

## IMPACTO POTENCIAL DE LA BIOTECNOLOGIA EN LA REGION ANDINA

*Galo Montaña Pérez*<sup>1</sup>

Financiera Manabi, S. A.  
Quito, Ecuador

### INTRODUCCION

El Programa Tecnológico del Grupo Andino, aprobado por la Junta del Acuerdo de Cartagena, no contempla proyecto alguno referente al potencial de la biotecnología en los países que lo integran. Investigué personalmente en Bolivia, en Chile, en la Junta, con sede en Lima Perú, y en el Ecuador, cuál era la situación en ese sentido, y encontré que la preocupación sobre la biotecnología es tan sólo incipiente, y tal vez, marginal. No he logrado todavía recopilar información al respecto en Colombia ni Venezuela.

Esta ausencia de interés, podríamos decir, contrasta con el de los países europeos y asiáticos que han promovido ya la formación de un centro de investigaciones biogenéticas y de biotecnología en Italia, y en la India.

El presente trabajo tiene por objeto comunicar los resultados de las investigaciones que en relación con el estado actual de la biotecnología en nuestros países de la Región Andina, he podido llevar a cabo, así como las perspectivas futuras de este rubro de tan vital importancia.

### BIOTECNOLOGIA EN LA REGION ANDINA

En los países andinos se han elaborado algunos trabajos sobre la producción de metano a partir de biomasa procedente de materiales de desecho. En el caso de Bolivia, particularmente de bagazo y otros desperdicios de la industria azucarera. Mediante fermentación anaeróbica, éstos se transforman en fertilizantes orgánicos; su función es devolver paulatinamente la capa de humus perdida por erosión y manejo deficiente de los

---

Manuscrito original recibido: 26-2-86.

<sup>1</sup> Presidente Ejecutivo, Financiera Manabi, S. A., Edificio "Comonsa", Avenida Amazonas 2374 - Pisos 8 y 9, Apartado Postal 282 A, Quito, República de Ecuador.

suelos agrícolas del departamento de Santa Cruz, aledaños a la producción de la industria azucarera. La producción de metano tiene un significado económico marginal, considerando que dicho departamento goza de abundantes recursos de gas natural. De todas formas, la producción de gas a partir de la biomasa, tendería a reducir los costos de producción de la industria.

Se han repetido experiencias similares en pequeña escala, en otros países de la Región, con miras a facilitar la obtención de un combustible barato que abastecería de energía a pequeñas granjas familiares.

En los países del Grupo Andino, otro tema que ha sido objeto de cierta consideración, es la fermentación alcohólica a partir de diversas materias con altos contenidos de carbohidratos, es decir, patata, yuca, maíz, sorgo y caña de azúcar.

La tecnología para la obtención de alcohol a partir de esas materias primas, se conoce perfectamente desde hace muchos años, y no ofrece un atractivo especial por su originalidad.

El hecho relevante es que en nuestros países, la producción de alcohol no ha alcanzado la eficiencia suficiente para reemplazar, como carburante, aunque sea parcialmente, a la gasolina.

De todas formas, es una perspectiva que existe y que puede explotarse en el futuro, sobre todo considerando los altos rendimientos de caña de azúcar por hectárea que se consiguen en zonas tropicales y semi-tropicales de América del Sur (de 100 a 200 toneladas por hectárea).

La exportación del azúcar parece estar condenada a desaparecer, en vista de la sustitución de la fructosa por otros azúcares más baratos y por edulcorantes sintéticos. Como es de conocimiento general, estos últimos se han puesto de moda, dentro del afán de reducir la obesidad.

También se ha experimentado con procesos para la obtención de proteínas unicelulares a partir de la melaza (Ecuador), y de licores sulfúricos procedentes de la industria de papel (Chile). Los resultados a nivel de laboratorio han sido satisfactorios desde el punto de vista técnico; a pesar de ello, no se ha escalado al nivel industrial de producción, debido a ciertas limitaciones en el uso de estas levaduras del género *Sacharomices*, del género *Torula utilis*, *Candida* y otros que se utilizan con propósitos alimenticios.

