

La Paz hacia la economía circular: oportunidades y retos



Foto/Miguel Ángel de la Cueva

" La Economía Circular apuesta por maximizar, al grado más profundo posible, todo lo que un recurso puede ofrecer. Es ir más allá del reusar, reciclar y reducir; busca restaurar y regenerar, integrando las dimensiones ambiental, económica, social y cultural. La noción de economía circular se ha vuelto atractiva como solución a la crisis ambiental y económica contemporánea. Su punto de partida más usual es el reconocimiento de que el modelo lineal en que se ha sostenido la economía (basado en extraer, producir, usar, y desechar) está llevando al colapso del medio ambiente, y que se requiere de un cambio que vaya más allá del mero reciclaje. Sin embargo, aunque no hay consenso respecto al alcance necesario en la práctica de tal cambio, no existe un planeta alternativo al que mudarnos y, desde La Paz, en este documento lanzamos unas propuestas que incorporan el uso eficiente de los recursos, el conocimiento y el talento local para contribuir a esa transformación."



Resumen Ejecutivo

Ante el rápido deterioro ambiental y la desigualdad económica y social a nivel global a los que nos enfrentamos actualmente, el modelo de producción y el sistema económico actual (impulsado por presiones políticas) deben ser reestructurados desde una perspectiva de transformación social y medioambiental interconectada y multidisciplinaria. Considerando lo anterior, en este documento se plantean tres propuestas que promueven ejercicios de economía circular, tomando como punto de referencia algunas investigaciones científicas realizadas respecto al mejor aprovechamiento de recursos en el área identificada como Bahía de La Paz. A modo de contextualización, a esas propuestas antecede un texto sobre los alcances y límites de economía circular y su conexión con el medio ambiente y el bienestar.

Así, la primera propuesta de ejercicio de la economía circular, se refiere a la pesquería de moluscos, que es emblemática de la zona. Específicamente, plantea el aprovechamiento de subproductos (vísceras, gónadas y conchas) de callo de hacha (*Atrina maura*) como fuente de ingreso adicional para las comunidades pesqueras y, en particular, para las mujeres que limpian los callos. En ese sentido, se presenta un prototipo de secador solar para esos subproductos, como un primer paso para su uso como aditivo en el alimento de gallinas ponedoras, dado que se ha comprobado que esta práctica mejora muy significativamente el valor nutricional de los huevos (hasta cinco veces más el nivel de DHA y tres veces los niveles de EPA).

Para aprovechar tales subproductos aún más se plantea, además, su uso como fertilizante en la producción de hierbas aromáticas y como fuente de enzimas proteolíticas, con potencial aplicación en la industria de detergentes y productos de limpieza. Por otro lado, las conchas de callo de hacha son una fuente de minerales que puede ser adicionada directamente al alimento de gallinas ponedoras, y se plantea su potencial como matriz para descontaminar aguas con metales pesados y en la industria de la construcción (pisos y mosaicos).

Una segunda propuesta aborda la camaronicultura como actividad comercial en desarrollo en la región. Alrededor del mundo, varias innovaciones tecnológicas son aplicadas para hacer más eficientes los sistemas de cultivo y disminuir el impacto ambiental de la camaronicultura.



Se presentan aquí aquellas que han sido probadas a nivel local, al menos experimentalmente, con la finalidad de promover la adopción de estas prácticas a nivel comercial.

La tercera propuesta trata de la implementación de un modelo comunitario para la producción de alimentos de alta calidad nutrimental, integrado a comedores urbanos comunitarios que operan en Baja California Sur. Se trata de un sistema productivo intensificado, eficiente y sostenible de alimentos (que no necesita tierra arable, y tiene un reducido consumo de agua, energía y fertilizantes), que contribuye a la seguridad alimentaria y salud de las familias de zonas urbanas y peri-urbanas, de gran potencial como auxiliar para el desarrollo.

La reflexión que aquí se ofrece respecto a algunas oportunidades y retos para el desarrollo de la economía circular en La Paz plantea evitar la generación de residuos y tener un enfoque transversal que integre las dimensiones cultural y social; incluir esa visión de circularidad en la política comercial mediante normas y medios para cumplirla respecto a las características, componentes de los productos, y de servicios; así como entender el rol de lo local y de la justicia socio-ecológica en ese proceso, y los ajustes al aparato institucional necesarios para transformar los procesos actuales.



Mesa de Trabajo 3

La Paz hacia la economía circular: oportunidades y retos

Autores: Alba Eritrea Gámez Vázquez (agamez@uabcs.mx)¹, Elena Palacios Mechetnov (epalacio@cibnor.mx)², Crisalejandra Rivera Pérez (crivera@cibnor.mx)², Alejandra Nieto Garibay (anieto04@cibnor.mx)², Paola Magallón Servín (pmagallon@cibnor.mx)², Fernando Aranceta (faranceta@cibnor.mx)², César Salvador Cardona Félix* (ccardona@ipn.mx)³ y Liliana Rojo Arreola* (lrojo@cibnor.mx)²

1. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste
2. Universidad Autónoma de Baja California Sur
3. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN

*Coordinadores de la mesa de trabajo:

Liliana Rojo Arreola: lrojo@cibnor.mx

César Salvador Cardona Félix: ccardona@ipn.mx



1. La economía circular y su conexión con el medio ambiente y el bienestar.

Alcances y límites

Alba E. Gámez

La economía circular, que busca crear valor agregado a partir de la ampliación del ciclo de vida de los productos, se inserta en una discusión más amplia respecto a la esencia del sistema económico y de sus impactos en el ambiente. En esa discusión se cuestiona el modelo económico lineal convencional que descansa en extraer, producir, usar, y desechar. Al presente, la extracción de recursos naturales del suelo o las aguas lleva a la creación o fabricación de productos que (muchas veces casi inmediatamente) se convierten en residuos que van a parar a la naturaleza. Así, qué y cómo se produce está dañando los ecosistemas, y las propias condiciones de vida de las personas y de otras especies en el planeta. Si bien existe cierto consenso sobre el problema, hay diferencias relevantes entre corrientes de pensamiento respecto a su origen y cómo resolverlo. En esta sección se presentan algunos alcances y límites de la economía circular como respuesta a la crisis socioambiental. El propósito es contextualizar las propuestas de ese modelo de producción y consumo para la Bahía de La Paz, que se exponen en los siguientes apartados.

La economía circular y su conexión con el medio ambiente y el bienestar

Los patrones de producción y de consumo contemporáneos tienen efectos adversos se evidencia en el aumento de las emisiones de dióxido de carbono, que han superado en 70% las que existían hace 270 años, y que han provocado que la temperatura promedio actual sea de 1.1 grados centígrados más respecto a la primera mitad del siglo XVIII. El incremento en 190% de la huella ecológica, y la triplicación del uso de materias primas desde 1970 a la fecha han impuesto fuertes presiones a los límites planetarios en cambio climático, ciclo del nitrógeno y pérdida de la biodiversidad (Nogueira y Vence, 2019). A ello habría que añadir los efectos negativos que el modelo civilizatorio contemporáneo significa para la organización social y la calidad de vida de las poblaciones, especialmente de las más vulnerables.



¿Cómo atender ese conjunto de fenómenos, desde la economía? Dos propuestas se han perfilado desde el siglo pasado: una es la economía ambiental (EA), que se centra en identificar y cuantificar los impactos ambientales y las fallas de mercado para, con incentivos adecuados, transformarlos en algo positivo o evitar la continuación del deterioro ambiental. La EA, reconoce el valor de los recursos naturales, que traduce como capital natural, e integra a la naturaleza como parte del sistema económico. Por otra parte, la economía ecológica parte, contrariamente a la EA, de una concepción distinta y pone a lo económico (y a la humanidad) no como algo separado de la naturaleza, sino como parte del ambiente, de la biosfera.

En este punto es relevante comprender cómo se conciben la economía, la sociedad, y el ambiente. Hasta la década de los ochenta, esa tríada se entendía, predominantemente, como elementos separados. La última parte del siglo XX fue un punto de quiebre de esa concepción ante el rápido deterioro ambiental y la desigualdad económica y social a nivel global que generaban presiones políticas al sistema económico. La adopción de la noción de desarrollo sustentable como una intersección deseable entre las dimensiones ambiental, económica y social se popularizó, aunque privilegiando las dos primeras. Salidas desde una “economía verde”, contraria a una economía café (fincada en combustibles fósiles), se centraron en innovaciones tecnológicas y nuevos mercados para la reducción de emisiones, aunque sin atender las necesidades de una transformación social y medioambiental desde una perspectiva interconectada y multidisciplinaria (Fatheuer et al., 2016).

Ya en la década con que inicia el nuevo milenio, desde la ecología política y la economía ecológica se aboga no solamente por el reconocimiento de una interacción entre la economía, la sociedad y el ambiente, sino que se reclama el anidamiento de la primera en la segunda y de ambas en la tercera. En ese sentido, se llama a una nueva comprensión de la manera en que la humanidad se relaciona con su entorno, lo que implica rebasar las soluciones tecnológicas y reconocer el rol de las disparidades de poder social que están llevando a una crisis civilizatoria. Para ello, desde la ecología política se propone abordar conjuntamente los procesos naturales y los procesos sociales para superar la crisis de civilización mediante la



acción organizada y consciente, y dirigida hacia la supresión de la inequidad social, la restauración del entorno natural y planetario, la recomposición de las culturas dominadas, y la recuperación de instituciones de la sociedad desde el poder ciudadano (Toledo, 2015, pág. 51).

La pugna entre esas dos formas de comprender el proceso económico ha dado lugar a tres versiones de cambio necesario que se recogen en la economía circular:

- 1) Los residuos se convierten en insumos, lo que se entiende como una vieja economía del reciclaje que no cuestiona el proceso de producción, circulación y distribución; sino que se centra en una visión corta del proceso sin tomar en cuenta la incidencia negativa del modelo tradicional de producción en el propio sistema económico o en la biosfera;
- 2) La innovación en el diseño de productos y de procesos productivos es una salida al deterioro ambiental, mientras que la reducción de cadenas de producción-consumo lleva a sistemas productivos sostenibles mediante una mejor eficiencia en el uso de materiales y la capacidad de reciclarlos; y
- 3) Una transformación del sistema económico es necesaria para cambiar los patrones de producción (no obsolescencia) y de consumo (que reduzca necesidades de energía y materiales) que son insostenibles.

Ya entrado el siglo XXI, la economía circular tuvo un nuevo impulso a través de la Fundación MacArthur (EMF, 2015), la Unión Europea (Comisión Europea, 2020) y la Organización de Naciones Unidas en su Agenda 2030,[1] que ha llevado a varios países a adoptarla (Schröder et al., 2020). Su entendimiento de la economía circular, ligada a la economía ambiental, se inserta en la segunda de las vertientes antes descritas y promueve el uso de tecnologías, la innovación de procesos y productos para hacerlos más eficientes y de menor impacto, y los mecanismos e incentivos de mercado (Schröder et al., 2020; Ruiz et al., 2019).

Aceptando una noción intermedia de economía circular, ¿cómo puede medirse su éxito en el sistema económico y en términos de indicadores de bienestar? Una respuesta es plantear distintos alcances y escalas de aproximación: marcos de medición globales, al nivel de los



países, de aproximación sectorial, y al nivel de la empresa para medir su avance en el cambio de un modelo lineal a un modelo circular. En el ámbito internacional y nacional destaca el aporte al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) mediante objetivos, metas, indicadores; mientras que la contribución de una organización puede darse desde la innovación e implementación de los principios de economía circular en un producto (ecodiseño), sus componentes, las materias primas que lo componen, la optimización de procesos internos o la oferta de servicios (Ruíz et al., 2019, pág. 17).

En este tenor, destacan tres sistemas de medición que se ejemplifican con indicadores y pasos específicos (Ruíz et al., 2019, págs. 18-21):

- a) De eficiencia operacional: flujos físicos de entrada y salida en la organización, incluyendo su cadena de valor (toneladas de materias primas, volumen de agua consumida, consumo de energía, toneladas de residuos orgánicos e inorgánicos, entre otros.
- b) De desempeño circular: potencial circular de la organización considerando sus propias operaciones y las de su cadena de valor.
- c) De creación de valor circular: impacto del incremento de la circularidad de la organización en el avance hacia una economía circular a nivel global, considerando la economía, el medioambiente y la sociedad. Para ello, las organizaciones deberían considerar las metas de los ODS y sus indicadores correspondientes.

