (Lee y Wickins, 1992). Son seleccionados con base a la talla, fortaleza, y salud general del organismo. Es importante elegir a los animales más grandes y aquellos que muestren una mayor actividad; se debe tener cuidado de escoger ejemplares con todas las extremidades y apéndices completos, puesto que la mutilación de algún segmento puede interferir durante el apareamiento (Jones, 1990d). Un método simple para conocer el estado de desarrollo gonádico ha sido propuesto por Jones (1990a), el cual permite eliminar a las hembras que no podran reproducirse en un periodo corto, y consiste en el examen contra una fuente de luz que se coloca a la altura de la cavidad situada entre la cabeza y el abdomen, con lo que se puede observar con relativa facilidad el desarrollo del ovario, éste debe presentar una coloración rojiza, en caso de que no se presente dicha tonalidad se retiran los organismos inmaduros.

5.2 Identificación sexual.

La langosta llega a la madurez sexual a una edad de 6 a 12 meses con un peso aproximado entre 30 y 85 gramos, momento en el que se observan claramente las gónadas con un color rojizo por encima del primer segmento abdominal y a través de una membrana transparente protectora (Groves, 1985). Como carácter sexual secundario, los machos maduros presentan una coloración rojiza sobre el margen externo de las quelas, misma que está ausente en las hembras. La identificación sexual antes de la madurez se basa en la observación de las aberturas genitales sobre la base de los pereópodos; las hembras tienen un par de poros genitales hacia la base del tercer par de pereópodos, mientras que en los machos se distingue un par de papilas genitales hacia la base del quinto par de pereópodos (Fig. 16); los juveniles de 20 a 30 gramos se identifican por la posición de los gonoporos.

5.3 Organos reproductores.

Las hembras presentan ovarios trilobulados entre la base de los senos pericardiales y el extremo anterior del intestino (Fig. 17). Los oviductos, de paredes delgadas, llegan a ambos lados de las aberturas exteriores del gonoporo (Fig. 18). En los machos los testículos están formados de tres piezas: un par con forma lobular y una alargada colocada en posición posterior; el conjunto está situado en una posición similar a la de los ovarios (Fig. 19). Los vasos deferentes se encuentran colocados a ambos lados de los testículos y desembocan en los gonoporos. En la temporada reproductiva los testículos toman un color blanco lechoso, mientras que los ovarios se llenan con huevos de tonos amarillo a café (Holdich y Reeve 1988).

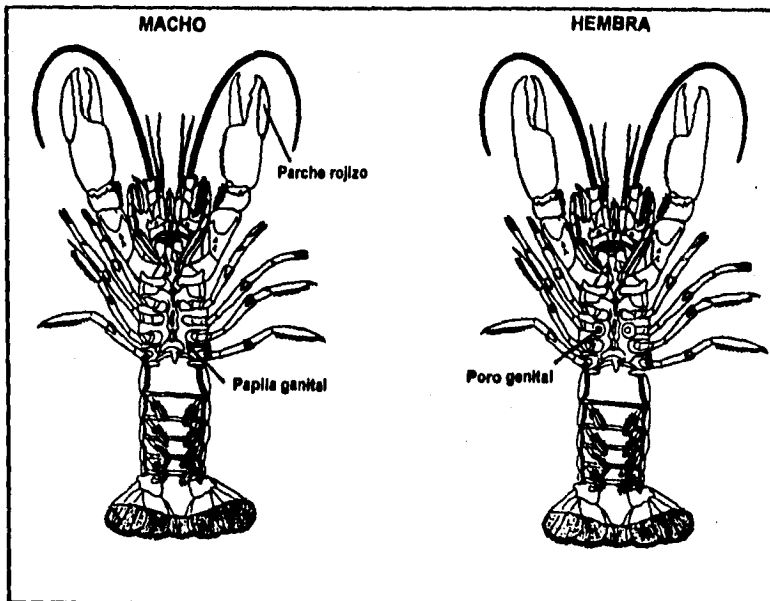


Figura 16. Esquema que muestra los caracteres sexuales de la langosta de quejas rojas; se observan los gonoporos en la base del quinto par de pereopodos en el macho y en el tercer par de la hembra. Al llegar a la madurez sexual solo los machos presentan los parches rojos en las quelas. Según Jones, 1990b.

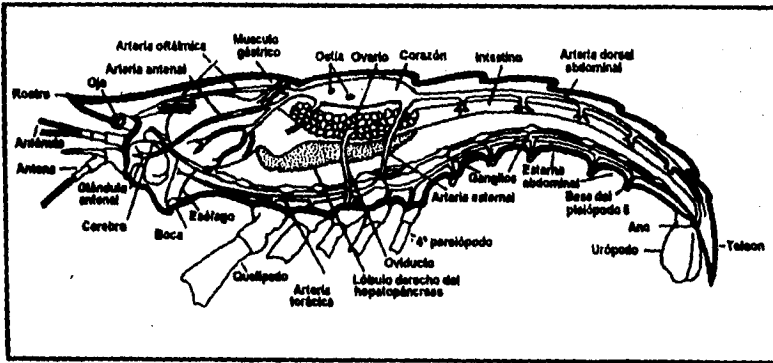


Figura 17. Esquema del corte longitudinal y vista lateral de la anatomía interna de la langosta. Según Fretter y Graham, 1976.

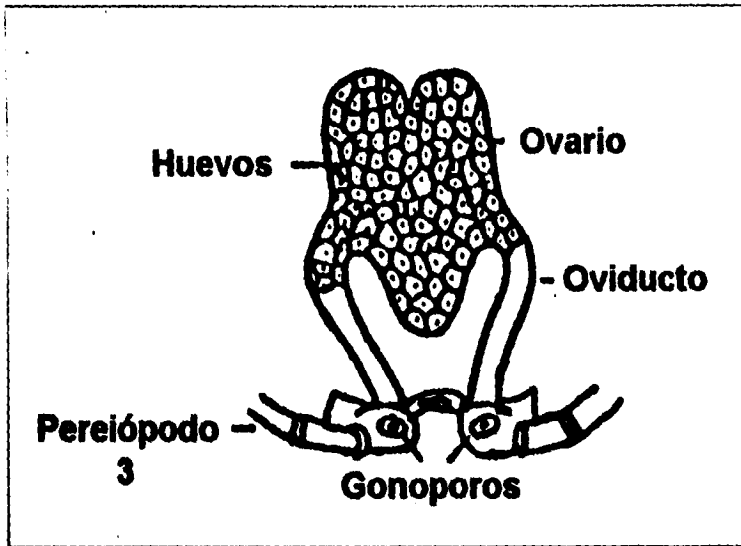


Figura 18. Esquema anatómico simplificado del aparato reproductor de una langosta hembra, que muestra la conexión de los oviductos con el ovario y con los gonoporos. Según Holdich y Reeve, 1988.

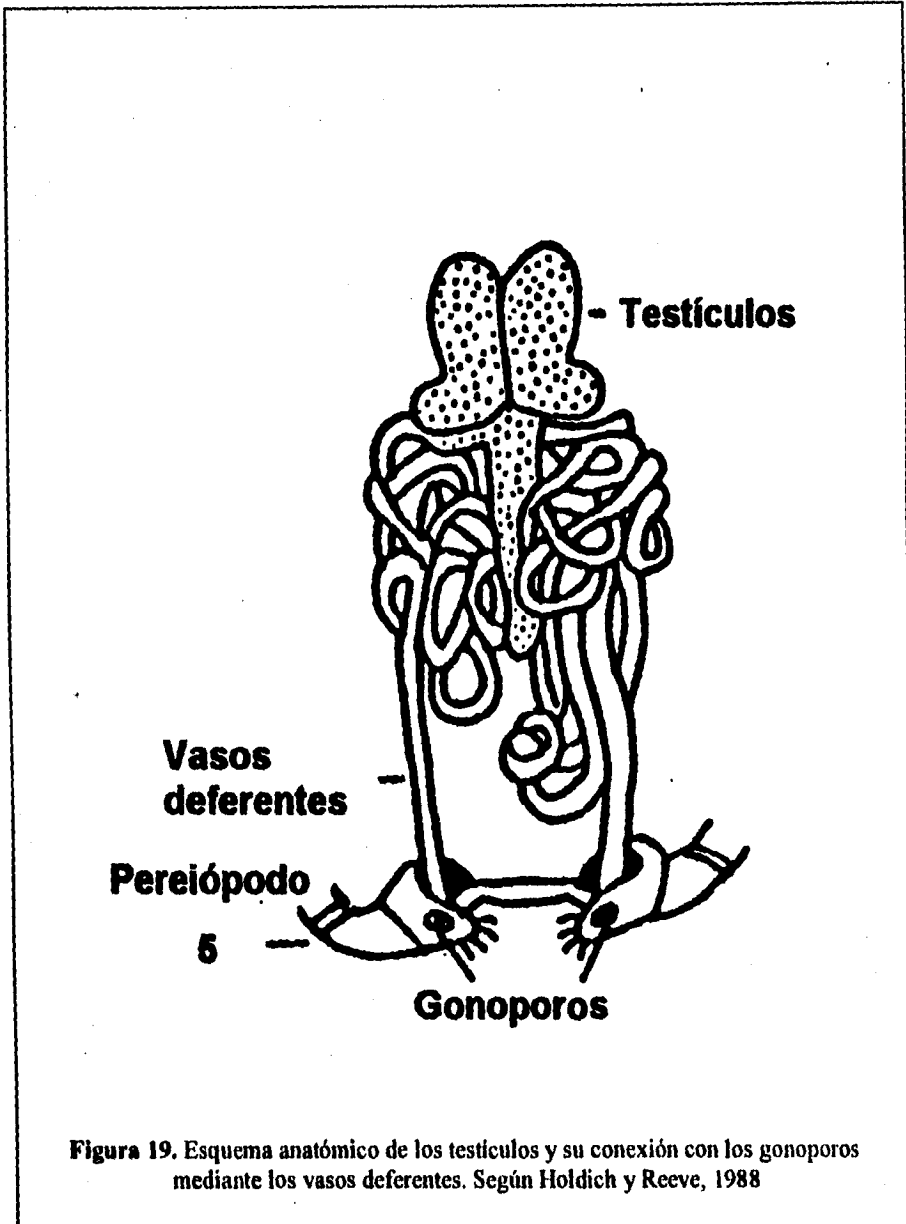


Figura 19. Esquema anatómico de los testículos y su conexión con los gonoporos mediante los vasos deferentes. Según Holdich y Reeve, 1988

5.4 Apareamiento.

Previamente a la cópula el macho hace contacto frontal con las quelas de la hembra, para retenerla se mueve lateralmente y da un giro auxiliándose de los pereiópodos, enlazando al cuarto par a la hembra y rotándola por medio de los otros pereiópodos. Las superficies ventrales de ambas langostas se colocan de frente quedando el macho en la parte superior. Los pereiópodos 2-3 son utilizados por el macho para estimular a la hembra durante la cópula (Holdich y Reeve, 1988). Para concluir este proceso el macho deposita un espermátforo de color blanco de aproximadamente 8 mm de diámetro en la parte ventral de la hembra justo entre el tercer y quinto par de pereiópodos. (Masser y Rouse, *op. cit.*).

En el esquema de la figura 20 se muestran la serie de posturas durante el apareamiento de la especie *Austropotamobius pallipes*, -muy similares a las que adoptan las langostas del género *Cherax*-, en las que el inicio es a través de un contacto frontal (Fig. 20a), el macho sujeta a la hembra con sus quelas y la obliga a rotar hasta quedar por debajo de ella (Fig. 20b, c y d), enseguida con un giro queda justo por encima y ocurre la monta, enlazando el 5° par de pereiópodos previo a la sobreposición de los gonoporos y terminando con la depositación del espermátforo (Fig. 20e, f, g y h).

Según King (1993a), el desove ocurre después de 12 horas en que ha sido depositada la masa de esperma (entre los pereiópodos de la hembra), la que durante el desove se curva formando un hueco dispuesto ventralmente para recibir los huevecillos. Llegado el momento, los oviductos expulsan los huevecillos sin fecundar junto con un fluido que disuelve la masa gelatinosa que contiene a los espermatozoides, lo cual permite que sean fertilizados. Dicho fluido es transparente y cuando se endurece, sirve de protección y aislamiento entre cada huevo, lo que los retiene sujetos a la madre entre los pleópodos, estructuras cuyo movimiento produce una constante circulación del agua que los mantiene bien oxigenados hasta llegar a la eclosión; durante todo el periodo de incubación la madre muestra muy poca actividad (Thomas y Crawley, 1975). Al momento de la fecundación los huevos de la langosta de quelas rojas tienen una dimensión que varía de 2.0 a 2.5 mm, son de forma ovoide y presentan una coloración verde olivo (Jones, 1990a).

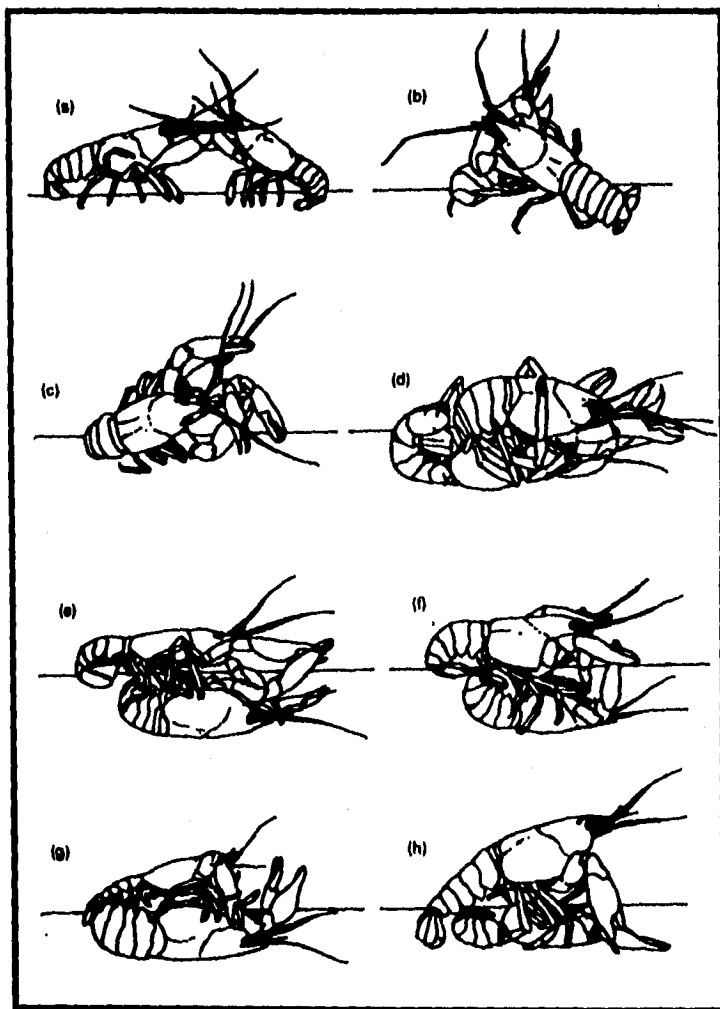
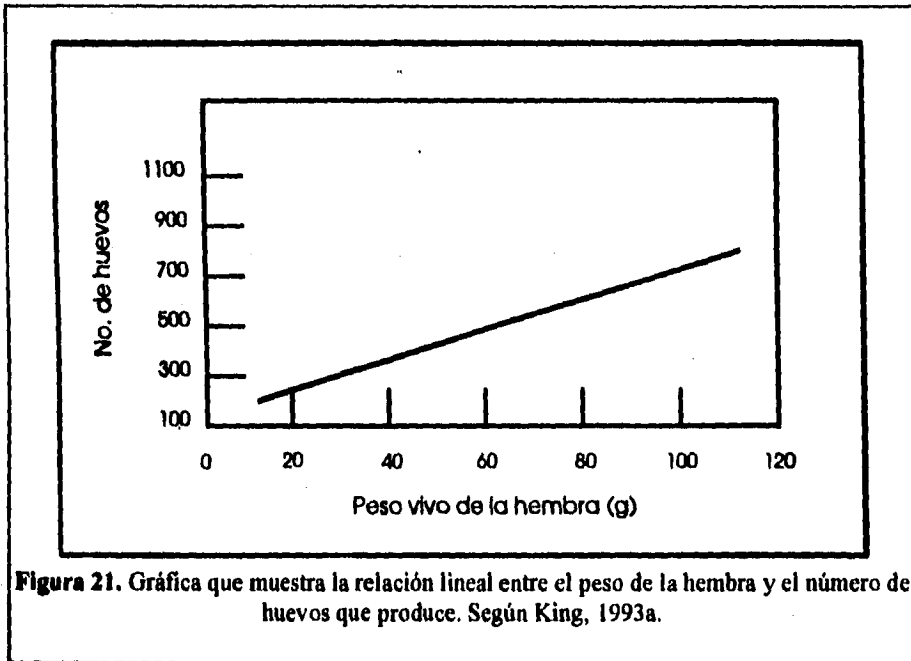


Figura 20. Esquema de la secuencia de posturas durante el apareamiento de la langosta astácida *Austropotamobius pallipes*. Según Thomas e Ingle, 1971.

5.5 Fecundidad.

De acuerdo con algunos autores se considera que la fecundidad es variable, lo que depende de la edad, talla y salud de las hembras; por ejemplo, Jones (1990a) encontró que la fecundidad de la langosta de quejas rojas representa una producción desde 60 hasta 600 huevos, mientras que Sammy (1988) concluyó que se encuentra entre 150 y 250. Las hembras en su primer desove, por lo general se consideran menos fértiles, siendo en promedio de 6.2 huevos por gramo de hembra a partir del segundo desove. Masser y Rouse (1992) determinaron que existe una relación lineal entre el peso y el número de huevos producidos por hembra; King (1993a) estableció la siguiente ecuación: $C = 106 + 6.5 W$, donde C es igual al número de huevos esperados y W es el peso de la hembra en gramos (Fig. 21).



5.6 Aislamiento de hembras ovígeras.

Las hembras dentro de los tanques de eclosión se agrupan de acuerdo al desarrollo de los huevos con objeto de que se presente la eclosión en forma simultánea, basándose para esto en la morfología y cambios de coloración durante el desarrollo embrionario. Se sugiere utilizar una densidad de 10 a 15 hembras por m² (Lee y Wickins, 1992). El periodo de incubación es de aproximadamente 4 a 5 semanas, dependiendo de la temperatura del agua, por ejemplo la eclosión se presenta a los 30 días a 30 °C y a los 45 días a 24 °C. Las hembras ovígeras (Fig. 22) son menos activas durante este periodo y su traslado de un lugar a otro se deberá efectuar con mucho cuidado, para esto se coloca con el abdomen curvado boca arriba para prevenir la pérdida de huevos.