Ajeno a los problemas inherentes al costo, dichas levaduras contienen algunos componentes que producen empalago o saciedad, de manera que pueden usarse solamente en proporciones discretas. Han encontrado aplicación en salsas especiales, junto con otros elementos saborizantes.

Otra de sus limitaciones es el alto contenido de purina, la cual puede ser dañina para personas con disturbios metabólicos conducentes a la formación de ácido úrico (gota).

Por otra parte, existen algunas producciones industriales de interés como la fabricación de ácido cítrico a partir de melazas y de varios tipos de enzimas. No se ha informado la producción de vitaminas (riboflavina) por fermentación, si bien existen proyectos para la fabricación de antibióticos.

Los procesos de fermentación láctica, ácido acético y ácido glucónico también son conocidos. Asimismo, se ha actualizado el interés por retornar a la fabricación de acetona butanol por medio de procesos de fermentación.

Aparte de los campos citados, no hemos encontrado áreas novedosas y de contenido económico significativo, a excepción de los siguientes rubros: la biotecnología aplicada a la reproducción de plantas vegetales por meristemas; a la reproducción de especies animales de alta pureza por medio de la ovulación artificial en el huésped —que ya se aplica en algunos países para el mejoramiento del ganado de carne o de leche— y por último y más importante, su extraordinaria aplicación en la producción de especies bioacuáticas en cautiverio.

En nuestro criterio, es en estos tres campos donde radica un potencial económico de grandes alcances y profundidad.

En efecto, en el curso de estimaciones elaboradas con la asistencia técnica de expertos israelitas y norteamericanos, se han identificado posibilidades de expandir considerablemente la producción frutícola en climas templados y tropicales, así como la producción de hortalizas y de flores para la exportación, mediante la normalización y calidad del material genético reproducido por meristemas.

De acuerdo con tales estudios, Ecuador acusa un potencial de exportación cercano a 200 millones de dólares de los Estados Unidos de América, sin contar con la producción y exportación de especias como gengibre, comino, pimienta, menta, achiote, azafrán y otras.

La propagación de especies vegetales por meristemas ha significado una verdadera revolución en la producción agrícola, campo en el que existen posibilidades enormes para los países del Grupo Andino.

Se sabe de algunos pequeños laboratorios de reproducción por meristemas ya existentes en nuestros países, aunque la mayor parte del material genético de plantas todavía se importa de los Estados Unidos, Israel o Europa.

Conviene, por lo tanto, que los países del Grupo Andino concentren esfuerzos en el desarrollo de un laboratorio para la reproducción de meristemas, que opere en forma centralizada, y que ofrezca servicios a todos los demás.

Deliberadamente, he dejado para la segunda parte de este artículo, la discusión de una de las áreas más fascinantes y de mayor potencial en la aplicación de la biotecnología al acuacultivo de determinadas especies alimenticias, fundado en la extraordinaria dotación de condiciones naturales altamente favorables que se encuentran presentes en las costas, esteros, marismas y estuarios del litoral de nuestros países. En pocas palabras, me refiero al cultivo del camarón como un ejemplo del potencial productor de alimentos que ofrece nuestra naturaleza americana.

#### CULTIVO DEL CAMARON

El acuacultivo del camarón (prawn) se ha convertido en una de las industrias de exportación más importantes de la República de Ecuador. En la actualidad, posiblemente sea ésta una de las más interesantes del mundo.

El Ecuador tiene alrededor de 52,000 hectáreas bajo cultivo, y en 1985 exportó 22,000 toneladas de camarones por un valor de 164 millones de dólares EUA, cifra que corresponde al 23.20/o promedio de las exportaciones de productos primarios perecibles en los últimos seis años.