Los indicadores de circularidad económica en la empresa incluyen la producción y el consumo; la gestión de residuos; las materias primas secundarias; la reparación, reutilización y reciclado; los impuestos; el empleo; y la investigación, desarrollo e innovación. En el caso de los países, Ecuador es un ejemplo de indicadores a nivel nacional (MPCEIP y GIZ, 2021).

Los límites de la economía circular: la necesidad de un cambio de modelo económico y social
En la visión predominante, la economía circular es un modelo de negocios del que se desprenden beneficios sistémicos e individuales. Sin embargo, aunque la EMF reconoce riesgos de una transición sistémica a la economía circular, su propuesta no critica a los tipos de consumo ni a otros elementos que debieran incluirse para que haya justicia social y



ambiental intergeneracional, y también intrageneracional. Ello llama a discutir qué modelo económico (expansivo o de menor escala) promover, quién se beneficia de ello, y lo que implica en términos de las relaciones socioeconómicas.

Centrar la solución en nuevos negocios conlleva el riesgo de banalizar el tema de la circularidad, o de dar lugar a procesos de greenwashing (lavado de cara de las empresas) bajo la noción de negocios sostenibles o reciclables que son meros exportadores de basura, como cuando se envían residuos o productos descartados a vertederos en países no desarrollados. En la versión de medio camino de la economía circular, una propuesta más amplia es evitar la generación de residuos y tener un enfoque transversal que integre las dimensiones cultural y social; incluir esa visión de circularidad en la política comercial nacional e internacional mediante normas y medios para cumplirla respecto a las características, componentes de los productos, y de servicios; así como entender el rol de lo local y de la justicia socioecológica en ese proceso, y los ajustes al aparato institucional necesarios para transformar los procesos actuales.

Llevada esa lógica a la raíz del problema, lo que se requiere es un cambio de sistema no solamente económico, sino civilizatorio, lo que es altamente controversial y complejo; incluso utópico. Un enfoque alternativo es ir más mesuradamente, haciendo consumos más conscientemente, transformando los procesos productivos. En esa vena se inserta la obra de Raworth (2017), que reta la noción de crecimiento económico como base de la economía, en favor de un balance en el que la población, la distribución, la aspiración, la tecnología y la gobernanza tienen un rol importante.

Sin embargo, ello no implica dejar de reconocer las asimetrías de poder y las oportunidades y deseabilidad del cambio estructural. Hay un costo humano del crecimiento y de la decisión de asignación de recursos para ese crecimiento. Esto implica establecer parámetros y dimensiones de acción para asegurar la minimización de los impactos económicos (por ejemplo, mediante la reducción de residuos o el mayor empleo); pero también para que las maneras de producir contribuyan al desarrollo de los sistemas comunitarios o sociales (por ejemplo, cómo se construye la ciudad, por qué y para quiénes). En ese sentido, una vertiente



alternativa a la economía circular es el de la economía social y solidaria, que se aleja de la lógica económica convencional de las empresas privadas y ocurre en redes de solidaridad internacional, comunidades y ecosistemas locales, familias extendidas, aldeas y municipios (Johanisova y Vinkelhoferová, 2019).

Consideraciones finales

Debatir sobre la economía circular lleva a cuestionar los procesos de crecimiento económico y tipo de sociedad que tenemos y deseamos. Especialmente en el último siglo, se ha popularizado una idea de progreso firmemente asociada a la industrialización, a la urbanización, y al consumo de cierto tipo de bienes y de servicios. Esto ha tenido efectos negativos tanto en la sociedad como en la naturaleza, pero es estimulado por la mercadotecnia, por las políticas públicas, por los tratados de libre comercio, y por las políticas de inversión para generar empleo y más crecimiento.

Un punto relevante de debate es el grado de cambio en el sistema económico y civilizatorio humano que se debe promover; cuál es el énfasis que se ha de dar en el modelo de circularidad a la equidad social e intra-generacional, al rol de consumo, a los propios modelos empresariales y al reconocimiento de que hay materiales y energía que no pueden ser reutilizables. Desde el nivel local, esa discusión es aún más relevante porque es en el territorio inmediato que se perciben las consecuencias de la afectación y, desde ahí, puede darse la participación ciudadana.

[1] La liga de la economía circular con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se resalta respecto al ODS 12 (producción y consumo responsables), el ODS 6 (garantizar la disponibilidad del agua y el saneamiento para todas las personas), los ODS 8 (fomentar el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todas las personas), el ODS 9 (construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación), y el ODS 11 (lograr que las ciudades sean inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles), entre otros (Schröder et al., 2020, pág. 9; Ruiz et al., 2019).



2. Oportunidades en los desechos de pesquerías y acuicultura

La acuicultura se ha convertido en un sector de producción de alimentos de enormes proporciones, que busca satisfacer las demandas de alimentos saludables. Aunque ha habido importantes logros respecto a los métodos acuícolas adaptados al medio ambiente, todavía existe la necesidad de reducir los desechos de este sector para garantizar su sostenibilidad a largo plazo. La reducción de los desechos generados por las operaciones acuícolas y su utilización en diferentes flujos secundarios es, por lo tanto, de alta prioridad. La reducción y la reutilización de los desechos de la acuicultura en forma sólida y disuelta han atraído cada vez más la atención de investigadores y empresarios del sector privado. Ciertas cantidades de desechos son inevitables durante el proceso de cultivo. Sin embargo, varios problemas pueden aumentar o agravar la cantidad y los tipos de desechos. En este apartado abordaremos diferentes casos de estudio, relacionados con el uso y aprovechamiento de los desechos de pesquerías y acuicultura con un enfoque integral.

2.1 Caso de estudio y propuesta: el potencial de la pesquería de callo de hacha

Elena Palacios Mechetnov, Crisalejandra Rivera Pérez, Alejandra Nieto Garibay,
Fernando Aranceta y Liliana Rojo Arreola

El callo de hacha o media luna es un molusco nativo de México, pero algunas especies se distribuyen hasta Perú. Su pesca en México está sobre explotada. Se empezó a cultivar en la década de los 70s cuando SEPESCA logró su desove en cautiverio en San Blas, Nayarit (<https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-callo-de-hacha>). La engorda comercial empezó en Sonora en 1993 cuando se lograron producir 20,000 organismos. Los principales bancos de engorda se encuentran a lo largo de los dos litorales de la península de Baja California, en bahías protegidas, con zona de manglar y se alimentan de plancton y materiales en suspensión. Son varias especies que se consideran como callo de hacha, *Pinna rugosa*, *Atrina maura* y *Atrina tuberculosa* (Figura 1).



Figura 1. Tres conchas de distintas especies de callo de hacha. Pescador de hacha abriendo concha.

El callo de hacha de las poblaciones silvestres de la Ensenada de la Paz, *Atrina maura*, ha sido apoyado y protegido por los pescadores del Manglito y varias organizaciones, desde el 2011 para apoyar su recuperación poblacional y posterior manejo y aprovechamiento. La parte que se comercializa es el callo o músculo aductor, que tiene una gama de colores, desde blanco hasta gris oscuro; y que en buena temporada pesa unos 25-30 g en promedio, pudiendo alcanzar en ocasiones hasta más de 100 g, en cada organismo (para más información sobre la organización de los pescadores en la Paz, revisar: Las mujeres que protegen al amenazado callo de hacha en BCS, Zona Docs, 24 mayo 2021). En 2017 la SAGARPA otorgó a OPRE la concesión pesquera, por 20 años con opción de renovarse, para la restauración y pesca comercial de 11 especies de moluscos en una superficie de 2048 hectáreas dentro de La Ensenada de La Paz. La población de callo de hacha de La Paz actualmente fluctúa entre niveles de abundancia bajos (500 mil-1.3 millones organismos), siendo el factor principal una especie de ascidia exótica, que provocó una mortalidad masiva de la población silvestre de hacha, que sufrió una disminución de un 80%, de 4 millones de hachas en 2016, a 500 mil en 2019. Hoy en día, la comunidad del Manglito cuenta con un plan de diversificación, con tres áreas productivas principales: pesca, acuicultura y turismo.



El kilo de callo de hacha se comercializa actualmente en unos 700-800 pesos mexicanos. En el caso particular del callo de hacha que se cultiva en la Ensenada de la Paz, el callo o músculo comerciable de un organismo de 400 g (peso con concha) es de 25 g (6% del peso total, con concha), por lo que se desechan aproximadamente 120 g de vísceras (29% peso con concha) (Figura 2). Una de las propuestas aquí planteadas, es el uso de las vísceras como ingreso adicional de recursos para las comunidades pesqueras, en particular para las mujeres que limpian los callos.

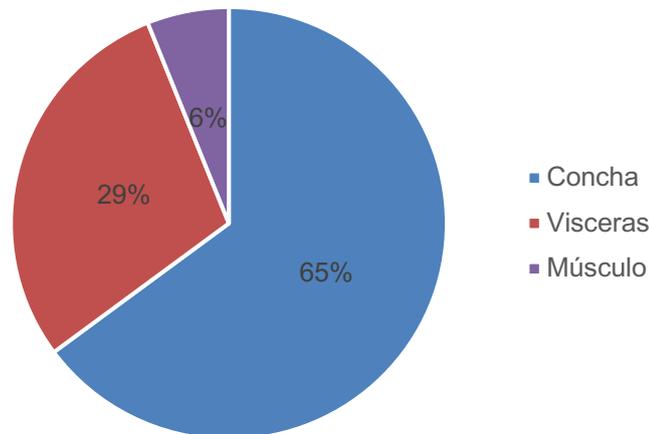


Figura 2. Proporción entre concha, vísceras y músculo (callo) en la almeja hacha (almejas muestreadas en Ensenada de la Paz, mayo del 2022).

Las vísceras también se denominan subproductos (considerando que el producto principal es el callo o músculo) (Figura 3). Otros subproductos de otras especies se usan para distintos objetivos. Por ejemplo, se usa la sangre, pluma, esqueleto, etc. de aves para producir alimento para mascotas. Se usan los restos de cabeza de camarón como aditivos para humanos, los exoesqueletos como fuente de quitosán (enfermería), las vísceras de algunos peces para producir alimentos para ganado, mascotas y camarones, etc., así como para la recuperación de enzimas digestivas que son aplicadas a diversas biotecnologías. Sin embargo, la mayor parte de los subproductos se arrojan al mar durante la pesca, o se entierran en fosas o incluso, se amontonan al aire libre cerca de las casas de los pescadores, lo que provoca contaminación, problemas de salud y alteraciones en el paisaje.

2.1.1 Análisis de calidad: toxinas, metales pesados, calidad nutricional

Las vísceras de hacha tienen aproximadamente 52% de proteína y 14% de lípidos (en peso seco, Benítez *et al.*, 2022). Las proteínas son ricas en aminoácidos esenciales que los humanos no sintetizan (Benítez *et al.*, 2021) y los lípidos tienen ácidos grasos esenciales (AGE) no solo para humanos, sino para otros vertebrados, como gallinas y gatos, así como animales de cultivo marino, como peces y camarones. Entre estos AGE están el DHA y el EPA, dos omegas 3 que son necesarios para el correcto desarrollo del sistema nervioso en animales. Los subproductos de hacha contienen aprox. 30% de DHA y EPA (Benítez *et al.*, 2021), equivalente a los niveles que tienen las sardinas, una de las fuentes de DHA y EPA más importantes, de donde se obtienen las harinas y aceites para la alimentación de animales de cultivo (Tabla 1). Esto es importante dado que los precios comerciales de harinas y aceites de sardina han incrementado a nivel mundial, mientras que la producción (pesquería de sardina y macarela) ha disminuido gradualmente desde 2005.



Figura 3. Hacha abierta, mostrando la distribución de callo (músculo blanco) con relación a las vísceras. Tamaño comparativo de un callo y de las vísceras.



Pocos estudios se han realizado para evaluar la calidad nutricia de las vísceras de moluscos. Nuestro grupo de trabajo ha utilizado algunos subproductos de almeja catarina y de hacha; se han usado para producir alimentos para organismos de acuicultura, como camarones (Toyes *et al.*, 2016b; Navarro *et al.*, 2020;), peces (Benítez *et al.*, 2017) y gallinas (Toyes *et al.*, 2018). En el caso de las gallinas alimentadas con harina producida de almejas, se documentó que, además de enriquecer con omega 3 la yema de huevo también cambió la coloración a un color naranja, debido a la cantidad de pigmentos en los subproductos de almeja. La alimentación con aceite producido a partir de almejas también disminuyó los niveles de colesterol en el camarón (Palacios *et al.*, 2016). En la presente propuesta, se sugieren algunos usos para los subproductos de hacha, incluyendo su procesamiento, bajo condiciones que se puedan establecer de forma económica y fácil de transferir para obtener valor agregado a partir de las vísceras. Estos tejidos también pueden ser una fuente importante de minerales. En estos minerales pueden estar presentes elementos con valor nutrimental como es el hierro y el zinc, pero también elementos que pueden perjudicar la salud del consumidor como son el cadmio y el plomo. En el ambiente estos elementos se encuentran presentes tanto de manera natural al ser parte de la geología de un sitio, pero también pueden ser introducidos al sistema marino a través de actividades humanas. En el mar, estos elementos pueden permanecer en un sitio o viajar a través de las corrientes y depositarse en sitios en donde la biota que está ahí presente los puede acumular en sus tejidos.

