ACUICULTURA EN ASOCIACIONES CAMPESINAS RURALES DE LA PARTE NORTE DEL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA (COLOMBIA):

ACUICULTURA DE RECURSOS LIMITADOS (AREL)

M. Palencia, T.A. Lerma, V.J. Palencia-Luna.

MT-Pallantia Publisher

Acuicultura en asociaciones campesinas rurales de la parte norte del departamento de Córdoba (Colombia): Acuicultura de Recursos Limitados (AREL)

MT-Pallantia Publisher s.a.s. | ISBN 978-628-95372-1-5
Cali - Colombia 2023

Acuicultura en asociaciones campesinas rurales de la parte norte del departamento de Córdoba (Colombia): Acuicultura de Recursos Limitados (AREL)

Manuel Palencia

GI-CAT, Departamento de Química, Universidad del Valle, Cali – Colombia.

Tulio A. Lerma

Mindtech-RG, Mindtech s.a.s., Montería – Colombia.
Unidad de Desarrollo Tecnológico en Nuevos Materiales (UDT-NM), Polymeiker sa.s., Montería – Colombia.

Víctor J. Palencia Luna

Mindtech-RG, Mindtech s.a.s., Montería – Colombia.
GIQBID, Instituto de Ciencia y Tecnología Analítica "Golden-Hammer", Montería – Colombia.

MT-Pallantia Publisher s.a.s. | ISBN 978-628-95372-1-5
Cali - Colombia 2023

Acuicultura en Asociaciones Campesinas Rurales de la Parte Norte del Departamento de Córdoba (Colombia): Acuicultura de Recursos Limitados (AREL).

Editors: Manuel Palencia, Tulio A. Lerma, Víctor J. Palencia-Luna
Publisher: MT-Pallantia Publisher s.a.s. | NIT: 901.469.254-6
ISBN 978-628-95372-1-5
DOI: 10.34294/b.003.2023.09
Language: Spanish
Cali - Colombia 2023

This book and the individual contributions contained in it are protected under copyright the publisher according to License CC BY-ND 4.0

Publisher:	MT-Pallantia Publisher s.a.s.
Editorial Project Manager:	A. García-Quintero
Production Project Manager:	A. García-Quintero, M.D. Palencia-Bolaños
Cover Designer:	M.D. Palencia-Bolaños

Funds:

Desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas polímero-membrana de bajo consumo energético adaptable a familias campesinas, comunidades rurales, costeras y agropecuarias. Departamento Nacional de Planeación a través del Sistema General de Regalías y Mindtech s.a.s. Proyecto BPIN 2020000100261.

Cite as:

M. Palencia, T.A. Lerma, V.J. Palencia-Luna. 2023. Acuicultura en asociaciones campesinas rurales de la parte norte del departamento de Córdoba (Colombia): Acuicultura de Recursos Limitados (AREL). MT-Pallantia Publisher s.a.s., Cali – Colombia, pp. 106. DOI: 10.34294/b.003.2023.09.

Acuicultura en Asociaciones Campesinas Rurales de la Parte Norte del Departamento de Córdoba (Colombia): Acuicultura de Recursos Limitados (AREL).

M. Palencia, T.A. Lerma, V.J. Palencia
Editores

Contenido.

Prologo: Desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas polímero-membrana de bajo consumo energético, adaptable a familias campesinas, comunidades rurales, costeras y agropecuarias. | Pag. 5-7

T.A. Lerma, V.J. Palencia

E-mail: contact@mindtech.com.co; mindtech.rg@gmail.com

Capítulo 1. Acuicultura: Conceptualización y contexto desde una perspectiva global. | Pag. 8-28

A. García-Quintero, M. Palencia, L.R. Anaya-Tatis

E-mail: contact@mindtech.com.co; mindtech.rg@gmail.com

1.1. La acuicultura: conceptos y características.
1.2. La agricultura en el contexto de la sostenibilidad.
1.3. Contexto y estado global de la acuicultura.
1.4. Cometarios finales.
Bibliografía.

Capítulo 2. Marco regional y local de la producción acuícola: Acuicultura de recursos limitados y acuicultura de micro y pequeña empresa.
| Pag. 29-49

A. García-Quintero, M. Palencia, T.A. Lerma, L.R. Anaya-Tatis, R.A. Bolaño-Vásquez

E-mail: contact@mindtech.com.co; mindtech.rg@gmail.com

2.1. Contexto de la acuicultura en América Latina y el Caribe.
2.1.1. Acuicultura de Recursos Limitados (AREL) y Acuicultura de Micro y Pequeña EMpresa (AMyPE).
2.2. Estado de la Acuicultura en Colombia.
2.3. Estado de la acuicultura en el departamento de Córdoba.
Bibliografía.

Capítulo 3. Acuicultura 4.0: Un enfoque conceptual.
| Pag. 50-63

M. Palencia, A. García-Quintero, V.J. Palencia-Luna, L.R. Anaya-Tatis, R.A. Bolaño-Vásquez

E-mail: contact@mindtech.com.co; mindtech.rg@gmail.com

3.1 El entorno de producción en la acuicultura: Descripción desde la perspectiva de sistema.
3.2 Acuicultura 4.0: Una introducción conceptual.
3.3 Ejemplo 1: Acuicultura 4.0 en la evaluación del crecimiento y determinación de la masa de los peces.
3.4 Ejemplo 2: la evaluación de la calidad del agua en acuicultura.
3.5 Comentarios finales.
Bibliografía.

Capítulo 4. Metodología: Descripción de Unidades Productivas basada en AREL.
| Pag. 64-76

M. Palencia, A. García-Quintero, N.G. Chate-Galvis, L.R. Anaya-Tatis, R.A. Bolaño-Vásquez, A.L. Villalba-Soto, T.A. Lerma, V.J. Palencia-Luna

E-mail: contact@mindtech.com.co; mindtech.rg@gmail.com

4.1. Metodología: Perspectiva general.
4.1.1. Delimitación del área de estudio.
4.2. Descripción de las unidades productivas.

4.2.1. Clasificación de acuerdo con la distribución de los productos: Test de Clasificación Rápida.
4.2.2. Caracterización dimensional global de las unidades productivas.
4.2.3. Caracterización dimensional específica de las unidades productivas.
4.2.4. Comparación de las unidades productivas.
4.2.5. Comparación de las unidades productivas con indicadores del entorno.
4.3. Adquisición de la información.
Bibliografía.

Capítulo 5. Resultados: AREL en la parte centro-norte del departamento de Córdoba (Colombia). | Pag. 77-102

M. Palencia, A. García-Quintero, N.G. Chate-Galvis, L.R. Anaya-Tatis, R.A. Bolaño-Vásquez, A.L. Villalba-Soto, T.A. Lerma, V.J. Palencia-Luna

E-mail: contact@mindtech.com.co; mindtech.rg@gmail.com

5.1. Resultados y descripción de las unidades productivas.
5.1.1. Chimá: Asociación de Agropecuarios y Pescadores de Chimá (AGROPESCH).
5.1.2. Chimá: Asociación de Productores y Pescadores del Corregimiento de Sitio Viejo (APROPES).
5.1.3. Lorica: Asociación de Pescadores y Pequeños Productores de Garavito (ASOPESGAR).
5.1.4. Purísima: Asociación de Pescadores y Agricultores Ecológicos de Purísima (APAE).
5.2 Comparación de las unidades productivas (UPs) mediante el TCR.
5.3 Comparación de las UPs mediante el análisis de fortalezas dimensionales (AFD).
5.4 Comparación de las UPs mediante el Análisis de Priorización Dimensional (APD).
5.5 Comparación de UPs mediante el Análisis de Desempeño Dimensional (ADD).
5.6 Comparación de las UPs mediante su comparación con indicadores del entorno (IE).
5.7 Conclusiones.
Bibliografía.

Sobre los autores | Pag. 103-106

Prologo.

Acuicultura en asociaciones campesinas rurales de la parte norte del departamento de Córdoba (Colombia) – Acuicultura de Recursos Limitados (AREL).

T. A. Lerma, V. J. Palencia

Resumen Proyecto: El agua es un recurso de vital importancia para todas las actividades humanas, siendo importante no sólo su cantidad sino también su calidad y disponibilidad. En la actualidad, los tres factores anteriores son fuertes indicadores de riesgos y/o de bienestar que deben tenerse en cuenta si se quiere avanzar en el desarrollo sostenible tanto económico, como ambiental y social de las comunidades. Sin embargo, el cambio climático expone nuevos escenarios que impactan las tres características anteriores debido a la ocurrencia de sequías más prolongadas y mayores pérdidas del recurso por evaporación, lo que afecta no solo al sector productivo agropecuario y turístico sino también al sector salud. Por lo anterior, tecnologías dirigidas al aseguramiento del recurso hídrico en términos de cantidad, disponibilidad y calidad son una necesidad apremiante para todas las comunidades. Todo lo anterior aumenta la relevancia del proyecto si se tiene en cuenta que el departamento de Córdoba tradicionalmente se ha caracterizado por el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias, las cuales se ven enormemente potenciadas por la disponibilidad del recurso hídrico del departamento, definido por tres cuencas hidrográficas y aproximadamente 150.000 hectáreas de ciénagas. Además, cinco municipios costeros con potencial turístico los cuales son Los Córdobas, San Antero Puerto Escondido, Moñitos, y San Bernardo del Viento.

Cite as: T.A. Lerma, V.J. Palencia. 2023. Prologo: Desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas polímero-membrana de bajo consumo energético, adaptable a familias campesinas, comunidades rurales, costeras y agropecuarias. En: M. Palencia, T.A. Lerma, V.J. Palencia. Acuicultura en asociaciones campesinas rurales de la parte norte del departamento de Córdoba (Colombia): Acuicultura de Recursos Limitados. MT-Pallantia Publisher s.a.s., Cali – Colombia, pp. 5-7. DOI: 10.34294/b.003.c0.2023.09.

A partir de estas características es fácil establecer que el departamento debe desarrollar estrategias adaptables a su realidad, que le permitan abordar la problemática de la escasez del recurso hídrico en sus comunidades, y aprovechar sus potenciales geográficos en pro de su desarrollo.

Como se mencionó anteriormente, el cambio climático ejerce una fuerte presión sobre el sector agropecuario y, en consecuencia, sobre los recursos hídricos mediante la generación de un aumento de la demanda y una disminución de la disponibilidad. Para la agricultura, esto se traduce, entre otras situaciones, en una disminución de la producción, mayor peligro de incendios forestales y erosión del suelo. En este sentido, el departamento de Córdoba, según los modelos del IDEAM, experimentará entre el 2011-2040 descensos significativos de lluvias estimados en un -35,5 % respecto a la media anual, lo que generará, en las condiciones actuales, desabastecimiento de agua para consumo humano en amplios sectores de la población urbana y rural, siendo esta última la más vulnerables al carecer de una infraestructura sólida de abastecimiento del recurso hídrico. Pero, además, se producirá déficit hídrico para las actividades agrícolas y ganaderas, dos de los ejes más importantes del departamento. Por otro lado, desde el punto de vista de salud pública, la disponibilidad de agua de calidad es un factor primordial para el desarrollo sostenible de las comunidades, estando lo anterior garantizado sólo en algunas de las ciudades principales del departamento, existiendo una alta vulnerabilidad en las zonas rurales y costeras.

En este contexto, es claro que el departamento de Córdoba posee diferentes características que lo hacen idóneo para ser seleccionado como punto importante para el desarrollo, evaluación e implementación de la tecnología de tratamiento de aguas propuesta en este proyecto, ya que esta tecnología se caracteriza por su configuración modular, de bajo costo energético y adaptabilidad a comunidades y diferentes escenarios. La solución planteada en este proyecto a los problemas anteriores es el uso eficiente del recurso hídrico, mediante la reutilización del mismo en sectores productivos ligados a este, el tratamiento de efluentes o cuerpos de agua de zonas rurales no conectados a los sistemas de distribución central municipal, el potenciamiento de la cosecha de agua, y el aprovechamiento del agua de mar. Para ello, se requiere una tecnología adaptable, modular, escalable a diferentes niveles y, sobre todo, de bajo costo energético. En este sentido, este proyecto se direcciona a la creación de sistemas autónomos de tratamiento de agua que no dependan de los sistemas convencionales de acueducto, pero que, a su vez, sean asequible a pequeños productores, y comunidades rurales dispersas. Para ello, la tecnología de membranas de retención en fase líquida asistida por polímeros, evolucionada a retención por membranas potenciada con polímeros funcionales soportados, emerge como una alternativa tecnológica viable y única en su naturaleza. Esta tecnología combina membranas de microfiltración con polímeros funcionales soportados que eliminan la carga iónica del efluente a bajas presiones de operación, siendo una estrategia diametralmente diferente a lo planteado por otras tecnologías de membrana como la ósmosis inversa que opera a muy altas presiones, o la retención en fase líquida asistida por polímeros que emplea polímeros solubles y

membranas de ultrafiltración. En particular, el punto clave tecnológico desarrollado ha sido llevar a cabo el tratamiento a un tamaño de corte de separación de iones cientos de veces mayor, posibilitando su adaptabilidad a costos muy inferiores que el de las tecnologías previas.