El cultivo del camarón se inició hacia el año 1966, y ha logrado un desarrollo cada vez más sólido. Ello ha sido posible debido a que hay mayor dependencia de la investigación científica y de la aplicación de la biotecnología en todas sus fases y últimamente en la reproducción en cautiverio.

Las costas ecuatorianas están dotadas de ecosistemas favorables para el desarrollo de especies bioacuáticas como la langosta, camarón, mejillones, ostras, calamares, etc. Se logró, pues, revertir la industria del camarón —que dependía exclusivamente de la pesca— en un cultivo sistemático y de mayor rendimiento.

El camarón o langostino goza de especial aceptación y popularidad en los mercados norteamericanos y japoneses, en los que la demanda crece constantemente, con tasas hasta de 20<sup>o</sup>/o anual. Los mercados europeos muestran igual avidez por estos productos del mar.

En 1985, las importaciones norteamericanas se sitúan estimativamente en el orden de 165,700 toneladas, y las importaciones japonesas en 204,300 toneladas.

La exportación ecuatoriana corresponde al 13.2<sup>o</sup>/o de las importaciones norteamericanas, siendo el Ecuador el segundo o tercer proveedor de camarones, para los Estados Unidos, después de la India y México.

Esta industria cuyo desarrollo tuvo lugar hacia fines de la década de 1960, sobre una base más o menos empírica, ha cobrado importancia económica. Esta ha sido de tal naturaleza que ha logrado alcanzar cierto grado de maduración desde el punto de vista de los requerimientos de personal técnico especializado y de investigación científica básica. Ese personal ha llegado con procedencia de los centros más importantes del mundo, los Estados Unidos, Japón, Francia y Taiwan.

Así, hoy día podemos hablar de una producción continua y normalizada, que se fundamenta en la recolección natural de las larvas que —dentro de su ciclo vital— descansan en determinadas playas, marismas y estuarios de los manglares (*Rizophora mangle*).

La rápida expansión de la industria no ha podido evitar cierta deprecación de los manglares, que constituyen el habitat natural y más favorable para el desarrollo de las larvas. En los últimos años ello ha causado, por lo tanto, escasez de larvas naturales para alimentar a todas las piscinas de cultivo.

Este hecho aparentemente negativo, ha estimulado la investigación y formación de laboratorios para la reproducción y desarrollo de larvas de camarón en cautiverio a fin de suplir la escasez de larvas naturales, con la ventaja de garantizar una especie uniforme, libre de enfermedades y con menor tasa de mortalidad.

Por selección natural, esta crisis ha determinado que permanezcan dentro de la industria, aquellos cultivadores que han logrado superar los conocimientos suficientes sobre las técnicas y condiciones científicas de este cultivo.

En el momento actual existen 12 laboratorios de reproducción con una capacidad que se aproxima a 400 millones de larvas, frente a una demanda total de 9,000 millones, demandas que también deben ser abastecidas en forma natural (ciclo natural) y por la producción de los laboratorios.

El rendimiento promedio por hectárea de cultivo que se sitúa en 423

kg, podría alcanzar 800 kg por hectárea en un futuro cercano, mediante el mejoramiento de técnicas de cultivo y alimentación que día a día se perfeccionan.

### ESPECIES DE CAMARON EN EL LITORAL ECUATORIANO

En el Litoral Pacífico existen varias especies de camarones que, según sus nombres comunes, se clasifican en blancos, acanalados, zebra, tití y pomada.

Las especies más importantes de camarón blanco se dividen en *Penaeus occidentalis*, que en promedio constituye el 70% de la captura normal por pesca, *Penaeus stylirostris* y *Penaeus vannamei*. Estas dos últimas especies se han adaptado maravillosamente al cultivo en piscinas artificiales.

El *Penaeus stylirostris* corresponde aproximadamente al 25% promedio de la captura por pesca.

Las demás especies, *Penaeus vannamei*, *californienses* y *brevirostris* no sobrepasan del 2 al 3% de los desembarques por captura. En el período 1965-1976, los desembarques de camarón alcanzaron un promedio de 6,800 toneladas por año.