Considerando que este año se planea sacar alrededor de 70 mil organismos para los meses de junio y julio, se estarían obteniendo alrededor de 10 toneladas de subproducto en peso húmedo. La propuesta es secar este subproducto hasta que quede a una humedad de 10-15% para que se alargue su vida de anaquel, y hacer pruebas para determinar frescura y carga bacteriana, así como nutrientes específicos, tales como omega 3 y pigmentos.

Tabla 1. Comparativo de algunos compuestos bioquímicos de interés entre sardina y subproductos de hacha (Toyes *et al.*, 2016a; Benítez *et al.*, 2021).



	Sardina	Subproductos hacha	Unidades
Proteínas	491	505	g/kg peso seco
Lípidos	124	137	g/kg peso seco
Histidina	10.4	13.4	g/100g peso seco
Leucina	7.2	5.8	g/100g peso seco
Lisina	4.2	1.6	g/100g peso seco
Metionina	3.9	3.1	g/100g peso seco
Fenialanina	5.1	3.2	g/100g peso seco
Treonina	12.8	19.6	g/100g peso seco
Valina	4.1	3.2	g/100g peso seco
Colesterol	15.6	5.9	g/kg peso húmedo
EPA+DHA	27.3	27.6	g/kg peso húmedo
Pigmentos	5.2	142	mg/kg peso húmedo
Calcio	1.8	1.5	g/100 g peso seco
Fósforo	0.14	0.13	g/100 g peso seco
Zinc	34.58	393	mg/Kg peso húmedo
Cobre	4.17	8.96	mg/Kg peso húmedo
Cadmio	0.55	19.31	mg/Kg peso húmedo
Plomo	5.57	2.06	mg/Kg peso húmedo

Es necesario hacer un seguimiento del contenido de toxinas y contaminantes en las vísceras de los callos para garantizar que se pueda emplear en forma de harina como alimento de gallinas. Leyva-Valencia *et al.* (2021) durante un monitoreo de tres años en los bancos de moluscos de la Ensenada detectaron 7 grupos de toxinas lipofílicas en el callo. Los valores encontrados fueron por debajo del límite máximo permitido por la regulación internacional para estas toxinas, pero se requiere garantizar que el producto derivado de esta propuesta cumpla con esta regulación sanitaria.

2.1.2 Procesamiento: secado, molido, líquidos

Para la deshidratación se propone utilizar un secador solar de convección forzada (Figura 4) que ha sido probado para secar frutas y verduras. Para este caso las vísceras serán partidas en trozos adecuados para aumentar la relación superficie/volumen y así acortar el tiempo de secado. El deshidratador consiste en una cámara de secado parecida al de los secadores eléctricos comerciales, con un ventilador accionado por un pequeño panel fotovoltaico y una batería para lograr un flujo de aire durante la noche y disminuir el tiempo de secado. El aire caliente se obtiene de un colector solar formado por una charola con un vidrio y llena de balastro para almacenar el calor.

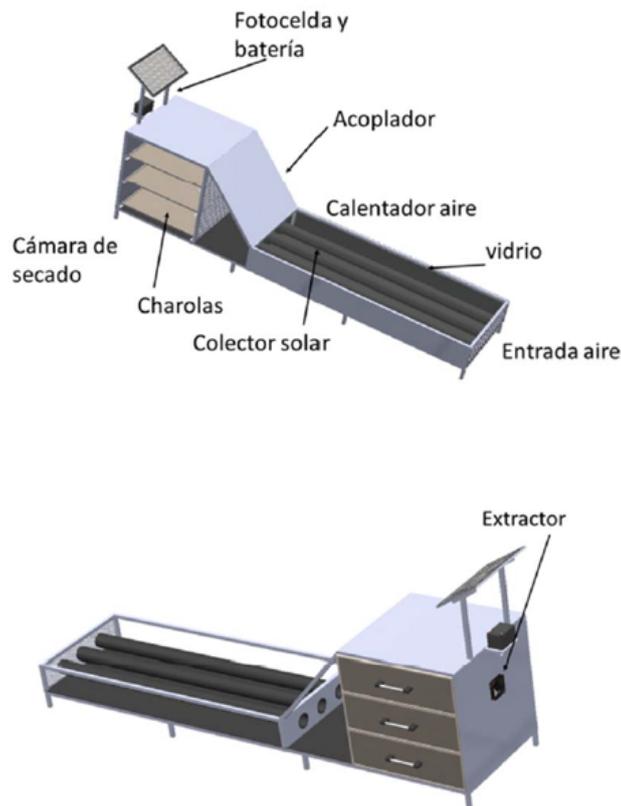


Figura 4. Propuesta de secador, solar o eléctrico, para el procesamiento de subproductos de hacha.

2.1.3 Producción de huevo con altos niveles de omega 3 y pigmentos.

Uno de los usos más sencillos de aplicar para los subproductos de hacha, es como aditivo en el alimento de gallinas ponedoras. Hemos realizado bioensayos para evaluar la incorporación de omega 3 en la yema de huevo con excelentes resultados, incrementándose cinco veces los

niveles de DHA con relación al control y tres veces los niveles de EPA con una adición del 5% de vísceras de hacha (Toyes *et al.*, 2018). También se presentaron cambios de color en la yema de huevo (Toyes *et al.*, 2018) (Fig. 5) y hubo un incremento de pigmentos, incluyendo la astaxantina que no se encuentra en huevos control y que perdió la coloración al ser hervidos. La proteína se mantuvo constante entre el tratamiento control y el de hacha (48 y 50% de peso seco, respectivamente). No se encontraron diferencias entre olor, sabor y consistencia usando un panel no entrenado de adultos y niños para la evaluación sensorial.



Figura 5. Enriquecimiento de huevos usando 5% de subproductos de hacha en el alimento.

2.1.4 Producción de fertilizantes para hierbas aromáticas

Otro de los usos que se puede dar al producto resultado del secado de las vísceras es como fertilizante, esto debido al alto contenido de nitrógeno que contienen. El nitrógeno es uno de los principales macronutrientes que las plantas requieren, sobre todo aquellas plantas de hoja verde. Las hierbas aromáticas son una parte importante en el uso culinario y medicinal de la sociedad en general y en la industria farmacéutica, culinaria y cosmética. Se caracterizan por tener desarrollo rápido y por la versatilidad de sus usos y formas de usos (fresca, seca, extracto, etc.). Debido a lo anterior es posible que una parte del producto obtenido de las vísceras se utilice incorporado en el suelo en forma de polvo como fertilizante de origen natural, aportando nitrógeno a suelos característicos de nuestra región que se caracterizan por contener porcentajes bajos de este nutriente.



2.1.5 Extracción de enzimas

Se ha demostrado que los subproductos de la pesca y la acuicultura de diversas especies contienen valiosas moléculas bioactivas, incluidas, entre muchas otras, las enzimas. Las enzimas son moléculas que transforman a otras, su uso es histórico y extendido; son indispensables para las industrias de los alimentos, textiles, detergentes, biocombustibles y farmacéutica, por lo que tienen un alto valor comercial. Se sabe que las enzimas están presentes principalmente en los tejidos digestivos (vísceras), por lo tanto, dicha actividad enzimática puede recuperarse de los descartes de pesquerías, incluido el callo de hacha. Se ha descrito la presencia de actividad enzimática en los extractos crudos de vísceras de *Atrina maura*, así como algunas de las características bioquímicas (Orozco, 2019). Aunque no se han probado experimentalmente, los datos sugieren que las enzimas de las vísceras de callo de hacha pueden ser aplicadas en la industria de detergentes y productos de limpieza, así como en la deproteización del caparazón de crustáceos, un paso esencial en la obtención de quitina y quitosano, incidiendo entonces, en la valorización de otros subproductos.

2.1.6 Uso potencial de las conchas

Se plantea el uso de la concha para la obtención de minerales como el carbonato de calcio, el cual se utiliza para mejorar los rendimientos de todo tipo de alimento para animales. Por ejemplo, la integridad de la cáscara del huevo de las gallinas ponedoras y la fortaleza ósea de los animales. Así mismo, existen evidencias de que las conchas molidas pueden servir como matriz para la eliminación de metales pesados, como el plomo y el arsénico, los cuales son problema en algunos sectores de La Paz. A pesar de que son componentes que se encuentran en la naturaleza, estos compuestos son tóxicos a bajas concentraciones y los organismos vivos los acumulan en la medida que lo consumen, por lo que la implementación de las conchas como una matriz de intercambio iónico podría ser una alternativa renovable para descontaminar aguas con metales pesados.

Otra aplicación de las conchas es el molido para su uso en construcción de pisos o mosaicos para lo cual ya hay una experiencia anterior con el uso de concha de almeja Catarina (Trinidad, 2005). También se puede emplear en la compactación de terracerías de caminos



rurales. Otra posibilidad es para usos artesanal, ornato u otros sectores industriales. Para identificar bien el uso potencial de la concha se realizará en esta fase del proyecto un monitoreo tecnológico a nivel global del uso de este tipo de recursos (Tabla 2).

Tabla 2. Costos aproximados para el proyecto. Cada etapa de producción secundaria (huevo, fertilizantes, enzimas, derivados de conchas) se puede considerar por separado, independiente de las demás.

	Costo	Participantes
Análisis de calidad:		
Toxinas	12,200	Band, Leyva
Metales pesados	15,000	Méndez
Calidad nutricional	12,000	Palacios
Procesamiento		
Secador (2 unidades)	16,000	Porta, Gutiérrez
Molido (4 unidades)	2,000	Ramírez, becarias
Almacén y vida de anaquel	5,000	Palacios
Producción de huevo		
Análisis de omega 3	8,000	Palacios, Ortega
Pigmentos	2,000	Palacios, Ortega
Fitoesteroles	4,000	Palacios, Ortega
Producción de fertilizantes para hierbas aromáticas	40,000	Nieto
Producción de enzimas	5,000	Rojo
Uso potencial de las conchas	35,000	Rivera, Beltrán

En la Figura 6, se muestra el diagrama de uso de los subproductos y conchas de hacha para, por un lado, incrementar el valor agregado y, por otro, activar una economía circular donde se disminuyan los desechos. La propuesta está considerada para un año de trabajo, al

cabo del cual se realizaría la transferencia a las mujeres de la comunidad pesquera de la Ensenada de La Paz.

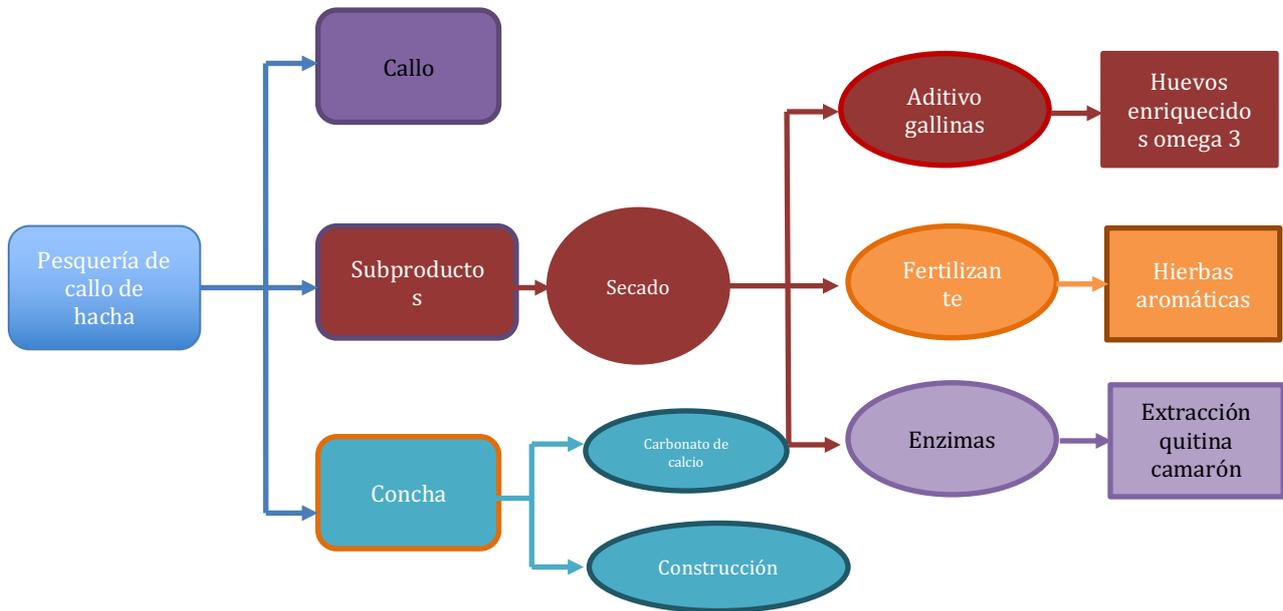


Figura 6. Propuesta para el procesamiento de subproductos de hacha (vísceras) para la producción de productos de valor agregado.