Este proyecto no sólo se enfoca en fortalecer ejes productivos priorizados del departamento de Córdoba, así como los beneficios inherentes sobre las comunidades, sino que posiciona al departamento en el desarrollo de este tipo de tecnología para la expansión a otros departamentos de la zona caribe, donde, en principio, las problemáticas son similares y donde el efecto del cambio climático tendrá un fuerte impacto.

Capítulo 1.

Acuicultura: Conceptualización y contexto desde una perspectiva global.

A. García-Quintero, M. Palencia, L.R. Anaya-Tatis

1.1.- La acuicultura: conceptos y características.

En primera instancia, para entender el término acuicultura, resulta esencial establecer un marco conceptual que permita circunscribirlo en diferentes contextos de interés, de este modo, las diferentes acepciones del término acuicultura pueden establecerse desde una perspectiva cultural, técnica y económica, sin que esto signifique que otras perspectivas no puedan establecerse. Así, en términos:

- *Culturales*, la acuicultura hace referencia a la serie de conocimientos y prácticas empleados para la producción controlada de especies acuáticas de origen animal y vegetal;

- *Técnicos*, la acuicultura se relaciona con la totalidad de los procesos y estrategias que se emplean para la reproducción y desarrollo de organismos acuáticos;

- *Económicos*, el concepto acuicultura hace alusión a la actividad de cultivar organismos acuáticos para la generación de alimentos, productos y materias primas que derivan en una retribución monetaria o material;

Cite as: A. García-Quintero, M. Palencia, L.R. Anaya-Tatis. 2023. Acuicultura: Conceptualización y contexto desde una perspectiva global. En: M. Palencia, T.A. Lerma, V.J. Palencia-Luna. Acuicultura en asociaciones campesinas rurales de la parte norte del departamento de Córdoba (Colombia): Acuicultura de Recursos Limitados (AREL). MT-Pallantia Publisher s.a.s., Cali - Colombia. pp. 8-28. DOI: 10.34294/b.003.c1.2023.09.

- *Ambientales*, el concepto acuicultura sugiere la obtención de especies acuáticas a través de sistemas alimentarios que no poseen la necesidad de procesos de pesca extractiva con implicaciones adversas en el ecosistema (AUNAP- FAO, 2014; DFO, 2023; OECD, 2023).

Estos son solo algunos de los marcos de referencia que pueden ser empleados al analizar la acuicultura, sin embargo, para ellos, en sentido estricto, se establece un enfoque desarticulado y una aproximación reduccionista. Tal como ocurre con la totalidad de los sistemas complejos naturales y antropogénicos, sus componentes, dimensiones (i.e., financieras, ambientales, sociales, culturales, entre otras) y dinámica se encuentran vinculados. Esta interconectividad puede ser evidenciada en mayor medida a través de la definición formal de acuicultura establecida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO):

> "*La acuicultura es la cría de organismos acuáticos, como peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. La acuicultura implica algún tipo de intervención en el proceso de cría para mejorar la producción, como la repoblación regular, la alimentación, la protección contra los depredadores, etc. La cría también implica la propiedad individual o corporativa de la población que se cultiva. A efectos estadísticos, los organismos acuáticos recolectados por una persona física o jurídica que ha sido su propietaria durante todo el periodo de cría forman parte de la acuicultura, mientras que los organismos acuáticos que pueden ser explotados por el público como recurso de propiedad común, con o sin las licencias pertinentes, forman parte de la pesca"* (FAO, 1999).

En esta definición se resaltan términos claves, relacionados con la intervención humana, y que posibilitan y/o favorecen el desarrollo de las especies acuícolas; además, se hace énfasis en el derecho de propiedad sobre los organismos que bajo estas condiciones son cultivados. A su vez, establece una diferenciación entre la acuicultura y la pesca, siendo esta última una actividad asociada con la caza de las especies acuáticas, mientras que la acuicultura implica el desarrollo de un organismo en condiciones controladas o impuestas por el ser humano. Resulta relevante mencionar la ausencia de los aspectos ambientales en la definición, tanto si se entiende por "medio de cultivo" como si se enfoca hacia la interacción del medio de cultivo con su entorno. En general, los aspectos ambientales mayoritariamente corresponden al análisis de los impactos que en el medio ambiente tienen los sistemas alimentarios acuícolas. Este enfoque

conservacionista adquiere mayor relevancia y rigurosidad posterior al establecimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas en 2015 – más de una década posterior a la definición de la FAO – (UN, 2023).

Por otra parte, en la definición de la FAO se ejemplifican algunos de los organismos que pueden ser cultivados en la acuicultura; para términos de este documento resulta de interés ampliar en mayor medida las especies que pueden ser obtenidas a través de esta actividad y, en consecuencia, es importante indicar que los organismos cultivados en los sistemas acuícolas abarcan desde entidades microscópicas como las microalgas hasta macroorganismos como crustáceos, peces y moluscos. Así pues, la única condición que debe cumplir la entidad biológica en cuestión es la de desarrollarse en un ecosistema acuático.

Por otro lado, en función de la especie cultivada, la acuicultura se puede clasificar, de manera general, en:

- *Piscicultura:* definida como el cultivo de especies ícticas que abarca la producción de organismos como los ciprínidos (carpicultura) y los salmónidos (salmonicultura);

- *Acuicultura de moluscos:* que corresponde al cultivo de especies invertebradas de tipo almeja, mejillón, pulpo, vieiras, ostras, ostiones, pulpos y caracoles;

- *Alguicultura:* comprende el cultivo de algas microscópicas como el fitoplancton y macroscópicas como la lechuga Nori; y

- *Acuicultura de crustáceos:* que comprende el cultivo de langostinos, cangrejos, centollos, langostas y camarones (i.e., camaronicultura) (FAO, 2003; SNP, 2023).

En este punto, es importante ilustrar el tamaño, en términos productivo, de la acuicultura a escala global. En la Figura 1.1 es posible observar, en función de una ventana temporal de 10 años, la distribución de la producción mundial de la acuicultura bajo una diferenciación entre especies vegetales y animales. Resulta evidente que, el cultivo de especies acuícolas presentó un crecimiento con una tendencia lineal, pero con una proporción y una tasa de cambio superior de las especies animales con respecto a las vegetales; de tal forma que, la producción de los organismos animales alcanzó una contribución superior al 69 % de la producción total para cada año. Esta

producción acuícola de tipo animal, se encuentra constituida mayoritariamente, hasta en un 90 % según datos reportados para el año 2020, por peces de aleta como la trucha, la tilapia, la carpa y el salmón (FAO, 2020; 2022). Es importante en este punto mencionar que, el término "peces de aleta", como su nombre lo indica, hace referencia a especies ictiológicas que presentan estructuras anatómicas de tipo aleta, siendo esta una característica fundamentalmente común a la gran mayoría de peces; por lo cual, bajo este contexto, el término "peces de aleta" puede ser interpretado como una generalización para referirse a los organismos cultivados en piscicultura.

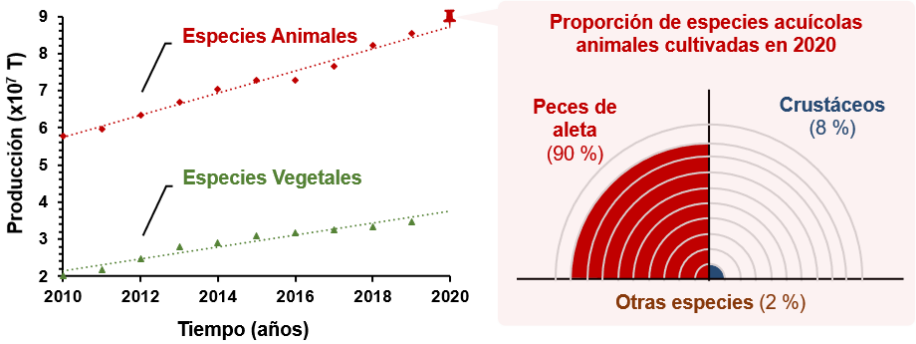

Figura 1.1. Producción global de especies acuícolas animales y vegetales en una ventana temporal de 10 años, con énfasis en la producción animal del año 2020 (*Nota: Otras especies pueden incluir animales como anfibios, tortugas, y caimanes) (fuente: elaboración propia; datos obtenidos de FAO, 2019; 2022).

Por otra parte, se evidencia que en el segundo lugar de producción de especies acuícolas animales se encuentran los crustáceos, con un valor equivalente al 8 %, i.e., 92 puntos porcentuales inferior a la piscicultura, lo que constata la trascendencia de este último sector en la producción acuícola (SNP, 2023). La prevalencia de la piscicultura sobre otras actividades acuícolas de producción animal es el resultado de un contexto multifactorial derivado de aspectos como:

a. Las características de demanda del mercado, asociadas con la valiosa composición nutricional de los tejidos ictiológicos en ácidos grasos, proteínas, vitaminas y micronutrientes;

b. Una disminución del impacto ambiental relativo y promedio de la piscicultura con respecto a otros sistemas de producción de proteína animal;

c. Un incremento gradual de la eficiencia y la conversión alimenticia de especies acuícolas como es el caso de la producción piscícola;

d. Una considerable diversidad de especies biológicas, lo que permite a los productores seleccionar un grupo de organismos que pueden ser fácilmente adaptables a las condiciones de operación disponibles y los requerimientos del mercado; obteniendo resultados adecuados y rentables de producción, asociados con la rápida conversión alimenticia de los organismos piscícolas y la reducida necesidad de operaciones tecnológicas de alto nivel (FAO, 2016; OWD, 2023).

Esta predominancia de la actividad piscícola en la acuicultura, no implica directamente que las características de los sistemas de producción de peces sean diametralmente opuestas a las empleadas para los demás cultivos acuícolas. En este sentido, y de manera general, los sistemas de cultivo acuícola abarcan una heterogeneidad de mecanismos determinados por aspectos como la densidad de la población, el grado de tecnificación, la capacidad de producción y el origen del recurso hídrico. Por lo tanto, es posible establecer una clasificación de los sistemas de producción acuícola bajo criterios como la fase del ciclo de vida, el recurso hídrico, la escala, etc.

Según la fase del ciclo de vida, como su denominación lo indica, se basa en la proporción de fases en las que se desarrolla el cultivo; de tal forma que, puede ser un cultivo integral cuando comprende la totalidad del ciclo de vida, o un cultivo parcial cuando solo algunas de las fases de este ocurren en el sistema acuícola (AUNAP-FAO, 2014; SNP, 2023). Por otro lado, **según el recurso hídrico**, se toman en consideración las condiciones y origen del recurso hídrico, de modo que, la *acuicultura de agua dulce,* o de tipo continental, es aquella que se efectúa en cuerpos de agua dulce, como lo son algunos embalses, lagunas y ríos con una salinidad inferior al 0,5 % (FAO, 2023). En contraste, la *acuicultura de tipo marítima*, o maricultura, es aquella que se efectúa en sistemas de características marinas, es decir, en sistemas abiertos directamente en el mar o cerrados con agua proveniente de este, siendo algunos ejemplos de estas prácticas los estuarios y las bahías (AUNAP-FAO, 2014). Adicional a estas dos clasificaciones en términos de la salinidad del agua, también se encuentra la *acuicultura en aguas salobres*, que es aquella desarrollada en sistemas con agua que presenta una salinidad entre el 0,5 y el 20 %, lo que puede ser resultante de un ecosistema estuarino, el cual surge en entornos donde tiene lugar una combinación entre agua dulce y de mar. Nótese que esta clasificación no considera el origen en sentido estricto, sino su distribución. Otros orígenes pueden ser el resultado

de operaciones extractivas, por ejemplo, agua subterránea obtenida mediante pozos profundos.

En la Figura 1.2 es posible evidenciar, en una ventana temporal de 10 años, las tendencias de producción acuícola global en sistemas continentales, marítimos y de agua salada. En este gráfico se observa la prevalencia de la acuicultura marina por sobre los sistemas de agua dulce y, notoriamente, sobre la acuicultura de agua salobre, la cual se encuentra en una proporción inferior a la quinta parte de la maricultura.