Figura 22. Vista ventral de una hembra ovígera, mostrando entre 600 y 800 huevos.
Foto de Ch. Austin. Tomada de Rouse et al., 1991.

5.7 Producción de juveniles.

5.7.1 Cajas de reproducción para hembras.

El objeto de la caja de reproducción es prevenir que la madre llegue a devorar a sus propias crías recién liberadas. Consiste de una simple caja de madera o plástico de 40 cm² con un divisor en el centro. La superficie y el fondo se cubren con red de luz de malla de aproximadamente 13 mm. La caja (Fig. 23), contiene una pieza de tubo de plástico de 5 a 10 cm de diámetro y 20 cm de longitud, además una placa que sirve de comedero.

Las cajas de reproducción se colocan dentro de los estanques de cría, sobre tabiques de madera, además se deja un espacio entre estos para permitir la salida de las postlarvas a través de la malla. Conforme se acerca el momento de la eclosión las hembras ovígeras son colocadas en el interior de los compartimientos. Los tubos proveen refugios y los comederos evitan que se disperse el alimento y se derrame al exterior de la caja. Las postlarvas se mantienen sujetas a la madre y, en el momento en que intentan nadar libremente, pasan a través de la malla y descienden hacia el fondo del estanque, de modo que permanecen alejadas de ella. Una vez que las postlarvas se han liberado, la hembra es retirada y devuelta al estanque de los reproductores para futuros desoves. No se debe dejar a la madre por más de veinte días dentro de la caja de reproducción.

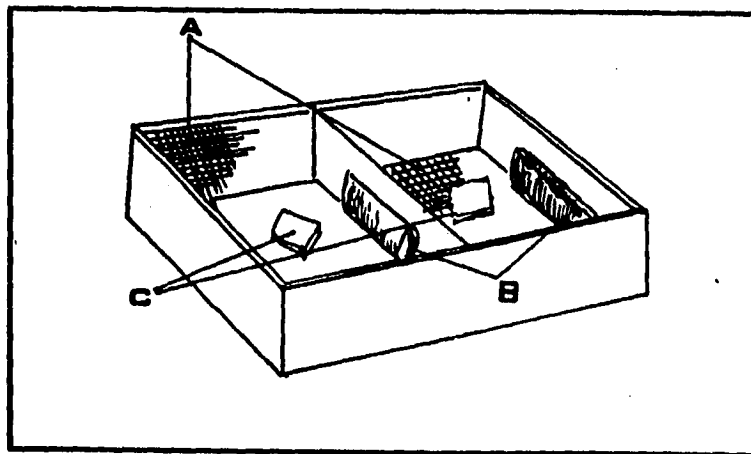


Figura 23. Esquema de una caja de reproducción para hembras ovígeras. (A): malla que permite el paso de las postlarvas; (B): tubos que proveen refugio a cada hembra; (C): recipientes que funcionan como comederos.

Según Groves, 1985.

5.7.2 Incubación artificial de los huevos.

Una alternativa para obtener una mayor producción de juveniles es concluir el periodo de incubación de los huevos en forma artificial. Este proceso puede llevarse a cabo en incubadoras tipo Weiss utilizadas para peces. Sin embargo, existen algunas que se han diseñado especialmente para huevos de langosta, entre ellas se encuentra la incubadora patentada por Cukerzis (1988), la cual consiste de un recipiente de un litro con forma cónica en su porción inferior y cilíndrica en la parte superior (Fig. 24), en su base dispone de una división con una superficie cóncava en cuyo centro se encuentra una abertura, ésta asegura un ligero flujo de agua que imprime un movimiento lento y constante de los huevos, previniendo daños y asegurando así un aumento del número de juveniles; en su extremo más inferior se sella con un tapón de corcho o de hule a través del cual se introduce el tubo de alimentación de agua.

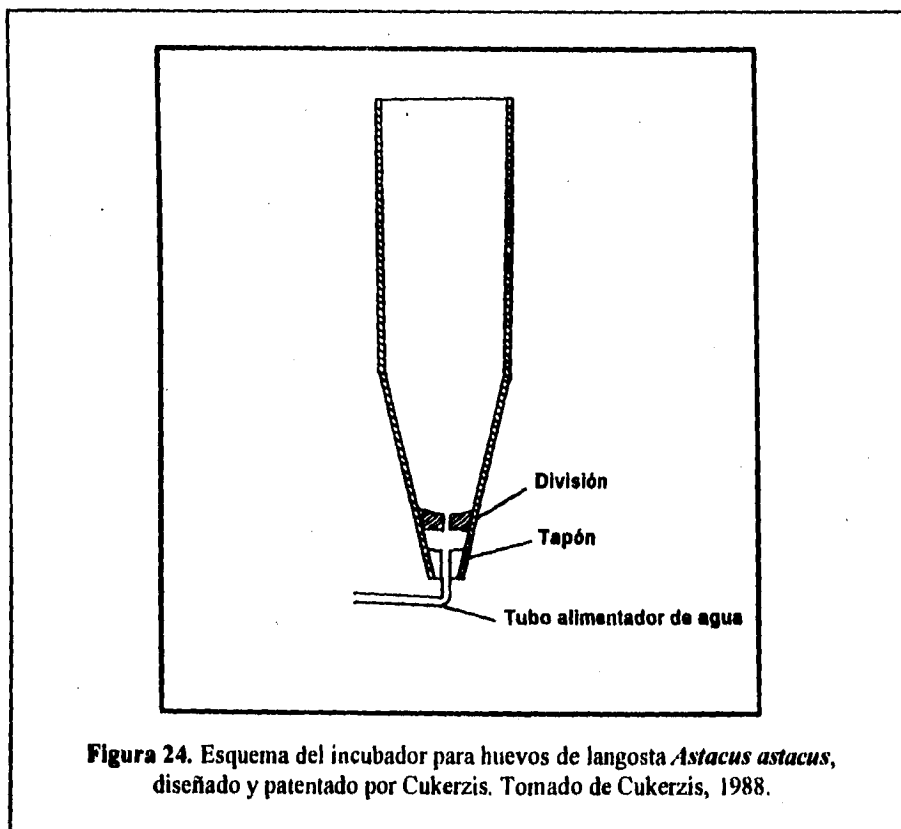


Figura 24. Esquema del incubador para huevos de langosta *Astacus astacus*, diseñado y patentado por Cukerzis. Tomado de Cukerzis, 1988.

Cuando en los huevos se observa a simple vista la mancha ocular o las palpitations del corazón, se retiran del abdomen de la hembra, con unas pequeñas pinzas sin punta, para ser colocados dentro de la incubadora, -la separación mecánica de los huevos no causa algún efecto negativo en las hembras-; el flujo de agua debe ser regulado hasta que los huevos circulen suavemente a través de todo el volumen del recipiente. El tiempo del término de la incubación está relacionado con la temperatura, esperando un mayor tiempo con temperaturas frías y disminuyendo conforme se incrementa dicho parámetro.

Para aumentar la sobrevivencia al término del proceso de incubación se recomienda tomar en cuenta lo siguiente:

1) Equipo. El proceso se debe llevar a cabo en el incubador descrito arriba; de 20 a 25 incubadoras se requieren para producir aproximadamente 100,000 postlarvas.

2) Disponibilidad de hembras ovígeras. La densidad de las hembras es de 40 a 50 por m² con flujo de agua. Las langostas se podrán alimentar dos veces por semana, se sugiere un gramo de carne de pescado por hembra.

3) Término de la incubación. El momento más favorable es cuando el embrión se ha oscurecido, y cuando el saco vitelino y el corazón se distinguen totalmente.

4) Remoción de los huevos para colocarse dentro del incubador. Los huevos se retiran del abdomen utilizando pinzas que se introducen desde la parte anterior del abdomen deslizándose hasta llegar al último par de pleópodos, se colocan en un recipiente con agua y posteriormente son introducidos al incubador; de 8,000 a 20,000 huevos por litro son colocados en el incubador (Arrignon, 1981).

5) Incubación. El movimiento de los huevos debe ser de forma lenta y constante; únicamente detener el flujo para separar los huevos muertos, los cuales se observan de un color totalmente diferente. Las pérdidas diarias de huevos no deberán exceder del 1 %. El flujo de agua en esta etapa es de 0.8 a 1.0 l/min (Arrignon, 1981). En el primer estado en que eclosionan las postlarvas se observa que tienden a sujetarse entre sí a manera de formar un grupo. El flujo de agua debe tener una velocidad que permita mantener a dicho grupo un centímetro por arriba de la división. Las postlarvas del segundo estadio también tienden a sujetarse entre sí, por lo que el flujo para esta segunda etapa debe ser de entre 0.4 a 0.5 l/min.

VI. NUTRICION Y ALIMENTACION.

6.1 Requerimientos nutricionales.

Las necesidades estimadas de proteína para las langostas se encuentran entre el 15 y 45 % de la dieta, estos porcentajes varían de acuerdo con la edad; en la etapa juvenil se consume una mayor proporción de proteína animal, mientras que en la edad adulta los requerimientos son de fuentes vegetales, aunque pueden consumir una pequeña cantidad de proteína de origen animal.

Las langostas requieren de carbohidratos y grasas como fuentes de energía, por fortuna existe una amplia gama de alimentos con azúcares y lípidos. Pequeñas cantidades de grasa pueden utilizarse como suministro energético y deben contener ácidos grasos esenciales como el ácido linoleico de la serie 18:3W3 y los insaturados de las series 20:5W3 y 22:6W3 (Kanazawa *et al.*, 1976). También es importante el colesterol ya que es la base en la síntesis de varios esteroides vitales para la langosta, y como dicho compuesto no puede ser sintetizado por su organismo, es necesario incluirlo en su dieta en una proporción no mayor de 0.5 % (Kondos, 1990).

Existen niveles apreciables de minerales en los tejidos de las langostas, como el calcio, fósforo y magnesio que se encuentran presentes en 216, 210 y 27 mg/100 g, respectivamente. Las vitaminas son sintetizadas por las plantas y posteriormente ingeridas por las langostas, las vitaminas en solución son vulnerables a la descomposición, por lo que es necesario suministrar estos compuestos en el alimento. Los carotenoides contribuyen en la coloración del caparazón, entre los principales se incluye la astaxantina; un precursor de estos pigmentos es la harina de alfalfa (Kondos, 1990).

6.2 Alimentación de reproductores.

En el ambiente natural, la langosta es capaz de satisfacer sus requerimientos nutricionales a partir de un gran variedad de fuentes, entre ellas, gusanos acuáticos, insectos, pequeños moluscos, crustáceos, plancton, y detritos.

En el cultivo de reproductores en tanques se han utilizado dietas conteniendo un 32 % de proteína, obteniéndose buenos resultados con una proporción del 3 % del peso corporal por día, complementándose con una mezcla fresca de vegetales.

6.3 Alimentación de juveniles y adultos.

El alimento inicial debe contener de 44 a 46 % de proteína de origen animal, y se proporcionará en una cantidad del 3 al 10 % de la biomasa (peso total de los organismos), la tasa depende de la densidad de población, temperatura, composición del alimento y el estado biológico del estanque y debe suministrarse a todo lo largo, de manera tal que se tenga disponibilidad tanto en el fondo como dentro de los refugios. (Kondos, 1990).

Se han obtenido mayores sobrevivencias y tasas de crecimiento utilizando nauplios y adultos de artemia, estos últimos congelados. La artemia se puede sustituir por una de las raciones de la dieta formulada. Los juveniles inicialmente pueden alimentarse con una pasta de carne de pescado, hígado, papa machacada, zanahorias, pulgas de agua, nauplios de artemia, etcétera. Conforme van creciendo, se pueden suministrar plantas y moluscos picados, complementandolos con alimento balanceado (Kossmann, 1973).

La langosta presenta un bajo grado de digestión de la fibra. Reigh et al. (1990), encontraron en sus experimentos con *P. clarkii*, que la harina de alfalfa presenta un 35 % de digestibilidad en comparación con el 100 % del maíz y el 95 % de la soya. En la elaboración de un alimento debe satisfacerse un balance adecuado de aminoácidos provenientes de granos, los cuales contienen un 18 a 20 % de proteína cruda (PC) y cerca de 0.8 % de lisina (Kondos, 1990), aunque generalmente se adicionan harina de pescado que contiene de 55 a 70 % de PC, harina de soya (44 a 48 %), harina de semilla de algodón (40 a 44 %) y harina de girasol (27 a 32 %). Con la inclusión de granos y lípidos en la dieta se cumple con un 90 % los requerimientos de energía; entre los más utilizados se encuentran el trigo, maíz, sorgo (bajo en taninos), cebada, arroz, salvado y en menor cantidad alfalfa (menos del 10 %). Algunas dietas recomendadas para la langosta de quelas rojas se muestran en las tablas 10 y 11.

Tabla 10. Composición proximal de dietas, de acuerdo a Robleto (1992).

	Proteína	Carbohidratos	Grasas	Fibra	Humedad	Cenizas
Dieta 1	23.25	36.73	3.78	19.93	9.21	7.1
Dieta 2	24.38	44.1	3.99	9.8	9.73	8.0

Nota: Los valores estan dados como porcentaje en peso seco.

Tabla.11. Dietas para langosta de acuerdo a Kondos (1990), con 18 a 20 % de proteína.

Ingrediente	Porcentaje de inclusión					
	PC %	MSD %	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
Trigo	12	90	31a	37a		
Sorgo	9	87	31a		37	32
Maíz	10	100			19a	33
Cebada	10	83			19a	
Harina de pescado	60	71	8	7	7	7
Harina de carne y hueso	50	61	8		4	4
Harina de soya	42	79	8b	6	8	9a
H. de semilla de algodón	40	65	8b	7		9a
Harina de alfalfa	16	35		6	6	6
Salvado de trigo	15	65			3b	
Salvado de arroz	18	71			3b	
Proteína cruda %			20	20	20	18

PC = Proteína Cruda; MSD = Materia Seca Digerible.

Las cantidades en la misma columna con la misma letra representan alternativas durante la elaboración de las dietas.

Los minerales son esenciales y generalmente se encuentran presentes en alimentos de origen animal, en forma de óxidos o carbonatos, los cuales no son solubles en agua (CaCO_3 , FeO , MgO , CuO , MnO , ZnO , etc.); no obstante, se recomienda la utilización de compuestos solubles formulados con el alimento tales como FeCl , CuSO_4 , MgSO_4 , ZnSO_4 , CaCl_2 , entre otros.

VII. ENGORDA Y COSECHA

7.1 Cultivo de juveniles.

De acuerdo a Jones (1990c) la técnica de cultivo en forma semi intensiva -donde se aprovecha la producción natural- es la que ha aportado los mayores rendimientos para *C. quadricarinatus*; sin embargo, no se descarta la utilización del sistema intensivo, por ejemplo a través de la utilización del sistema de batería empleado para *C. tenuimanus* en el que se han logrado producciones mayores a 10,000 kg/ha/año (O'Sullivan, 1991).

La sobrevivencia de los juveniles se reporta en promedio de 50 a 70 %, los cuales una vez que alcanzan una longitud total de 3.5 a 5 cm y un peso aproximado de 1.0 g, son trasladados al estanque de crecimiento.

7.2 Cultivo extensivo.

El alimento para los juveniles varía considerablemente de acuerdo al ambiente en que crecen. En los estanques las larvas quironómidas, las ninfas de mosca de mayo y algunas plantas acuáticas contribuyen a la alimentación. Entre estas últimas se reporta a *Chara spp.* la cual provee, además del alimento, un sustrato y refugio para los juveniles.

En Australia el cultivo extensivo se lleva a cabo en sistemas naturales y en reservorios hechos por el hombre con fines agrícolas, siendo más favorables los segundos debido a que en ellos se permite un flujo de agua por gravedad, aunque no se descarta la contaminación por compuestos utilizados en la agricultura; además este tipo de reservorios son susceptibles de saturarse con detrito y materia orgánica, por lo que se recomienda que los estanques sean diseñados con fondo arcilloso y un apropiado sistema de drenado (Lee y Wickins, 1992). Los estanques pueden ser de diferentes dimensiones, y no mayores de 10 ha. El flujo de agua se recomienda entre 5 y 10 l/seg/ha.

Es frecuente que en los estanques se utilicen algunos fertilizantes sintéticos, los mejores son los formulados con nitratos, se distribuyen a una tasa de 50 kg/ha (Arrignon, 1981). La eficiencia del sistema depende de la producción natural del estanque; por ejemplo, si el agua es alcalina los rendimientos se incrementan, por otro lado si el agua es ácida, el cultivo de juveniles puede dificultarse.

En sistemas extensivos los peces depredadores, y otras especies de animales son frecuentemente un problema para el cultivo y deben ser controlados (ver control de predadores).

7.3 Cultivo semi-intensivo.

Se ha observado que se alcanzan altas tasas de sobrevivencia y de crecimiento a través de la inducción de una agua rica en algas planctónicas, lo cual se obtiene con la fertilización de los estanques, a un costo menor que el que representa la utilización de alimento balanceado. No obstante, se debe tener mucho cuidado de no excederse en el suministro de fertilizantes por el peligro de inducir un crecimiento masivo de algas del tipo verde azul o cianofitas. Un desarrollo adecuado del fitoplancton en los estanques de langosta genera una abundante densidad de zooplancton, el cual permanece alto aún después de que el estanque se ha drenado y vuelto a llenar (Jones, 1990c)

Entonces, la clave para obtener excelentes rendimientos es disponer de una elevada producción natural en el estanque, para lo cual antes de llenarlo y en el caso de que sean estanques nuevos se coloca una capa superficial de tierra para facilitar la formación de flora y fauna microbiana que ayuden a descomponer la materia orgánica, fundamentales en la alimentación de la langosta. Además las características propias y la tasa de aplicación del fertilizante inorgánico determinan el nivel de nutrientes del suelo y agua dentro del estanque.

Otra opción para fertilizar el estanque es a través de la utilización de forrajes entre ellos: heno, arroz, sorgo y alfalfa. Se distribuyen a lo largo del estanque a una proporción de 2,500 kg/ha. Otros materiales que pueden incluirse son el estiércol y el lodo, retorta o esquilino proveniente del procesamiento del azúcar, aunque estos materiales fertilizantes se recomienda suministrarlos a una menor tasa. La descomposición de la materia orgánica requiere de una gran cantidad de oxígeno, por lo que los niveles permanecen bajos por varios días y durante este periodo no se deben introducir o sembrar las langostas, hasta que los niveles de oxígeno se encuentren en los óptimos para el cultivo (Jones, 1990c)

7.4 Cultivo en traspatio.

Este método a pesar de ser ampliamente utilizado en Australia no es atractivo para los inversionistas. Es manejado por personas sin una amplia experiencia en acuicultura y la producción obtenida básicamente se destina al consumo doméstico. Los estanques son sencillos y especialmente contruidos con dimensiones de 2 a 4 m de diámetro y de 35 a 90 cm de profundidad, se acondicionan con refugios y se les brinda sombra para permitir el control de la temperatura y protegerlos de la depredación de las aves. La aireación puede ser continua o se aplica por 10 minutos de 2 a 3 veces al día. La densidad de reclutamiento es de 10 por m². Se alimenta con pelets de pollo o de trucha hasta 30 gramos por semana, también se pueden utilizar gusanos como alimento. El máximo rendimiento es cercano a 300 gramos por m² con densidades de 2 a 3 langostas por m² (Lee y Wickins, 1992).