2.2 Caso de estudio y propuesta: camaronicultura de bajo impacto

César Salvador Cardona Félix y Liliana Rojo Arreola

Los alimentos de origen marino representan una importante fuente de nutrientes para los humanos; debido al crecimiento poblacional sostenido, la demanda de dichos alimentos aumenta proporcionalmente. El impacto que esta demanda representa para el ambiente es significativo. Por muchos años la pesca representó la principal fuente de obtención de alimentos marinos, llevando a la sobreexplotación de los recursos. En las últimas décadas la acuicultura ha repuntado, siendo ahora el origen de más del 45% de los productos marinos para consumo humano. Aunque esta proporción varía dependiendo de la región y del producto, continúa la tendencia en aumento de producción por cultivo (FAO, 2020).

México ocupa el lugar 13 entre los países con mayor producción de pesca y es el 7° productor más importante de crustáceos cultivados (FAO, 2020). Para nuestro país, el camarón es uno de los recursos económicos más importantes; en términos de volumen de producción, es el segundo producto marino más abundante. No obstante, representa el primer lugar en valor económico (pesca y acuicultura combinados). El 74% de la producción total de camarón mexicano proviene de la acuicultura. Sonora y Sinaloa son los productores más importantes, mientras que Baja California Sur se encuentra en el 7° lugar de la producción nacional aportando el 1.32% (CONAPESCA, 2019).

En un estudio reciente sobre la eficiencia de las granjas de cultivo de camarón en México (Sonora), se identificó que el consumo de energía y la formulación del alimento son los cuellos de botella, los cuales tienen un mayor impacto ambiental. Los autores sugieren alternativas que podrían reducir hasta un 69% el impacto de esta actividad, tales como la instalación de plantas fotovoltaicas y la sustitución de la harina de pescado por productos de origen vegetal como fuente de proteínas (Cortés *et al.*, 2021). Aunque el tamaño y masa de producción puede diferir entre las granjas analizadas (Sonora), se considera que las propuestas del estudio son aplicables a las granjas de camaronicultura de Baja California Sur por tratarse de la misma región biogeográfica.



2.2.1 El beneficio económico de la camaronicultura

Sin duda el cultivo de camarón tiene un gran impacto económico tanto a nivel global como en México, su valor comercial ocupa el primer lugar entre las producciones pesqueras y acuícolas, la actividad fue valorada en 2019 en más de 18 mil millones de pesos, con un incremento del 11% respecto al 2018 (CONAPESCA, 2019).

2.2.2 Impacto ecológico de la camaronicultura

Aunque la acuicultura es una actividad que promueve la seguridad alimentaria y disminuye la presión sobre los recursos naturales, puede llegar a ser una actividad con efectos perjudiciales sobre el ambiente. La camaronicultura es considerada una actividad de alto impacto ambiental. Estos impactos pueden ser indirectos, debido a la explotación y desaprovechamiento de recursos pesqueros que son utilizados como fuente de alimento para los camarones, o directos que incluyen: riesgo de la destrucción de hábitats (siendo los bosques de manglar los más vulnerables) y la eutroficación de cuerpos de agua contiguos por los grandes volúmenes de agua enriquecidos de materia orgánica y nutrientes por las excretas de camarón y restos de alimento no consumido, que son vertidos al ambiente tras los recambios de agua (Martínez-Córdova *et al.*, 2009). Estos desechos constituyen también un riesgo potencial de liberación de enfermedades al medio ambiente.

2.2.3 Estrategias para disminuir el impacto de la camaronicultura

De aquí se desprende la importancia del desarrollo de la acuicultura como una actividad económica, en la que se tomen en cuenta tanto los marcos legislativos y la garantía del bienestar de las comunidades, como la responsabilidad de sostenibilidad ambiental de dicha actividad, por lo que es necesario la implementación de sistemas de cultivo que frenen el deterioro del ecosistema marino. Se han desarrollado varias innovaciones tecnológicas para eficientar los sistemas de cultivo y disminuir el impacto ambiental. A continuación, se describen algunos ejemplos. Es importante resaltar, que estas estrategias han sido probadas; al menos a nivel experimental, en la Bahía de La Paz.



2.2.4 Modificación de la dieta, proteínas de origen vegetal

Uno de los grandes retos del cultivo de camarones es satisfacer los requerimientos de los organismos, su dieta debe incluir una gran cantidad de proteína de alta calidad que además debe cumplir con características muy particulares, por décadas, la harina de pescado ha sido la principal fuente de proteína utilizada en las formulaciones de alimento de camarones pues constituye entre el 20 y 35% del peso del alimento.

El rápido crecimiento de la producción acuícola de las últimas décadas ha generado una demanda de harina de pescado que sobrepasa la producción, provocando un aumento en los costos y una presión ambiental asociada a la obtención de este producto, siendo la sobrepesca la más evidente. Para solucionar este problema, se ha explorado la inclusión de proteínas de origen vegetal en las dietas de camarón. Sin embargo, los alimentos vegetales tienen algunas características desfavorables, como el desequilibrio de aminoácidos esenciales y no esenciales, y la presencia de factores anti nutricionales, que limitan el porcentaje que puede ser incluido en la dieta (Sánchez-Muros *et al.*, 2020).

Las fuentes de proteína vegetal tradicionalmente incluidas en el alimento de camarón son la harina de soya, canola, maíz, etc., pero se han propuesto fuentes de proteína innovadoras por ser más sustentables. Entre estas se encuentra la harina de algas marinas, pues son una excelente fuente de proteínas, carotenoides, minerales, polisacáridos y vitaminas, lo que hace atractiva su utilización como aditivos de alimento de camarón. Aunque esta investigación se encuentra en fase experimental, los resultados son prometedores, pues se ha comprobado que al incluir especies de algas marinas en el alimento se mejora el rendimiento en crecimiento y el contenido de carotenoides del camarón (Elizondo-González *et al.*, 2018). Se ha propuesto también que un pre-acondicionamiento de las algas marinas por fermentación permite modificar las formulaciones del alimento de camarón, sustituyendo hasta el 20% de la harina de pescado por harina de alga pre-acondicionada, lo que además mejora la capacidad digestiva del camarón y modifica la microbiota de manera favorable (Omont *et al.*, 2021). Estas investigaciones comprueban la factibilidad de modificar la fuente de proteína en las formulaciones de alimento de camarón, a las que se propone que pueden contener cantidades mínimas (2%) de harinas de pescado o de krill como atractores.

2.2.5 Cultivo multi-trófico integrado. Co-cultivo con algas

En un esquema de cultivo multitrófico integrado se mantienen a dos o más especies de diferentes niveles tróficos en un sistema interconectado, en el cual sus funciones son complementarias. Los restos de alimento y las heces de una especie son utilizados como alimento, fertilizante o energía por otra especie de nivel trófico más bajo, aprovechando de esta manera, las interacciones inter-especie de manera sinérgica (Figura 7)

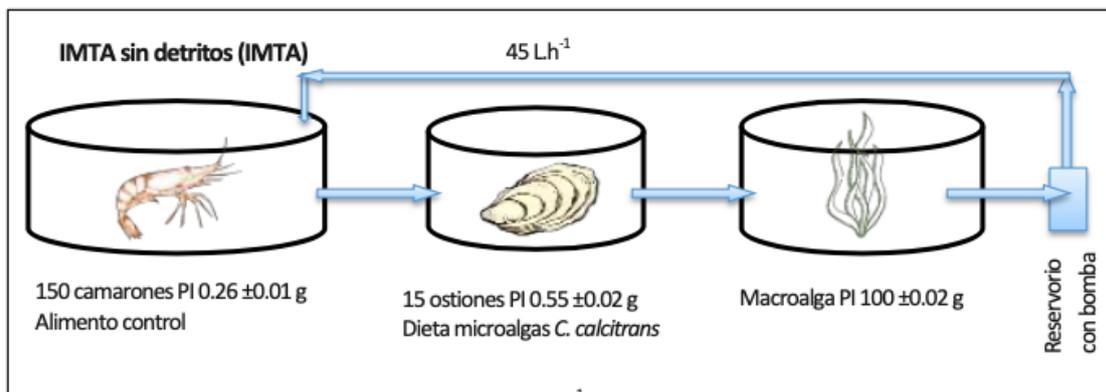


Figura 7. Diagrama de sistema de cultivo multitrófico camarón-ostión-alga (Tomado de Omond, 2022).

Bajo este esquema se logra mejorar la eficiencia del sistema y sobre todo, reducir la cantidad de agua de desecho que se genera, pues el agua es recirculada y bio-reciclada dentro del mismo sistema. Esta práctica disminuye considerablemente el impacto sobre el ambiente; incluso se ha comprobado que pueden proveer servicios ecosistémicos, como bio-remediación (Elizondo *et al.*, 2018).

La configuración puede variar dependiendo de las especies que conforman el sistema multitrófico. Por un lado, tenemos a las especies alimentadas, como peces o camarones; y por el otro a las especies que extraen la materia orgánica, como moluscos, erizos, poliquetos y macroalgas. Además del menor impacto ambiental, a nivel económico se ofrece la posibilidad de diversificación de productos, lo que disminuye el riesgo de la inversión.

En la Bahía de La Paz se han probado a nivel experimental los esquema camarón-macroalga (*Penaeus vannamei-Ulva lactuca*) (Elizondo *et al.*, 2018) y camarón-ostión-



macroalga (*Penaeus vannamei-Crassostrea gigas-Ulva lactuca*) (Omont, 2022), en estos trabajos se comprobó además la factibilidad de incluir las algas del cultivo en el alimento del camarón, ofreciendo la ventaja adicional de reemplazo de hasta el 20% de la harina de pescado de las formulaciones convencionales del alimento del camarón.

En estos esquemas se han logrado determinar densidad de cultivo óptima (1 ostión por cada 10 camarones) (Omont, 2022), encontrando las condiciones en que la eficiencia en el control de las concentraciones de compuestos nitrogenados y fosfatos es comparable con el recambio continuo de agua, logrando disminuir hasta en un 80% la cantidad de agua de desecho. Se proponen parámetros de cultivo en donde el rendimiento es comparable e incluso mejor que en monocultivo de camarón. Incluso se reporta una proyección económica del esquema multitrófico camarón-ostión-macroalga, en donde se calcula una potencial ganancia económica de hasta el triple de un sistema de monocultivo de camarón.

2.2.6 Cultivo intensivo en sistemas cerrados: Biofloc y acuamimicry

Idealmente, la intensificación de los sistemas acuícolas debe ser sostenible y con prácticas de manejo ecológicas, debido a los efectos tóxicos y riesgos ambientales que ésta puede causar si no se maneja adecuadamente. Por lo tanto, existe una gran necesidad de desarrollar alternativas tecnológicas de bajo costo, respetuosas con el medio ambiente y que puedan ser transferidas a gran escala.

Una de estas alternativas, es la denominada “Tecnología Biofloc”. El biofloc se define como materia orgánica formada por una alta densidad de partículas suspendidas (Cuzon *et al.*, 2004), la cual está compuesta por aproximadamente el 60-70% de materiales orgánicos y una combinación de hongos, algas, bacterias, protozoos, rotíferos, nemátodos y sustancias inorgánicas. El biofloc ha sido empleado para la producción acuícola sostenible, en donde los nutrientes del agua se reciclan y reutilizan continuamente, gracias a que las bacterias del medio convierten los desechos del alimento en biomasa aprovechable.