#### CICLO DE VIDA DEL CAMARON *Penaeus vannamei* y *Penaeus stylirostris*

La fecundación se produce en mar abierto por medio del espermatóforo colocado por el macho en el abdomen de la hembra. Es desove ocurre también en el mar, de modo que las primeras etapas de desarrollo del huevo hasta convertirse en larva (nauplio, protozoa y mysis) transcurren en el mar, medio natural adecuado que suministra el plancton necesario para atender su alimentación. El mysis migra hacia los marismas, los esteros o las bahías y se desarrolla como postlarva, juvenil, subadulto y adulto que, de nuevo, migra hacia el mar abierto hasta llegar a los caladeros de pesca.

La migración está regulada por las presiones osmóticas marinas, la temperatura, salinidad del agua, las corrientes, la marea y la abundancia de plancton.

El estadio de desarrollo del camarón, desde huevo hasta adulto, se clasifica en diferentes etapas, de acuerdo con la dimensión que alcanza, empezando desde 0.2 mm hasta 14 mm y más en el adulto.

El estadio de larva, según se dijo, comprende tres etapas: nauplio, protozoa y mysis; se alimenta básicamente de algas, entre las que varias especies tales como diatomea, erisofilea y la cloroisea han sido identificadas.

Las algas que se emplean normalmente para la cría de peneidos son *Monocrisis sutheri*, *Tebracelmi*, *Tethratele*, *Tethracelmi chui*, *Tetracelmi suecica*, *Cilindrotheca* e *Hizocrisis*.

Se ha experimentado también con algas de la especie *Sketetonema*, *Thalassiosira*, *Ceratanlina*, *Ciclotella nana*, *Gymnodinium*, *Exuviella* y otras.

La postlarva alcanza de 4 a 24 mm, y se alimenta preferentemente de *Artemia salina nauplii*, pequeño crustáceo que de adulto alcanza 5 mm de largo y cuyo cultivo artificial también se ha emprendido.

Los juveniles y subadultos se alimentan de aminoácidos, carbohidratos, minerales y vitaminas, así como de moluscos, poliquetos y crustáceos. Aparentemente la ingestión de alimentos vivos estimula las funciones sexuales. En las piscinas de cultivo se utiliza un alimento balanceado que, además de proteínas, contiene grasas y carbohidratos, vitaminas y minerales.

### CULTIVO ARTIFICIAL DEL CAMARON

Con base en el conocimiento del ciclo vital del camarón, biología, fisiología, sistema de reproducción, costumbres alimenticias e influencia de los aspectos ecológicos, se ha logrado reproducir con éxito las condiciones más favorables de crecimiento en cautiverio relativo, de las dos variedades que se prestan más favorablemente a este sistema. Estas son, *Penaeus vannamei* y *stylirostris*.

El proceso clásico empieza con la captura de larvas en los marismas, estuarios y playas; se clasifican y se trasladan a pequeñas piscinas denominadas precriaderos, donde se alimentan hasta el estado de juveniles. Los juveniles se trasladan a la piscina de crecimiento o engorde, donde permanecen de cinco a siete meses hasta alcanzar el tamaño más deseable para su comercialización.

El crecimiento de los camarones depende de varios factores como la salinidad del agua que al principio debe ser baja y aumentar progresivamente a medida que crece. Se estima que en peso, esa salinidad debe oscilar de 5 a 30 partes por mil.

La temperatura es otro factor condicionante. El camarón es poiquiloterio, o sea que soporta diversas temperaturas; sin embargo, a mayores temperaturas su metabolismo reacciona más rápido. En efecto, la digestión dura seis horas cuando el agua se encuentra a 25°C y 10 horas cuando se encuentra a 11°C. Para un rápido crecimiento, la temperatura óptima del agua, por lo tanto, se ubica entre 26 y 30°C.