7.5 Cultivo intensivo.

Los estanques pueden ser hechos de madera, concreto, metal, fibra de vidrio o plástico. Los estanques son por lo general de 10 m de longitud, 2.5 m de ancho y 0.8 m de profundidad, el nivel promedio de agua que se utiliza es de 0.5 m a partir del fondo para prevenir escapes. El estanque se acondiciona con plantas acuáticas colocadas hacia la mitad del mismo. También pueden utilizarse estanques circulares de 1.0 m de diámetro y una profundidad de 0.8 m.

En el cultivo intensivo, la instalación de refugios es de suma importancia para prevenir el canibalismo, se pueden utilizar para tal fin conchas de moluscos, tabiques porosos, tubos de PVC, y tejas de barro entre otros. Los refugios se colocan a lo largo del margen del estanque.

Las pruebas en este tipo de sistema son escasas para la langosta de quejas rojas, no obstante se han cultivado en estanques de concreto especies de astácidos a una densidad de 130 juveniles por m² con una longitud de 5.65 mm, lo cual puede servir como referencia para cultivar a *Cherax* (Köksal, 1985),

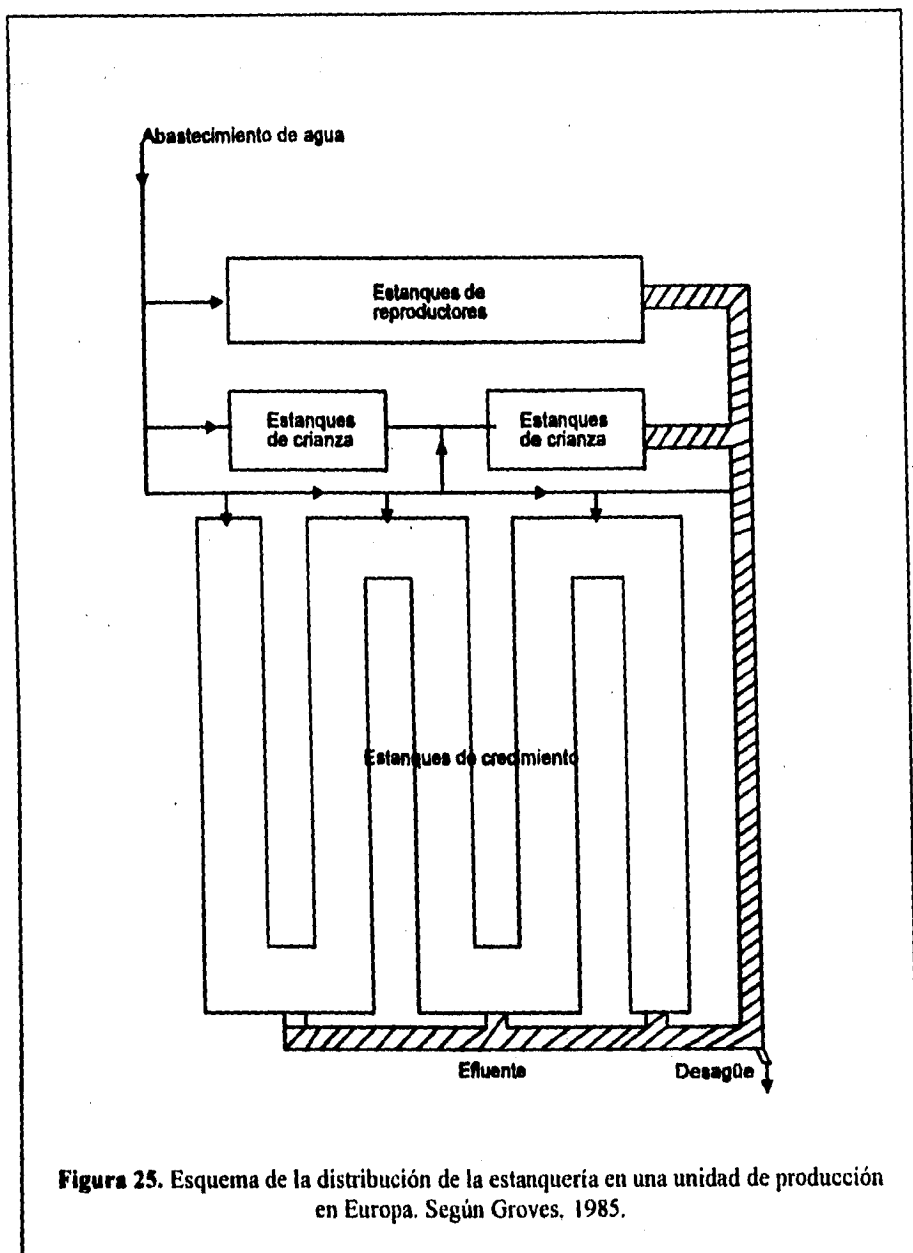
Para el cultivo intensivo de langosta de agua dulce europea se han utilizado sistemas modulares con resultados aceptables comercialmente como el siguiente: el área de los estanques de reproductores es de 90 m² (Fig. 25), adecuado para soportar a una población de 90 reproductores de tallas similares. El área combinada de los dos estanques de crías es de 24 m². Una vez en operación se puede incrementar el número de estanques de cría para proveer suficientes juveniles para las áreas de crecimiento.

La separación entre las áreas de reproductores, cría y de crecimiento es de 5 m, un espacio similar en todos los alrededores de la unidad de producción da aproximadamente 0.4 hectáreas. El conjunto de la unidad de producción debe constar de por lo menos un estanque de reproductores, seis de crías y tres estanques de crecimiento.

7.6 Supervivencia de juveniles.

La supervivencia de los juveniles depende de la densidad, uniformidad de tallas, disponibilidad de refugios, nutrición y calidad de agua. La densidad que se sugiere, en estanques de maternidad durante las primeras cuatro semanas, no debe exceder 550/m². Con juveniles de 5 cm o mayores cuyo peso se encuentre por arriba de 1 gramo, se obtienen mayores tasas de supervivencia, algunos productores recomiendan que la profundidad del agua oscile entre 15 y 30 cm (Masser y Rouse, *op. cit.*).

En condiciones intensivas de cultivo, los juveniles de mayor edad tienden a devorar a los más pequeños, por lo que la supervivencia puede incrementarse siempre y cuando se lleve a cabo una separación por tallas, un acceso libre al alimento y un flujo adecuado de agua. El canibalismo también puede reducirse por la presencia de un número suficiente de refugios (Masser y Rouse, *op. cit.*).



7.7 Tipos de Refugios.

La adición de algún tipo de refugio artificial en los estanques de crecimiento representa más costos; sin embargo, estos costos pueden ser compensados con el incremento en la producción y mayores beneficios para los acuicultores. Con este propósito, una gran parte de los granjeros utilizan algún tipo de sustrato para incrementar el área disponible. Existen dos razones básicas para esto: en primer lugar, las langostas poseen un grado alto de territorialismo, acentuado en mayor proporción en el estado juvenil; en segundo lugar, se provee a un organismo esencialmente bentónico con sustrato para ocupar una mayor proporción de la columna de agua.

La forma más simple de sustrato es un panel de malla, y probablemente la forma más ampliamente utilizada es el apilamiento de capas horizontales, de forma que permitan el libre paso del agua. Los paneles verticales son igualmente efectivos que los horizontales durante los primeros estados de crecimiento; sin embargo, existe evidencia de que los verticales, durante las últimas etapas del cultivo no son tan funcionales.

Las langostas de quelas rojas permanecen alojadas en sus refugios alrededor de 15 horas por día, los cuales deben ser de características opacas u oscuras, ya que tienden a comer principalmente en las horas de baja luminosidad. Uno de los refugios que se utiliza con mayor frecuencia son las llantas de desecho, debido a su bajo costo y larga duración. Si estas llantas se emplean en forma completa se deben perforar con objeto de que permanezcan sumergidas y facilitar su vaciado cuando se sacan del estanque; se colocan en el fondo cerca de las zonas con bajo nivel y en línea dejando un mínimo espacio entre cada una. Existen dos formas más de colocar las llantas, cuya finalidad es la de facilitar la limpieza del fondo durante el drenado, en la primera, se colocan en forma alternada (Fig. 26), en la segunda opción se cortan a la mitad y se ubican una frente a la otra, (Fig. 27).

Otro tipo de refugio son las bolsas "cebolleras" de tejido plástico, las cuales son utilizadas principalmente cuando se tienen juveniles, las fibras de las bolsas proveen de una superficie para el crecimiento de organismos epibiontes los cuales son aprovechados como alimento; además, las mismas bolsas representan un sistema eficiente para capturarlos durante la cosecha (Fielder y Thome, 1990).



Figura 26. Esquema de la vista lateral que muestra la distribución de llantas colocadas en forma alternada y semiapilada. Según Fielder y Thome, 1990.

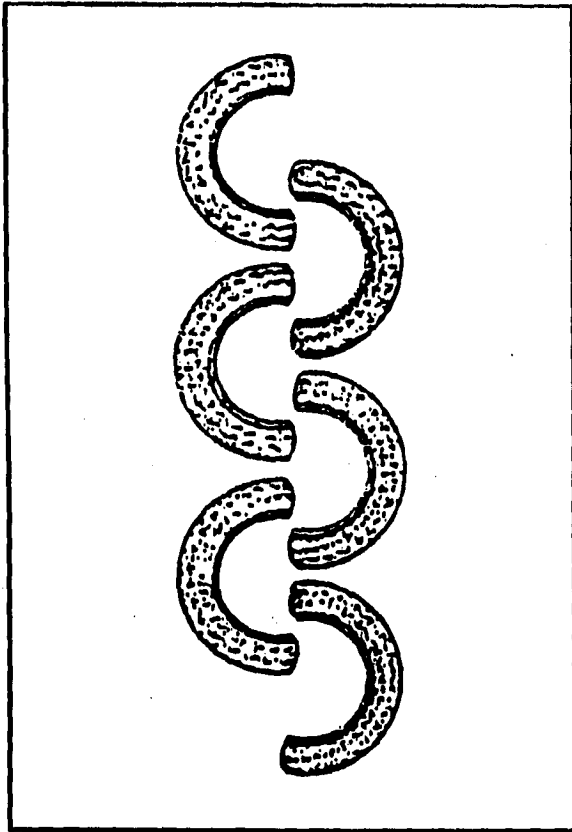


Figura 27. Vista superior esquemática de la distribución de las llantas
partidas por la mitad y colocadas alternadas una frente a la otra.
Según Fielder y Thorne, 1990

7.8 Producción en estanques.

En Australia el cultivo de la langosta de quejas rojas en estanques se inició en 1985, a partir de entonces los resultados estimados proporcionaron un rendimiento de 300 g/m² o 3,000 kg/ha (en 12 meses de cultivo) según el reporte de Aiken (1988); en los Estados Unidos los primeros resultados de la investigación de esta especie indicaron que en un periodo de 7 a 8 meses es posible obtener organismos con talla comercial de 50 a 100 g (Fig. 28) (Rouse *et al.*, 1991).

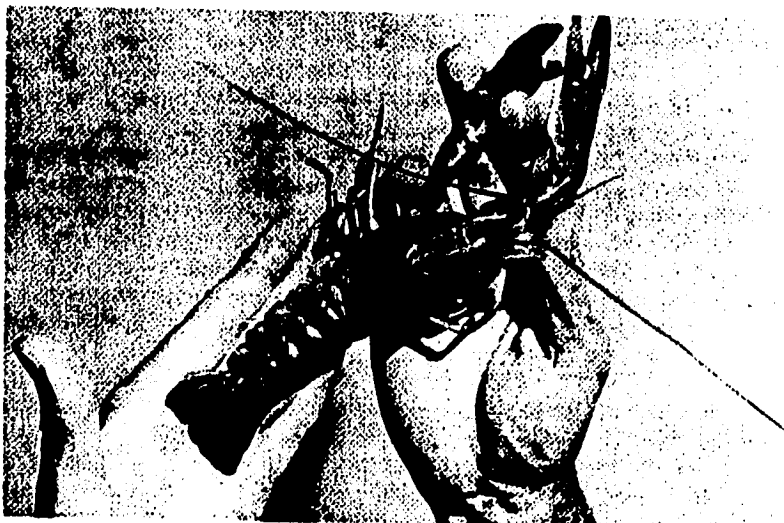


Figura 28. Ejemplar de *Cherax quadricarinatus* de 80 gramos.
Foto de David G. Barker. Tomada de Rouse *et al.*, 1991.

Los reportes recientes de los resultados obtenidos en Australia y Estados Unidos han sido diversos por lo que no son comparables y solamente muestran la amplitud en la respuesta al cultivo de *Cherax* bajo diferentes condiciones. En los cultivos evaluados se han utilizado densidades de siembra desde 1 a 11.3 org/m², obteniendo sobrevivencias de 29.6 a 86.8 %, en periodos de 81 a 265 días, con rendimientos de 311.5 a 1925.0 kg/ha (Tabla 12).

Tabla 12. Resultados de la producción de diferentes experimentos realizados en Australia y Estados Unidos.

AÑO	AUSTRALIA				MISURI				ALABAMA	
	'88	'88	'88	'89	'89	'90 ^b	'90 ^b	'90 ^c	'90 ^c	
PERIODO DE CRECIMIENTO(días)	247	265	247	97	99	81	81	165	145	
DENSIDAD (org/m ²)	5.0	11.3	9.3	3.5	7.0	2.0	1.0	1.0	10.0	
PESO DE SIEMBRA (g)	0.07	0.02	0.02	3.0	4.1	1.7	10.0	3.7	0.13	
PESO DE COSECHA (g)	34.3	32.1	35.9	27.0	19.7	26.1	47.2	69.9	39.5	
PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA	74	54	41	79.6	70	71.8	86.8	85.5	29.6	
RENDIMIENTO (kg/ha)	1267	1925	1375	653.2	680	324.6	312	589	1171	

Fuente: Tomado de Rouse *et al.*, 1991

b,c.- Medias de 2 y 3 estanques experimentales respectivamente.

En Australia y en los estados de Misuri y Alabama en Norte América, así como en el Caribe se han desarrollado diversos experimentos para determinar la rentabilidad de este crustáceo. La respuesta de la langosta de agua dulce de quelas rojas al cultivo en los Estados Unidos ha sido similar en algunos aspectos al del langostino en México, como en el caso de la sobrevivencia la cual se obtiene por arriba de 70 % en estanques rústicos al sembrar organismos de 3 cm y para alcanzar la tala comercial se requieren de cinco a seis meses por lo menos.

7.9 Estrategias de producción.

Las investigaciones preliminares en Australia y Auburn, Alabama sugieren las siguientes estrategias de producción:

1) El traslado de los juveniles de 1.0 g o más hacia los estanques se debe realizar con temperaturas de agua iguales o mayores a 21 °C, cuidandose de minimizar los cambios de temperatura, la exposición a la luz directa y al aire. El proceso de siembra debe llevarse a cabo de preferencia en horas con baja luminosidad, como al amanecer o al atardecer; los recipientes que se utilicen para el traslado deben contener agua del estanque del cual provienen, y a los que posteriormente se les va agregando poco a poco agua del estanque de crecimiento con objeto de igualar las temperaturas (Jones, 1990c). Otro método de aclimatación es introducir en el estanque el recipiente que contiene a las langostas de modo que dos terceras partes queden sumergidas y hacer mediciones de la temperatura cada 5 minutos hasta el punto de equilibrio entre el estanque y el recipiente.

2) La densidad a utilizar será de 10,000 a 12,000 juveniles por cada 0.4 ha; posteriormente a la siembra su alimentación se comienza a suministrar después de varias semanas, siempre y cuando la preparación de los estanques sea adecuada (Jones, 1990c).

3) La alimentación proporcionada es básicamente heno que se complementa con alimento balanceado. El heno seco o vegetación similar (hierbas, pastura, etc.), se debe esparcir alrededor de las orillas del estanque mensualmente con una proporción de 225 kg/0.4 ha (dividida en dos aplicaciones). La alimentación se puede complementar suministrando alimento comercial balanceado para langosta, camarón o peces durante la segunda mitad del cultivo. El alimento balanceado se proporciona con una frecuencia de una vez por semana a razón del 1 a 3 % de la biomasa de la langosta, siempre que no exceda de 16 kg/0.4 ha/día.

4) Se recomienda llevar a cabo cosechas parciales utilizando trampas cada tres a cuatro meses después de iniciado el cultivo, o una cosecha total a través del drenado completo del estanque.

En cuanto a la estrategia para la reproducción natural en estanques, esta ocurre siempre y cuando la temperatura del agua se encuentre por arriba de 21°C; además, para el mantenimiento de los reproductores se deben considerar los siguientes aspectos:

- 1) Selección de adultos maduros.
- 2) Agua con temperatura de 24 a 32 °C.
- 3) Mantener la calidad del agua.
- 4) Proveer nutrición adecuada, y
- 5) Aislamiento de hembras ovigeras en estanques de reproducción.

Los reproductores podran reclutarse con una densidad de 11 a 22 animales/m² y deberán ser de tallas similares. Se recomienda utilizar una proporción de 2 a 3 hembras, y se puede llegar hasta por arriba de 6 por cada macho

Tabla 14. Bitácora para el registro del crecimiento de los organismos.

PESO DE LA MUESTRA PERIODICA								
Fecha	Número días	Especie	Peso promedio	Peso por día	Peso por ha.	Peso total	Población por estanque	Población por ha.

Tabla 15. Bitácoras para el cálculo del alimento y el uso de fertilizante.

CALCULO DEL ALIMENTO.				
Alimento (tipo)	Alimento por día	Alimento por Estanque	Alimento por ha	FCA

FCA = Factor de conversión alimenticia

FERTILIZANTE.			
Estiércol	P	N	Fecha

P = Contenido de fósforo.
N = Contenido de nitrógeno

Tabla 16. Bitácoras para el registro y control de la cosecha.

Especie	Fecha	Días de cultivo	No. total de org.	No. total por ha	No. de muertes por ha	% de muertes por ha	Peso total	Peso por org.