El alimento es un componente fundamental en la acuicultura comercial, el cual puede obstaculizar la expansión de la industria debido a la dependencia de las harinas y aceites de pescado de alto valor económico (Browdy *et al.*, 2001; De Schryver *et al.*, 2008). Los costos de alimentación representan al menos el 50% del costo de producción. No obstante, casi el



70-80% de las proteínas incorporadas al alimento, se desperdician en forma de metabolitos nitrogenados.

El biofloc produce un sistema económicamente viable, que admite una alta densidad de organismos en el cultivo. Esta tecnología de “sistema cerrado”, tiene la ventaja de presentar un riesgo ambiental mínimo ya que el agua utilizada no se libera en los cuerpos de agua, evitando la eutrofización. El biofloc se ha aplicado con éxito en acuicultura, especialmente en el cultivo de camarón. En los sistemas de acuicultura tradicionales con recambio regular de agua, se requieren de hasta 80 m³/kg de camarón, mientras que en los sistemas intensivos sin recambio, se requieren sólo 1-2.26 m³/kg de camarón. Por otro lado, para la producción del biofloc, la fuente de carbono utilizada puede ser un subproducto que se derive de la industria de alimentos para animales o plantas, y en lugares en dónde esto es posible, se emplean las aguas residuales agrícolas que contienen desechos nitrogenados como inóculo.

Anteriormente, se usaba una cantidad excesiva de compuestos químicos y antibióticos (oxitetraciclina, sulfametoxazol, clortetraciclina, amoxicilina, cotrimoxazol y sulfadiazina), para suprimir brotes de enfermedades. Sin embargo, estos compuestos no sólo han demostrado ser perjudiciales debido a la selección de bacterias multirresistentes, sino que también han demostrado ser perjudiciales para el humano, debido a que suprimen del sistema inmunológico.

El número de bacterias en los estanques de biofloc puede variar entre 10⁶ y 10⁹ bacterias/ml y un promedio de 10 a 30 mg de materia seca por flóculo, lo que convierte al estanque en una auténtica industria biotecnológica. El papel de estas bacterias es transformar la forma tóxica del nitrógeno en una que si bien, aún puede ser tóxica, lo es sólo en altas concentraciones a través de un proceso llamado nitrificación.

Las bacterias tienen una tasa de conversión de nutrientes de hasta el 50% y la capacidad de convertir productos nitrogenados tóxico, en proteína microbiana altamente nutritiva y útil (Zhao *et al.*, 2012). En un sistema de recambio de agua cero, la calidad del agua se mantiene gracias a dos poblaciones bacterianas funcionales. Éstas son bacterias heterótrofas asimiladoras de amoníaco y quimioautotróficas nitrificantes. Las especies más abundantes son: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Sphingomonas*, *Micrococcus*, *Nitrospira* y *Nitrobacter*. Una de las grandes ventajas del biofloc, es que la composición de los flóculos se



puede manipular para que contenga bacterias aisladas del mismo medio e incluso probióticos capaces de producir una alta concentración de enzimas y metabolitos activos. En este sentido, es posible reutilizar un biofloc cuyos beneficios hayan sido superiores. Lo anterior, a través del secado y molienda del sedimento de los estanques. El polvo que se obtiene se almacena y se disuelve con la fuente de carbono que se agregará al siguiente estanque en forma de productos fermentados. El beneficio de este enfoque sobre la transición natural es que es un proceso que ahorra tiempo; por lo tanto, el biofloc se puede generar rápidamente. Es importante mencionar, que la salinidad aumenta la densidad de formación del biofloc, mientras que la calidad de los flóculos está determinada por el tipo de fuente de carbono. Se desconoce el mecanismo exacto de mejora del crecimiento conferido por el biofloc. Sin embargo, se piensa que es debido al consumo continuo de proteínas microbiana (Emerenciano *et al.*, 2011). El biofloc contiene 50% proteína, 2.5% lípidos, 4% fibra, 7% ceniza y 22 kJ/g de energía.

Actualmente la mayoría de las naciones tienen leyes que prohíben la descarga de efluentes contaminados al medio ambiente. Debido a que severos brotes de enfermedades en los últimos años, se han originado y propagado debido a esta práctica. Es por ello que el biofloc, se puede establecer como un sistema integrado de acuicultura multitrófica, en el que los desechos de un organismo se utilizan como alimento para otro (Borges *et al.*, 2020).

Dentro de los inconvenientes de este enfoque, se encuentran que el concepto de biofloc va en contra de la creencia popular de que el agua del estanque debe estar limpia y clara; por lo tanto, convencer a los productores es un gran desafío (Avnimelech, 2009). Otro inconveniente de esta tecnología es la necesidad de aireación continua para mantener suspendidos los desechos generados y para que pueda tener lugar el metabolismo bacteriano. En este sentido, se ha documentado que se requiere de aireación artificial en una proporción mínima de 25 HP/ha con biofloc, en lugar de sólo 3 HP/ha en el sistema convencional (Hargreaves, 2003). De igual manera, la alcalinidad debido a la nitrificación y la necesidad de agregar suficiente carbono, son factores que deben monitorearse de cerca en comparación con los métodos convencionales de cultivo de camarón (Browdy *et al.*, 2001).



2.2.7 Tecnología Acuamimicry

Debido a las limitaciones antes mencionadas, recientemente se ha desarrollado una adecuación de la tecnología biofloc, denominada “Copefloc o Acuamimicry”. Se trata de un concepto innovador de asimilación de desechos *in situ*, que crea floraciones de zooplancton (principalmente copépodos), que luego son consumidos por los camarones. La técnica reduce el uso de una fuente de alimentación externa y aireación rigurosas (Romano *et al.*, 2017). Acuamimicry es una técnica que consiste en simular las condiciones naturales de un estuario en estanques de cultivo. Para mejorar y mantener la calidad del agua, en donde florecen copépodos que a su vez funcionan como vehículos de bacterias beneficiosas. Los copépodos pueden florecer tan pronto como 2 días, según la fuente de agua, la temperatura y el manejo previo del estanque (Puja *et al.*, 2018). La tecnología acuamimicry se está utilizando para crear un entorno de estuario natural fomentando y equilibrando el crecimiento de las comunidades planctónicas naturales. Diversos estudios han demostrado que los camarones, alimentados con estos copépodos, tienen un mejor crecimiento y una mejora en la tasa de supervivencia (Rajkumar, 2006).

Tanto la tecnología acuamimicry como el biofloc dependen de la adición de una fuente de carbono externa. En el sistema biofloc, para mantener los flóculos, la relación C:N debe mantenerse en 15:1 (Poh, 1984). Sin embargo, en el concepto de acuamimicry, una vez que se realiza la siembra de organismos cultivados, la fuente de carbono que se agregará depende del nivel de intensificación (extensivo o intensivo) y del nivel de turbidez del agua. El sistema no requiere el uso de ningún químico o antibiótico, ya que las bacterias presentes son responsables del desarrollo de prebióticos y probióticos creando un ambiente saludable.

La principal crisis actual que enfrenta el mundo es la demanda cada vez mayor de productos del mar, la escasez de agua y los recursos de tierras cultivables. Para superar estos problemas, la mejor solución es la acuicultura sostenible intensiva. El biofloc puede servir como un esfuerzo ecológico y sostenible no sólo para aumentar la producción acuícola, sino también para utilizar recursos mínimos de tierra y agua.



2.3 Caso de estudio y propuesta: uso actual y potencial de residuos en la producción de moluscos bivalvos en Bahía de La Paz

Fernando Aranceta Garza

México ocupa el lugar 16 como productor de pesca marina (FAO, 2022) y el lugar 23 como productor acuícola en el mundo (FAO, 2021), destacando que en 2018 su producción pesquera fue de ~2.16 millones de toneladas de las cuales el 70% está destinado al consumo humano directo (i.e., alimentos) (CONAPESCA, 2018). Dentro de las categorías de especies para el consumo humano, la producción de moluscos abarca los grupos de pulpo, ostión, almeja, caracol, calamar y abulón, teniendo una participación global del 10.4%, donde los primeros tres lugares los ocupa el pulpo (3.73%), ostión (3.51%) y las almejas (3.51%) (CONAPESCA, 2018). Por otra parte, su producción acuícola en 2018 representó 393,537 toneladas donde el camarón (40%), la mojarra (34%), ostión (11%) y carpa (7%) fueron los principales cultivos desarrollados en sistemas controlados y pesquerías acuiculturales (i.e., explotación pesquera de semillas cultivadas en sistemas naturales producidas en laboratorios acuícolas) (CONAPESCA, 2018).

Particularmente, el estado de Baja California Sur representa una región muy importante para la producción pesquera nacional, ocupando el tercer lugar con el 8% de la producción nacional total (CONAPESCA, 2018). Dentro de las especies que dan soporte a su producción pesquera se encuentra la categoría de almejas, las cuales representan el segundo producto pesquero más importante en el BCS, generando una producción de 18,781 ton peso vivo, siendo además el principal productor nacional de bivalvos, participando con el 62% de su producción nacional total. Para el caso de la producción acuícola, BCS reportó en 2018 un total de 5,782 toneladas representado por el camarón blanco (56%), ostión (11%) y mojarra (0.1%). Específicamente para el caso del ostión, BCS ocupa el primer lugar a nivel litoral del Pacífico en su cultivo, pero el tercero a nivel nacional.

Con todo este marco productivo nacional, los bivalvos representan una actividad comercial muy importante en la capital de BCS, La Paz. Donde algunas actividades económicas, del ramo alimentario y turístico, comercializan distintas especies de bivalvos, destacando de origen pesquero almeja chocolata (*Megapitaria squalida*), almeja reina (*M.*



aurantiaca), almeja catarina (*Argopecten ventricosus*), mano de león (*Nodipecten subnodosus*), almeja burra y almeja garra de león (*Spondylus spp.*), mejillones (*Mytilus spp.*) y callo de hacha (*Pinna rugosa* y *Atrina maura*), y de origen de cultivos los ostiones (*Crassostrea gigas*). De manera global, el músculo aductor es el principal producto para el consumo humano, seguido del organismo entero, donde los principales residuos generados son las valvas y las vísceras. A nivel mundial y regional, las conchas (o valvas) llegan a representar el 75% de la biomasa total del peso vivo de los bivalvos, y la contaminación del ecosistema, tanto terrestre como marino por conchas, es uno de los mayores problemas en la acuicultura de moluscos. Los residuos de conchas se producen en cantidades masivas y son comúnmente tiradas en rellenos sanitarios o el mar. Estos residuos se acumulan en áreas costeras causando distintos problemas ambientales. Por ejemplo, en BCS se sabe que pueden llegar a ocupar cuantiosas extensiones dentro de los rellenos sanitarios o tiraderos clandestinos como es en el caso de comunidades pesqueras como San Carlos, San Ignacio y Guerrero Negro. Sin embargo, se sabe que un porcentaje de la producción global mexicana genera cero residuos, al utilizar todo el organismo, transformando los residuos en distintos productos, como artesanía, molienda de las conchas y uso en alimento pecuario. Finalmente, se desconoce el volumen de bivalvos consumidos en La Paz, así como el volumen total de los residuos generados principalmente por las valvas o conchas por parte de los productores o consumidores finales.

De acuerdo con la Tabla 3, derivado de entrevistas se estima que el uso actual en al menos los hogares y restaurantes (principales consumidores) es como residuo con destino al relleno sanitario. Donde el valor agregado, separación o uso directo de las conchas y vísceras residuales se las dan de manera general los mismos productores pesqueros o acuícolas.



Tabla 3. Uso actual de los residuos en algunos actores de la cadena productiva de moluscos en la Bahía de La Paz.

Actores	Especie	Presentación de venta	Destino de residuos
Organización de Pescadores Rescatando la Ensenada S.P.R. de R.L. de C.V. (OPRE)	Almeja chocolata Callo de hacha Choro o mejillón Almeja Catarina Ostión	Callo Callo en concha Organismo entero	a) Vísceras: Carnada para otras pesquerías. Hijar y olán para alimento. Gónada para potencial alimento agropecuario. b) Valvas: Algunas para fijación de reclutas en medio marino, platos de platillos y relleno sanitario.
Restaurantes	*todas	Callo Callo en concha Organismo entero Platillos variados	Residuo sanitario
Locales	Almeja chocolata	Organismo entero	Residuo sanitario
Laboratorios de producción de semilla (Robles y CIBNOR)	Callo de hacha Ostión	Semilla	Molienda para fijación larvaria
Productor de cultivo: Cultivos marinos de moluscos bivalvos del pacífico S.A. de C.V.	Ostión	Organismo entero	Residuo sanitario
Perlas de La Paz	Mano de león	Organismo entero	Relleno sanitario por usuario final
Hogares (consumidor final)	Almejas Ostiones *todas	Callo Organismo entero	Residuo sanitario



En la Tabla 4 se muestran los potenciales usos de las conchas de los bivalvos en el mundo donde la principal materia prima es el carbonato de calcio, lo que pudiera ser aprovechado en la región de La Bahía de La Paz.