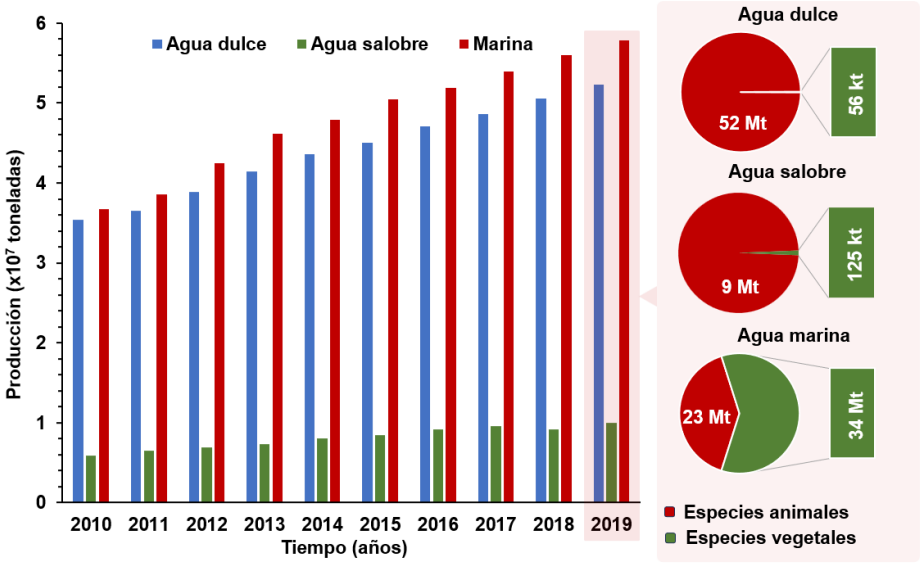

Figura 1.2. Producción acuícola global en sistemas de agua dulce, salobre y marina, con énfasis en la producción de especies animales y vegetales en el año 2019 (fuente: elaboración propia; datos obtenidos de FAO, 2019).

Además, los tres tipos de acuicultura presentan una tendencia creciente directamente proporcional con los años, consistente con el crecimiento expuesto en la producción de especies acuícolas animales y vegetales. En el caso específico del año 2019, los datos reflejan que, a pesar de que la maricultura presenta la mayor producción acuícola (~ 57 millones de toneladas), la producción de especies acuícolas animales se encuentra predominantemente en los sistemas continentales (~ 52 millones de toneladas). Asumiendo un comportamiento constante y consistente con las observaciones previas (prevalencia de la producción de peces con aletas en la acuicultura), la mayor proporción de esta producción animal debe

corresponder a actividad piscícola, donde los datos para el año 2018 establecen que la acuicultura continental permitió la obtención de 47 millones de toneladas de peces, constituyendo el 87 % de la producción piscícola total (FAO 2019; 2022).

Según la escala de producción, la acuicultura se clasifica respecto a la capacidad de producción de los sistemas acuícolas de personas naturales y jurídicas. Cuando la capacidad de producción permite la obtención de una cantidad notable de toneladas y el desarrollo de actividades comerciales, incluso de tipo internacional, el sistema se clasifica como de *acuicultura de gran escala*. Así, cuando la acuicultura posee una influencia notoria en el ámbito de los mercados acuícolas globales, puede constituirse como un sistema de producción a escala multinacional. De manera general, si la producción acuícola permite suplir un sector del consumo local y regional, e incluso nacional, el sistema se puede clasificar como *acuicultura de mediana escala*. Mientras que, la *acuicultura de pequeña escala* está orientada a suplir un sector local a través de una producción reducida, en ocasiones con recursos limitados y mano de obra familiar o vecinal; cuando esta producción únicamente permite el consumo del acuicultor y personas vinculadas a él, se considera que se está frente a un sistema de subsistencia (en el Capítulo 2 se realiza una descripción y profundización sobre la acuicultura de pequeña escala y la acuicultura de recursos limitados, por lo que no se ahondará en estos aspectos en el presente capítulo) (FAO, 1976; FAO, 2013; 2020).

Según la tecnificación y nivel de asistencia técnica, cuando la acuicultura se caracteriza por la reproducción en liberta de los organismos acuáticos, no se realizan operaciones y actividades de gestión de este recurso biótico, y se considera que se efectúa una actividad de *repoblamiento*. En su lugar, si el sistema productivo presenta alguna clase de operación, de acondicionamiento y mantenimiento, mas no de alimentación, es decir, el alimento de los organismos proviene de la cadena alimenticia propia del ecosistema y/o del proceso de fertilización inicial, se considera que es un *sistema extensivo* de producción. En estos, las características habituales de producción se basan en escasas operaciones tecnológicas, una proporción de organismos por volumen relativamente pequeña, que suele encontrarse entre un individuo por cada uno o dos metros cúbicos – en el caso de los peces –, un nulo monitoreo de parámetros fisicoquímicos, y un recambio de agua reducido. En particular, este recambio solo ocurre de forma natural a través de fenómenos hidrobiológicos y/o meteorológicos.

Por otro lado, cuando al sistema se suman operaciones de alimentación para suplir la nutrición natural del ecosistema, este se considera ya de tipo *semiextensivo*. Además, si a este, se adicionan operaciones más complejas de acondicionamiento, se incluye la aireación, el recambio (superior al 5 % diario) y el monitoreo de los parámetros de calidad fisicoquímica de las aguas, se da lugar a una *producción semiintensiva*, en este escenario, es posible incrementar la densidad poblacional en hasta 10 individuos por metro cúbico (caso piscícola). Finalmente, cuando el valor previo aumenta, el recambio se incrementa hasta en tres veces por hora y la alimentación se suministra únicamente por vía externa, se considera que el sistema es un sistema de *producción intensiva* (AUNAP-FAO, 2014; SNP, 2023).

La clasificación anterior emerge como resultado de las diferencias en rendimientos. Por ejemplo, estadísticas sobre granjas acuícolas en Dinamarca evidencian un incremento porcentual en la producción de trucha arcoíris en un 90 % al comparar una granja de bajo grado de recirculación con una de nivel medio; a su vez, al comparar la producción de trucha de mar de bajo grado a alto grado de recirculación, el porcentaje se incrementa hasta en un 38 %. En consecuencia, los valores que ponen de manifiesto los drásticos cambios en la producción en función del nivel de tecnificación y asistencia de cultivos de especies equivalentes (Ministerio de Ambiente y Alimentos de Dinamarca, 2021).

Esta diversidad de sistemas de producción, aunada a variaciones en los patrones de demanda, la diversificación en el consumo y la alimentación, el reconocimiento de los productos acuícolas como fuentes nutricionales de alta calidad en términos proteicos y vitamínicos, sumado a un incremento exponencial de la población y, por ende, en los potenciales consumidores de productos acuícolas; así como los diversos patrones de desarrollo económico, han permitido que el consumo global de los productos de la acuicultura presente una tasa anual de crecimiento promedio cercana al 3.0 % (entre 1961 y 2019). Es así que, para el año 2022, la producción acuícola alcanzó un valor de 20,2 kg per cápita, la cual se espera que se incremente hasta 21,4 kg para el año 2030. En ese mismo sentido, se ha evidenciado un crecimiento exponencial de la producción acuícola desde el año 1960, donde la producción era de aproximadamente dos millones de toneladas; posteriormente, para el año 2015, la producción alcanzó 106 millones de toneladas, lo que significa un incremento de aproximadamente el 5000 %, y en consecuencia, la acuicultura es en la actualidad uno de los sectores de producción de alimentos de mayor crecimiento (ver Figura 1.3A) (FAO, 2022; OWD, 2023; SNP, 2023).

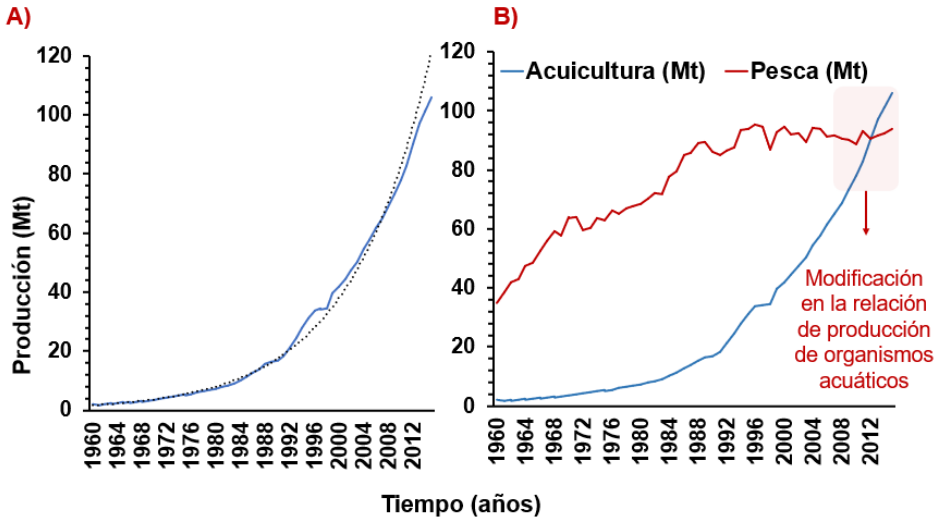

Figura 1.3. A) Producción acuícola global entre los años 1960 a 2015. B) Comparación entre la producción acuícola y la pesca en una ventana temporal de 55 años (fuente: elaboración propia; datos obtenidos de OWD, 2023).

Por otra parte, la Figura 1.3B permite observar que las actividades de pesca han oscilado en torno a un valor medio desde 1994, posterior al cual la producción acuícola y la pesca presentaron un valor equivalente cerca al año 2012, año a partir del cual se generó un cambio en la predominancia de la forma en la que se obtienen los alimentos de origen acuático o, en otras palabras, en términos de generación de alimento, la acuicultura predomina sobre las actividades de pesca, desde el año 2012. Este patrón de comportamiento productivo se encuentra asociado con factores como la disminución en las poblaciones de peces silvestres, derivada principalmente de situaciones como la sobreexplotación. En este escenario, la acuicultura emerge como una actividad acorde con la generación de productos de elevado valor nutricional y sistemas alimentarios más sostenibles, además, ofrece una alta rentabilidad y la capacidad de convertir en productivos terrenos poco apropiados para actividades agrícolas y agropecuarias. En general, la acuicultura es una actividad reconocida, a nivel global, como apropiada para la construcción y desarrollo de sistemas alimentarios sostenibles, que permite avanzar en la seguridad alimentaria y en el alcance de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Además, es un sector de producción estable y no diferencial de alimentos en calidad y cantidad (lo que se relaciona con el ODS 14 – Meta 14.4) (UN, 2023).

1.2.- La acuicultura en el contexto de la sostenibilidad.

Previamente se mencionó que la acuicultura es *una de las actividades productivas más reconocidas por su potencialidad para la obtención de alimentos de manera más sostenibles*. Esta afirmación que, resulta bastante sugestiva, lleva a un creciente interés gubernamental, empresarial y de la comunidad por conocer, abordar y disminuir las problemáticas asociadas con los procesos de contaminación, los sistemas de producción insostenibles y el calentamiento global, entre otros fenómenos acaecidos a nivel mundial. En concordancia con ese interés, se puede afirmar que resulta perentorio analizar de manera objetiva esta afirmación; para ello, en primera instancia debe ahondarse en un marco conceptual que permita lograr este objetivo; así, ante todo, el primer término que requiere una conceptualización que posibilite su delimitación es "*sostenibilidad*". Esta es definida por la Comisión Brundtland de las Naciones Unidas como:

> "*La capacidad de satisfacer las necesidades de las poblaciones humanas actuales sin comprometer la facultad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades"* (UN, 2023).

Cuando el término sostenibilidad se emplea en el contexto de la producción alimentaria, se hace alusión a que los sistemas alimentarios deben, idealmente, generar cantidades estables de alimentos de calidad con un acceso no diferencial a las poblaciones humanas (i.e., seguridad alimentaria), a través de prácticas, métodos y procesos sostenibles en cada uno de los subsistemas que componen la cadena productiva; la cual incluye todos los aspectos relacionados con la producción del alimento, su transporte y distribución, y la disposición final de las sustancias remanentes posterior a su consumo (Béné et al., 2019). Este contexto pone de manifiesto la multiplicidad de aspectos que deben ser considerados para realizar un análisis de la sostenibilidad de un sistema productivo alimentario. En ese sentido, uno de los enfoques más prácticos consiste en descomponer el sistema a través de los criterios que constituyen la sostenibilidad: aspectos ambientales, económicos y sociales. Siendo relevante destacar que no existe en la actualidad un modelo unificado y universal, sino que se cuenta con diferentes planteamientos basados en parámetros cualitativos, semicuantitativos y/o cuantitativos que emplean diversos criterios económicos, ambientales, sociales y culturales dependientes de condiciones espaciales y temporales (PennState, 2023).