Aumento total neto (Kg)	Aumento total neto /ha (Kg)	Aumento neto ha/día (Kg)	Aumento neto (Org./día)	Restan en el estanque (org.)	Restan por ha (org.)	Total de alimento por ha (Kg)	Conversión alimenticia

7.11 Control de predadores.

Los granjeros han utilizado tres tipos de técnicas para eliminar o impedir la entrada de predadores, las cuales de acuerdo a Hume *et al.* (1990) son:

1) Ruidos y objetos. Entre los primeros se pueden utilizar voces grabadas, música, cañones automáticos, alarmas; en cuanto a los segundos se puede contar con los espantapájaros, pelotas, banderas, fuegos artificiales, simuladores de aves rapaces o aviones.

2) Exclusión a través de barreras mecánicas. Las más utilizadas son: líneas de ganchos suspendidas sobre los estanques y a varios metros de altura, las líneas se colocan a intervalos de dos metros o se puede utilizar un patrón de distribución en forma de zig-zag.

También se recomienda el uso de malla que cubra todo el estanque, sostenida con una serie de soportes con objeto de mantenerla a cierta altura; éste método es muy efectivo, pero los costos del dispositivo son elevados, sobre todo en el caso de estanques de grandes dimensiones.

3) **Cercas electrificadas.** Se han utilizado barreras electrificadas para el control de roedores, pero se debe analizar que sea la opción más apropiada y el alcance del presupuesto destinado al control de depredadores.

4) **Eliminación.** Uno de los métodos de eliminación que más se ha utilizado es mediante la filtración mecánica del agua que alimenta los estanques, para lo cual se han utilizado mallas plásticas o material poroso, o bien mallas de nylon como las redes para plancton con un luz de 0.4 mm para formar bolsas de 2 metros de longitud, que deben sujetarse en la tubería de alimentación con la finalidad de no permitir la entrada de insectos, otros crustáceos, peces y sus huevos (Jones, 1990b). Este último sistema permite conocer sistemáticamente la fauna que acarrea el agua de alimentación, ya que los ejemplares quedan atrapados en dichas bolsas, y de este modo puede evaluarse el riesgo depredatorio y/o sanitario, dependiendo de las especies colectadas.

7.12 Cosecha.

Una vez alcanzadas las tallas comerciales, las langostas deben cosecharse ya sea en forma parcial o total. La cosecha parcial se puede hacer utilizando trampas con cebo, mientras que la cosecha final se hace drenando completamente el estanque, colectando a las langostas que estén dentro del lodo y en las cajas de cosecha del monje y/o del tubo de desagüe. (Fig. 13)

Un factor que afecta la cosecha es el periodo de muda, durante el cual las langostas dejan de alimentarse por varios días previamente, durante y después de dicho proceso (Huner y Barr, 1984), por lo que en éste periodo evitan entrar hacia las trampas. Después de que el caparazón se ha endurecido suficientemente continúan con su actividad alimentaria y de nuevo son susceptibles a ser capturadas.

Además, la captura de la langosta es influida por cambios en la calidad del agua, clima y fase lunar. Las lluvias con duraciones de minutos a varias horas incrementan la circulación del cuerpo de agua y también el número de organismos capturados atraídos por la presencia de cebos en las trampas (Baum, 1987; Araujo y Romaine, 1989). La captura también disminuye con la época fría, ya que al reducirse la temperatura del agua se inhibe la actividad de las langostas y como consecuencia decrece el número de ejemplares capturados (Morrissy y Caputi, 1981; Araujo y Romaine, *op. cit.*).

7.13 Trampas.

Existen diferentes tipos de trampas las cuales difieren en diseño y configuración, dimensión física, material de construcción y tamaño de la malla, número de entradas, presencia o ausencia de bandas o collares retenedores (Gary, 1975; Bean y Huner, 1978; Romaine, 1983; Pfister y Romaine, 1983; Romaine, 1988). La mayoría de las trampas son construidas con red metálica o plástica y luz de malla hexagonal de 1.9 cm de diámetro como la que se usa para gallineros

Las trampas son clasificadas en dos tipos: verticales y en forma de almohada horizontal; para las primeras su colocación dentro del agua es con la parte superior de la trampa sobresaliendo de la superficie, mientras que las segundas son colocadas horizontalmente sobre el fondo del estanque y se sumergen completamente (Pfister y Romaine, 1983; Romaine, 1983). Las trampas verticales son las más comunes y son diseñadas de diversos tipos como son: vertical en forma de pirámide, en forma de almohada (Fig. 29) y de tambor o barril; mientras que las trampas de almohada colocadas en forma horizontal (Fig. 30) son usadas en aguas con profundidades mayores de 0.8 metros (Romaine, 1989).

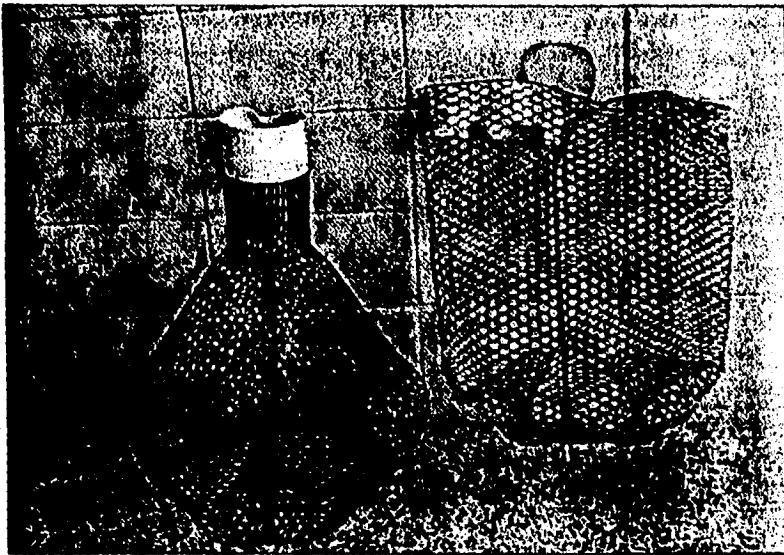


Figura 29. Trampas verticales con collar, en forma de pirámide y de almohada.
Tomada de Huner, 1988.

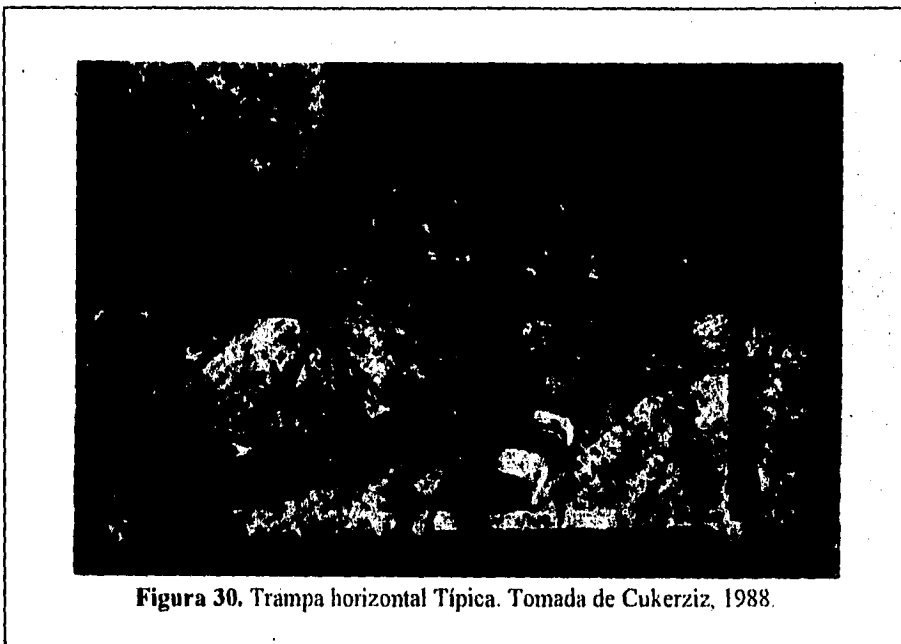


Figura 30. Trampa horizontal Típica. Tomada de Cukerziz, 1988.

7.14 Cebos.

La utilización de cebos o carnada durante la cosecha repercute en los costos de producción de la granja y depende del tipo de cebo utilizado, cantidad usada por trampa, densidad de trampas, y frecuencia de cosecha (Roberts, 1984). En Estados Unidos existen reportes de que durante las cosechas anuales de *Procambarus sp.* en Luisiana se utilizan de 15,000 a 30,000 toneladas de cebos para las capturas en el medio natural.

En acuicultura el 50 % de la cosecha se realiza con cebos naturales, como trozos de pescado y el resto son pelets, los cuales son hechos de harina de pescado, cereales, atrayentes y aglutinantes; se encuentran en forma de pastillas comprimidas o pelets de 0.4 a 1.25 cm de diámetro y de 1.25 a 1.5 cm de longitud, con un peso de 50 a 75 g por pelet (Burns y Avault, 1985).

Por lo general se utiliza una combinación de cebos para obtener mayores cosechas, siendo éstas de 15 al 30 % más abundantes que cuando se utilizan trampas con un sólo tipo de cebo (Romaine y Osorio, 1989; Huner *et al.* 1989). Se aconseja utilizar de 100 a 150 g de cebo en cada trampa para asegurar una buena captura (Romaine y Osorio, 1989).

7.15 Redes.

La utilización de redes como chinchorros, son comunes durante las cosechas totales y parciales. La operación de la captura es bastante laboriosa y se requiere de mucha mano de obra por lo que se considera ineficiente. En promedio se requieren de cuatro personas y un tiempo superior a una hora para cosechar en un estanque de media hectárea. Un aspecto que debe tomarse en cuenta es que entre más ejemplares se capturen con la red, más tiempo se pierde en separarlos de ella, además de que hay mayor mortalidad debido a que muchos mueren aplastados, por lo que es mejor efectuar la cosecha poco a poco con objeto de no saturar la red (Holtbachmit, 1988).

Entre las técnicas de captura con chinchorro se encuentra una que consiste en recorrer el estanque a manera de abanico, para lo cual se requiere que el barrido se inicie junto a la alimentación del agua, extendiendo la red de forma tal que cubra el ancho del estanque, se debe mantener fijo un extremo y el otro se desplaza hacia el costado procurando que la red se mantenga tensa en las dos relingas, fundamentalmente en la inferior para lo cual el cordel debe sujetarse al tobillo del acuicultor, una tercera persona se debe colocar en el centro de la red para evitar que se tuerza o enrede y al mismo tiempo impide que se escapen las langostas. Al llegar al costado, ambos extremos deben jalarse poco a poco y al mismo tiempo se va cosechando con una red de cuchara, hasta que finalmente se recupera la red completamente; posteriormente se repite la misma operación hasta cubrir todo el estanque. Otra persona debe contar y pesar el total de organismos capturados al momento, para compararla con los datos numéricos de la cosecha esperada, estimados en base a la tasa de crecimiento calculada durante las evaluaciones previas, con objeto de evitar esfuerzos innecesarios.

VIII. SANIDAD.

8.1 Medidas sanitarias preventivas.

Debido a que se trata de una especie exótica, los ejemplares adquiridos habrán de ser puestos en cuarentena, bajo estrictos cuidados y observando medidas de extrema higiene en su manejo. Antes de poner a los reproductores en los estanques de desove es necesario darles un baño en agua de sal que contenga un 2.5 % de cloruro de sodio durante 15 minutos, con el objeto de destruir los parásitos de la piel y de las branquias, previniendo también la infección de los huevos.

Las medidas sanitarias preventivas que se deben seguir durante todo el proceso son las siguientes:

- a) Exigir en caso de compra de organismos, el certificado sanitario respectivo que ampare el estado de salud y practicar la revisión sanitaria previa al arribo.
- b) Preparar y fertilizar los estanques.
- c) Vigilar que el suministro de agua a los estanques sea suficiente, abundante y de buena calidad.
- d) Evitar que la maleza y hierbas invadan los estanques provocando la escasez de oxígeno.
- e) Suministrar el alimento necesario de acuerdo a la biomasa.
- f) Evitar movimientos innecesarios de los organismos
- g) Eliminar insectos, otros decápodos, aves, ranas, tortugas, caracoles, serpientes, ratas, y sanguijuelas devoradoras o transmisoras de enfermedades.
- h) Muestrear quincenalmente el estado sanitario de los organismos para determinar si hay parásitos que estén provocando falta de crecimiento, muerte o alteraciones fisiológicas.
- i) Observar directamente que no presenten manchas blancas o puntos negros que indiquen enfermedades.

8.2 Medidas sanitarias correctivas.

8.2.1 Tratamientos para enfermedades comunes.

En caso de que se presente alguna alteración tanto física como de crecimiento, deben desarrollarse las siguientes actividades:

- a) Extraer con una cuchara o red a los organismos detectados como enfermos, depositarlos en un acuario para su observación y diagnóstico, desinfectando siempre el material utilizando formol.
- b) Diagnosticar la enfermedad y elegir el tratamiento sanitario más apropiado para corregirlo.
- c) Aplicar el tratamiento sanitario respectivo (es recomendable diversificar el número de medicamentos) que pueda administrarse a través de los alimentos (cuando son parásitos internos) y a través de baños (cuando los parásitos son externos).
- d) Cuando los organismos hayan sido dados de alta, éstos se reintegrarán a los estanques.

8.2.2 Tratamientos para enfermedades contagiosas.

En caso de que la enfermedad detectada sea contagiosa, desarrollar los siguientes pasos:

- a) Interrumpir el flujo de agua del estanque, bajar un poco su nivel y airearlo con una bomba.
- b) Verificar las condiciones fisico-químicas del agua.
- c) Aplicar el tratamiento sanitario apropiado, a elegir:

8.2.2.1 Baños dentro de los estanques. Cuando el tratamiento debe ser administrado en los estanques, el método más fácil y adecuado es por aspersión, el cual consiste en:

Preparar y colocar la sustancia del medicamento en una bomba de aspersión.

Rociar la sustancia uniformemente sobre la superficie del agua del estanque.

Observar la reacción y evolución de los animales a los medicamentos.

En caso necesario repetir el procedimiento anterior, respetando los límites técnicos.

8.2.2.2 Baños dentro de recipientes. Se utilizan contenedores de plástico con 20 a 30 litros de la solución del medicamento, donde se sumergen los ejemplares que se han extraído de su estanque. Esto es lo indicado para combatir y erradicar enfermedades muy difíciles de tratar, recomendados por su gran eficacia, pero pueden ser costosos por la gran cantidad de operarios e insumos que deben emplearse.

8.3 Enfermedades.

En general, el cultivo de langostas de agua dulce se ha llevado a cabo en forma extensiva, mientras que el cultivo de langostinos y langostas marinas se ha concentrado en sistemas intensivos. Así una amplia variedad de enfermedades se han reconocido afectando a las poblaciones de las primeras, con efecto en la economía de los productores. Las enfermedades que afectan a las langostas incluyen hongos como la denominada "plaga de la langosta", infecciones por bacterias y protozoarios, así como diversos invertebrados parásitos.

Existen muy pocos métodos conocidos de tratamiento efectivo para las enfermedades de las langostas de agua dulce. La "plaga de la langosta" es considerada como letal, así que en ese caso solo se puede hablar de control más que de tratamiento (ver apartado 8.3.3. Hongos); para las demás enfermedades se aplican tratamientos semejantes a los utilizados en el cultivo de peces (Brock, 1983; Lightner, 1983).

8.3.1 Bacterias.

Las infecciones de la hemolinfa y en los órganos internos causados por bacterias forman un cuadro clínico denominado septicemia bacteriana, la infección puede acelerarse cuando las condiciones del estanque no son las adecuadas, lo que provoca estrés en los organismos, impidiendo que el sistema inmune de la langosta contrarreste la infección. Al menos en los casos estudiados en que se ha detectado septicemia bacteriana se relaciona con prolongados tiempos y distancias de traslado al igual que condiciones desfavorable en la estanquería. Dentro de las bacterias aisladas de la hemolinfa de las langostas con septicemia bacteriana se incluye *Vibrio cholera*, reportada en Queensland y *Pseudomonas sp* en el territorio norte, en Australia; además se involucran otro tipo de bacterias semejantes a las Gram-negativas, todas por lo general se encuentran en el agua y el suelo. El mejor método de prevención de la septicemia bacteriana es proveer agua de buena calidad y condiciones de estanquería excelentes (Anderson, 1990).

8.3.2 Virus.

Recientemente una infección por virus fue detectada en el estómago de una langosta de quelas rojas mantenida en acuario, presentaba apariencia saludable y su diagnóstico a través de exámenes histopatológicos reveló la existencia de un tipo de baculovirus, que al parecer resulta ser benigno. En el caso de *Cherax quadricarinatus* se ha reportado la presencia de un *Baculovirus*, sin perturbar ni causar enfermedad clínica; la distribución de la infección se encontró de forma focal en células epiteliales hepatopancreáticas. Muy pocas infecciones se han registrado en las granjas y en el medio silvestre dentro del norte y sureste de Queensland del territorio australiano, las que no han representado problemas para las poblaciones de langostas (Anderson, *op. cit.*)

8.3.3 Hongos.

Varias enfermedades causadas por hongos como *Pythium sp*, *Lagenidium sp* y *Saprolegnia sp*, se detectan cuando algunos de los huevos de la langosta mueren, estos patógenos se desarrollan cuando los niveles de oxígeno son bajos y el pH del agua es ligeramente ácido (6.0 a 6.6), lo cual propicia la infección de los huevos sanos (Sammy, 1988). En el caso de *Saprolegnia sp*, se ha observado que infecta a los huevos y larvas ocasionando su muerte. Los huevos pueden ser tratados con verde de malaquita a una concentración de 0.1 mg/l cada 14 días para reducir la infección. Las larvas son invadidas en todo el cuerpo y consumidas por las hifas en un lapso de 48 horas a una temperatura entre 25 y 27 °C. Por lo general son afectadas principalmente las langostas que se dañan por el manipuleo o por el estrés de temperatura.

Otros hongos patógenos son: *Achlya* el cual infecta las branquias identificándose por una deposición de melanina; *Psorospermium sp*, afecta también branquias, tejido conectivo y neural; en ocasiones ataca la membrana del ovario, músculo cardíaco y esquelético. No se observan efectos deletéreos o respuestas inmunes hacia estos organismos (Herbert, 1987b).

La enfermedad conocida como la "plaga de la langosta", causada por el hongo *Aphanomyces astaci* no se ha reportado en Australia; no obstante, se sabe que las langostas son susceptibles a dicho hongo. Este es originario de los Estados Unidos y se ha expandido hacia Europa a través de la introducción de otros decápodos, con consecuencias fatales para las langostas nativas (O'Connor y Rayns, 1992).