Tabla 4. Usos potenciales a moluscos bivalvos.

Especie	Usos potenciales	Referencia
Pectinidos (<i>Spondylus spp.</i> , <i>Argopecten spp.</i> , <i>Nodipecten spp.</i>)	Construcción	(Heiner López <i>et al.</i> , 2021)
Ostras	Uso en industrias de construcción reemplazando la piedra caliza. Concreto de conchas “Tabby” Creación de arrecifes artificiales Combatir acidificación por cambio climático a través del carbonato de calcio.	(Barthelat, 2010; Walles <i>et al.</i> , 2016; Chilakala <i>et al.</i> , 2019)
Mejillones	Combatir suelos ácidos y con metales pesados	(Álvarez <i>et al.</i> , 2012; Fernández-Calviño <i>et al.</i> , 2017)
Bivalvos en general	Elementos catalíticos para producir biodiésel	(Marinković <i>et al.</i> , 2016)
	Biofiltros para aire y aguas residuales	(Egerić <i>et al.</i> , 2018)



2.4 Caso de estudio y propuesta: sistema agroacuícola integrado sostenible e incluyente para comedores comunitarios en zonas urbanas y periurbanas: una nueva aproximación a la economía circular y la seguridad alimentaria

Paola Magallón Servín

En México más del 70% de las familias en estado de inseguridad alimentaria se localizan en zonas urbanas y peri-urbanas con acceso restringido a los alimentos por cuestiones económicas y de disponibilidad de recursos. A diferencia de las zonas rurales, donde el acceso al agua y suelo permite establecer sistemas productivos. En zonas urbanas y peri-urbanas, más del 60% del salario mínimo es invertido en canasta básica impactando directamente la seguridad alimentaria de las familias. En estas comunidades existe un alto consumo de alimentos industrializados, relacionado con la incidencia de obesidad y enfermedades asociadas al reducido consumo de proteína de alta calidad y vegetales frescos. Inicialmente, las políticas públicas establecieron programas para el abasto alimenticio de las familias en dichas zonas, pero este tipo de sistemas es insostenible. Otras políticas gubernamentales, se enfocan a establecer cultivos traspatios y apoyar iniciativas de agricultura urbana, sin embargo, estos sistemas son complejos desde la dinámica social y económica de las familias, así como las perspectivas de género, lo que complica su aplicación en la unidad familiar. Sin embargo, la realidad en el Noroeste del país es que un gran sector de la población migrante (proveniente de estados del sur del país) se enfrenta a inseguridad alimentaria.

Los circuitos alimentarios o circuitos de alimentos son sistemas alimentarios (SAs) que implican la red y tránsito de los alimentos a través de diferentes actores localizados en un espacio geográfico dado (región, país, localidad) que participan de manera directa o indirecta en la creación del flujo de bienes y servicios orientados a satisfacer las necesidades alimentarias de uno o varios grupos de consumidores locales o en el exterior de la zona considerada. Los componentes de los sistemas alimentarios son los proveedores de insumos, productores agrícolas, la agroindustria, el agrocomercio y los consumidores. Se reconoce que el sistema alimentario de un país participa y se relaciona con una gran cantidad de actores heterogéneos. Los alimentos, difícilmente llegan de manera directa del productor al consumidor, generalmente los alimentos que se adquieren son el resultado



de un conjunto de actividades articuladas, desde la producción primaria a la distribución al detalle, pasando por el acopio, la transformación agroindustrial y el comercio mayorista. Así mismo un SA se encuentra interactuando dentro de contextos más globales (importación/exportación) de manera que se relaciona con entornos económicos mundiales y nacionales. Finalmente, estos SA son influenciados por lo que sucede en el ambiente, los cambios climáticos, la disponibilidad de agua, la fertilidad de los sistemas, la presencia de plagas y las técnicas de cultivo, reconociendo que existe una clara interdependencia entre los SA y el medio ambiente (Gutiérrez et al. 2013). En México, históricamente el problema alimentario se ha orientado a estudiar por separado los problemas del sector agrícola y por el otro extremo los problemas nutricionales, con el efecto del diseño de políticas independientes y poco relacionadas. Es por esto que es necesario un enfoque multidisciplinario y transdisciplinario del problema con el fin de obtener estrategias más reales a un problema altamente complejo. Dentro de los diferentes tipos de circuitos alimentarios, existe un modelo que se llaman “de proximidad”, la configuración de estos implica o comprende los flujos alimentarios orientados hacia los mercados locales y regionales, cuyas características están vinculadas a una mayor cercanía “proximidad” del origen productivo del alimento y los consumidores (economía familiar, artesanal, agricultura urbana, entre otras), este tipo de sistemas alimentarios reduce la generación de residuos y permite a las comunidades establecer sistemas basados en la economía circular. En este sentido la FAO considera que las acciones más relevantes en la seguridad alimentaria en zonas urbanas es asegurar el aprovisionamiento de alimento a aquellas familias que más lo requieren con el menor impacto ambiental, dentro de este acercamiento la proximidad entre la producción de alimentos y el consumidor es inminente, ya que esto reduce de manera significativa la cantidad de combustible necesario para el transporte de los alimentos, los costos de los mismos y mejora la frescura, general liderazgos y ligas comunitarias y familiares. En este sentido la proximidad del circuito alimentario y el desarrollo de sistemas agroalimentarios en zonas urbanas y peri-urbanas tiene por objeto crear una conexión directa entre los productores y el desarrollo urbano, al hacer esto se genera no solo un mayor acceso a los alimentos, también se incrementa la calidad del alimento, se reduce el transporte, el empaquetamiento, procesamiento y permite una reubicación de los sistemas productivos y su distribución con el fin de



promover la sustentabilidad urbana y la justicia socio-económica con un impacto en la salud pública. Bajo esta perspectiva, el desarrollo económicos de los sistemas agroalimentarios no puede ya verse de una manera desarticulada, es necesario ver a las zonas urbanas y peri-urbanas como la frontera entre la comida que ingresa a través de circuitos alimentarios vía el desarrollo agroalimentario rural y la producción interna (nodos/oasis de producción de alimentos en zonas urbanas), al reconocer estos flujos de alimentos, se puede comprender que estas zonas operan como un gran metabolismo alimentario urbano (sistemas de entrada y salida de alimentos).

En un estudio, donde se explica el rol de estos prosumidores Miller (2019) demostró que la apropiación de la agricultura urbana ya fuera de manera individual/familiar y en comunidad, tiene un impacto relevante en desarrollo urbano y esto per se es una innovación, mostrando evidencia de que es posible utilizar recursos como agua, energía y desperdicios alimentarios en un contexto urbano para la producción de alimentos con el fin de impactar la economía circular de las áreas urbanas, donde hay un gran número de desechos. Miller estableció que los principales retos para poder establecer una buena estrategia para la producción de alimentos urbanos es: (i) la infraestructura física (acceso a la tierra, al agua y a la energía), (ii) infraestructura de gobernanza (sistemas de recolección de agua, sistemas solares, sistemas de eficiencia de energía), (iii) infraestructura social (estructura comunitaria, organización colectiva, protocolos de control de plagas y fertilización estandarizados, sistemas agrícolas comunitarios) y (iv) infraestructura económica (inversión colectiva, tiempo como voluntario, compra de insumos, contribución por parte de organizaciones no gubernamentales, apoyos, etc.). Dentro de los retos que estableció Miller, están los retos biológicos (biofertilizantes, bioseguridad e inocuidad), los retos de conocimiento (definir los cultivos apropiados para la región, métodos hortícolas) y los retos en sustentabilidad (uso de agua, energía y reciclamiento de nutrientes). Dadas las condiciones y las estructuras sociales en México, así como la falta de acceso a la tierra y agua en zonas urbanas y peri-urbanas, la participación de estructuras sociales y centros comunitarios definidos son potencialmente nuevos nichos para el establecimiento de modelos disruptivos en la producción de alimentos. Un sistema comunitario de gran potencial son los comedores comunitarios o grupos de colaboración alimentaria (Figura 8). En un estudio en ciudades Europa se realizó un estudio social para comprender las

principales razones de pertenecer a un grupo agroalimentario comunitario que produzca sus propios alimentos, aunque se estableció que la mayoría de las personas se unieron debido a que permite generar lazos con la comunidad, una gran mayoría respondió el no tener acceso a un pedazo de tierra para lograr sus cultivos, además de poder intercambiar ideas y aprender nuevos métodos para cultivar diferentes plantas (Dubová *et al.*, 2020).

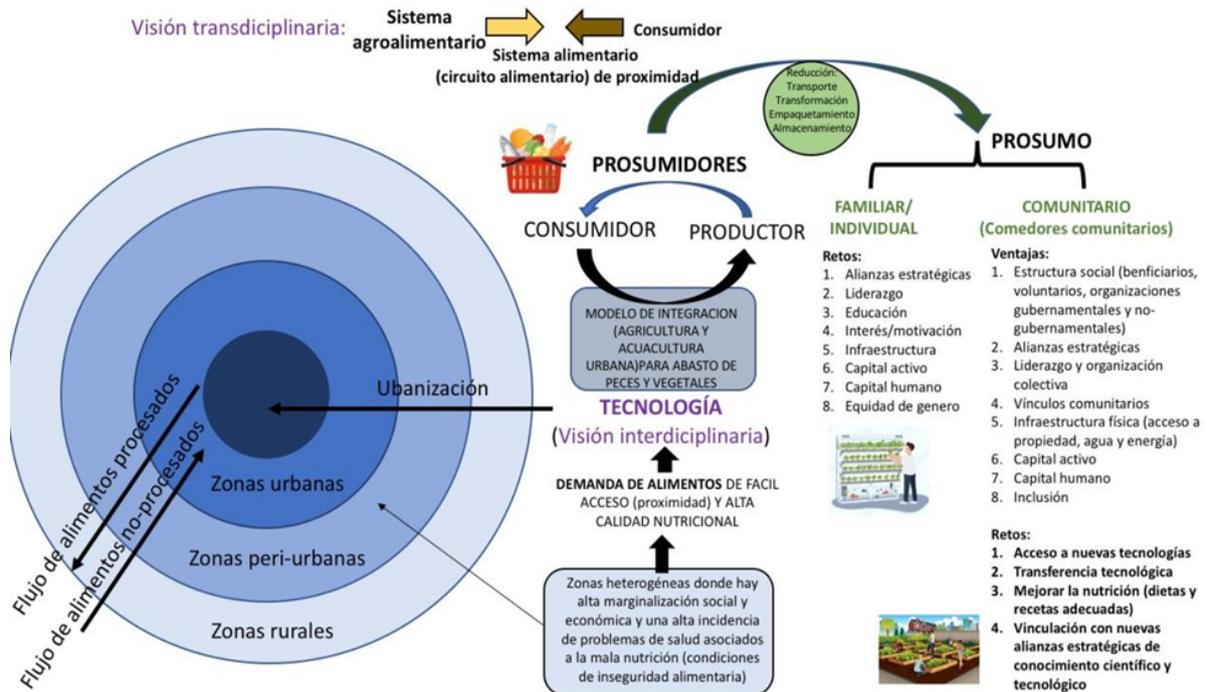


Figura 8. Visión transdisciplinaria del proyecto en el contexto del problema Nacional.

De acuerdo con el Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia, los comedores comunitarios fueron establecidos para las personas ubicadas en zonas urbanas y periurbanas para tener acceso a la alimentación, en situación de pobreza extrema y preferentemente georreferenciados en las unidades territoriales de muy bajo y bajo-medio índice de desarrollo social. Estos comedores, tienen la vocación de contribuir al ejercicio del pleno derecho a la alimentación y nutrición, proporcionando raciones alimenticias a alimentos nutritivos en grupos vulnerables como niñas, niños, madres solas, mujeres, adultos mayores, personas con discapacidad y población indígena. En administraciones anteriores, estos comedores recibían apoyo gubernamental, sin embargo, el gobierno ahora ha buscado que estos comedores operen de manera independiente con el fin de que haya un esfuerzo multidisciplinario (comunidades, agencias no- gubernamentales y



asociaciones civiles) para alcanzar la soberanía alimentaria (autosuficiencia) de los mismos sin generar dependencias económicas, garantizando su operación de manera transparente, garantizando que los apoyos lleguen a los beneficiarios que más lo necesitan.