Entre los diferentes modelos existentes para llevar a cabo un análisis de sostenibilidad que simultáneamente aborde las dimensiones financieras,

sociales y ambientales, se encuentra el círculo de sostenibilidad, el cual es un método que emplea criterios económicos, ambientales, políticos y culturales para estudiar la sostenibilidad holística de un sistema (CoS, 2023). Como punto a destacar, aunque esta estrategia es habitualmente empleada para estudiar asentamientos humanos, e.g., las ciudades, los dominios y subdominios que constituyen posibilitan el análisis, y por tanto su adaptación, a proyectos, intervenciones, prácticas, entre otros (ver Tabla 1).

Tabla 1. Dominios y subdominios del método de análisis del círculo de sostenibilidad (adaptado de CoS, 2023).

Dominio	Subdominio	Aspectos
ECONÓMICO	Producción y recursos.	Los recursos físicos y humanos, las prácticas de fabricación y cosecha, el diseño y la innovación.
	Cambio y transferencia.	Los bienes y servicios, las finanzas y los impuestos, el comercio y el turismo.
	Contabilidad y regulación.	La transparencia, la equidad, el trabajo, la propiedad, los impuestos, los bienes y servicios.
	Consumo y uso.	El uso y reutilización, los alimentos y bienes, los servicios públicos, los combustibles, la promoción y la difusión.
	Trabajo y bienestar.	La atención, la seguridad, la salud, la capacidad productiva, la participación y la equidad, la vocación, los medios de vida y de trabajo.
	Tecnología e infraestructura.	La educación y capacitación, las comunicaciones y la información, las edificaciones, el transporte y la medicina.
	Riqueza y distribución.	La equidad y la inclusión, la vivienda y la subsistencia, los salarios, los ingresos y los patrimonios.
CULTURAL	Identidad y compromiso.	La etnicidad y el idioma, aspectos religiosos y de afinidad, la pertenencia a la comunidad, y la diversidad.
	Creatividad y recreación.	El diseño, la innovación, las celebraciones, la estética, y el ocio.
	Memoria y proyección.	Las costumbres, la historia, el patrimonio, la herencia y la autenticidad.

	Creencias e ideas.	Las ideologías, los imaginarios, el conocimiento, los rituales, y las pasiones.
	Género y generaciones.	La tasa de natalidad y mortalidad, la igualdad, y los estadios de la vida.
	Investigación y aprendizaje.	La investigación, la alfabetización, la enseñanza, el debate, y la reflexión.
	Bienestar y salud.	La salud mental y física, la inclusión, la integridad, la corporalidad, y el cuidado.
POLÍTICO	Organización y gobernanza.	El liderazgo, la administración, la autonomía y la soberanía, la transparencia, y la planificación.
	Ley y justicia.	El civismo, los derechos, las normas, la equidad, las penas, y los deberes.
	Comunicación y crítica.	La accesibilidad, la privacidad, el derecho a opinar, el disentimiento y la protesta.
	Representación y negociación.	La democracia, la participación, el acceso, la legitimación, y la defensa.
	Seguridad y acuerdo.	Las garantías y la seguridad en diferentes esferas.
	Diálogo y reconciliación.	La veracidad, el debido proceso, y la redención.
	Ética y responsabilidad.	Los protocolos, la prescripción, la integridad, y los principios.
AMBIENTAL	Materiales y energía.	La disponibilidad y uso de combustibles, el suelo, las estrategias de reciclaje y renovabilidad.
	Agua y aire.	La calidad del aire, la calidad y disponibilidad del agua, las condiciones climáticas, las estrategias de adaptación y mitigación de efectos ambientales.
	Flora y fauna.	La biodiversidad en fauna y flora y los animales domésticos.
	Hábitat y asentamientos.	El uso del suelo, las viviendas, el hábitat, la vegetación, y la modernización.
	Forma de construcción y transporte.	Las características del transporte masivo y motorizado, los senderos, y las vías de acceso.
	Sustento.	Las condiciones de nutrición, la demografía, el estado de salud y la fuente de alimentación.
	Emisiones y residuos.	La contaminación, la producción de residuos, el saneamiento y el alcantarillado, el procesamiento, el reciclaje y la reutilización.

En el caso particular de los sistemas de producción acuícola, los componentes basados en los criterios del círculo de sostenibilidad pueden adaptarse de forma cualitativa e ilustrativa de la siguiente manera:

- *Dominio económico:* se encuentra orientada en el análisis del sistema acuícola a través de los recursos humanos (personas involucradas/beneficiadas directa o indirectamente) relacionados con la producción de los alimentos acuícolas; el acceso y costo de los recursos naturales y servicios requeridos, así como el tipo de prácticas, métodos, equipos y sistemas tecnológicos disponibles/necesarios para llevar a cabo la actividad; la infraestructura, los medios de transporte y los costos de su manutención; indicadores de operación, ingresos y egresos de la totalidad de las etapas de producción y distribución de los organismos acuícolas.

- *Dominio cultural:* se direcciona hacia el análisis de la sostenibilidad a partir del estudio de las relaciones humanas de pertenencia, las costumbres y prácticas artesanales y tecnificadas de naturaleza acuícola; la disposición y capacidad de modernización de la producción; los parámetros y formación educativa de las personas vinculadas al proceso; la distribución de la población en género y edad que participa como recurso humano.

- *Dominio político:* se relaciona con la aplicación de conocimientos contables, administrativos y de gestión de recursos; formulación y planificación de la producción y los proyectos; apoyos gubernamentales o empresariales; conocimiento del marco legal que rige la actividad acuícola en función de la localización de la producción; distribución y acceso de la producción acuícola en la población.

- *Dominio ambiental:* engloba la evaluación de las características de producción del cultivo en términos del empleo y gestión de los recursos materiales, la energía, el agua, y el suelo; las estrategias de manejo de depredadores; el impacto de las etapas de la producción en las condiciones ecosistémicas de flora y fauna; la generación de contaminación; el impacto del transporte asociado a las etapas de cultivo y comercialización de las especies; el origen de los alimentos empleados para el crecimiento y desarrollo de los organismos del cultivo (aceites provenientes de peces, harina vegetal y/o animal); la emisión y gestión de los residuos del proceso acuícola, así como la aplicación de los protocolos de riesgo biológico (ante la contaminación y la transmisión de enfermedades).

De las descripciones de las dimensiones de sostenibilidad y de los tipos de producción acuícola (Sección 1.1.), resulta notorio que los resultados de un análisis de la sostenibilidad económica, ambiental y social de la acuicultura son dependientes de las características particulares del sistema de producción específico que se seleccione y de la ponderación relativa que se asigne, de la selección de indicadores y criterios, y del sistema de referencia y comparación elegido para su análisis. A manera de ejemplo, en el caso del análisis de la dimensión ambiental, se suelen emplear indicadores de impacto que relacionan el uso de la tierra y del agua, la emisión de gases de efecto invernadero y la liberación de sustancias con capacidad eutrofizantes al ecosistema. Los valores medios de estos indicadores se encuentran reportados y son de acceso libre en el caso de la producción de peces en la acuicultura; estos datos permiten notar las dimensiones de los impactos ambientales seleccionados, mas no definir si el proceso es sostenible, debido a que, ninguna actividad posee un impacto medioambiental nulo, razón por la cual se requiere de un sistema de referencia para otorgar una cualificación. Dicho sistema de referencia puede corresponder a una actividad análoga de producción de las mismas especies, el mismo sistema de producción en una temporalidad diferente, o sistemas de producción que guarden una correlación entre el producto generado. En este caso, se ha seleccionado como sistema de referencia la obtención de 1 kg de producto alimenticio de tipo proteico animal, considerando carnes de cordero y carnero, de cerdo, de res y de ave.

En la Figura 1.4. se evidencia la proporción relativa de los impactos ambientales según la producción de la proteína específica. En este gráfico se observa que, si se emplea como criterio el uso de la tierra, la actividad piscícola emerge como la actividad más sostenible, debido a que se requiere de una menor dimensión espacial para obtener una cantidad de proteína equivalente. Sin embargo, la misma actividad presenta valores intermedios en la emisión de gases de efecto invernadero y sustancias eutrofizantes, en el uso de agua ponderado por escasez, y el valor más alto en la extracción de agua dulce, lo que sugiere que la actividad es menos sostenible que, por ejemplo, la producción de carne de ave. No obstante, debe considerarse que el valor promedio de las estadísticas globales no permite abordar la variabilidad entre las especies acuícolas (peces, moluscos, crustáceos, algas, entre otros), las condiciones del sistema de producción (de subsistencia, intensivo, semiintensivo o extensivo), las prácticas (manejo de recursos naturales y recuperación de insumos) y las características geopolíticas y sociales; razón por la cual, los resultados proveen una aproximación al panorama general de la sostenibilidad de la actividad (bajo esos criterios), pero no constituyen una regla general para cada sistema de producción.

En consonancia con lo anterior, estas apreciaciones corresponden a evaluaciones basadas en el contexto seleccionado, de tal forma que, por ejemplo, la comparación de los impactos de la actividad piscícola con la pesca seguramente establecerá que la primera es más sostenible ambientalmente en cada criterio; y si a este aspecto se suman la dimensión social y económica, las conclusiones pueden modificarse. En síntesis, un sistema de producción acuícola no es por definición un sistema agroalimentario sostenible, debido a que esta conclusión dependerá del criterio de comparación y de la evaluación de las condiciones ambientales, sociales y económicas particulares de cada caso.

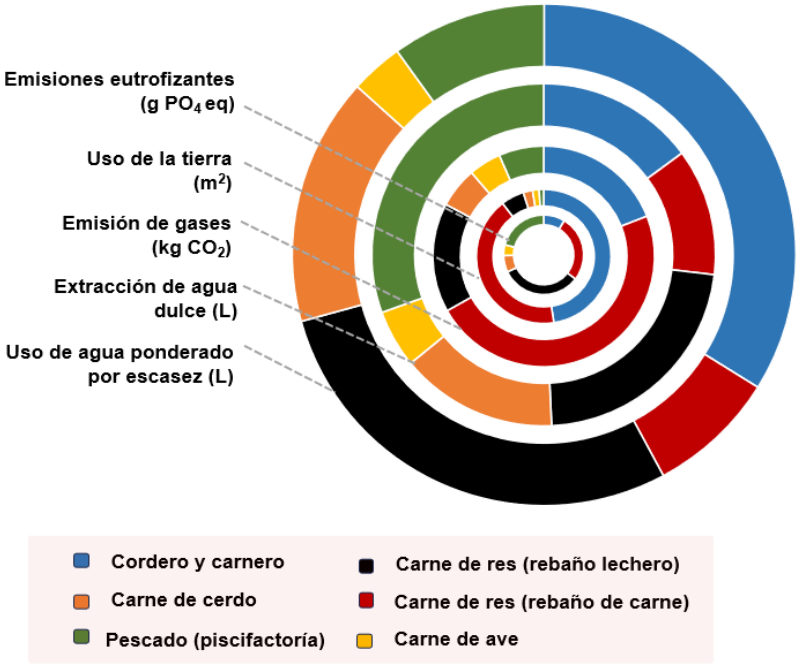

Figura 1.4. Relación de proporción entre los impactos ambientales de la obtención de 1 kg de producto alimenticio de tipo proteico animal (datos del año 2020) (fuente: elaboración propia; datos obtenidos de OWD, 2023).

En este ámbito en particular, múltiples iniciativas gubernamentales, empresariales y ciudadanas se enfocan en la optimización de los sistemas alimentarios de tipo acuícola empleando las dimensiones de la sostenibilidad como criterio rector. Entre estas, es de resaltar el programa estratégico de Transformación Azul de la FAO para la ventana temporal 2022

– 2031, el cual se orienta hacia incrementar la producción acuícola en cantidad, calidad y eficiencia empleando cuatro directrices:

a) "Aumentar el desarrollo y la adopción de prácticas acuícolas sostenibles;

b) Integrar la acuicultura en las estrategias de desarrollo y las políticas alimentarias en los ámbitos nacional, regional y mundial;

c) Ampliar e intensificar la producción acuícola para que satisfaga la creciente demanda de alimentos acuáticos y fomente los medios de vida inclusivos, y

d) Mejorar a todos los niveles las capacidades que permitan desarrollar y adoptar tecnologías y prácticas de ordenación innovadoras para una industria acuícola más eficiente y resiliente" (FAO, 2022).

Es decir, el desarrollo de sistemas alimentarios acuícolas debe ser tal que, permitan avanzar en el alcance de la seguridad alimentaria, a través de prácticas sostenibles en el ámbito medioambiental, social y económico, y que a su vez se circunscriban en el marco de estándares, políticas y regulaciones para el sector acuícola global, y sea fomentado por la transferencia de conocimientos y tecnologías.

1.3.- Contexto y estado global de la acuicultura.