El oxígeno también desempeña un papel fundamental en el agua de las piscinas. Su concentración, a la vez, depende de la temperatura, salinidad, materias en suspensión, producción de organismos fotosintéticos y/o del ritmo característico de cada ecosistema.

El camarón requiere de cinco a siete partes por 1,000.

El Dr. Addison Lawrence, de la Universidad de Texas en Galveston, EUA, sostiene que el crecimiento de los camarones puede mejorar ostensiblemente mediante la oxigenación directa del agua por burbujeo. Se logra así activar el proceso de fotosíntesis y la formación de algas y fitoplancton, que son los alimentos deseados por la postlarva.

El agua es otro de los medios fundamentales para el desarrollo del camarón. Preferiblemente, debe ser agua estuarina, es decir, rica en plancton procedente de los marismas o de los manglares. En los cultivos artificiales el agua se canaliza y se dispone de agua dulce y de agua salina que se puede bombear alternativamente de acuerdo a las necesidades, a fin de mantener las condiciones óptimas en el ecosistema artificial que se ha formado en cada piscina.

A título ilustrativo, seguidamente se incluye la Tabla 1, que proporciona información detallada en lo concerniente al proceso que exige la cría del camarón.

TABLA 1

## PROCESO A SEGUIR PARA LA CRIA DEL CAMARON

---

*Siembra*

Período de crianza:	5-7 meses (2-3 cosechas por año)
Salinidad:	10-20 partes por mil, pH: neutro
Temperatura:	26-30°C
Alimentación:	Plancton, fito y zoo Fitoplancton: diatomeas, dinoflagelados, algas Zooplancton: protozoos (ciliados) metazoos (celenterios microscópicos) invertebrados (sinóforos, poliquetos) moluscos, equinodermos.

El plancton viene por sondeo del agua estuarina. El fitoplancton se favorece por fertilización previa de las piscinas (PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>, urea, elementos menores) y por fotosíntesis y oxigenación.

Balanceados. artificiales

Oxigenación: 5 a 7 partes por mil. Renovación del agua y oxigenación artificial.

Cuidado de depredadores: Jaiba (*callinectes toxates*), corvina, lisa, mojarra, róbalo, chame. Pato cuervo, piquero, garza, pataleta, etc.

Control biológico: Refractómetro, salinómetro, oxigenómetro, termómetro, pH. Crecimiento, peso, sanidad.

Cosecha: Eliminación del agua y pesca por atarrayas o chinchorros.

Producción: 800 - 3,000 libras por hectárea (1,200 libras por hectárea).

Post-cosecha: Dejar la piscina seca de 2 a 3 semanas. Limpieza total, oreo, desecación.

---

## EL MANGLE

Estos bosques tropicales que crecen a la orilla del mar, conforman un ecosistema rico en alimentos que nutren a una abundante fauna y microflora. Su potencial para alimentación de crustáceos, peces y moluscos es extraordinario.

El *Rhizophora mangle*, que constituye la principal variedad de los manglares rojos, arroja más de 7.5 toneladas de hojas por hectárea, por año. Las hojas soportan gran número de organismos vivos, y ayudan a la fabricación de detritus. En un proceso de degradación, los detritus reducen los sulfatos a sulfuros, contribuyendo así a aumentar el potencial

proteínico alimenticio a favor de los organismos que viven en los manglares.

Los últimos absorben nutrientes en forma de fosfatos y nitratos que se transfieren a las hojas; son devueltos por degradación a los sedimentos y al medio acuoso.

Las raíces del mangle, amplias y entrelazadas, conservan los sedimentos y preservan de la erosión, amortiguando las corrientes de las mareas y capturando los materiales orgánicos e inorgánicos así como las reservas planctónicas procedentes del mar.

En el manglar, la alta producción de material orgánico y detritus es suplementada por la producción de microalgas bénticas (fondo), macroalgas epifíticas (superficiales), fitoplancton, zooplancton y fanerógamas marinas. Constituyen, pues, un ecosistema natural de extraordinaria riqueza alimenticia para peces, invertebrados, crustáceos y moluscos.