Debido a lo anterior en esta propuesta se contemplan dichos comedores, como una pieza central en la generación y desarrollo de nuevos prosumidores que serán beneficiados en el aprovisionamiento de alimentos que tengan un impacto en la nutrición, en su salud y en el ambiente social (Figura 8). Por esto, es necesario generar unidades comunitarias donde familias, sistemas educativos, organizaciones gubernamentales y no-gubernamentales participen activa y colectivamente en la generación de alimentos en zonas urbanas y peri-urbanas para contribuir al acceso alimentario. Una nueva estrategia consiste en implementar sistemas productivos altamente intensificados, que no necesiten tierra arable y reduzcan el consumo de agua, energía y fertilizantes, que permitan lograr un círculo virtuoso y sostenible para la producción de alimentos (Figura 8). Así, esta propuesta establece un nuevo modelo de producción integrado a la estructura de comedores comunitarios en Baja California Sur, donde ya existe una unidad social para insertar sistemas productivos sostenibles que generen proteína de alta calidad y vegetales con el fin de contribuir a la salud de los consumidores y reducir significativamente el circuito de alimentos que acerquen directamente al consumidor con el productor.



3. Gestión de residuos orgánicos domésticos

Alejandra Nieto Garibay

3.1 ¿Qué son los residuos orgánicos?

Para poder entender qué es lo que podemos hacer con los residuos orgánicos, es importante entender cuáles son y de dónde vienen. Como su nombre lo dice provienen de un organismo vivo, que en algún momento estuvo vivo o los desechos de los organismos. En otras palabras, los residuos de cualquier parte de plantas (raíz, hojas, tallo o tronco, flores, frutos), animales (piel, huesos, plumas, carne, pelos) y sus desechos (orina, estiércoles, heces), incluyendo al hombre mismo como parte de la naturaleza. La transformación constante de los organismos a través del tiempo es parte de su ciclo de vida, y asimismo lo es la generación de sus residuos. Cuando llega la etapa final del organismo al igual que sus desechos o residuos se descomponen y transforman en materia orgánica para pasar a formar parte del suelo, esto gracias a la acción de microorganismos transformadores de la materia y que los usan como alimento para llevar a cabo su ciclo de vida. La diferencia con los residuos inorgánicos es que estos no provienen de organismos vivos, son principalmente, metales, vidrio, minerales y por lo tanto no sufren una descomposición biológica. Hablando de residuos orgánicos urbanos, estos se componen de aquellos residuos que son utilizados como materia prima para la elaboración de alimentos, que son consumidos sin mayor cambio con respecto a su origen. También aquellos que resultan de actividades de jardinería o agricultura urbana.

3.2 Situación de la generación de los residuos orgánicos y falta de manejo

En el mundo se genera aproximadamente un 1.25 Kg de residuos por persona (Kaza *et al.*, 2018). México y Baja California Sur comparten una producción muy acercada a la mundial, actualmente se producen un total de 1.14 Kg por persona de los cuales el 50% del total de la basura corresponde a residuos orgánicos. El manejo de los residuos sólidos generados en las ciudades o residuos sólidos urbanos (RSU) en México es bajo y deficiente, y más bajo lo es el de los residuos orgánicos urbanos (ROU).

Los residuos son destinados a tiraderos a cielo abierto en su mayoría, de acuerdo con la Comisión para la Cooperación Ambiental (2017), en México, la tasa de aprovechamiento de



los residuos orgánicos es de un 6.1%, considerando los desechos desde la cosecha hasta su comercialización e incluyendo residuos alimentarios, de jardín y madera.

Las consecuencias de la falta de manejo de los ROU son: a) la contaminación del aire debido a las emisiones de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono y metano que contribuyen al cambio climático; b) contaminación del agua, debido a que los ROU se van en mucho de los casos a rellenos sanitarios o tiraderos a cielo abierto, se descomponen produciendo lixiviados de sustancias contaminantes que se filtran a través de la tierra llegando a mantos freáticos donde consecuentemente contaminan el agua; c) daños a la salud, ya que la descomposición de los ROU es un atractivo para fauna nociva al hombre, y d) mayor gasto energético y económico debido a la solución de la problemática de no manejo de los ROU.

El manejo de los ROU se traduce en la solución de las problemáticas enlistadas en el párrafo anterior, el impacto ambiental de un adecuado manejo de ROU redundará en una disminución de la contaminación y aprovechamiento del resto de los residuos sólidos urbanos. Consecuentemente se reducen los costos que implican la remediación de los efectos negativos a corto, mediano y largo plazo de su falta de gestión, lo que significa un impacto económico positivo (Nieto-Garibay *et al.*, 2021).

Otro de los grandes efectos generados como consecuencia de la falta de manejo de los ROU, es el social. El solo hecho de separar los ROU del resto de residuos sólidos urbanos evita la generación de focos de contaminación donde prolifera la fauna nociva y transmisora de enfermedades a los humanos, principalmente a los trabajadores que están expuestos constantemente al trabajo de recolección de la basura.

La gestión de residuos orgánicos es una parte medular de los residuos sólidos urbanos (RSU), ya que, como mencionamos al inicio, constituyen aproximadamente el 50% del total de los RSU y debido a su naturaleza se descomponen rápidamente provocando diversos efectos negativos.

El éxito de las diferentes alternativas como parte de su gestión dependerá de cada situación, sin embargo, de acuerdo con algunos estudios, la más efectiva hablando desde el punto de vista energético es su tratamiento desde donde se genera el residuo. Esto implica que debe tenerse clara la definición de lo que es un ROU y su proceso de transformación, con



el fin de tener la herramienta necesaria para transformarlo en el sitio, o bien para separarlo y canalizarlo por las mejores vías para lograr su manejo.

3.3 La gestión de los residuos orgánicos

Dentro de las alternativas para la gestión de los residuos orgánicos urbanos se pueden mencionar los siguientes:

Banco de alimentos.- Probablemente no es adecuado llamarlos residuos orgánicos cuando alimentos que no son consumidos como demanda inicial sean susceptibles de ser consumidos porque cumplen con las características de serlo.

Extracción de componentes industriales.- Los residuos orgánicos representan una rica fuente de sustancias que pueden ser extraídas y utilizadas en la industria culinaria, cosmetológica y farmacéutica. Dentro de los ejemplos más comunes están todas aquellas que se extraen de plantas y que se utilizan como el principio activo de algún medicamento, o cuya transformación da origen a alguna bebida o alimento nuevo, etc.

Elaboración de materiales.- En los últimos años el uso de residuos vegetales para su transformación en materiales útiles que están sustituyendo por ejemplo a los plásticos, materiales de la construcción y que se ha visto son biodegradables, ha ido en aumento y ha ofrecido una alternativa de uso de estos ROU.

Transformación en fertilizantes.- Uno de los procesos más conocidos y antiguos en la historia del hombre para la transformación de los RO es su transformación en fertilizante o abono.

Una de las mejores alternativas del manejo de los ROU es el compostaje, que es un proceso aerobio, donde participan microorganismos descomponedores quienes utilizan los ROU como alimento, les permite aumentar sus poblaciones y que como consecuencia tienen una liberación de energía en forma de calor elevando la temperatura de los residuos y descomponiéndolos durante el proceso.

El proceso de compostaje no es, sino la imitación del proceso de descomposición de los residuos orgánicos en la naturaleza en donde la acción de los microorganismos, el calor y el agua descompone poco a poco los residuos transformándolos en materia orgánica, humus o tierra rica en nutrientes. El compostaje es el proceso acelerado y controlado de



descomposición de los residuos orgánicos, para lograr un proceso adecuado es importante proporcionar la cantidad de residuos orgánicos suficientes, el oxígeno y la humedad necesaria para que los microorganismos realicen su trabajo de descomposición. Es un proceso amigable en cuanto a su elaboración y control, por lo que puede ser realizado por alumnos de diferentes grados escolares (Nieto-Garibay *et al.*, 2021). En cualquiera de los casos en que exista una o varias alternativas de transformación gestionada para los residuos orgánicos, ayuda a mejorar su condición en nuestro planeta.

3.4 Trascendencia de la gestión de residuos orgánicos, la economía circular y su trascendencia.

Como parte de los supuestos de la economía circular, los residuos son vistos como un insumo y el caso de los ROU no es la excepción. Partiendo del hecho de que el origen de los ROU fue el aprovechamiento de algún organismo vivo procesado, o no, para cubrir alguna de las necesidades básicas como alimentación, vivienda y salud. Por lo tanto, los residuos orgánicos pueden ser aprovechados hasta su última forma para regresar a la naturaleza. Las ganancias son en diferentes vertientes, van de la mano con los puntos que se mencionan en el apartado de la gestión de estos recursos como alternativas. Se mencionan a continuación las vertientes en donde existe una ganancia:

Económico.- Es posible obtener una remuneración por el producto obtenido de la transformación de los ROU, puesto que tiene utilidad para su aplicación y aprovechamiento. Facilita la venta de otros residuos como vidrio, metal, plástico y otros materiales que pueden ser reciclados, al no tener que estar mezclados con los ROU. El ahorro en la remediación de impactos negativos al ambiente y la salud. Ahorro en los recursos de inversión para la infraestructura y equipamiento en el manejo de residuos municipales.

Ambiental.- Por supuesto que este aspecto ambiental es uno de ellos importantes, al darle causa apropiadamente a los ROU, se evita la contaminación de cuerpos de agua, aire, suelo y se aprovechan mejor los recursos naturales, de donde provienen las materias primas para cubrir las necesidades humanas. Además, en el caso de estados como el nuestro se capitaliza con aspectos que favorecen el turismo como la vista del paisaje, una ciudad más limpia y mejores condiciones ambientales en general.



Salud.- La disminución de focos de infección y proliferación de plagas es otro aspecto que mejora con el apropiado manejo de los ROU. Esto permite un ahorro en el tratamiento de enfermedades en el hombre relacionada con elementos y organismos patógenos propios de la descomposición de los ROU.

La trascendencia de una buena gestión de los ROU a través de una economía circular no solo se evidencia en los aspectos que vimos anteriormente, el aspecto social es uno de los más importantes y cuyo impacto es la clave para un mejor planeta.

La sensibilización de la sociedad como una comunidad corresponsable en donde se tiene una mayor consciencia de lo que se compra, cómo se usa, cuánto se usa y cuánto NO se usa permitirá una revalorización de los recursos naturales y su uso.

Si a las personas se les demuestra que el solo hecho de separa sus residuos en orgánicos e inorgánicos conlleva acciones que trascienden del solo hecho de ponerlo aparte como: la dignificación de los trabajadores de recolección de basura, al exponerlos a menos focos de infección por la descomposición de los residuos orgánicos. Estamos despertando una empatía y pensamiento comunitario. Además de los otros beneficios que mencionamos en los puntos anteriores.

3.5 Actores en la gestión de los ROU y la economía circular

Uno de los aspectos más importantes en la gestión de los ROU y la economía circular que los involucran son las personas que tiene que ver con ellos, desde la generación de éstos en casa, en la industria y el comercio, pasando por quien los aprovecha, consume y finalmente maneja al final de su uso. Es una corresponsabilidad de nosotros como sociedad junto con las instancias gubernamentales, asociaciones civiles e instituciones educativas, cada uno asumiendo su papel es como se disipa el esfuerzo y la demanda energética de esta labor complicada. Para lograr la aplicación de la economía circular en el tema del aprovechamiento de los ROU, la acción de cada uno de los actores como se mencionó es medular, difícil al principio, pero no imposible.



4. Conclusiones

El modelo de economía circular propone el aprovechamiento integral de los recursos y reducir la generación de desechos, con el propósito de frenar el actual deterioro ambiental, la desigualdad económica y social. Es ir más allá del reusar, reciclar y reducir para incluir el restaurar y regenerar. Bajo este principio, se presentaron aquí propuestas que incorporan el uso eficiente de los recursos, el conocimiento, y el talento local para promover el desarrollo de la bahía de La Paz. En los últimos años, el tema de la contaminación de las aguas naturales por la acuicultura ha recibido una atención considerable. Con una regulación cada vez más estricta de la calidad de las aguas residuales de las granjas acuícolas, los involucrados en la industria deben ser conscientes de las causas de la contaminación y de los métodos para prevenirla o remediarla.