El consumo de productos acuáticos a nivel mundial ha experimentado un crecimiento, no homogéneo, en las últimas décadas; desde un promedio de 9,9 kg/persona en 1960 a 16,4 kg/persona para 2005, lo que ha permitido que para el año 2020, este tipo de productos representen el 17 % de la proteína animal consumida a nivel global. Los países con un mayor consumo per cápita por año, para el 2020, de alimentos acuáticos se encuentran distribuidos en los continentes asiático, europeo y oceánico; específicamente, Maldivas es el mayor consumidor con un valor de 87,3 kg de alimentos acuícolas, seguido por Islandia (84,3 kg). Los elevados valores de estos países contrastan con los datos de consumo de países como Afganistán (0,36 kg) y Etiopía (0,53 kg) (FAO, 2022).

Estos datos reflejan un comportamiento promedio de los ciudadanos del país; sin embargo, se limitan en la descripción de la realidad particular de diversos grupos poblacionales, a causa de que el consumo de estos alimentos en un mismo país es dependiente de las preferencias de los consumidores, la disponibilidad de los productos y su precio, e incluso, en algunos casos, de

las estaciones o la localización específica (rural o urbana). Por ejemplo, en algunos países que se encuentran en desarrollo, proteínas acuáticas como el pescado representan fuentes más asequibles y económicas; siendo el caso de Ghana, Camboya y Sierra Leona, en los cuales los alimentos acuáticos constituyen aproximadamente la mitad del consumo en proteína animal. Estas dinámicas de consumo aunadas a factores expuestos previamente, como el crecimiento mundial y las preferencias en los requerimientos nutricionales, promueven el aumento de la producción acuícola mundial, que alcanzó un valor de 88 Mt de productos animales, y 35,1 Mt de organismos vegetales en el año 2020, los que representaron un valor monetario superior a 281 millones de dólares (FAO, 2022).

A nivel global, la producción acuícola se encuentra fundamentalmente dominada por la región de Asia Oriental y el pacífico, que alcanza una producción cercana a los 100 Mt (datos del año 2020) (ver Figura 1.5), siendo las siguientes regiones en capacidad de producción las correspondientes a Europa y Asia central, América Latina y el Caribe con una generación de organismos acuícolas inferior en aproximadamente 96 toneladas respecto a Asia Central y el Pacífico; es decir, una producción de 3,8 Mt para el año 2020.

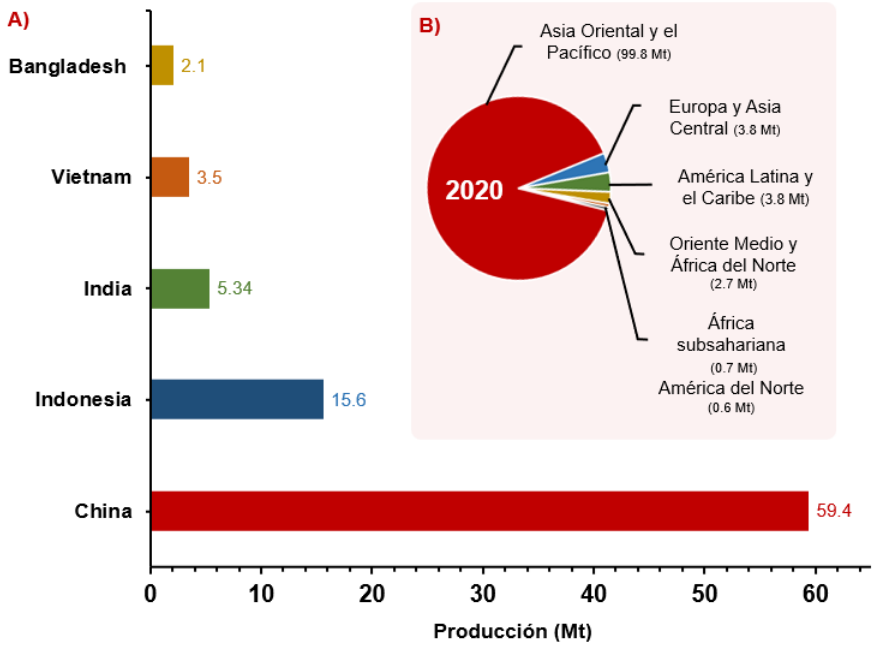

Figura 1.5. A) Países de mayor producción acuícola en el año 2020; B) Distribución de la producción mundial acuícola del año 2020 (fuente: elaboración propia; datos obtenidos de OWD, 2023).

En términos porcentuales, Asia es el mayor productor y genera alrededor de un 88 % de la producción total; en contraste, África corresponde al menor productor y provee alrededor del 2 % global de los organismos cultivados en acuicultura. Específicamente, en este mismo marco temporal y a nivel de país, China fue el mayor productor de organismos acuícolas a nivel mundial, aportando alrededor de 60 Mt, seguido por Indonesia, que presentó una producción de 15,6 Mt (OWD, 2023).

Por lo que se refiere a la generación de puestos de trabajo directos, en el marco de la acuicultura, esta ha presentado una tendencia creciente, de tal forma que en 1995 había 7,88 millones de personas que participaban de actividades piscícolas, y para el año 2018, la piscicultura constituía el empleo de 20,53 millones de seres humanos, donde más del 95 % se encontraba en el continente asiático (19,62 millones), valor consecuente con el hecho de que Asia es el mayor productor de especies acuícolas. En contraste, África, el continente con menor producción acuícola, ocupa el segundo lugar en la generación de empleos, siendo la piscicultura la actividad laboral de 5,41 millones de personas; seguido por el continente americano (2,84 millones), Europa (129000 personas) y, por último, Oceanía (12000 personas) (OWD, 2023). De tal forma que, esta síntesis del contexto global evidencia que la acuicultura es un sector de una elevada proyección y gran relevancia en diferentes esferas, como la alimentaria, y en consonancia con ello, contribuye a la economía, mediante el estímulo de la producción y el comercio.

1.4.- Comentarios finales.

La proporción de sistemas alimentarios de producción acuícola se encuentra en continuo crecimiento a nivel global, de tal forma que se espera que aumente en un 14 % para el año 2030; en consecuencia, la relevancia de esta actividad en el suministro de alimentos de elevado valor nutricional a las poblaciones humanas ha ido en incremento, siendo considerado un sistema de vital importancia en el contexto de la seguridad y la sostenibilidad alimentaria, debido a su eficiencia y gestión de recursos. Bajo este contexto, la acuicultura se enfrenta, a su vez, a diversos desafíos para garantizar e incrementar su sostenibilidad ambiental, económica y social, debido a que su crecimiento debe encontrarse en consonancia con un bajo impacto en la salud planetaria, una contribución al desarrollo económico y la equidad social, así como un cumplimiento de los requisitos (cada vez más rigurosos) en torno a la calidad, la trazabilidad, la inocuidad, y la cadena de producción, almacenamiento y transporte. Aspectos que requieren de un trabajo mancomunado entre los diferentes actores y subsistemas de la cadena

acuícola, es decir, desde el ámbito gubernamental, el sector empresarial, hasta la sociedad civil.

Agradecimientos.

Los autores agradecen a Mindtech s.a.s., la Universidad del Valle, y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por los recursos suministrados en el marco del proyecto Desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas polímero-membrana de bajo consumo energético, adaptable a familias campesinas, comunidades rurales, costeras y agropecuarias - Proyecto BPIN 2020000100261.

Bibliografía.

AUNAP-FAO. **2014**. Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia – PlaNDAS, pp. 86.

Béné C., Oosterveer P., Lamotte L., Brouwer I.D., de Haan S., Prager S.D., Talsma E.F., Khoury C.K. **2019**. When food systems meet sustainability – Current narratives and implications for actions. World Development, 113, 116-130. DOI: 10.1016/j.worlddev.2018.08.011.

CoS. **2023**. Círculo de Sostenibilidad. www.circlesofsustainability.com

DFO. **2023.** Fisheries and Oceans Canada. www.dfo-mpo.gc.ca

FAO. **1976**. ADCP/REP/76/3 - Planificación de la Acuicultura en América Latina. www.fao.org/3/x5823s/X5823s00.htm

FAO. **1999**. Consultation on the application of Article 9 of the FAO code of conduct for responsible fisheries in the Mediterranean region: Synthesis of the National Reports (TEMP/RER/908/MUL). www.fao.org/3/X2410E/x2410e00.htm

FAO. **2003**. Revisión del Estado Mundial de la Acuicultura, FAO Circular de Pesca N° 886, Rev. 2. FAO, Roma, pp. 58.

FAO. **2016**. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura - 2016. Contribución a la Seguridad Alimentaria y la Nutrición para Todos, FAO, Roma, pp. 226.

FAO. **2019**. Estadísticas de Pesca y Acuicultura – 2019. FAO Statistics, Roma, pp. 110.

FAO. **2020**. El estado mundial de la pesca y la acuicultura - 2020. La sostenibilidad en acción. FAO, Roma, pp. 243. DOI: 10.4060/ca9229es.

FAO. **2022**. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. FAO, Roma, pp. 288. DOI: 10.4060/cc0461es.

FAO. **2023**. Groupe de travail chargé de coordonner les statistiques des pêches (CWP). www.fao.org/cwp-on-fishery-statistics/background/fr/

OECD. **2023**. Producción acuícola. https://data.oecd.org

OWD. **2023**. Fish and Overfishing. https://ourworldindata.org

PennState. **2023**. Technologies for Sustainability Systems. https://www.psu.edu

SNP. **2023**. Sociedad Nacional de Pesquería. https://www.snp.org.pe

Ministerio de ambiente y alimentos de Dinamarca. **2021**. Statistics on Aquaculture in Denmark, 2021. https://fiskeristatistik.fiskeristyrelsen.dk

UN. **2023**. Sustainability. https://www.un.org

Capítulo 2.

Marco regional y local de la producción acuícola: Acuicultura de recursos limitados y acuicultura de micro y pequeña empresa.

A. García-Quintero, M. Palencia, T.A. Lerma
L.R. Anaya-Tatis, R.A. Bolaño-Vásquez

2.1.- Contexto de la acuicultura en América Latina y el Caribe.

La denominación "América Latina y el Caribe" corresponde a una clasificación geográfica que comprende los países de América Central, México, las islas del Caribe y América del Sur, los cuales en conjunto son equivalentes al 14 % de la superficie terrestre, además, están asociados con el hogar de aproximadamente el 8,3 % de la población humana (con respecto a datos reportados para el año 2022). En el ámbito acuícola, la producción de especies acuáticas en la región de América Latina y el Caribe ha exhibido un comportamiento semejante al promedio global, en términos de una tendencia lineal creciente para los años 2000 a 2015, tal como se puede apreciar en la Figura 2.1A; donde a pesar de este escenario, se observan fluctuaciones a partir del año 2010, que evidencian algunos periodos de decrecimiento y estados aparentemente estacionarios en la producción (Wurmann, 2019; CEPAL, 2022; OWD, 2023).

Cite as: A. García-Quintero, M. Palencia, T.A. Lerma, L.R. Anaya-Tatis, R.A. Bolaño-Vásquez. 2023. Marco Regional y Local de la Producción Acuícola: Acuicultura de Recursos Limitados (AREL) y Acuicultura de Micro y Pequeña Empresa (AMyPE). En: M. Palencia, T.A. Lerma, V.J. Palencia-Luna. Acuicultura en asociaciones campesinas rurales de la parte norte del departamento de Córdoba (Colombia): Acuicultura de Recursos Limitados (AREL). MT-Pallantia Publisher s.a.s., Cali – Colombia, pp. 29-49. DOI: 10.34294/b.003.c2.2023.09.

En contraste con la tendencia global, en América Latina y el Caribe la obtención de especies acuáticas proviene predominantemente de la pesca (observar Figura 2.1B), de tal forma que, para el año 2018 las actividades pesqueras representaron un 82,4 % en la obtención de especies acuáticas. A pesar de la relevancia de la pesca en la región, los datos evidencian que, la actividad pesquera alcanzó su culmen en el año 1994 con una producción de 24,1 Mt, a partir de la cual ha experimentado un comportamiento fluctuante, pero con una tendencia decreciente; de tal manera que, para el año 2018 la producción disminuyó en aproximadamente 9,4 Mt. Comportamiento que se debe a una amplia diversidad de factores económicos, sociales, productivos y culturales, entre los que se considera con un mayor impacto la sobreexplotación de peces pequeños de zonas pelágicas y oceánicas, como es el caso del atún y la sardina; lo que ha derivado en un fomento y favorecimiento de las actividades de producción acuícola (FAO, 2023; OWD, 2023; Wurmann, 2019; WWF, 2021).