### LA CONSTRUCCION DE LA CAMARONERA

Las camaroneras han sido construidas en las zonas de salares, junto a los esteros y a los manglares a fin de asegurar una provisión de agua rica en plancton y en la cercanía de las playas, donde se recogen las larvas de camarón que cumplen su ciclo vital normalizado.

Usualmente se construyen piscinas artificiales que miden desde una hectárea hasta 60 hectáreas, pudiendo afirmarse que la extensión más favorable para un manejo eficiente está en el límite de 10 hectáreas por piscina. Estas alcanzan una profundidad de 1.50 m a 1.80 m, y deben llenarse con agua estuarina, guardando las proporciones de salinidad, contenido de oxígeno, nutrientes, movimiento del agua y pH.

Los camarones en estado de larva se "siembran" en las piscinas más pequeñas denominadas precriaderos, donde deben alcanzar el crecimiento de "juveniles".

Estos a su vez, se "siembran" en las piscinas de tamaño industrial. Se procede luego a alimentarlos mediante suplementos alimenticios balanceados a base de harina de pescado, harina de cabeza de camarón y harinas proteínicas de soya juntamente con carbohidratos, vitaminas y minerales.

El conocimiento tecnológico de la alimentación suplementada para camarones ha avanzado notoriamente. Los perdigones de suplemento alimenticio deben tener una densidad suficiente para que al caer se depositen en el fondo de la piscina, sin desaglomerarse, a fin de evitar la turbidez del agua.

Dependiendo de las técnicas de cultivo que pueden admitir variaciones, se logra entre dos y tres cosechas por año, llegando hasta cerca de 1,000 kilos por hectárea en los cultivos mejor manejados.

El Dr. Addison Lawrence, Decano de la Facultad de Maricultura de la Universidad de Texas A & M, EUA, sostiene que mejorando las técnicas de cultivo y normalizando cuidadosamente la alimentación, así como la insuflación de oxígeno, se puede lograr rendimientos multiplicados por un factor de 4, en el mismo espacio actualmente dedicado al cultivo.

Terminado el ciclo de "engorde" se puede suspender el proceso de acuerdo con los datos de peso y tamaño, y se procede a vaciar la piscina, recogiendo los camarones con aarrayas.

Una vez vaciada la piscina, se deja secar sometida a los rayos del sol para eliminar los microorganismos indeseables, durante un período de dos a tres semanas. Se procede entonces a la fertilización del fondo de la piscina aplicando fertilizantes ricos en nitrógeno, fósforo, potasio y elementos menores. La fertilización es indispensable para mejorar el rendimiento y producción de algas por fotosíntesis, que constituye parte importante de la alimentación de los camarones.

Se requiere especial cuidado para evitar la presencia de depredadores o competidores en la captura de alimento dentro de la piscina. Para ello se utilizan compuertas con mallas que impiden el acceso de peces, crustáceos como la lisa y la jaiba, y otros competidores.

Terminada la cosecha los camarones usualmente se descabezan, limpian y se congelan en proceso de "flash freezing", manteniendo un sello hermético de hielo en las cajas de 5 lb c/u, que son las estándar para la exportación.

Los camarones se clasifican de acuerdo con su tamaño y según el número de colas por libra (Tabla 2). Asimismo, en las Tablas 3, 4 y 5 se detalla una operación comercial promedio, la inversión requerida para el desarrollo de un proyecto de mayores dimensiones y, finalmente, las ganancias y pérdidas a visualizar en lo referente a esta importante industria.