Cuando un gran número de zoosporas de *A. astaci* están presentes, las langostas son infectadas saturándose rápidamente los mecanismos de defensa. Los animales finalmente mueren mostrando escasos signos del emblanquecimiento de la musculatura abdominal. Por otro lado cuando las zoosporas se encuentran en menor número las langostas pueden responder encapsulando a las zoosporas y controlando la infección. En ciertos casos, un progreso lento de la infección se manifiesta por cambios en la melanización sobre el exoesqueleto de los animales infectados; particularmente sobre el intergumento abdominal y cutícula de las articulaciones se observan emblanquecimientos y necrosis en la musculatura. Estas infecciones crónicas son a menudo acompañadas por invasiones bacterianas secundarias produciéndose necrosis localizadas en el tejido. Anderson (1990) reporta que las langostas infectadas presentan inestabilidad, estremecimientos y parálisis de quelas y pereiópodos.

En condiciones de cultivo, la proliferación de este hongo se da entre 4 a 28 °C con un óptimo de 24 °C, y cuando las temperaturas se encuentran por arriba de 20 °C ocurren mayores mortalidades debido a la falta de mecanismos de melanización de la langosta, mientras que a temperaturas bajas sus respuestas inmunológicas son más efectivas, reflejándose en una menor tasa de mortalidad. Las langostas infectadas por *Aphanomyces* en un estado avanzado pueden ser identificadas a simple vista, ya que toman una posición característica con el abdomen doblado hacia la cabeza (Fig. 31).



Figura 31. Postura típica de una langosta altamente infectada por el hongo *A. astaci*. Tomado de Cukerzis, 1988.

8.3.4 Protozoarios.

Los géneros *Zoothamnium* y *Epistylis*, de escaso poder infeccioso, aparecen a mediados del verano cuando las temperaturas oscilan entre 24 a 30 °C, se localizan en mayor densidad en la parte lateral del cefalotórax y en menor proporción en el resto del cuerpo. Otro parásito es *Vorticella* que ha sido observado con menor frecuencia. Los Protozoarios pueden ser controlados mediante baños en recipientes con una solución de formaldehído a 180 mg/l durante 30 minutos. El ciliado *Lagenophrys* ocasionalmente ha sido observado en las branquias de organismos silvestres (Herbert, 1987b).

Tal vez el protozoario parásito más notorio es *Thelohania*, ya que en todos los reportes de infecciones los músculos se tornan blancos debido a la presencia de numerosas esporas en las fibras musculares, por lo que en etapas avanzadas de la invasión se puede ver la coloración característica que da nombre a la "enfermedad de porcelana". Las hembras infectadas muestran una coloración anormal del ovario, la mayoría de tono negro o verde oscuro, y al hacer exámenes histológicos se revela que dichos ovarios son inmaduros. En los adultos se observa inflamación sobre las branquias y también se afectan los músculos esquelético y cardíaco. Se sugiere un prolongado periodo de cuarentena debido a la dificultad para detectar a la enfermedad en sus primeras etapas (Herbert, 1988).

Otro protozoario llamado *Vavraia parastacida* ha sido encontrada afectando los músculos locomotor, cardíaco y gastrointestinal, así como también branquias, hepatopáncreas, glándula antenal, ojos y tejido conectivo (Langdon, 1991).

8.3.5 Plelmintos.

Cuatro especies de turbelarios temnocéfalos simbioses han sido reportados por Cannon (1991), estos son: *Temnocephala rouxii* y *Notodactylus handschini*, se han encontrado sobre los márgenes anteriores y posteriores de los laterales del cefalotórax y en el margen superior del rostro. *Diceratocephala boschmai*, se ha observado en la base de las quelas, la superficie ventral de las antenas y anténulas; se llega a encontrar en la base de los pereópodos, en forma secundaria habita en el margen ventral del abdomen y en ocasiones se alimenta de los huevos de la langosta (Anderson, 1990). En forma alterna se ha reportado a *Craspedella* un parásito que normalmente se aloja en las branquias, (Jones y Lester, 1992). El cuarto turbelario es *Decadidymus gulosus* de reciente descripción, se le ha encontrado en el cefalotórax. Anderson (1990), sugiere un tratamiento con un baño de formalina (1.8 ml/10 l) durante 30 minutos.

8.3.6 Nemátodos.

Los nemátodos han sido encontrados dentro de los tejidos, por arriba del corazón y a un lado de la cuerda neural, sin generar respuesta alguna del hospedero. Las ampollas sobre la cauda son semejantes a las que presenta *C. tenuimanus* y en ambas especies al parecer es el resultado de irritación, presumiblemente causado por daño a la cutícula y subsecuente afectación del tejido subyacente (Herbert, 1987b).

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

IX. POSTCOSECHA.

9.1 Proceso postcosecha.

Las diferentes presentaciones de la langosta para su comercialización, de acuerdo a Moody (1989), son: 1) viva, 2) congelada cruda y entera, 3) congelada cocida y entera, y 4) cocida pelada y desvenada. Dentro del procesamiento existen tres fases: cocción y almacenamiento de la langosta; remoción de la carne y disposición de residuos; y empaçado y almacenamiento del producto terminado. Las diferentes formas del producto en las cuales la langosta se comercializa se muestran en la figura 32, donde el mercado para restaurantes lo prefiere en forma viva, mientras que para el consumo doméstico se vende en forma viva y cocido hasta en un 40 %, para el mercado de exportación se utilizan tallas que corresponden a pesos entre 30 y 40 gramos.

9.2 Presentaciones.

9.2.1 Presentación en forma viva.

La venta del producto se realiza generalmente en forma local al público, mercados y restaurantes. Generalmente la langosta se mantiene viva por varios días cuando las condiciones son favorables. Las langostas al cosecharse se colocan dentro de sacos semejantes a los que se utilizan para empaquetar cebollas, los cuales tienen la ventaja de minimizar el movimiento y con ello la conducta agresiva, facilitándose el manejo y la transportación. Los sacos no deben saturarse de langostas con la finalidad de permitir una adecuada circulación del aire para mantenerlas vivas.

Otros factores que contribuyen a la sobrevivencia son: disponer los sacos en un espacio de almacenamiento relativamente húmedo con temperaturas frías, para minimizar la deshidratación de las branquias; se recomienda una temperatura de 1.6 a 4 °C para reducir el metabolismo y la humedad se debe mantener cerca del 100 %. Como complemento algunos productores colocan una capa de hielo picado en la parte superior del saco para disminuir la mortalidad.

Una forma novedosa y más reciente para el mantenimiento de ejemplares vivos durante su venta directa, es mediante el uso de exhibidores de acrílico con agua y aireación colocados en la sección de pescados y mariscos de los supermercados tipo americano, como es el caso del WAL*MART en la ciudad de México, donde se pueden adquirir de esta manera langostas marinas y/o truchas vivas.

9.2.2 Presentación entera cruda congelada.

Las langostas vivas inmediatamente después de ser cosechadas y lavadas se colocan en bolsas impermeables que a continuación se introducen en un sistema de refrigeración con baño de salmuera a -20 °C para asegurar su congelación rápida. Una desventaja en esta presentación es la tendencia a la deshidratación durante el almacenamiento y, además, al descongelarse se debe consumir de inmediato debido a su alta velocidad de descomposición.

9.2.3 Presentación cocida congelada.

Con la incorporación de sistemas de refrigeración y congelamiento más eficientes se facilita el procesamiento de la langosta, siendo la presentación con mayor demanda. Este producto se sazona con especias, como el eneldo que se utiliza en Europa. Una vez cocidas y sazonadas se empaquetan en bolsas de 1 kg. El caldo con el sazoador deseado es usualmente empaquetado con la langosta al vacío. El paquete es congelado instantaneamente usando congeladores de tipo criogénico.

9.2.4 Presentación cocida pelada desvenada.

Esta presentación tiene la variante de obtenerse el producto en forma fresca o congelada, lavada o sin lavar. El intestino que es de color oscuro se desecha durante el proceso de operación, ya que es considerado un defecto de la calidad del producto, quedando de esta forma únicamente el abdomen, y debido a que la carne que se encuentra dentro de las quelas es difícil de extraer, éstas porciones son igualmente desechadas; la carne de la langosta puede ser empaquetada con o sin el tejido hepatopancreático (grasa). En ocasiones el producto se etiqueta como "precocido".

9.3 Procesamiento de la langosta.

Generalmente las plantas están diseñadas para facilitar el paso del producto de una fase a otra y al mismo tiempo evitar su contaminación. Las plantas empacadoras de langostas son estructuradas para llevar a cabo tres fases en el procesamiento: 1) almacenamiento y cocción de la langosta viva, 2) extracción de la carne y disposición de los desechos y 3) empaquetamiento y, almacenamiento del producto terminado.

Para obtener mejor calidad en cuanto al sabor de la carne de langosta, se puede llevar a cabo el cultivo en agua salobre (hasta 2.4 ‰); aunque el mismo efecto sobre el sabor puede ser inducido en langostas que fueron cultivadas en agua dulce, pero al final se trasladan a un estanque con agua salobre (3.0 ‰) al menos 48 horas antes de ser cosechadas (Lee y Wickins, 1992).

9.3.1 Almacenamiento y cocción de la langosta.

La calidad con que las langostas llegan a las plantas procesadoras depende de los cuidados durante la cosecha y la subsecuente transportación. Deberán protegerse del calor excesivo para evitar la deshidratación. Los sacos durante el transporte no deberán exponerse a las condiciones climáticas adversas ni saturarse para evitar dañarlas, especialmente cuando se trate de langostas inmaduras las cuales presentan exoesqueletos delicados.

Una vez recibidas en la planta se preparan inmediatamente o se almacenan en lugares fríos en sacos hasta su procesamiento. Las langostas mantenidas en buenas condiciones físicas pueden vivir por varios días usando los procedimientos de almacenaje recomendados.

Es importante la separación de organismos por tallas, para que en el momento de empaquetamiento se tengan ejemplares de tamaño similar y su presentación sea más vistosa. Por lo general las langostas se gradúan en dos o tres tallas. Las mayores son usadas para comercializarse en forma cocida entera o bien, se venden como organismos vivos. Las de tamaño mediano y pequeño se les da la presentación de forma pelada desvenada. Se realiza una primera separación a mano durante la cosecha, aunque una mejor selección se realiza con equipo mecanizado para minimizar los daños a la langosta viva y separar grandes volúmenes.

La mayoría de los separadores mecanizados utilizan barras espaciadoras de diferentes grados, a través de las cuales se van seleccionando las langostas. Por ejemplo un tipo de separador es un tambor inclinado giratorio con barras de separación ajustable. Las langostas de tamaño pequeño a mediano pasan a través de las barras conforme gira el tambor, y las de mayor tamaño se descargan por el extremo opuesto al de la alimentación. Se utiliza agua atomizada para que los organismos se resbalen a través de las ranuras y de ésta forma obtener mayor eficiencia en el graduador.

Las langostas deben ser lavadas previo al procesamiento, utilizando un tanque rectangular y angosto de un metro de profundidad en el área de alimentación y con forma somera en el extremo de la descarga. Durante ésta etapa se retira todo aquel material ajeno, como tierra, hierba y cebo, lo cual facilita la inspección de las langostas previa al cocimiento.

Una vez lavadas, las langostas se trasladan en canastos para su cocimiento. Si las langostas son procesadas para carne, deben ser hervidas en agua limpia y sin sazonar; pero si son cocidas para venderse en forma completa pueden estar o no sazonadas. Para el proceso de cocción se emplea agua caliente, las plantas emparadoras medianas usan calentadores de gas; aunque éste método, a pesar de ser sencillo y económico, es también lento y menos eficiente. Algunas otras plantas utilizan vapor para calentar el agua, el cual es inyectado directamente a las paredes de doble capa del recipiente donde serán cocidas las langostas.

La cocción es el paso más crítico en la obtención de langostas peladas, puesto que un excesivo cocimiento dificulta la remoción del abdomen, por el contrario cuando el tiempo de cocimiento es menor al que se lleva a cabo de forma normal, el hepatopáncreas que es considerado como un elemento que da sabor a la carne, llega a producir un emblandecimiento de la misma debido a las enzimas provenientes de dicho órgano, lo cual disminuye la calidad del producto. Se ha determinado que el cocimiento de la langosta entera en agua no se debe exceder los siete minutos, tiempo en el que se mantienen las características de sabor y un textura ligeramente elástica (Lee y Wickins, 1992)

Cuando las langostas han sido adecuadamente blanqueadas por el cocimiento se extraen del agua y son enfriadas utilizando agua en forma atomizada para acelerar el proceso. Cuando se va a obtener el producto en forma completa la langosta se enfría sumergiéndola en una solución sazónada para intensificar el sabor deseado.

9.3.2 Extracción de la carne y disposición de los desechos.

La extracción de la carne de la langosta es una labor intensiva que requiere un gran esfuerzo de trabajo, el pelado se lleva a cabo en lugares especialmente diseñados para el procesamiento. Las langostas se extienden en la banda de pelado cuando aún se encuentran calientes. La carne con el hepatopáncreas adherido, es colocada en coladores conforme son extraídos y el exoesqueleto junto con las quejas son desechados. Durante el proceso de pelado más del 50 % del peso total de la langosta es destinado como desecho, el cual es por lo general utilizado en la elaboración de alimento para animales.

9.3.3 Empaquetamiento y almacenamiento del producto terminado.

a) Inspección.

La langosta se pela y se le quita el intestino para ser trasladada a través de una banda transportadora hacia la sala de empaclado. Para mantener la calidad del producto se deposita en los coladores previo al empaque con un intervalo de tiempo de no más de 45 minutos. Posteriormente las piezas se extienden sobre las mesas para llevar a cabo una inspección y retirar aquellas que aún contengan el intestino o restos de exoesqueleto, para el caso de la presentación en forma pelada y desvenada.

b) Empacado.

Después del proceso de pelado y desvenado, las piezas se empaican de acuerdo a los requerimientos de almacenaje debido a que es un producto perecedero. La langosta fresca es enviada al mercado en bolsas de polietileno. El peso de los paquetes generalmente es de 454 g. Los procesos de empaclado involucran un pesado en forma manual, eliminando el aire y

sellándolas con calor, posteriormente deben colocarse en hielo para enfriar la carne antes de almacenarse.

Su vida de anaquel en refrigeración depende de la calidad del empaquetado, considerándose un periodo de 7 a 12 días, siempre y cuando las condiciones de almacenamiento sean las ideales; para prolongar dicho tiempo se requiere de un proceso de congelamiento, en Luisiana algunos productores utilizan sistemas de congelación tipo criogénico, para el cual se deben tomar algunas precauciones utilizando como alternativa empaques al vacío o bolsas laminadas para evitar la deshidratación principalmente cuando se procesa el producto conteniendo su hepatopáncreas. Bajo estas últimas condiciones se ha encontrado que la langosta puede almacenarse congelada hasta por seis meses sin que pierda su calidad (Lee y Wickins, 1992)

9.4 Posibilidades de exportación.

Un número considerable de granjas australianas están abriendo mercados en Europa, Estados Unidos y Japón, lo cual hace necesario conocer los requerimientos de calidad de los mercados extranjeros en la comercialización de la langosta, que para el caso de Europa en la presentación viva o congelada, según Huner *et al.* (1987) son:

- a) Longitud total mayor a 10 cm.
- b) Apéndices intactos y simétricos (las quelas principalmente).
- c) Caparazón limpio y flexible.
- d) Cuerpo completo (carne y hepatopáncreas).
- e) Color uniforme (naranja-rojo en producto cocido).

9.5 Posibilidades de la langosta mudada.

El rendimiento promedio de la carne del abdomen en producto cocido es de 22.8 %, con un extra de 4.5 % si se extrae la que contienen las quelas de organismos mayores de 100 gramos, la cual tiene un sabor más dulce y agradable que la del abdomen; por ello se hace necesario aprovechar al máximo la carne, existiendo un mercado con amplio potencial enfocado a la producción de langosta mudada o de "cáscara blanda", la cual se lleva a cabo con langostas jóvenes que acaban de pasar por el proceso de muda cuando el exoesqueleto no se ha endurecido y por lo tanto el porcentaje de carne es alto; se utilizan tallas con un peso entre 12.5 a 20 gramos representando de 50 a 80 langostas por kilogramo y su precio puede llegar a ser de hasta 15 o 20 veces mayor que el de cáscara dura (Lee y Wickins, 1992).

X. ASPECTOS ECONOMICOS.

10.1 Mercado.

El requisito fundamental para que una empresa acuícola tenga éxito es la presencia de un mercado para sus productos. El tamaño, naturaleza y situación del mercado es lo primero que se debe tomar en consideración al seleccionar el lugar, y los resultados de este estudio determinarán la manera en que ha de proyectarse y administrarse la granja.

Los productores australianos comercializan en un mayor porcentaje la langosta en forma viva y con una mínima cantidad en forma cocida, lo cual trae consigo una reducción de los costos de almacenaje. Existe un amplio intervalo de tallas, de las cuales las categorías más comerciales se encuentran de 50 a 100 g y de 100 a 150 g, con un precio diferencial de entre 3 y 5 dólares australianos por kilogramo, equivalentes a cerca de 24.50 y 40.80 nuevos pesos (al tipo de cambio de mayo de 1995).

De acuerdo a Jurgensen (1990), se puede afirmar que en el mercado local australiano de la langosta de quelas rojas, las ventas se han orientado principalmente hacia el mercado de altos precios, como el que se refiere a las cadenas hoteleras y restaurantes de categoría internacional.

Por lo que se refiere al mercado de los Estados Unidos, la producción anual de langosta oscila alrededor de 45,000 toneladas, de las cuales la mayor parte es consumida dentro del estado de Luisiana, siendo relativamente desconocida en muchas partes del país, ya que buena parte de su producción se destina a la exportación.

En cuanto al mercado europeo, la langosta es considerada un platillo de lujo, es consumida principalmente por los suecos y franceses, en segundo término por los finlandeses, italianos, españoles y alemanes. Suecia y Francia consumen de forma individual de 3,000 a 4,000 toneladas de langosta por año provenientes principalmente de los Estados Unidos. Los europeos consumen preferentemente langostas pequeñas de alrededor de 60 gramos, tallas que los productores de langosta de quelas rojas pueden fácilmente alcanzar, lo que representa un mercado muy atractivo.