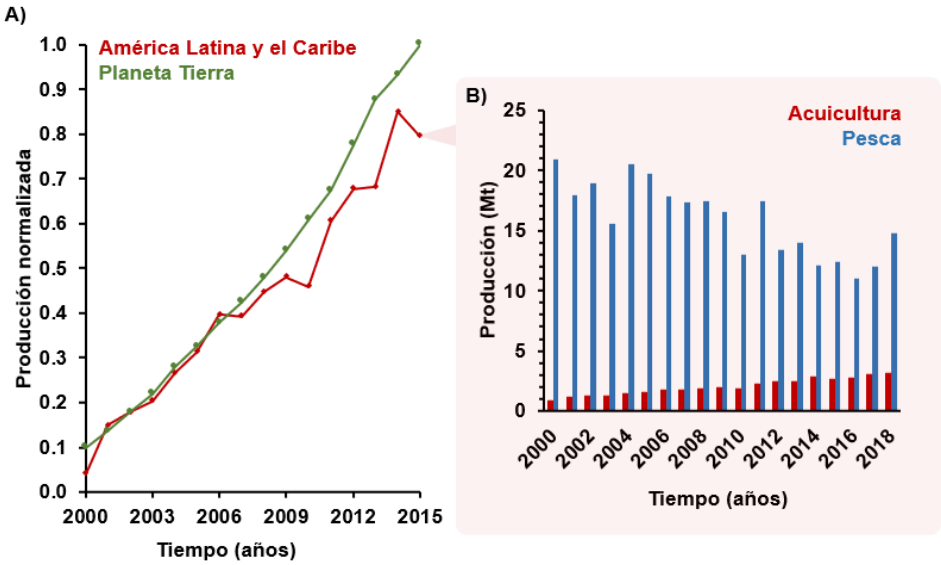

Figura 2.1. A) Tendencia de la producción acuícola global y de la región de América Latina y el Caribe. B) Producción acuícola y pesquera de América Latina y el Caribe en la ventana temporal 2000 – 2018 (fuente: elaboración propia; datos provenientes de OWD, 2023).

Bajo este escenario, el aumento de las actividades de la acuicultura no solo ha impactado el aspecto productivo y ambiental, sino que ha generado

efectos sociales y económicos asociados con la proporción de seres humanos de la región que han encontrado en esta práctica una ocupación laboral y fuente de ingresos. En consecuencia, la proporción de acuicultores en la región de Latinoamérica y el Caribe se ha incrementado en más de 179 mil personas en la ventana entre los años 1990 y 2010. Este suceso se ha reflejado particularmente en las características y capacidades acuícolas del territorio de Suramérica, lo que le permitió aportar a la producción total de América Latina y el Caribe más del 85 % en el año 2017, con una predominancia de los cultivos marinos sobre los continentales. Esta tendencia de primacía de la región que ha permanecido invariante para el año 2018, siendo los países de mayor producción en América Latina y el Caribe, Chile (1,29 Mt), Brasil (0,58 Mt), y Ecuador (0,58 Mt) con una producción notoriamente superior a países como Trinidad y Tobago (7,45 t), Surinam (72,4 t) y Guyana (306,8 t) (ver Figura 2.2) (FAO, 2014; Wurmann, 2019; OWD, 2023).

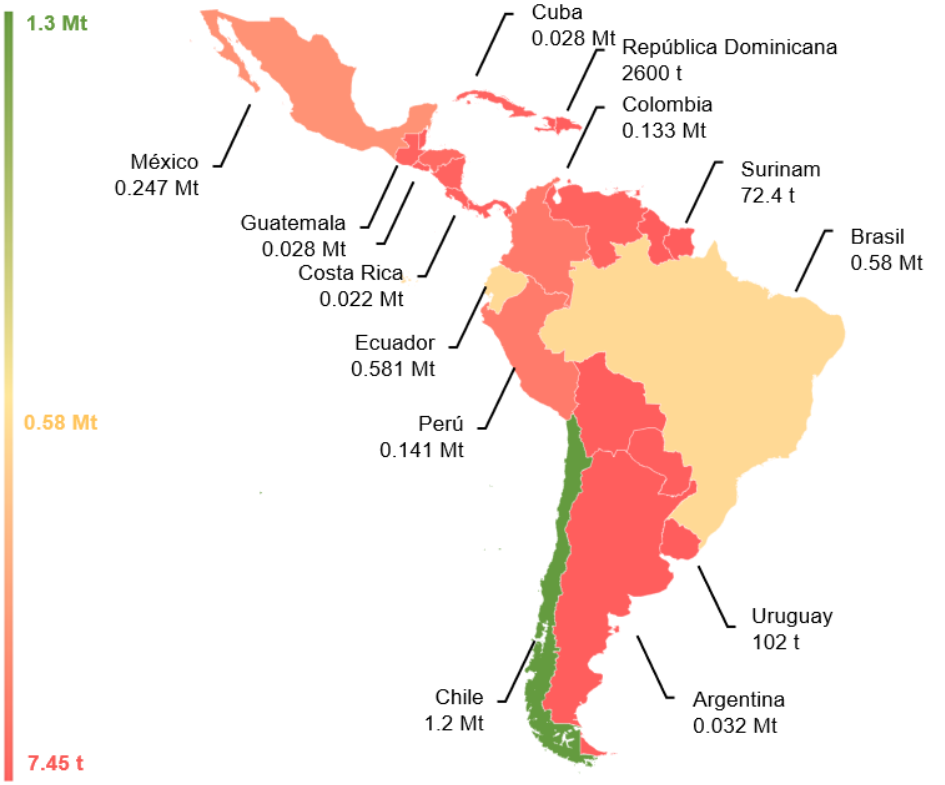

Figura 2.2. Producción acuícola de los países de América Latina y el Caribe para el año 2018 (fuente: elaboración propia; datos provenientes de OWD, 2023).

Los datos evidencian una asimetría en la producción másica de especies acuícolas en los países que componen la región de América Latina y el Caribe, estas discrepancias no solo atañen a la proporción de organismos cultivados, sino que se relacionan con dinámicas de mercado resultantes de la disparidad geográfica con la que ha evolucionado el sector acuícola. De manera que, por ejemplo, Chile posee una amplia proporción de empresas de gran escala enfocadas hacia la exportación, mientras que, la producción en México se orienta mayoritariamente a un mercado interno. Es notorio que esta comparación emplea como marco de referencia un panorama amplio basado en las estadísticas de un sistema tan extenso y heterogéneo como es un país. Esta diversidad compete también a los sistemas de producción acuícola, en tal sentido, en Latinoamérica y el Caribe se encuentran tanto productores intensivos tecnificados y con grandes hectáreas, que emplean personal cualificado para desarrollar la salmonicultura y la camaronicultura con fines comerciales, así como estructuras de producción basadas en estanques de reducida dimensión, que emplean una fuerza laboral de tipo familiar o vecinal con fines de autoconsumo. Si bien esta heterogeneidad en las unidades de producción de acuicultura (UPAs) es innegable, en el caso de América Latina y el Caribe, gran parte de la acuicultura continental y marina se desarrolla en sistemas de pequeña escala en el marco de la economía de subsistencia. A modo ejemplificante, una investigación efectuada en el año 2005 evidenció que las UPAs de naturaleza familiar/comunitaria de tipo rural representaban aproximadamente el 85 % de los productores de América Latina y el Caribe (Rodríguez y Flores, 2013b; FAO, 2014; Wurmann, 2019).

En este punto resulta relevante enfatizar que las estadísticas, proyecciones y estimaciones de las UPAs están condicionadas por las características de la recolección de los datos. Siendo algunas de las condiciones más restrictivas: el desarrollo de UPAs en zonas geográficas de acceso limitado que no son asequibles para su caracterización; las restricciones en el financiamiento de los programas/entidades pertinentes para estudiar y calificar los sistemas de producción (lo que a su vez puede relacionarse con la priorización estatal); así como los diferentes marcos normativos y conceptuales que buscan definir las características de los productores acuícolas, especialmente los de reducida escala, en función de la dimensión material, la ubicación geográfica, el volumen de producción, el margen neto de ganancias y/o la naturaleza de la fuerza laboral implicada en las UPAs. Siendo este último factor, uno de los que pueden ser abordados con un enfoque más directo e inmediato a través de la definición oficial y universal de las UPAs, especialmente para los sistemas de producción de pequeña escala; labor que inició formalmente a principios del siglo XXI a

través de la conceptualización de la Acuicultura de Recursos Limitados (AREL) y la Acuicultura de Micro y Pequeña Empresa (AMyPE) (Rodríguez y Flores, 2013b).

2.1.1. Acuicultura de Recursos Limitados (AREL) y Acuicultura de Micro y Pequeña Empresa (AMyPE).

Para el año 2010, se definió que los productores acuícolas de escala reducida se clasificaran en función de sus características en dos categorías, las cuales son Acuicultura de Recursos Limitados conocida como AREL, y Acuicultura de Micro y Pequeña Empresa denominadas conjuntamente como AMyPE. Siendo la definición formal de estas clasificaciones las siguientes:

> *"AREL corresponde a la actividad que se practica sobre la base de autoempleo; sea de forma exclusiva o complementaria, en condiciones de carencia de uno o más recursos que impiden su autosostenibilidad productiva y la cobertura de la canasta básica familiar en la región que se desarrolle";*

y

> *"AMyPE es la acuicultura practicada con orientación comercial, que genera empleo remunerado, tiene algún nivel de tecnificación y no supera los límites definidos para las Micro y Pequeñas empresas de cada país"* (AUNAP, 2019).

Con base en este marco conceptual se establece que tanto la AREL como la AMyPE presentan limitaciones en cuanto a los recursos de los cuales disponen. Mientras la AREL condiciona, en el nivel más fundamental, su actividad por recursos de tipo natural, de la cadena productiva, administrativo y comercial, de ingresos y egresos, la AMyPE suele poseer limitaciones a un nivel "superior" (es decir, se presupone que varias de las restricciones de la AREL han sido cubiertas o reducidas notablemente), por lo tanto, estas se encuentran relacionadas, principalmente, con aspectos logísticos y de la cadena de suministro, la eficiencia en la administración, la rentabilidad de la producción, el cumplimiento de condiciones de calidad e inocuidad, la implementación de herramientas tecnológicas, e inclusión financiera. A pesar de estas diferencias, las UPAs clasificadas como AREL y AMyPE suelen presentar aspectos y desafíos en común relacionados con:

a) La naturaleza de los sistemas de producción, la cual suele contar con una superficie relativamente pequeña (situada en un área que puede ser propia, alquilada, o administrada por organizaciones como juntas de acción comunal), en la que se realiza el cultivo de las especies acuáticas a través de estanques o jaulas flotantes, que disponen o no de facultad para contar con tecnologías como sistemas o estrategias de bombeo, aireación o recambio;

b) Las características de la fuerza laboral, donde suele predominar el desarrollo de las labores a través de mano de obra de tipo familiar y/o comunitaria, que puede o no ser remunerada financiera o materialmente;

c) Aspectos económicos que limitan la capacidad para la adquisición de las semillas acuícolas, así como los insumos de fertilización y nutrición (que pueden incluso superar el 80 % de los costos de la producción), y la inclusión en el sistema financiero;

d) Déficit en el conocimiento y aplicación de conceptos de administración, gestión, contabilidad y formulación de proyectos de inversión e intervención;

e) Condiciones de mercado poco favorables derivadas de UPAs industrializadas o de escala superior que presentan ventajas comparativas y competitivas superiores;

f) Una producción reducida, que podría deberse a la calidad y cantidad en la obtención de las semillas de los organismos acuícolas, y estar representada en un limitado número de cosechas por año o en una tasa de conversión alimenticia reducida (que posiblemente se deba al uso de dietas alternativas poco apropiadas, condiciones de estrés elevadas, e incluso, a procesos de contaminación química, física y/o microbiológica), lo que favorece las prácticas de cosecha parcial y disminuye la productividad de la UPA;

g) Particularidades del manejo del producto acuícola, donde puede o no existir un "protocolo" relacionado con el procesamiento y conservación, a un nivel fundamental, previo al consumo o a la comercialización en el área de la cosecha o a través de un intermediario (Merino et al., 2013; Rodríguez y Flores, 2013b).

La totalidad de estos factores condiciona la sostenibilidad económica, social y ambiental de las AREL y AMyPE, de tal manera que, se obstaculiza la evolución de la actividad productiva, manteniéndose en un estado estacionario o, en su defecto, en un declive que conlleva al abandono de la producción; y, por ende, la generación de impactos negativos a nivel socioeconómico y cultural. Este panorama no solo se presenta en las actividades de tipo acuícola, sino que comparte gran parte de sus características sustanciales con los sistemas de producción de Agricultura familiar. Los cuales han sido descritos y analizados previamente en el "Estudio del uso del agua en asociaciones campesinas rurales de la parte norte del departamento de Córdoba (Colombia) – Agricultura familiar" (Palencia et al., 2023).