El trabajo documental desarrollado en la mesa de Economía Circular tuvo como objetivo, mostrar casos de estudio y propuesta relacionadas con el potencial de la pesquería de Callo de Hacha y el manejo de los residuos en la producción de moluscos bivalvos en la Bahía de La Paz. Por otro lado, esfuerzos relacionados con la camaronicultura de bajo impacto, la gestión de residuos orgánicos domésticos y la implementación de comedores comunitarios en zonas urbanas y periurbanas de la ciudad de La Paz, con un enfoque en seguridad alimentaria.



5. Referencias

- Álvarez, E., Fernández-Sanjurjo, M. J., Seco, N., & Núñez, A. (2012). Use of Mussel Shells as a Soil Amendment: Effects on Bulk and Rhizosphere Soil and Pasture Production. *Pedosphere*, 22(2), 152-164. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(12\)60002-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(12)60002-2)
- Avnimelech Y. Biofloc technology. A practical guidebook. J World Aquac Soc. (2009) 182
- Barthelat, F. (2010). Nacre from mollusk shells: A model for high-performance structural materials. *Bioinspiration & Biomimetics*, 5(3), 035001. <https://doi.org/10.1088/1748-3182/5/3/035001>
- Benítez, A., Palacios, E., Núñez, E., García, E., Arjona, O., Civera, R. Marine byproducts tested as feed for almaco jack *Seriola rivoliana* and their effect on fatty acids and sterols in different tissues. Waste and Biomass Valorization. 2021. <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01638-0>
- Benítez-Hernández, A., L. Jiménez-Barcenas, E.Y., Sánchez-Gutiérrez, J.C. Pérez-Urbiola, D. Tovar-Ramírez, E. Palacios, and R. Civera-Cerecedo. Use of marine by-product meals in diets for juvenile longfin yellowtail *Seriola rivoliana*. *Aquaculture Nutrition*. 24:562-570. 2018. DOI: 10.1111/anu.12588
- Borges BAA, Rocha JL, Pinto PHO, Zacheu T, Chede AC, Magnotti CCF, et al. Integrated culture of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and mullet *Mugil liza* on biofloc technology: zootechnical performance, sludge generation, and *Vibrio* sp. reduction. *Aquaculture*. (2020) 524:735234. doi: 10.1016/j.aquaculture.2020.735234
- Browdy CL, Bratvold D, Stokes AD, Mcintosh RP. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: Jory ED, Browdy CL, editors. *The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture*, J World Aquac Soc. Baton Rouge, LA: The World Aquaculture Society (2001). p. 20–34
- Chilakala, R., Thannaree, C., Shin, E. J., Thenepalli, T., & Ahn, J. W. (2019). Sustainable Solutions for Oyster Shell Waste Recycling in Thailand and the Philippines. *Recycling*, 4(3), 35. <https://doi.org/10.3390/recycling4030035>



- Comisión Europea (2020). *Modificar nuestras pautas de producción y consumo: El nuevo Plan de acción para la economía*. Comunicado de prensa, 11 de marzo, Bruselas. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_20_420
- CONAPESCA. (2018). *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca*. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca
- CONAPESCA. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca Edición 2019
- Cortés, A., Casillas-Hernández, R., Cambeses-Franco, C., Bórquez-López, R., Magallón-Barajas, F., Quadros-Seiffert, W., Feijoo, G., & Moreira, M. T. (2021). Eco-efficiency assessment of shrimp aquaculture production in Mexico. *Aquaculture*, 544, 737145. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737145>
- Cuzon G, Lawrence A, Gaxiola G, Rosas C, Guillaume J. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*. (2004) 235:513–51. doi: 10.1016/j.aquaculture.2003.12.022
- De Schryver P, Crab R, Defoirdt T, Boon N, Verstraete W. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquac.* (2008) 277:125–37. doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.02.019
- Egerić, M., Smičiklas, I., Mraković, A., Jović, M., Šljivić-Ivanović, M., Sokolović, J., & Ristić, M. (2018). Separation of Cu(II) ions from synthetic solutions and wastewater by raw and calcined seashell waste. *Desalination and Water Treatment*, 132, 205-214
- Elizondo-González R, Quiroz-Guzmán E, Escobedo-Fregoso C, Magallón-Servín P, Peña-Rodríguez A. 2018. Use of seaweed *Ulva lactuca* for water bioremediation and as feed additive for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *PeerJ* 6:e4459 <https://doi.org/10.7717/peerj.4459>
- Elizondo-González, R., Quiroz-Guzmán, E., Escobedo-Fregoso, C., Magallón-Servín, P., & Peña-Rodríguez, A. (2018). Use of seaweed *Ulva lactuca* for water bioremediation and as feed additive for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *PeerJ*, 6, e4459



- Emerenciano M, Cuzon G, Goguenheim J, Gaxiola G. Aquacop. Floc contribution on spawning performance of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. *Aquac Res.* (2011) 44:75–85. doi: 10.1111/j.1365-2109.2011.03012.x
- EMF. Ellen MacArthur Foundation (2015). *Hacia una economía circular: motivos económicos para una transición acelerada*. <http://repositorio.ampf.org.ar/greenstone/sites/localsite/collect/economia/index/assoc/D219.dir/hacia-una-economia-circular.pdf>
- FAO. (2020, June 19). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. *El Estado Mundial de La Pesca y La Acuicultura 2020*. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- FAO. (2021). *FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2019/FAO annuaire*
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation*
- Fatheuer, T., Fuhr, L. y Unmüßig, B. (2016). *La Economía Verde por dentro. Promesas y Trampas*. México: Fundación Heinrich Böll. https://mx.boell.org/sites/default/files/critica_a_la_economia_verde_web.pdf
- Fernández-Calviño, D., Cutillas-Barreiro, L., Núñez-Delgado, A., Fernández-Sanjurjo, M. J., Álvarez-Rodríguez, E., Nóvoa-Muñoz, J. C., & Arias-Estévez, M. (2017). Cu Immobilization and Lolium perenne Development in an Acid Vineyard Soil Amended with Crushed Mussel Shell. *Land Degradation & Development*, 28(2), 762-772. <https://doi.org/10.1002/ldr.2634>
- Hargreaves JA. Biofloc Production Systems for Aquaculture. Stoneville, MS: Southern Regional Aquaculture Center (2013). p. 1–11
- Heiner López, J., Brandon, B. B., & Fernández Díaz, C. (2021). Application of Glass and Fan Shells to a Clay Soil to Increase its Mechanical Properties. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1054(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1054/1/012004>
- Johanisova, N. y Vinkelhoferová, M. (2019). Economía social y solidaria (págs. 270-273). En: Kothari, A. Salleh, A. Escobar, A., Demaria, F. y Acosta, A.(coords.). *Pluriverso. Un diccionario del posdesarrollo*. Barcelona: Icaria



- Marinković, D. M., Stanković, M. V., Veličković, A. V., Avramović, J. M., Miladinović, M. R., Stamenković, O. O., Veljković, V. B., & Jovanović, D. M. (2016). Calcium oxide as a promising heterogeneous catalyst for biodiesel production: Current state and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *56*, 1387-1408. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.007>
- Martínez-Córdova, L. R., Porchas, M. M., & Cortés-Jacinto, E. (2009). Camaronicultura mexicana y mundial: ¿actividad sustentable o industria contaminante? *Rev. Int. Contam. Ambient*, *25*(3), 181–196
- MPCEIP & GIZ. Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca & Cooperación Técnica Alemana (2021). *Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador*. Quito: MPCEIP & GIZ
- Navarro Hurtado, C., Civera, R., Arjona, O., Rivera-Pérez, C., García, H.S., Hurtado-Oliva, M.A., Palacios, E. Stress response and lipid composition in shrimp *Litopenaeus vannamei* fed diets enriched with squid or scallop viscera meal. *Aquaculture Research* *51*: 1602-1622, 2020. DOI: 10.1111/are.14508
- Nogueira López, A. y Vence Deza, X. (2021). *Redondear la Economía Circular. Del discurso oficial a las políticas necesarias*. España: Thomson Reuters (Aranzadi/Civitas). https://books.google.es/books?id=4EBCEAAAQBAJ&printsec=copyright&hl=es&source=gbs_pub_info_r#v=onepage&q&f=false
- Omont, A. 2022. Dinámica microbiana y flujo de nutrientes en un sistema acuícola de integración multitrófica: camarón, ostión y macroalga. Tesis doctorado. CIBNOR
- Omont, A., Elizondo-González, R., Escobedo-Fregoso, C. et al. Bacterial communities and digestive enzymatic activities of *Litopenaeus vannamei* shrimp fed pre-digested seaweeds as a functional ingredient. *J Appl Phycol* *33*, 1239–1251 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02381-8>
- Orozco, K. Evaluación de actividad proteolítica en residuos pesqueros de invertebrados marinos de importancia comercial en Baja California Sur. Tesis licenciatura. UABCS. 2019



- Poh YT. Use of bioflocs in Shrimp farming. *AQUA Culture Asia Pacific Magazine*. (2014) 13-16 pp. 91–109
- Puja C, Abhijith M, Muralidhar PAA, Karthiredy S. Aquamimicry: An innovative method for shrimp farming. *Aqua Int.* (2018) 26:48–50
- Rajkumar M. Suitability of the copepod, *Acartia clausi* as a live feed for Seabass larvae (*Lates calcarifer* Bloch): Compared to traditional live-food organisms with special emphasis on the nutritional value. *Aquaculture*. (2006) 261:649–58. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.08.043
- Raworth, K. (2017). *Doughnut Economics: seven ways to think like a 21st century economist*. London: Penguin Random House
- Romano N, Kumar V. Vegetarian Shrimp: Pellet-Free Shrimp Farming. Thailand: *World Aquaculture* (2017) 37.
- Ruiz, E. Canales, R. y García, V (2019). *La medición de la economía circular. Marcos, indicadores e impacto en la gestión empresarial*. España: Forética. https://foretica.org/wp-content/uploads/informe_medida_economia_circular_foretica.pdf
- Sánchez-Muros, M.J., Rentería, P., Vizcaino, A. and Barroso, F.G. (2020), Innovative protein sources in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) feeding. *Rev Aquacult*, 12: 186-203. <https://doi.org/10.1111/raq.12312>
- Schröder, P., Albaladejo, M., Alonso Ribas, P., MacEwen, M. y Tilkanen, J. (2020). *La economía circular en América Latina y el Caribe. Oportunidades para fomentar la resiliencia*. Londres: Chatham House
- Toledo, V.M. (2015). ¿De qué hablamos cuando hablamos de sustentabilidad? Una propuesta ecológica política. *Interdisciplina* 3(7): 35-55. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2015.7.52383>
- Toyes-Vargas, E., Calderón de la Barca, A.M., Duran-Encinas, Y., Palacios, E., Civera-Cerecedo, R. Marine co-product meals as a substitute of fishmeal in diets for white shrimp *Litopenaeus vannamei* improve growth, feed intake and muscle HUFA composition.



Aquaculture Research 48 (7): 3782-3800, 2016b. ISSN: 1365-2109.
doi:10.1111/are.13205

Toyes-Vargas, E., Ortega, R., Espinoza, J.L., Arellano, M., Civera-Cerecedo, R., Palacios, E.
Effect of marine by-product meals on hen egg production parameters, yolk lipid
composition and sensory quality. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 102:462-473. 2018.
DOI: 10.1111/jpn.12769

Toyes-Vargas, E., Robles-Romo, A., Méndez, L., Palacios, E., Civera, R. Changes in fatty acids,
sterols, pigments, lipid classes, and heavy metals of cooked or dried meals, compared
to fresh marine by-products. *Animal Feed Science and Technology.* 221: 195-205,
2016a. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2016.09.004

Trinidad Silva Alfredo, 2005. Uso Socioambiental de la Concha de Almeja Catarina (*Argopecten
circularis*) en la Fabricación de Mosaicos. Tesis de Maestría en Economía del Medio
Ambiente y Recursos Naturales, UABCS

Walles, B., Troost, K., van den Ende, D., Nieuwhof, S., Smaal, A. C., & Ysebaert, T. (2016). From
artificial structures to self-sustaining oyster reefs. *Journal of Sea Research*, 108, 1-9.
<https://doi.org/10.1016/j.seares.2015.11.007>

Zhao P, Huang J, Wang XH, Song XL, Yang C, Zhang XG, et al. The application of
bioflocstechnology in high-intensive, zero exchange farming systems of
Marsupenaeus japonicus. *Aquaculture.* (2012) 354-355:97-106. doi:
10.1016/j.aquaculture.2012.03.034