TABLA 2

CATEGORIAS COMERCIALES DEL CAMARON, SEGUN TAMAÑO  
(Sin cabeza)

Denominación	No. por libra	Clasificación comercial
Extra colosal	Menos 10	U-7 U-8 U-9
Colosal	10-15	U10-U15
Extra Jumbo	16-20	U16-U20
Jumbo	21-25	U21-U25
Grande	31-35	U31-U35
Medio grande	36-42	U36-U42
Mediano	43-50	U43-U50
Pequeño	51-60	U51-U60
Extra pequeño	61-70	U61-U70
Diminuto	Menos 70	U71 y más

TABLA 3

## RESUMEN DE UNA OPERACION COMERCIAL PROMEDIO

Larvas por hectárea	60,000 unidades
Mortalidad de larva a camarón	15 - 40%o
Densidad de la población cosecha/ha	50,000 camarones
Peso aproximado del camarón	20 g
Peso de la cabeza	32%o del peso total
Alimentación suplementaria, kg	1: 0.5 camarón cosechado

TABLA 4

## INVERSION EN UN PROYECTO DE 80 HECTAREAS

	Millones de sucres	%o
Terreno	8.9	15.9
Construcciones	29.3	52.5
Maquinaria y equipo	10.0	17.9
Capital de trabajo	7.6	13.6
Inversión	55.8	100.0
Inversión por hectárea: S/. 700,000, o US\$6,000 por ha.		

## LABORATORIO DE LARVAS

La producción de camarones por los medios descritos antes no enfrenta mayores problemas y se ha normalizado. No obstante, una excesiva depredación en la tala de manglares en determinadas zonas y la intensidad propia del proceso productivo en cautiverio, han disminuido notablemente el número de larvas disponibles. Ello ha afectado sobre todo las zonas camaroneras de las Provincias de El Oro y Guayas.

Esta súbita disminución del número de larvas que se ha suscitado en los dos últimos años, ha impulsado poderosamente la necesidad de instalar laboratorios para obtener la reproducción y el desarrollo de las larvas en cautiverio.

Originalmente, por medio de la pesca los laboratorios recogían ejemplares vigorosos de camarón-hembra en proceso de gestación. Estos se utilizaban para provocar la eclosión y el cuidado de los nauplios, garantizando una supervivencia mucho más elevada que en el proceso natural, donde la mortalidad es muy alta por acción de los depredadores que operan en los marismas, estuarios y manglares.

Hoy día, en los laboratorios se han diseñado técnicas que provocan la fecundación de hembras vigorosas con la intervención de machos seleccio-

TABLA 5  
GANANCIAS Y PERDIDAS

	(Millones de sucres)	o/o
Ventas	66.9	100.0
Costos de producción	33.2	49.6
Utilidad bruta	33.7	
Gastos por ventas	2.4	3.6
Gastos de administración y generales	3.4	5.1
Utilidad	27.9	
Gastos financieros	4.7	7.1
Utilidad	23.2	
Reparto 15 <sup>o</sup> /o	3.5	5.2
Impuesto de utilidad	4.4	6.6
Utilidad neta	15.3	22.8

nados, así como la ovulación, eclosión y cultivo de los nauplios hasta el grado de mysis para entregar a los cultivadores.

Evidentemente, la presencia de los laboratorios es fundamental en esta etapa de desarrollo del cultivo. Se garantiza así una "semilla" normalizada de una variedad determinada de peneus, con un coeficiente muy bajo de mortalidad y con características genéticas y de crecimiento muy vigoroso, por efecto de la alimentación cuidadosa y dosificada que se pueda administrar en el laboratorio de larvas.

Fundamentalmente, el laboratorio constituye un receptáculo de fecundación y/o de inseminación artificial. Asimismo, se cuenta con métodos de laboratorio que permiten captar y producir alimentos naturales "fitoplacton" (algas) y "zooplancton" (*Artemia nauplii*), garantizando así el crecimiento vigoroso de las larvas.

Científicamente, se han desarrollado los conocimientos suficientes para manejar con alta eficiencia un laboratorio de esta naturaleza. Las tecnologías más conocidas han sido perfeccionadas en los Estados Unidos por Ralston Purina, que tiene un laboratorio de producción de larvas en Panamá. Este se encuentra en capacidad de suplir de larvas a varios países como Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú.