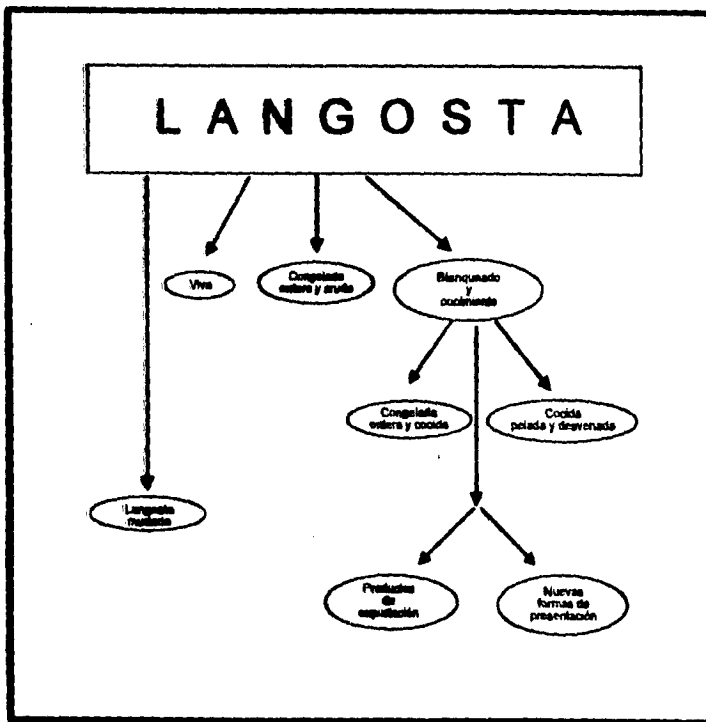


Figura 32. Diagrama que muestra las posibilidades de presentación para el mercado de la langosta de quejas rojas. Adaptado de Lee y Wickins, 1992.

10.2 Implementación de una granja de langosta.

Por lo general el proceso de transferencia desde una idea inicial hacia un proyecto viable es complejo y con frecuencia es una operación lenta que requiere una planeación cuidadosa para alcanzar los objetivos y evitar costosos errores.

Como primer paso en la planeación de un proyecto es necesario tener claros los objetivos que se busca alcanzar (Fig. 33). En una granja acuícola de crustáceos, el objetivo se centra en la generación de beneficios, aunque puede incluir ganancia de intereses, mayor aprovechamiento de la tierra, diversificación hacia nuevas áreas, beneficios sociales, etcétera; además se debe considerar la forma en que se va a insertar, la cual puede ser como un proyecto propio o como participante dentro de un esquema de desarrollo.

Una vez que los objetivos han sido aclarados, se formula una propuesta apropiada (Fig. 33) para el tipo de proyecto y la escala de producción de acuerdo a las opciones disponibles, para lo cual se toma en cuenta el mercado, especies a elegir para el cultivo y todo lo concerniente a los organismos (alimentación, reproductores, crías, etcétera), opciones de cultivo, y la selección del sitio.

El siguiente paso es el análisis de prefactibilidad (Fig. 33), el cual de una manera general es llevado a cabo por el inversionista con la finalidad de verificar la demanda y evaluar el mercado, este representa el primer juicio de la propuesta del proyecto y se basa en factores puramente técnicos o una combinación de aspectos técnicos, financieros y económicos, además se toman en cuenta las formas de comercialización, las políticas de mercadeo, la distribución y el tipo de consumidor hacia quién será dirigida la producción. En todos los casos la tecnología por emplearse debe ser evaluada en cuanto a su confiabilidad y posibles restricciones. Se considera además el potencial de las especies a cultivar y las opciones del tipo de cultivo para asegurar que la mejor elección ha sido hecha de acuerdo a la propuesta del proyecto. Si el estudio de prefactibilidad concluye que el proyecto muestra un buen potencial para alcanzar las producciones y objetivos propuestos se requiere de un estudio de factibilidad.

En un estudio de factibilidad (Fig. 33) un análisis detallado y estimación de un proyecto es llevado a cabo para cuantificar los niveles de riesgo y de beneficio antes de tomar la decisión acerca de si se procede con la construcción y la inversión a gran escala o por el contrario modificar los objetivos y formular una nueva propuesta del proyecto. El estudio debe contener detalles técnicos de los procesos involucrados en el proyecto, los aspectos de mercado, ubicación exacta del terreno, los impactos sociales y ambientales, predicciones de producción y costos estimados, además se acompañará de un diseño preliminar de la granja para continuar con la fase final.

La implementación de la fase final de un proyecto (Fig. 33) usualmente se inicia con la elaboración de los planos a detalle de lo que será la granja conteniendo las elevaciones, las zonas de excavación, la ubicación de los estanques, así como el suministro de agua y de descarga, entre otros, para dar paso a las actividades propias de la construcción.

La fase de puesta en marcha se inicia una vez que ha concluido la construcción y el equipamiento de la granja (Fig. 33); inicialmente se realizan las pruebas preoperativas con las cuales concluye el proyecto; éstas permiten entrar a la fase de operación basada en el calendario de actividades, mismo que deberá considerar la elaboración de programas de mantenimiento, compras y comercialización acordes a los objetivos de producción y estándares de calidad que requiere el mercado.

10.3 Aspectos económicos de las empresas de langosta.

Las empresas acuícolas de langosta de agua dulce solo pueden resultar exitosas cuando se aplican oportunamente eficientes técnicas de cultivo y de negocios. Debido al reciente desarrollo del cultivo de esta especie, los productores deberán comenzar con una pequeña empresa antes de invertir grandes cantidades de dinero. El éxito depende de la interrelación que se presenta entre los aspectos biológicos de la langosta, la organización y las metas propuestas para la granja, por lo que en la planeación deben considerarse los siguientes aspectos (Moore, 1990):

- a) Metas personales y de la empresa;**
- b) Aspectos físicos, variables biológicas y prácticas de crianza;**
- c) Viabilidad económica;**
- d) Arreglos financieros.**

Las metas u objetivos personales se relacionan con el impacto que causará la granja en el estilo de vida del personal, debido a que en una unidad de producción de langosta se requiere vigilancia constante y tener conciencia de que lo que se encuentra dentro de los estanques son animales que dependen totalmente de operarios capacitados para atender sus necesidades diarias y contingencias ocasionales. Por lo que respecta a las metas de la empresa, debe considerarse el tamaño deseado de la granja, el tipo de arreglos financieros y el nivel mínimo de ganancia requerido para responder a los objetivos personales del granjero. Es importante decidir si el cultivo de la langosta se llevará a cabo en una granja previamente construida para otra especie (p.ej. langostino), donde sólo se harán las modificaciones necesarias o, por el contrario, se deberá construir una nueva granja especial para el cultivo de langosta.

Los principales aspectos físicos a considerar, y que ya fueron revisados en un capítulo anterior, son: selección del sitio, disponibilidad y calidad de agua, drenado, condiciones ambientales del área, posible contaminación, costo del terreno y condiciones climáticas. Las principales variables biológicas que inciden en la producción de la langosta de quelas rojas son: densidad de reclutamiento o de siembra, tasas de sobrevivencia, enfermedades, depredación, alimentación, crecimiento y reproducción en cautiverio. Algunas de estas variables no son comprendidas con absoluta certeza, por lo que su impacto en la producción deberá ser controlado

con prácticas eficientes de manejo y crianza, lo cual implica una cuidadosa planeación, implementación, monitoreo y control de los procesos físicos, químicos y biológicos involucrados en el cultivo de la langosta.

El cultivo requiere de un sistema de monitoreo constante para alcanzar óptimos periodos de producción. La capacidad del granjero y su grupo para manejar los controles del cultivo y el tiempo requerido para su entrenamiento, son factores críticos que se reflejan en la producción; por esta razón, en los primeros años de operación de la granja es muy probable que el rendimiento obtenido sea menor al 100 % de la capacidad instalada, aunque con el tiempo lograrán aumentar la producción hasta llegar a conseguir esa meta, o incluso superar todas las expectativas.

En cuanto a la viabilidad económica, se hace necesario considerar los costos de construcción, operación y cómo, cuándo, dónde y a qué precio se comercializará la langosta. Los costos de la granja incluyen el capital inicial como adquisición del terreno, construcción de los estanques, cercado de los estanques, redes protectoras de depredadores, tubos y bombas, adquisición de los reproductores, y el equipo en general de la granja. Otros conceptos de costos son los que se refieren a la operación de la granja tales como salarios, electricidad, alimento, mantenimiento de los estanques, pago de intereses de préstamos, seguros, y costos de procesamiento y comercialización; cada uno varía con la localidad, tipo y dimensiones de la granja.

Existen otros costos que a menudo son ignorados y que son importantes en la determinación de la viabilidad de una granja, estos son los costos implícitos tales como labor familiar no retribuida, el costo del capital familiar utilizado y el riesgo de la empresa para su financiamiento en el establecimiento y operación. Los costos implícitos son absorbidos por el granjero y su familia, por lo que deberán incorporarse en el presupuesto de la granja para asegurar un cálculo real de la rentabilidad de la unidad de producción.

Con el análisis global de los costos es posible determinar la producción mínima económica, expresada como toneladas anuales de langosta, que la granja requiere para cubrir los costos totales, en función de que porcentaje de capacidad instalada esté programado en cada uno de los primeros 5 años de operación

Una empresa como la de la langosta de agua dulce puede resultar un aventura riesgosa a menos que todas las variables sean consideradas en un plan presupuestal y con un financiamiento adecuado. La viabilidad económica de cualquier granja también depende, en gran medida, de la capacidad técnica y de dirección de la empresa. Las instituciones financieras en la actualidad están dispuestas a financiar tales empresas siempre y cuando los granjeros demuestren con base en un proyecto atractivo la posibilidad de obtener una buena rentabilidad financiera.

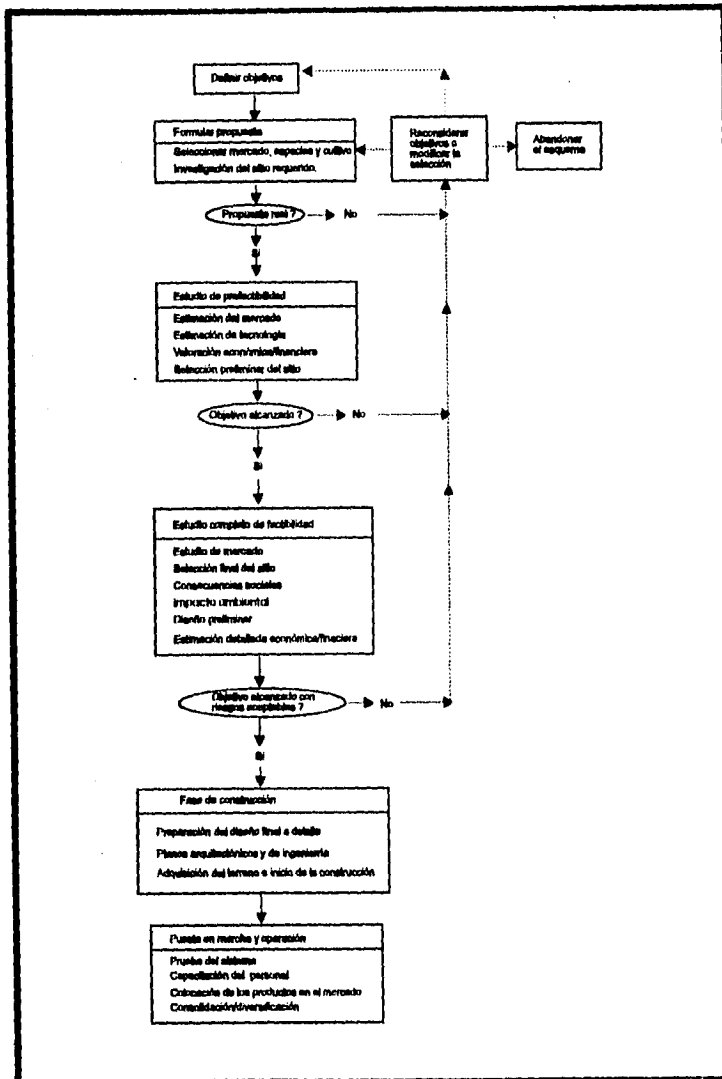


Figura 33. Diagrama de flujo del desarrollo general del proyecto de una Unidad de Producción de crustáceos decápodos. Según Lee y Wickins, 1992.

DISCUSION

Generalidades

De las tres especies de langostas australianas, la de mayor potencial acuícola para México es "quelas rojas", *C. quadricarinatus*, considerando su rápido crecimiento, una larga temporada de reproducción en agua dulce y una amplia tolerancia a distintas condiciones ambientales, por lo que asumiendo la implementación de adecuadas estrategias tecnológicas y administrativas se pueden lograr altos beneficios con su producción comercial.

A pesar del promisorio potencial acuícola de *C. quadricarinatus*, para alcanzar una producción rentable pueden ser necesarios varios años de investigación y desarrollo tecnológico del cultivo. De acuerdo con Jones (1988) todavía se requieren más investigaciones para evaluar los efectos de: 1) tipos de alimento; 2) densidad de reclutamiento; 3) refugios artificiales; 4) tipo de sedimento para el sustrato, en relación con la supervivencia y crecimiento de la langosta de quelas rojas. Otros temas de investigación importantes podrían ser enfocados a conseguir: el desarrollo tecnológico de la incubación artificial, trampas más eficientes, el mejoramiento genético, controlar los efectos de la calidad del agua (dureza, alcalinidad, pH, etc.), manejar la patología de la especie y su profilaxis (antisépticos, vacunas, etc.).

Aunque el cultivo comercial todavía representa un gran reto, puede afirmarse que México cuenta con la capacidad científica y tecnológica, las condiciones ambientales y de mercado para desarrollar las primeras empresas acuícolas con "quelas rojas"; siempre y cuando se realice una buena planeación, paralelamente con los proyectos piloto iniciales, en base a los reportes e investigaciones en diversos lugares del mundo y que además consideren todos los aspectos ecológicos, biológicos, económicos y legales que están implícitos para la importación y el cultivo comercial de esta especie exótica.

Calidad del agua

Si la fuente de agua es un río, un canal u otro suministro similar, debe filtrarse previamente para evitar la entrada de vectores, depredadores o competidores, esto se puede lograr con rejillas que llevan marcos con red o mallas tipo "calcetín" que se acoplan a los tubos o compuertas de entrada. Considerando la nueva introducción de esta especie exótica es conveniente extremar este control, utilizando malla de nylon de por lo menos una luz de 400 micras, aunque ésta requiere limpieza muy frecuente para evitar taponeos y problemas del suministro.

La dureza total es un factor muy importante ya que el calcio constituye un macro-elemento vital para dar solidez al caparazón de los crustáceos. Existen estudios de que en aguas suaves (de escasa dureza) los caparazones de los crustáceos cultivados son blandos y delgados, lo que se traduce en un crecimiento y sobrevivencia pobres. Por esto es deseable que el agua para el cultivo

de *Cherax* tenga una dureza total de al menos 50 mg/l y muy conveniente que sea mayor de 200 mg/l como Ca CO_3 , de acuerdo a lo reportado por Bardach et al. (1986) para el cultivo de *P. clarkii* en el sureste de los Estados Unidos de América. Debido a esta necesidad fisiológica vital para el crecimiento de la especie, es necesario evaluar oportunamente la calidad del agua que se utilizará, sin olvidar las características del suelo donde serán construidos los estanques, ya que éste interactúa con aquella tanto en los bordos como en la interfase suelo-agua (en sistemas extensivos y semi-intensivos).

Una baja dureza del agua y/o la excesiva acidez del sedimento pueden ser remediados fácilmente adicionando caliza o cal. Para determinar la cantidad precisa de cal requerida por hectárea de estanquería, una forma práctica es utilizando técnicas de titulación en el laboratorio, al tratar una muestra de extracto del sedimento y otra del agua de abasto. En este sentido, también es importante considerar el flujo de agua y el nivel con que deberán operarse los estanques, para calcular el ritmo de recambios que tendrán, todo esto en función de otras condiciones de manejo (fertilización orgánica e inorgánica, biomasa de langostas, tipo y cantidad de alimento suministrado, etc.).

Por otra parte, estudios en Australia indican que, en su estado adulto, *C. quadricarinatus* tiene una gran capacidad de adaptación a los niveles extremadamente bajos de oxígeno disuelto, condición que suele ser frecuente en el ambiente bentónico propio de la especie. Se ha reportado que cuando el oxígeno disuelto se encuentra en mínimas concentraciones, la langosta continúa respirando anaeróbicamente mediante la glucólisis (Jones y Barlow, 1992); este mecanismo puede mantener al animal por varias horas y cuando los niveles de oxígeno se elevan el organismo comienza a respirar en forma aeróbica. Sin duda que este aspecto requiere investigaciones adicionales en el área de ecofisiología, aunque para fines de cultivo siempre deben evitarse esas condiciones de abatimiento de oxígeno.

Suelo

Los estanques deben estar construidos en suelos que tengan por lo menos 85 % de retención de agua. Una prueba práctica para determinar la permeabilidad del suelo es hacer un hoyo de aproximadamente 50 X 50 cm y con una profundidad de 80 cm, se llena con agua y se deja 24 horas; al día siguiente se vuelve a llenar y se tapa para evitar en lo posible la evaporación. Un día después se revisa y el nivel de agua indicará aproximadamente su retención (68.5cm de agua equivalen al 85 % de retención).

Con los avances tecnológicos actuales los estanques pueden construirse de diversos materiales, por lo que el tipo de terreno no es ya un problema insalvable; por ejemplo, en el caso de cultivos semi-intensivos, una opción para la utilización de suelos que presenten altas tasas de filtración, -como ocurre con los terrenos arenosos-, es cubrir el fondo del estanque con una capa de polietileno grueso y sobre ésta una capa de suelo, con lo cual se logra controlar el problema; sin embargo, dicha medida resulta costosa y sólo puede implementarse siempre que la rentabilidad y el apoyo financiero sean suficientes. Lo mismo puede decirse del uso del concreto armado, aunque la opción del "ferrocemento" es, por mucho, más económica.

Cultivo, engorda y cosecha

En las condiciones de México se recomienda el sistema de cultivo semi-intensivo, ya que es el que más se ha practicado con esta especie en el mundo; se han obtenido mayores tasas de sobrevivencia y producción cuando los juveniles presentan un peso de un gramo o mayor y la densidad de siembra máxima es de 10,000 a 12,000 organismos por 0.4 ha (2.5 a 3 organismos por cada m²).

En cuanto al cultivo intensivo muy poco se ha utilizado en el mundo y en especial para *Cherax* en la que únicamente se ha practicado el sistema de batería (Morrissy, 1984; Kowarsky *et al.*, 1985; Cogan, 1987; Anon, 1988; O'Sullivan, 1990b), el cual al parecer es técnicamente factible; sin embargo, no se ha visto que alcance aún la rentabilidad de las técnicas que se utilizan para el cultivo de la langosta marina del género *Homarus* (Lee y Wickins, 1992).

Una práctica interesante para obtener mejor calidad en cuanto al sabor de la carne de langosta, puede llevarse a cabo mediante su cultivo en agua salobre (hasta 2.4 ‰); aunque el mismo efecto sobre el sabor puede ser inducido en langostas que fueron cultivadas en agua dulce, pero al final se trasladan a un estanque con agua salobre (3.0 ‰) al menos 48 horas antes de ser cosechadas (Lee y Wickins, 1992).