Es importante destacar que, en aras de proveer un panorama generalizado y simplificado, – es decir, mencionar características comunes y frecuentes, sin el objetivo de perpetuar estereotipos ni fortalecer prejuicios –, de las similitudes esenciales que comparten los sistemas productivos de tipo Agricultura Familiar, con respecto a los de naturaleza AREL y AMyPE, no se pormenorizará en las diferentes aproximaciones conceptuales, marcos normativos y las implicaciones de estos. Es de notar que los sistemas productivos de pequeña escala de tipo Agricultura Familiar, AREL y AMyPE mayoritariamente se desarrollan en sistemas agroalimentarios, con un área reducida que se sitúa en zonas de acceso limitado, empleando para ello prácticas de naturaleza artesanal y tradicional, con una baja tecnificación en la totalidad de procesos de las unidades productivas, una fuerza laboral derivada de personas (principalmente familiares, aunque también puede provenir de vecinos, miembros de la comunidad y/o empleados temporales) pertenecientes a zonas rurales, que cuentan con una limitada educación formal y que poseen una carga familiar considerable. Además, estos sistemas se caracterizan por una producción reducida, que en parte se destina al autoconsumo, lo que deriva en un restringido ingreso y, por ende, una reducida inversión de capital. Lo anterior es completamente lógico si se tiene en cuenta que el capital disponible se emplea prioritariamente en la satisfacción de necesidades básicas, siendo traducido en una descapitalización del sistema productivo y el subsecuente detrimento de su rendimiento (Rodríguez y Flores, 2013b; Palencia et al., 2023).

En consecuencia, la Agricultura Familiar y las UPAs de AREL y AMyPE proveen alimentos e ingresos para los habitantes de la zona, e inclusive puede encontrarse de manera simultánea en un mismo sistema una producción acuícola y agrícola, incluso como sistemas interrelacionados o de economía mixta. En razón de lo anterior, por ejemplo, una proporción de la

biomasa vegetal se emplea como fuente nutricional de especies piscícolas, cuya agua de producción, con la presencia de materia orgánica e iones inorgánicos, se utiliza como agua de riego enriquecida para los cultivos (Rodríguez y Flores, 2013b; Palencia et al., 2023).

Habiendo establecido un marco conceptual sobre la producción de tipo AREL y AMyPE, es apropiado proveer una referencia contextual en el ámbito de América Latina y el Caribe. Según información proveniente de estimaciones, fuentes primarias y secundarias, para el año 2011, en la región se contaba con más de 103000 productores clasificados como AREL y AMyPE. Siendo la proporción de sistemas productivos AREL notoriamente superior en la mayoría de los países de la zona, de hasta un valor superior al 90 % como ocurre en Paraguay y Colombia, y con excepción de Brasil (inferior al 25 %) (ver Figura 2.3) (Rodríguez y Flores, 2013a, b).

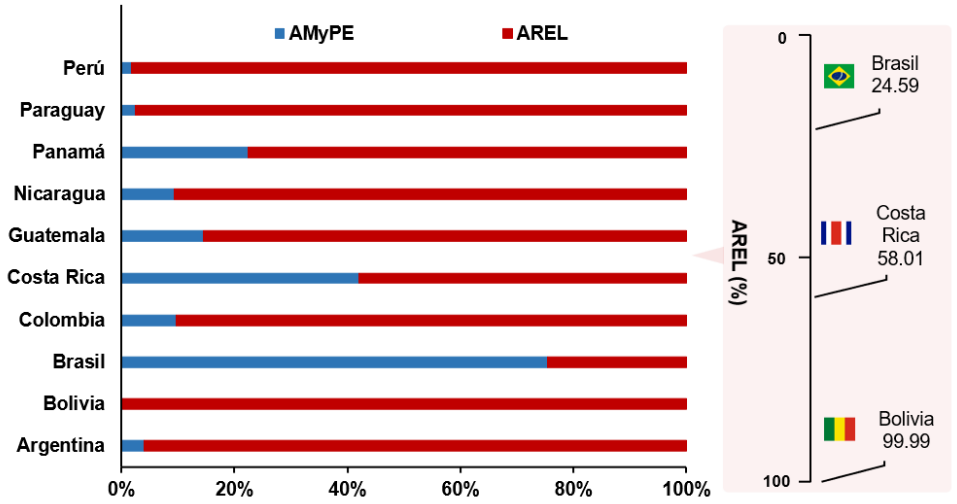

Figura 2.3. Proporción estimada de producción de AREL y AMyPE en algunos países de la región de América Latina y el Caribe para el año 2011 (fuente: elaboración propia; datos provenientes de Rodríguez y Flores, 2013a).

Por otra parte, para el mismo año (2011), se estimó que los productores tipo AREL desarrollaban, en una proporción superior al 97 %, la acuicultura como una actividad complementaria de otros sistemas agroalimentarios. A su vez, la producción se concentraba mayoritariamente en acuicultura de tipo continental (exceptuando países como Chile donde prima la maricultura), con una proporción piscícola cercana al 80 %, de acuicultura de moluscos del 15 %, y de crustáceos del 5 %. En el caso específico de la

piscicultura, la mayor proporción de especies se centralizaba en la generación de tilapia roja (*Oreochromis spp.*), trucha arcoíris (*Onchorynchus mykiss*) y carpa (*Cyprinus carpio*). Sin embargo, en países como Ecuador, Brasil y Colombia el cultivo de especies nativas, como la cachama negra (*Colossoma macropomum*), presenta una relevancia notable. A pesar de que, no se cuenta públicamente con estadísticas más actuales sobre la producción AREL y AMyPE en América Latina y el Caribe, por la naturaleza relativamente invariante de evolución y progreso de la acuicultura a pequeña escala, resulta intuitivo que, desde el momento del estudio a la actualidad, se hayan generado nuevos productores tipo AREL; sin embargo, se presume que la proporción entre los emprendimientos AMyPE y AREL continúa siendo predominante para estos últimos. Tal como ocurre en el caso de Colombia, donde para el año 2021, la proporción de UPAs de subsistencia (un segmento de la producción tipo AREL) constituía, según estimaciones, el 92 % de los sistemas acuícolas analizados en los departamentos de Córdoba, Tolima y Huila (FAO, 2014; Roca-Lanao et al., 2022; Rodríguez y Flores, 2013b).

2.2.- Estado de la Acuicultura en Colombia.

Colombia es un país de gran riqueza hidrográfica al contar con diversos ecosistemas acuáticos marinos, estuarinos, salobres y de agua dulce; resaltando entre las características más relevantes, que, a nivel nacional, se estima que el territorio presenta un valor superior a 3000 km de zonas costeras que comprenden el océano Atlántico y el Pacífico, y 20 millones de ecosistemas acuáticos, como canales, embalses y lagos. Aunado a esta hidrografía, la nación presenta una amplia variedad de pisos térmicos (siendo los más predominantes, cálido, templado, y frío) relativamente estables, brindando condiciones apropiadas para el desarrollo de las actividades acuícolas. Entre los años 1985 y 2012, este sector de la economía presentó un crecimiento aproximado del 13 % anual (FAO, 2016; OCDE, 2016; Minagricultura, 2021), por lo que para el año 2020, la acuicultura fue una fuente de trabajo directa e indirecta, con un valor superior a los 53000 y 161000 empleos, respectivamente; representando un 3,3 % del Producto Interno Bruto del país; y reportando una producción acuícola cercana a las 0.18 Mt, estando la mayor proporción asociada a la piscicultura continental, con una producción másica superior a las 0,17 Mt, constituida primordialmente por las especies tilapia (58 %), cachama (19 %) y trucha (16 %). Gran parte de esta producción piscícola se destina a los consumidores nacionales, con una proporción inferior destinada a la exportación hacia países como Francia, España, Corea del Sur, Estados Unidos y Ecuador; que para el año 2020, fueron cerca de 34 mil toneladas,

que representaron ventas internacionales superior a los 90 millones de dólares (FAO, 2016; ICA, 2023; Minagricultura, 2021; OCDE, 2016).

En cuestión de los núcleos de producción acuícola, se reconoce que los principales centros de camaronicultura se encuentran en Bolívar (86 %) y Nariño (14 %), mientras que la producción piscícola se concentra en el Huila (46 %) y el Meta (13 %), con un aporte considerable (5 %) por parte de los departamentos de Tolima, Antioquia, Boyacá y Cundinamarca (ver Figura 2.4). La notoria asimetría en la producción másica de estos centros acuícolas, con respecto a los demás departamentos, se relaciona no solo con la capacidad de cosecha de las especies, sino también con las características y cuantía de las UPAs (ver Figura 2.5). Así, los principales centros de producción cuentan con estructuras empresariales sólidas y de alta producción, mientras que, los demás departamentos suelen caracterizarse por la presencia mayoritaria de UPAs de pequeña escala (AUNAP-FAO, 2014; Minagricultura, 2021).

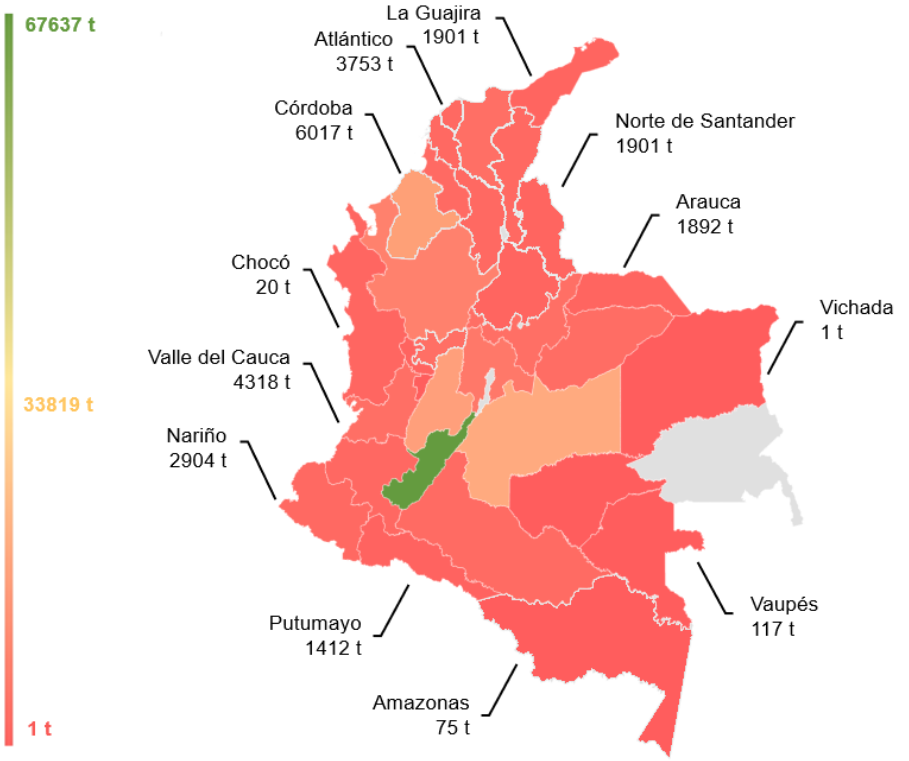

Figura 2.4. Producción piscícola departamental de Colombia para el año 2020. Nota: las zonas de tonalidad gris hacen alusión a zonas territoriales de las que no se provee información (fuente: elaboración propia; datos del Minagricultura, 2021).

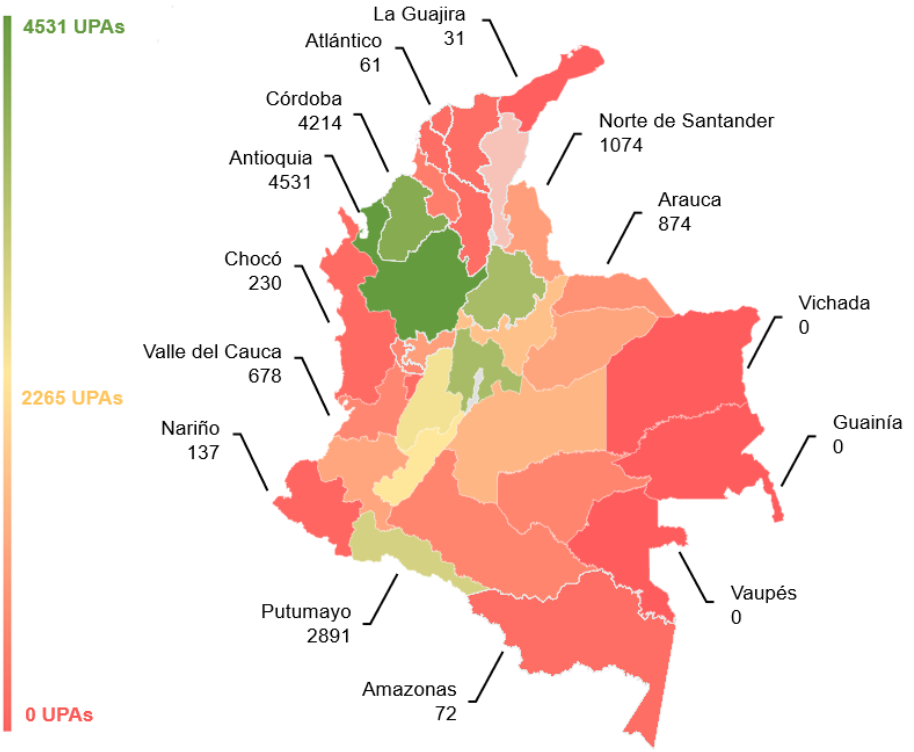

Figura 2.5. Cuantía de UPAs departamentales en el año 2019. Nota: las zonas de tonalidad gris hacen alusión a zonas territoriales de las que no se provee información (fuente: elaboración propia; datos provenientes de Minagricultura, 2021).