Los franceses, japoneses y taiwaneses también han logrado sus metodologías y procesos científicos propios. Estos están siendo igualmente implementados en el Ecuador. Así, se puede afirmar, que en forma paralela y simultánea se someten a ensayo todos los conocimientos científicos actualizados en estas técnicas.

El laboratorio debe criar diversas especies de algas que se consideran las más adecuadas para la alimentación de la larva, así como rotíferos y artemia salina.

Este alimento, cultivado en el propio laboratorio, por el momento tiene un precio bastante alto. El kilo de artemia salina cuesta US\$80,

y se considera un factor de crecimiento indispensable e insustituible para las larvas.

En forma paralela, los belgas han desarrollado una tecnología altamente sofisticada para la producción de artemia salina *nauplii*. Este crustáceo posee características extraordinarias y, en estado adulto, alcanza una longitud de 5 mm. Perteneció al género branquiopodo, urihalino resistiendo contracciones hasta de 200 gramos de sal por litro.

Es notable por las razas anfigónicas y pantenogenéticas, algunas diploides (48 cromosomas), tetraploides (84 cromosomas) y octoploides (164 cromosomas); dependiendo de la salinidad, su comportamiento puede ser ovíparo y vivíparo.

Absorben hasta el 60% de su peso en proteínas y se multiplican cada cuatro días, produciendo de 100 a 400 descendientes.

Una de las características más relevantes de esta especie de crustáceo es el hecho de que se puede usar como vehículo para la transmisión de esquemas alimentarios, a partir de la absorción de nutrientes de fórmulas conocidas, a través de la artemia al camarón, y de éste al ser humano. En otros términos, los camarones podrán "fabricarse" con altos contenidos de vitaminas del complejo B si a la artemia se le alimenta con ese alto contenido.

Esta forma se ha denominado bioencapsulación e indudablemente, presenta perspectivas extraordinarias, y de proyecciones revolucionarias en el proceso de la alimentación humana.

Por este motivo los científicos belgas que dirigen este proyecto hablan de la revolución azul. Dicho término aplica a la tecnología que se ha empezado a desarrollar en el dominio de la maricultura, y que puede ser una de las respuestas a las deficiencias alimenticias proteínicas que actualmente enfrenta la humanidad.

### PERSPECTIVAS FUTURAS

El dominio del conocimiento científico y de las tecnologías bioacuáticas y/o de acuacultivos de variedades de crustáceos, moluscos y peces, constituye un activo que se ha venido acumulando durante los últimos 20 años en el Ecuador. Ese logro puede ser utilizado también por otros países con ecosistemas similares o parecidos al del Ecuador.

En Venezuela, Colombia y Perú se han desarrollado también, aunque en forma limitada, algunos cultivos de camarón, siempre con perspectivas de exportación a los mercados externos.

Brasil, por su parte, ha emprendido en forma muy vigorosa, extensos cultivos de camarón, de variedades diferentes, pero con eficiencias comparables a las del Ecuador.

Ecuador podría duplicar su producción por hectárea, mejorando paulatinamente la eficiencia de sus cultivos, y afinando las tecnologías de alimentación y de manejo de todos los factores que influyen en el ecosistema artificial que se crea dentro de la piscina.

Conocidas las técnicas generales de cultivo, se puede aplicar por extensión a otras variedades económicamente útiles como el chame (pez de agua semidulce), la jaiba, camarones de río, ostiones, mejillones, conchas, calamares y otras.

**Este proceso de cultivo sistemático y de alto rendimiento podría constituir una respuesta favorable al dilema del déficit alimentario de proteínas, que afecta a nuestras poblaciones.**

**En todo caso, plantea un desafío extraordinario para los investigadores científicos y técnicos especialistas en biotecnología, que tendrán que enfrentar el reto.**