Nutrición

Este aspecto del cultivo de *C. quadricarinatus* es de primordial importancia ya que de su eficiencia depende en gran parte el éxito de las granjas. En vista de la reciente introducción de la especie en otros países, a los que pronto se sumará México, los productores pioneros tendrán que formular sus propios balanceados y dietas para evaluarlas en pequeños lotes experimentales. Para la preparación de un alimento complementario los acuicultores deberán contar con una gran variedad y disponibilidad de ingredientes, considerando dos aspectos fundamentales: el costo de la dieta y la calidad del peletizado los cuales siempre repercuten en el proceso productivo (Kondos, 1990).

Se ha demostrado en diversos estudios de otras especies de crustáceos que, aunque el agua del cultivo contenga la variedad y cantidad necesarias de macro y micro-elementos esenciales para cubrir los requerimientos minerales, pueden presentarse deficiencias ya que estos no siempre se absorben -vía branquias y tracto digestivo- en las proporciones adecuadas (Civera C. R., 1993); por lo tanto, es conveniente que se agregue al alimento formulado una pre-mezcla mineral y vitamínica completa para evitar deficiencias que pudieran afectar el crecimiento y la sanidad de los organismos.

También es importante considerar los reportes acerca de que el colesterol es esencial como intermediario en la síntesis de varios esteroides vitales para la langosta, y como ésta no es capaz de sintetizarlo se debe suministrar en el alimento a una proporción no mayor del 0.5% (Kondos, 1990). Uno de esos esteroides es la ecdisona, esencial para el proceso de la muda, por lo que en cualquier cultivo fuera de su hábitat natural el colesterol deberá estar siempre presente en su dieta.

Aspectos económicos

Cada vez es más importante que los proyectos acuícolas destinados a la producción comercial consideren los distintos elementos económicos, estableciendo prioridades en función del desarrollo de las empresas y ajustándose a las condiciones con que estén operando en cada etapa; esto exige una excelente organización tanto técnica como administrativa y una buena política laboral (apoyada con programas de incentivos, capacitación y actualización).

La capacidad de cada granjero para manejar los parámetros del cultivo, la asesoría oportuna y la organización serán factores críticos que incidirán en la producción, por lo que en los primeros años de operación de las granjas la expectativa en rendimientos normalmente será menor al 100 % de la capacidad instalada, pero en cada ciclo su producción tenderá a crecer hasta alcanzar esta meta.

En un estudio en los Estados Unidos, uno de los costos variables más importantes en el cultivo semi-intensivo, exceptuando la alimentación, se refiere a la compra de juveniles de "quelas rojas" debido a que en este país son muy pocos los productores y, por consecuencia, el precio unitario por cría o juvenil suele ser muy alto; *p. ej.* Medley *et. al.*, 1994 reportan que en los años 80s el precio por juvenil llegó hasta US \$1.00, aunque la tendencia parece indicar que en pocos años el número de criadores de esta especie y los volúmenes de juveniles producidos podrá aumentar rápidamente, lo que se traducirá en una baja notoria de los precios; sin embargo, en unas cotizaciones obtenidas por el autor en abril de 1995, los precios por cada juvenil del centro de producción en Roshakon, Texas oscilaban de \$ 2.00 a \$ 3.00, mientras que en Granada Hills, California se ofrecían hasta en \$10.00 US Dlls cada uno, dependiendo del número de ejemplares solicitados y de la empresa que los comercializa en Estados Unidos.

En vista del alto costo que todavía representa la compra de las crías, en una explotación comercial la densidad de siembra debe decidirse con extremo cuidado, si se consideran las experiencias recientes en un cultivo piloto semi-intensivo en el sureste de Estados Unidos (Louisiana) en estanques rústicos de 0.02 ha (Medley *et al.*, *op. cit.*), quienes encontraron que las mejores densidades de juveniles de 3.2 g sembrados fueron de 1 a 3 org./m², ya que las mayores tallas finales obtenidas a los 158 días lograron altos precios de venta y a la vez menores costos variables, en contraste con los resultados de una siembra de alta densidad -ensayada paralelamente- de 5 org./m². A pesar de las limitaciones actuales, el desarrollo tecnológico del cultivo tendiente a mejorar la calidad del agua, la producción de crías, la alimentación, los refugios, el manejo sanitario y genético de la especie, seguramente permitirá en poco tiempo la engorda rentable de cada vez más altas densidades.

También es importante considerar que, en vista de que el crecimiento durante la engorda de esta especie tiende a ser todavía muy heterogéneo, aún dentro de la misma clase de edad, se hace necesario realizar capturas parciales o selectivas durante la cosecha mediante trampas y redes, actividad que se constituye en otro costo variable muy considerable por el uso intensivo de mano de obra. Sin embargo, en nuestro país el mercado interno seguramente absorbería un producto de tallas diversas -aunque a menor precio que el mercado de exportación- al realizarse capturas totales por drenado completo de los estanques de engorda (utilizando las cajas de cosecha).

Mercado

En el mercado internacional, esta especie se compara favorablemente con las langostas marinas en términos de sabor, proporciones cola/cuerpo y carne obtenida vs peso total cosechado. En este sentido, se ha reportado que "quelas rojas" rinde de 20 a 50 % de carne -dependiendo de la talla-, este porcentaje es comparable con la "marrón" que es de alrededor del 26 %, no menor al de cangrejo rojo *P. clarkii* que se ubica entre 25 y 30 % y representa cerca del doble de la carne obtenida de "yabbie" (O'Sullivan 1988, Jones 1990a, Poole et al 1990, Seafood Leader 1990, citados por Rubino, 1992).

De acuerdo con Jurgensen (1990), para lograr una exitosa aceptación en un nuevo mercado de la langosta de quelas rojas, -como en el caso de México- se requiere llevar a cabo una investigación sistemática y establecer estrategias que permitan el progreso del cultivo comercial, existiendo dos puntos básicos sobre los cuales se debe centrar: el primero se refiere a la necesidad de una coordinación productiva que asegure la continua disponibilidad del producto hacia el mercado y el segundo, es necesario adoptar un nuevo nombre de preferencia corto para su fácil identificación por el consumidor, *p.ej.* "langostita", "acamaya australiana", etcétera.

Otro factor de suma importancia en la comercialización de cualquier producto es la promoción, la cual deberá llevarse a cabo a gran escala por las instituciones públicas (*p.ej.* SECOFI, SMARNP), junto con la industria y el comercio, siendo necesario un programa permanente de investigación económica para determinar las formas de presentación del producto hacia los mercados potenciales. Es posible esperar que los mercados del camarón, de las langostas marinas y, especialmente el del langostino cedan un espacio a la langosta de quelas rojas, ya que esta especie promete una excelente relación precio-calidad.

De acuerdo a lo anterior, los precios podrán variar según la oferta y la demanda del producto, sus tallas, presentaciones, la cantidad solicitada, el país y el tipo de mercado (mayoristas, distribuidores, centros comerciales, restaurantes, hoteles, etcétera). En este sentido, hacia 1992 en Australia el precio de "quelas rojas" al menudeo oscilaba desde A\$ 20.00 hasta A\$ 35.00 (US \$ 16.00 hasta US \$ 28.00) por kilogramo y para restaurantes de New York se estaba pagando a US \$ 24.25/Kg, ya que el turismo neoyorkino le dió a este nuevo manjar una entusiasta aceptación (Rubino, 1992).

Otra enorme posibilidad de mercado en nuestro país, sobre todo para las primeras empresas de "quelas rojas" que logren la reproducción de la especie y obtengan un buen rendimiento de juveniles, es el hecho de que estos se pueden orientar a la venta para fines ornamentales, ya que este crustáceo tiene una vistosa tonalidad azul que seguramente resultará atractiva para los acuariófilos, mismos que estarán dispuestos a pagar muy buenos precios.

Aspectos legales

Hasta ahora el Departamento de Hidrobiología de la UAM-I, ha obtenido el permiso de importación de la langosta de quelas rojas proveniente de EUA -en la Dirección General de Acuicultura-; cuando se concrete la compra podrá obtenerse el certificado sanitario de origen. Una vez que llegen los ejemplares al País, se deberá iniciar una rutina de cuarentena en las instalaciones de la Planta Experimental de Producción Acuicola -lugar ya autorizado-, proceso que al concluir y aprobarse oficialmente, entonces permitirá continuar con una serie de investigaciones enfocadas a la evaluación de proyectos piloto productivos con esta especie en condiciones controladas. De los resultados de todos los pasos anteriores dependerá la extensión del período hasta que sea posible pasar a las pruebas piloto de explotación comercial del cultivo en áreas rurales.

Los inversionistas y productores acuícolas interesados en desarrollar una explotación comercial de "quelas rojas", además de las autorizaciones de importación y sanitarias, deberán realizar una serie de trámites, que incluyen permisos y concesiones para el uso del suelo (SRA), del agua (CNA, SAGDR), hacer las manifestaciones de impacto ambiental (SMARNP) y cumplir con los requisitos ambientales que marcan en detalle las Leyes de Aguas Nacionales, de Pesca y General del Equilibrio Ecológico y de Protección del Ambiente y sus reglamentos, sin olvidar el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas: NÓM-010-PESC-1993, NOM-011-PESC-1993 y NOM-059-ECOL-1994 (ver anexo).

En 1993 el costo de los estudios que respaldan una manifestación de impacto ambiental y todos los trámites legales, necesarios para poder iniciar la operación de una granja de camarón de 50 hectáreas en el Estado de Guerrero, alcanzaba un monto total aproximado de N\$ 150,000.00 (Biol. R. Campos V. de la Planta Experimental de Producción Acuicola, comunicación personal). Estas cifras no son muy estimulantes para los pequeños y medianos inversionistas, considerando que deben sumarse a las cantidades requeridas para la infraestructura y equipamiento básicos.

Actualmente, ante la grave crisis, sin duda la producción de alimentos es prioritaria y con la reciente reestructuración de la Secretarías del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SMARNP), de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGDR), la expectativa de los productores e inversionistas -en el mediano plazo- se finca en el deseo y exigencia de una auténtica simplificación administrativa y económica de los trámites para cumplir con las leyes, sus reglamentos y normas. ¡Ojalá!

CONCLUSIONES

1. En las condiciones actuales del País ya es factible el cultivo de *Cherax quadricarinatus*, pero su explotación comercial tendrá que esperar los resultados de una serie estudios locales a nivel piloto.
2. Hasta el momento, el pincipal costo variable durante el cultivo de esta especie lo constituye la compra de crías o juveniles debidamente certificados en su origen y sanidad.
3. La langosta de quelas rojas tiene hábitos alimentarios que la ubican como omnívora y bentófaga, particularmente detritívora en su etapa adulta.
4. El reto a superar para lograr un cultivo comercial cada vez más rentable -a mediano plazo- será conseguir producir crías, refugios y alimento, todos ellos de alta calidad y bajo costo.
5. A diferencia del langostino, la langosta de agua dulce no depende para su producción en las etapas tempranas, del suministro de agua salobre, por lo que su cultivo completo puede efectuarse incluso muy lejos de las costas y a la vez muy cerca de los mayores mercados urbanos.
6. Cualquier cultivo piloto o experimental de *C. quadricarinatus* requerirá de un control sistemático y un monitoreo constante tendientes a desarrollar sólidas bases biotécnicas cuya transferencia, mediante extensionismo y capacitación, se traducirán en eficientes resultados productivos para las futuras empresas acuícolas con esta especie en México.
7. Una granja comercial para producción de langosta de quelas rojas puede ser económicamente viable, únicamente cuando todas las variables biológicas, de mercado, técnicas y financieras hallan sido controladas mediante la aplicación de prácticas seguras de crianza y de manejo de la empresa.
8. En una granja comercial de cultivo semi-intensivo, la densidad de siembra y la alimentación son procesos vitales para un eficiente crecimiento y, dado que representan los mayores costos variables, deben ser cuidadosamente manejadas y evaluadas para obtener un máximo rendimiento en la cosecha.
9. De acuerdo con las tendencias globales, señaladas por la literatura especializada, es factible esperar que en algunos años la langosta de quelas rojas podría superar al langostino malayo en el mercado y en el volumen de producción a nivel mundial.

RECOMENDACIONES

1. Si se importan organismos adultos maduros, después de la cuarentena sanitaria y las medidas preventivas, la calidad del agua habrá de ser cuidadosamente controlada, manteniendo su temperatura entre 24 a 32 °C y un fotoperiodo de 12 a 14 horas luz para fomentar las tasas de desove
2. El manejo de organismos juveniles importados exige las mismas consideraciones en temperatura, aunque con una cantidad limitada de luz y además deberán ser ubicados a una baja densidad inicial, separados por tallas y aprovisionados con suficientes refugios para evitar pérdidas por canibalismo.
3. Se sugiere investigar y estudiar todo lo relacionado a los requerimientos nutricionales de esta especie, vitaminas, minerales (macro y micro-elementos) y, por supuesto, las necesidades de proteínas (y sus aminoácidos específicos), carbohidratos y lípidos (incluidos el colesterol y los ácidos grasos).
4. Es de enorme importancia para el cultivo comercial el realizar más investigaciones sobre el uso de refugios, en condiciones intensivas, evaluando distintas densidades de juveniles, hasta lograr la optimización de las tecnologías, sin olvidar considerar el efecto sobre el crecimiento y sus costos asociados.
5. Dado el alto costo de las investigaciones y la infraestructura requerida, se aconseja realizar previamente una exhaustiva búsqueda de literatura especializada reciente a través de bancos de datos y/o correo electrónico, para enfocar los esfuerzos hacia factores no estudiados y de alta prioridad.

XI. LITERATURA CITADA

Abrahamsson, S. A. 1966. Dynamics of and isolated population of the crayfish *Astacus astacus*, Linne, 17: 96-107.

Adiyodi, R. G. 1984. Reproduction and its control. *In*: D. E. Bliss and L.H. Mantel (Eds.), **The Biology of Crustacea**, Vol. Academic Press, New York, p. 147-215.

Aiken, D. 1988. Marron farming. *World Aquaculture*, 19 (4) : 4 p.

Ameyaw-Akuinfi, C. 1977. Feeding chemo-receptor sites in the crayfish *Procambarus clarkii*. *Crustaceana*, 33: 259-64.

Anderson, I. 1990. Diseases - what type and how to prevent them. *In*: M. Macreadle (Ed.). Aquaculture special: Redclaw. *Australian Fisheries*, 49(11): 32-34.

Anon, 1988. Battery culture research in W. A. *Austasia Aquaculture Magazine*, 2 (9): 16.

Araujo, M. and R. Romaine. 1989. Effects of water quality, climate, and lunar phase on crawfish catch. *Prog. Fish-Cult.*, in press.

Armitage, K. B., A. L. Buikema Jr. and N. J. Willems. 1973. The effect of photoperiod on organic constituents and molting of the crayfish *Oronectes nais* (Faxon). *Comp. Biochem. Physiol.*, 44A: 431-456.

Arrignon, J. 1981. *L'écrevisse et son élevage*. Gauthier - Villars, Paris.

Bardach, J.E., J. H. Ryther y W. O. McLarney. 1986. *Acuicultura*. A.G.T. Editor. México. 741 p.

Barlow, Ch. and C. Jones. 1990. Setting up a crayfish farm - the DOs and DON'Ts. *In*: M. Macreadle (Ed.). Aquaculture special: Redclaw. *Australian Fisheries*, 49 (11): 11-13.

Baum, T. 1987. **Evaluation of water circulation and oop trap to enhance crawfish harvesting**. M. S. thesis, Louisiana State Univ., Baton Rouge, LA.

Bean, R. A. and J. V. Huner. 1978. An evaluation of selected crawfish traps and trapping methods. *In* P. Laurent (Ed.) **Proc. 4th Internat. Symp. Freshwater Crayfish**, Thonon-les-Baines, France, p. 141-152.

Boyd, C. 1990. **Water quality in ponds for aquaculture**. Auburn University. Alabama Agricultural Experiment Station. 482 p.

Brock, J. A. 1983. Diseases (Infectious and non-infectious), metazoan parasites, predators and public health considerations in *Macrobrachium* culture and fisheries. *In*: J. P. McVey, (Ed.) **RC Handbook of Mariculture**, Crustacean aquaculture, p. 329-70. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Burns, C. and J. W. Avault, Jr. 1985. Artificial baits for trapping crawfish (*Procambarus* sp): formulation and assessment. *J. World Aquacult. Soc.* 16: 368-374.

Byard, E. H. and D. E. Aiken. 1984. The relationship between molting, reproduction, and hemolymph female-specific protein in the lobster, *Homarus americanus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 77A: 749-757.

Cannon, L. R.G. 1991. Tennocephalan symbionts of the freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* from northern Australia. *Hydrobiologia*. 227: 341-347.

Carroll, P. N. 1980. The potential for aquaculture of *Cherax destructor* (the Yabbie). **Fifth School on Recent Advances in Nutrition**. University of New England Publishing Unit, Armidale, N SW.

Civera, C. R. 1993. Requerimientos minerales de los crustáceos. *En*: Cruz, S. E., Ricque, M. D. y Mendoza, A. R. (Eds.) *Memorias del primer simposium internacional de nutrición y tecnología de alimentos para acuicultura*. p. 107-122. UANL, Monterrey N.L. México.

Cogan, P. 1987. Marron battery study proves encouraging. **FINS**, 20 (3): 5-6. Fishing Industry News Service, Perth, W. Australia.

Cukerzis, J. M. 1988. *Astacus astacus* in Europe. *In*: D. M. Holdich and R. S. Lowery (Eds.) **Freshwater crayfish: biology, management and exploitation**, Croom Helm, London. p. 114-144.

Dendy, J. 1978. Preliminary experiment with photoperiod to influence crayfish spawning. *Aquaculture*, 15: 379-382.

FAO. 1990. Fishery Statistics 1988, catches and landings, 66.

Fielder, D. R. and M. J. Thorne. 1990. Are shelters really necessary?. *In*: M. Macreadle (ed.) *Aquaculture special: Redclaw. Australian Fisheries*, 49(11): 26-28.

Fretter, V. and A. Graham. 1976. **A functional anatomy of invertebrates**. Academic Press, New York.

Frost, J. V. 1975. Australian Crayfish. *Freshwater Crayfish*, 2: 87-96.

- Gary, D. L. 1975. Commercial crayfish pond management in Louisiana. *Prog. Fish-Cult.*, 37: 130-133.
- Groves, R. E. 1985. *The Crayfish: its natura and nurture*. Fishing News Books Ltd. England. p. 71.
- Hepher, B. and Y. Pruginin. 1981. *Commercial Fish Farming. With special reference to fish culture in Israel*. John Wiley & Sons. USA. p 261.
- Herbert, B. 1987a. Note on *Cherax quadricarinatus* from the Jardine river, Cape York peninsula. *Queensland Nat.*, 28: 19-21.
- Herbert, B. 1987b. Notes on Diseases and Epibionts of *Cherax quadricarinatus* and *C. tenuimanus* (Decapoda: Parastacidae). *Aquaculture*, 64: 165-173.
- Herbert, B. W. 1988. Infection of *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) by the microsporidium *Thelohania* sp. (Microsporida: Nosematidae). *Journal of Fish Diseases*, 11: 301-308.
- Hogger, J. B. 1988. Ecology, population biology and behavior. *In*: D. M. Holdich and R. S. Lowery (Eds.), *Freshwater crayfish: biology, management and exploitation*, p. 114-144. Croom Helm, London.
- Holdich, D. M. and I. D. Reeve. 1988. Functional morphology and anatomy. *In*: D.M. Holdich and R. S. Lowery (Eds.) *Freshwater crayfish: biology, management and exploitation*. Croom Helm, London. p. 11-51.
- Holdich, D. M. and R. S. Lowery. 1988. *Freshwater Crayfish Biology, Management and Exploitation*. Croom Helm, London. 498 p.
- Holtschmit, M. K. H. 1988. *Manual técnico para el cultivo y engorda del Langostino Malayo*. FONDEPESCA. México. 128 p.
- Hume, D, P. Jackson and D. Taylor. 1990. Be prepared control predators. *In*: M. Macreadle (Ed.) *Aquaculture special: Redclaw*. *Australian Fisheries*, 49 (11): 34-36.
- Huner, J. V. 1988. *Procambarus* in North America and elsewhere. *In*: D.M. Holdich and R. S. Lowery (Eds.) *Freshwater crayfish: biology, management and exploitation*. Croom Helm, London. p. 239-261.
- Huner, J. V. 1989. Overview of international and domestic freshwater crawfish production. *J. Shellfish Res.*, 8 (1): 259-265.

Huner, J., R. Gydemo, J. Haug, T. Jarpenpää, and T. Taugbøl. 1987. Trade, marketing and economics. *In: Crayfish culture in Europe. Report from the workshop on crayfish culture, 16-19 Nov. 1987, Trondheim, Norway.*

Huner, J. V. and J. E. Barr, 1984. (revise) **Red swamp crawfish: biology and exploitation.** Baton Rouge, Louisiana Sea Grant College Program, Center for Wetland Resources, Louisiana State University, p. 136.

Huner, J. V., R. P. Romaine, V. Pfister and T. Baum. 1989. Effectiveness of commercially formulated and natural bait in attracting crayfish., **unpublished manuscript.**

Jones, C. M. 1988. Aquaculture potential of *Cherax quadricarinatus*: research objectives y preliminary results. *In: First Australian shellfish aquaculture conference.* Proceedings published by Curtin University of Technology, p 73-78.

Jones, C. 1990a. **The biology and aquaculture potential of the tropical freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus*.** Queensland Department of Primary Industries Information Series, Q190028, 109 p.

Jones, C. 1990b. Crayfish biology - getting down to basics. *In: M. Macreadle (Ed.). Aquaculture special: Redclaw. Australian Fisheries, 49 (11): 3-7.*

Jones, C. 1990c. Commercial production of redclaw. *In: M. Macreadle (Ed.). Aquaculture special: Redclaw. Australian Fisheries, 49 (11): 18-21.*

Jones, C. 1990d. Various approaches to juvenile crayfish production. *In: M. Macreadle (Ed.). Aquaculture special: Redclaw. Australian Fisheries, 49(11): 14-17.*

Jones, C. and Ch. Barlow. 1992. The Australian redclaw - a rosy outlook. *Aquaculture Magazine. (2): 44-47.*

Jones, C. and J. Burke. 1990. Water quality crucial to production. *In: M. Macreadle (Ed.). Aquaculture special: Redclaw. Australian Fisheries, Vol. 49(11): 21-23.*

Jones, T. C. and R. J. G. Lester. 1992. The life history and biology of *Diceratocephala boschmai* (Platyhelminthes; Temnocephalida), an ecosymbiont on the redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Hydrobiologia, 248(3): 193-199.*

Jurgensen, T. 1990. Marketing challenges need to be faced. *In: M. Macreadle (Ed.). Aquaculture special: Redclaw. Australian Fisheries, Vol. 49(11): 40-41.*

Kanazawa, A., S. Teshima and N. Tanaka. 1976. Nutritional requirements of prawns: effect of dietary lipids on growth. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 43(7): 849-856.*

- King, Ch. 1993a. Potential fecundity of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* von Martens, in culture. *Aquaculture*, 114: 237-41.
- King, Ch. 1993b. Egg development time and storage for redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* von Martens. *Aquaculture*, 109: 275-280.
- Köksal, G. 1985. Rearing of juveniles *A. leptodactylus salinus* (Norman, 1842) in culture conditions. *The Journal of the Water Products, University of Ege*, 2: 61-76.
- Kondos, A. 1990. Supplementary feed essential for crayfish. In: M. Macreadle (Ed.). *Aquaculture special: Redclaw. Australian Fisheries*, 49(11): 28-30.
- Kossmann, H. 1973. *Haltungs und vermehrungsversuche von süsswasser krebsen im haus., Freshwater Crayfish*, 1: 222-232.
- Kowarsky, J. P. Gazey, and R. Ripingale. 1985. Intensive culture potential of freshwater crayfish - a research update (March 1985). *Marron Growers Bulletin*, 7 (1): 8-15.
- Langdon, J. S. 1991. Description of *Vavraia parastacida* sp. nov. (Microspora: Pleistophoridae) from marron, *Cherax tenuimanus* (Smith), (Decapoda:Parastacidae). *Journal of Fish Diseases*, 14: 619-629.
- Lee, D. O'C. and J. F. Wickins. 1992. **Crustacean Farming**. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Lightner, D. V. 1983. Disease of culture penaeid shrimp In: J. P. McVey. (Ed) **CRC Handbook of Mariculture**, Vol 1 Crustacean aquaculture, p. 89-320. CRC Press, Boca Raton , Florida.
- Masser, N. P, D. P. Rouse and C. Austin. 1990. **Australian red claw crayfish a potential culture species for Alabama**. Agricultural & Natural Resources Information. **Natural Resources Series**. 20 p.
- Masser, N. P. and D. P. Rouse. 1992. **Production of Australian red claw crayfish**. The Alabama Cooperative Extension Service. Auburn University.
- Medley, P. B. Rouse, D. B. Nelson, R. G. Hatch, L. U. and G. F. Pinto. 1994. Economic Feasibility and Risk Analysis of Australian Red Claw Crayfish *Cherax quadricarinatus* Aquaculture in Southeastern United States. *Journal of the World Aquaculture Society*. 25 (1): 135-146.
- Mills, B. J. and P. I. Mc Cloud. 1983. Effects of stocking and feeding rates on experimental pond production of the crayfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda: Parastacidae). *Aquaculture*, 34: 51-72.

Momot, W. T., H. Gowing and P. D. Jones. 1978. The dynamics of crayfish and their role in the ecosystem. *Am. Midl. Nat.*, 99: 10-35.

Moody, M. W. 1989. Processing of freshwater crawfish: a review. *Journal of Shellfish Research*, 8, (1): 293-301.

Moore, N. G. 1990. Good farming and business skills are the key to success. In: M. Macreadle (Ed.). Aquaculture special: Redclaw. *Australian Fisheries*, Vol. 49(11): 41-43.

Morrissy, N. M. 1976. Aquaculture of Marron, *Cherax tenuimanus* (Smith). Part I. Site selection and the potential of marron for aquaculture. *Fish. Res. Bull. west. Aust.*, 17: 1-27.

Morrissy, N. M. 1978. **The amateur marron fishery in Western Australia. Fisheries Research Bulletin (21)**. W. Australian Marine Research Laboratories, Dept. of Fisheries and Wildlife, Perth.

Morrissy, N. 1984. Assessment of artificial feeds for battery culture of a freshwater crayfish, marron (*Cherax tenuimanus*) (Decapoda: Parastacidae). *Dept. Fish. Wildl. West, Aust. Rept. No. 63*, 1-43.

Morrissy, N. M. 1988. Marron farming - current industry and research developments in Western Australia. *Proc. 1st Australian Shellfish Aquacult. Conf., Perth 1988*, p. 59-72. Curtin University of Technology.

Morrissy, N. M. and N. Caputi. 1981. Use of catchability equations for population estimation of marron, *Cherax tenuimanus* (Smith) (Decapoda: Parastacidae). *Australian J. Marine and Freshwater Res.* 32: 213-225.

Morrissy, N. M., N. Caputi, and R. R. House. 1984. Tolerance of marron (*Cherax tenuimanus*) to hypoxia in relation to aquaculture. *Aquaculture*, 41: 61-76.

Morrissy, N. M., L. E. Evans, and J. V. Huner. 1990. Australian freshwater crayfish: aquacultures species. *World Aquaculture*, 21 (2): 113-122.

Nelson, K., D. Hedgecock and W. Borgenson. 1988a. Factors influencing egg extrusion in the American lobster (*Homarus americanus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 797-804.

Nelson, K., D. Hedgecock and W. Borgenson, 1988b. Effects of reproduction upon molting and growth in female American lobster (*Homarus americanus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 805-821.

New, M. B. and S. Singholka. 1982. Freshwater prawn farming. A manual for the culture of *Macrobrachium rosenbergii*. *FAO, Fish. Tech. Pap.*, (225): 116 p.

- O'Connor, P. N. and N. D. Rayns. 1992. Aquaculture prospects for freshwater crayfish. *Fishnote DF/10*, NSW Fisheries.
- O'Sullivan, D. 1988. Many species, only a few with aquaculture potential. *Austasia Aquaculture Magazine*, 2 (9): 3.
- O'Sullivan, D. 1990a. Status of aquaculture in Australia. *In: (Ed) M. Mohan Joseph. Aquaculture in Asia*. Asian Fisheries Society, Indian Branch. p. 43-104.
- O'Sullivan, D. 1990b. Intensive freshwater crayfish system tested. *Austasia Aquaculture Magazine*, 5 (4): 3-5.
- O'Sullivan, D. 1991. Freshwater crayfish aquaculture in Australia. *INFOFISH: INT*. No. 3: 40-44.
- Pfister, V. and R. P. Romaine. 1983. Catch efficiency and retentive ability of commercial crayfish traps. *Aquacult. Eng.* 2: 101-118.
- Pratten, D. J. 1980. Growth in the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Crustacea, Astacidae). *Freshwater Biol.* 10: 401-12.
- Reigh, R. C., S. L. Braden and R. J. Craig. 1990. Aparent digestability coefficient for common feedstuffs fed in diets to *P. clarkii*. *Aquaculture*, 84: 321-334.
- Riek, E. F. 1972. The phylogeny of the Parastacidae (Crustacea: Astacoidea), and description of a new genus of Australian freshwater crayfishes. *Aust. J. Zool.*, 20: 369-389.
- Roberts, K. 1984. Crayfish production cost. *Crayfish tales*, 2(4): 31-32.
- Robledo, J. A. 1992. **Effect of different levels of dietary cellulose on growth of juvenile australian red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens)**. Thesis of Master of Science in the Marine Science Program University of South Carolina.
- Romaine, R. P. 1983. Catch efficiency of crayfish traps. *Crayfish Tales*, 2 (2): 27-29.
- Romaine, R. P. 1988. Traps desings and their catchability. *Crayfish Tales*, 7 (1): 35-37.
- Romaine, R. P. 1989. Overview of harvest technology used in commercial crayfish aquaculture. *Journal of Shellfish Research*, 8(1):293-301.
- Romaine, R. P. and V. Osorio. 1989. Effectiveness of crayfish baits as affected by habitat type, trap-set time, and bait quantity. *Prog. Fish-Cult.*, in press.
- Rouse, D. B. and I. Kartamulia. 1992a. Influence of salinity and temperature on molting and survival of the australian freshwater crayfish. *Aquaculture*, 105: 47-52.

Rouse, D. B. and I. Kartamulia. 1992b. Use of sodium chloride to improve survival of the Australian crayfish *Cherax tenuimanus*. *The Progressive Fish-Culturist*, 54: 118-121.

Rouse, D. D., Ch. M. Austin and P. B. Medley. 1991. Progress toward profits? Information on the Australian crayfish. *Aquaculture Magazine*, 17 (3): 46-56.

Rubino, M. C. 1992. Economics of red claw (*Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868)) aquaculture. *Journal of Shellfish Research*, 11 (1): 157-162.

Rubino, M. N. Alone, D. Rouse, and J. Armstrong. 1990. Marron aquaculture research in the United States and the Caribbean. *Aquaculture Magazine*, 16 (3): 27-44.

Sammy, N. 1988. Breeding biology of *Cherax quadricarinatus* in the Northern Territory. **In: Proceedings of the First Australian Shellfish Aquaculture Conference**, Perth, Curtin University Press, p. 79-88.

Sandeman, R. and D. Sandeman. 1991. Stage in the development of the embryo of the fresh-water crayfish *Cherax destructor*. *Roux's Arch. Dev. Biol.*, 200: 27-37.

Skinner, D. M., 1984. Molting and regeneration **In: D. E. Bliss and L.H. Mantel (Eds.), The Biology of Crustacea**, Vol. 9. Academic Press, New York, p. 43-146.

Sokol, A. 1988. The Australian yabbie. **In: D. M. Holdich and R. S. Lowery (Eds.) Freshwater crayfish: biology, management and exploitation**, Croom Helm, London. p. 401-425.

Thomas, W. J. 1970. The setae of *Austropotamobius pallipes* (Crustacea: Astacidae). *J. Zool.*, 160: 91-142.

Thomas, W. J. and R. W. Ingle. 1971. The nomenclature, bionomics and distribution of the crayfish *A. pallipes* (Lereboullet) in the British Isles. *Essex. Nat.*, 32: 349-360.

Thomas, W. J. and E. Crawley. 1975. The glair glands and oosetae of *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). *Experientia*, 31: 183-186.

Villarreal, H. 1988. Culture of the Australian freshwater crayfish *Cherax tenuimanus* (marron) in Eastern Australia. **In: Freshwater Crayfish 7** (Ed. by Goeldin de Tiefenau) p. 401-408. *Musee Zoologique Cantonal, Lausanne, Switzerland*.

Westin, L. and R. Gydemo. 1986. Influence of light and temperature on reproduction and moulting frequency of the crayfish, *Astacus astacus* L. *Aquaculture*, 52: 43-50.

ANEXO

ASPECTOS LEGALES EN MÉXICO

En la planificación sectorial del Gobierno de México, la acuicultura se considera una actividad de desarrollo prioritario. En la actualidad dicha actividad está regulada legalmente a través de la Ley de Pesca y su Reglamento, la cual establece que para realizar actividades de captura, extracción y cultivo de recursos acuáticos se requiere concesión, permiso o autorización según corresponda, excepto para la pesca de consumo doméstico, la pesca deportiva-recreativa realizada desde tierra y, la acuicultura que se lleve a cabo en depósitos de agua que no sean de jurisdicción federal. Asimismo, establece la regulación para la introducción de especies de flora y fauna acuáticas al país.

La acuicultura en embalses puede ser desarrollada por cualquier persona física o moral con financiamiento del sector privado o social. Los capitales extranjeros pueden participar en la producción hasta con un 49% en forma directa y el restante 51% a través de un fideicomiso temporal de acciones, mientras que su aportación en el área industrial de transformación de productos pesqueros y acuícolas puede ser directamente hasta el 100%.

Por otra parte, en el aspecto de tenencia de la tierra y agua, las leyes correspondientes permiten las concesiones por plazos de hasta 50 años. Para el uso del agua, la Ley de Aguas Nacionales da un trato preferencial a la acuicultura, ya que brinda las facilidades para su desarrollo como una actividad productiva en los distintos cuerpos de agua.

En el contexto actual de los ordenamientos legales dentro del sector pesca, acuicultura y ecología, las perspectivas son ahora más favorables para el desarrollo de la pesca y la acuicultura, ya que en el pasado habían serias trabas para la inversión del sector privado, a quien solo se le permitía participar a través de la asociación con cooperativas pesqueras. Las expectativas son cada vez más alentadoras para el desarrollo de la acuicultura, aunque la actual crisis económica-financiera podría frenar esta tendencia, a menos que el Gobierno establezca mecanismos fiscales que faciliten la creación de nuevas unidades de producción.

En los siguientes párrafos se enlistan los distintos instrumentos legales que los inversionistas, empresarios y acuicultores deberán acatar antes de iniciar la construcción o puesta en marcha de cualquier explotación acuícola comercial.

LEYES, REGLAMENTOS Y NORMAS VINCULADAS CON LA ACUICULTURA:

1. LEY DE PESCA Y SU REGLAMENTO.

Publicados en el D.O.F. el 25 de junio y el 21 de julio de 1992, respectivamente.

1.1. NORMAS OFICIALES MEXICANAS:

1.1.1. NOM-010-PESC-1993, publicada en el D.O.F. el 16 de agosto de 1994.

"Establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura u ornato, en el territorio nacional".

1.1.2. NOM-011-PESC-1993, publicada en el D.O.F. el 16 de agosto de 1994.

"Regula la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción de enfermedades certificables y notificables, en la importación y/o movilización de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura u ornato en los Estados Unidos Mexicanos".

2. LEY DE AGUAS NACIONALES Y SU REGLAMENTO.

Publicados en el D.O.F. el 1 de diciembre de 1992 y el 12 de enero de 1994, respectivamente.

3. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE Y SU REGLAMENTO.

Publicados en el D.O.F. el 28 de enero y el 7 de junio de 1988, respectivamente.

3.1. INSTRUCTIVOS:

3.1.1 1) PARA LA FORMULACION DEL INFORME PREVENTIVO...EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL Y, 2) PARA DESARROLLAR Y PRESENTAR LA MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA MODALIDAD GENERAL ...DEL REGLAMENTO DE LA LEY...

Publicados en la Gaceta Ecológica de septiembre de 1989.

3.1.2. INSTRUCTIVO PARA DESARROLLAR Y PRESENTAR LA MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA MODALIDAD INTERMEDIA A QUE SE REFIEREN LOS ARTICULOS 9, 10 Y 11 DEL REGLAMENTO DE LA LEY...

Publicado en la Gaceta Ecológica de noviembre de 1989.

3.3. NORMA OFICIAL MEXICANA:

3.3.1. NOM-059-ECOL-1994. Publicada en el D.O.F. 16 de mayo de 1994.

"Determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres, terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y establece las especificaciones para su protección".