En ese sentido, resulta relevante destacar que a nivel nacional la clasificación de los productores acuícolas colombianos ha experimentado una evolución continua hasta la adaptación de los términos AREL y AMyPE en el contexto nacional (ver Tabla 2.1). Definiendo a los productores acuícolas, a través de la Resolución 1607 de 2019 de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), como productores de subsistencia, pequeños, medianos y grandes; donde los sistemas AREL y AMyPE corresponden a sistemas productivos pequeños (entre 10,1 a 22 ton/año, entre 0,65 a 1,5 ha de espejo de agua, y activos totales o patrimonio inferior a 284 SMMLV) y de subsistencia (hasta 10 ton/año, menos de 0,65 ha de espejo de agua, y activos totales o patrimonio menor a 284 SMMLV) (AUNAP, 2019).

De manera más específica, los productores acuícolas de la nación también pueden ser analizados a través de dos enfoques canónicos. El primero de ellos es la *Acuicultura industrial*, la cual comprende a los grandes y medianos productores. Este tipo de acuicultura en Colombia, se refiere a las personas naturales o jurídicas que presentan un sistema de producción e infraestructura tecnificado, que es de alta rentabilidad, desarrollado a través de acuicultura intensiva, e incluso hiperintensiva, que tiene como fin la comercialización de las especies en mercados locales, regionales, nacionales e incluso internacionales. Siendo las especies más cultivadas a través de la acuicultura industrial, los camarones en los departamentos de Atlántico, Córdoba, Bolívar, Sucre y La Guajira; en el caso de las especies piscícolas, la producción se concentra en organismos como la Tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) y roja (*Oreochromis* sp.), la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y la cachama negra (*Colossoma macropomun*) en los principales centros de producción nacional (Huila, Meta y Antioquia) (AUNAP-FAO, 2014, 2016; Parrado, 2012).

Tabla 2.1. Evolución de la definición de los sistemas de producción acuícola en Colombia (AUNAP, 2019).

Productor	Características Principales
	Ley 16 de 1990
Pequeño	"*Persona natural que posea activos totales no superiores a los doscientos ochenta y cuatro SMMLV (…) Deberá demostrarse que estos activos, conjuntamente con los del cónyuge o compañero permanente, no exceden de ese valor (…)*".
	Manual de Servicios del Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro)
Pequeño	""*Es toda persona natural (…) que sus activos totales no superen el equivalente a 284 SMMLV, incluidos los del cónyuge o compañero permanente (…) Que por lo menos el 75 % de sus activos estén invertidos en el sector agropecuario o que no menos de las dos terceras partes (2/3) de sus ingresos provengan de la actividad agropecuaria (…) También se consideran como pequeños productores las personas jurídicas (…) siempre y cuando todos sus miembros clasifiquen individualmente como pequeños productores*".
Mediano	"*Es toda persona natural o jurídica no comprendida en la anterior clasificación [se refiere a pequeño productor y mujer rural de bajos ingresos], cuyos activos totales (…) sean inferiores o iguales a 5000 SMMLV (…) También entran en esta clasificación las personas jurídicas que, de acuerdo con sus*

	activos se clasifiquen en mediano productor, y que cuenten con la participación de pequeños productores en al menos el 20 %, ya sea del capital accionario de la sociedad o en el número de socios".
Gran	"*Es toda persona natural o jurídica cuyos activos totales (…) sean superiores a 5.000 SMMLV (…) También entran en esta clasificación las personas jurídicas que de acuerdo con sus activos se clasifiquen en grandes productores, y que cuenten con la participación de pequeños productores en al menos el 20 %, ya sea del capital accionario de la sociedad o en el número de socios*".
Resolución 1352 de 2016 de la AUNAP	
Pequeño	"*Los acuicultores que realizan la actividad de forma exclusiva o complementaria en diferentes niveles de producción, emplean fertilización y suministran productos de la finca o alimento concentrado específico para peces (…) El destino de los productos va dirigido hacia el autoconsumo o la comercialización (…) Producen hasta 22 toneladas por año y sus activos totales no superan el equivalente a 284 SMMLV (…) También se consideran como Pequeños Acuicultores las personas jurídicas (…) siempre y cuando todos sus miembros clasifiquen individualmente como Pequeños Acuicultores*".
Resolución 1607 de 2019 de la AUNAP	
De subsistencia	"*Son los acuicultores cuya base laboral es la mano de obra familiar, que suelen contar con producciones agropecuarias adicionales a la acuicultura, que en cierta medida suplementan la alimentación de sus peces con productos de la granja y que el destino de sus productos va dirigido hacia el autoconsumo o a la comercialización enfocada a cubrir el conjunto de los medios necesarios para su sustento y el de su grupo familiar (…) Quienes producen menos de 10 toneladas por año, utilizan un espejo de agua de menos de 0,65 ha y sus activos totales no superan el equivalente a 284 SMMLV (…) Dentro de esta clasificación se encuentran incluidos los AREL. También se consideran acuicultores de subsistencia las personas jurídicas siempre y cuando todos sus miembros clasifiquen individualmente como acuicultores de subsistencia*".
Pequeño	"*Son los acuicultores que realizan la actividad de forma exclusiva o complementaria en diferentes niveles de producción, emplean fertilización y suministran productos de la finca o alimento concentrado específico para peces (…) El destino de los productos va dirigido hacia el autoconsumo o a*

	la comercialización (…) Quienes producen entre 10 y 22 toneladas por año, utilizan un espejo de agua de menos de 1,5 ha y sus activos totales no superan el equivalente a 284 SMMLV (…) Dentro de esta clasificación se encuentran incluidos los AREL y AMyPE. También se consideran Pequeños Acuicultores las personas jurídicas, siempre y cuando todos sus miembros clasifiquen individualmente como Pequeños Acuicultores".
Mediano	"*Son los acuicultores que producen entre 22,1 y 240 toneladas por año o sus activos totales sean inferiores o iguales a 5000 SMMLV (…) Utilizan un espejo de agua de entre 1,51 a 15 ha*".
Gran	"*Son los acuicultores que producen más de 240 toneladas por año o sus activos totales sean superiores a 5000 SMMLV (…) Utilizan un espejo de agua mayor o igual a 15 ha*".

Por lo que se refiere al segundo enfoque, este es la *Acuicultura artesanal*, que abarca a los productores pequeños y de subsistencia. Bajo este tipo de sistemas productivos, las UPAs colombianas se caracterizan por presentar una baja tecnificación y áreas de producción reducidas, en las que se realizan procesos acuícolas extensivos o semiintensivos, que dan lugar a una cantidad reducida de productos (mayoritariamente variedades de tilapia, bocachico y cachama), los cuales son empleados para fines de autoconsumo y/o comercialización a nivel local y/o regional. Para el año 2014, cerca de 30 mil productores desarrollaban su cultivo en sistemas tipo AREL y AMyPE. A pesar de que no se encuentran disponibles estadísticas oficiales para años cercanos, este escenario de prevalencia de los sistemas tipo AREL y AMyPE puede ser evidenciado indirectamente con datos más actuales a través de la totalidad de unidades productivas acuícolas nacionales, donde de las 36268 UPAs, únicamente 16 están certificadas con El Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control; 32, con estándares de calidad BAP y 7, para exportar a la Unión Europea. De estas últimas, más de la mitad se ubican en los centros de producción acuícola colombianos (Huila y Cundinamarca). Escenario que sugiere que una elevada proporción de las UPAs colombianas, para el año 2021, se encontraban en el espectro de producción de tipo AREL y AMyPE (AGROSAVIA, 2013; AUNAP-FAO, 2014; FAO, 2016; Minagricultura, 2021; Parrado, 2012).

Aunque los datos y estadísticas se encuentran limitados por las características geográficas, productivas y socioeconómicas de las UPAs AREL y AMyPE, lo que conlleva a una subestimación de su media poblacional, se han efectuado estimaciones que buscan vislumbrar las proporciones en las cuales se encuentra cada tipo de sistema productivo. En este orden de ideas,

en el año 2011 se realizó una estimación de la proporción de sistemas AMyPE y AREL en los departamentos de Colombia (ver Figura 2.6). Los resultados de esta estimación evidenciaron que, en cada departamento analizado la proporción de sistemas AREL era superior a la AMyPE. Evidenciando, incluso, la ausencia de estas últimas en departamentos como Chocó, Magdalena, Santander y Vaupés. Esta ausencia de sistemas AMyPE en estos departamentos, no implica que no exista comercialización de sus productos; debido a que, habitualmente se suele suponer que la distribución de la producción de las UPAs tipo AREL tiende a priorizar el autoabastecimiento; sin embargo, el diagnóstico de los sistemas de AREL en Colombia, realizado en el año 2011, estableció que aproximadamente el 89 % de estas UPAs destina entre el 60 y el 100 % de su producción a actividades de comercialización en mercados locales (Parrado, 2012; AGROSAVIA, 2013; AUNAP-FAO, 2014; FAO, 2016).

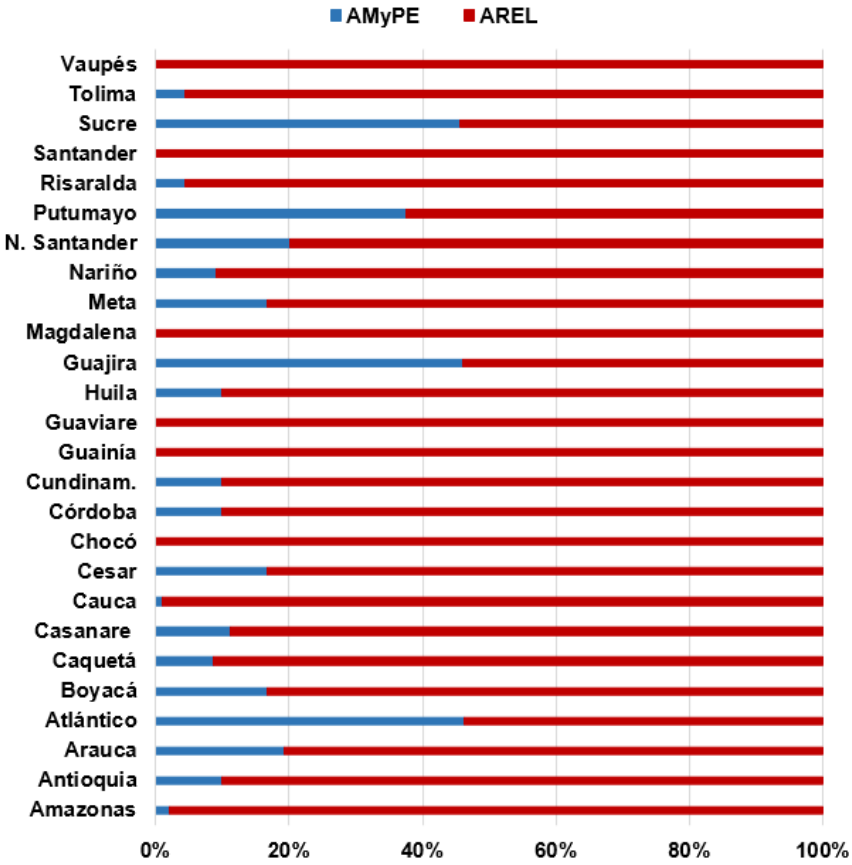

Figura 2.6. Estimación de la proporción entre AMyPE y AREL departamental (año 2011) (fuente: elaboración propia; datos obtenidos de Colombia Productiva, 2014).

La prevalencia de los sistemas AREL en la producción nacional es un escenario que evidencia la necesidad de fortalecimiento de las UPAs, lo cual permita avanzar en su consolidación y fortalecimiento, generando un mayor bienestar económico, social, cultural y ambiental de las personas implicadas en la cadena de la acuicultura. Bajo este contexto, resulta de interés socializar y promover buenas prácticas acuícolas, basadas en consideraciones ambientales y de inocuidad. Lo cual se refleja en las demandas territoriales de la acuicultura y la pesca, enmarcadas en la agenda nacional de I+D+i y orientadas hacia el manejo de la cosecha, poscosecha y transformación (45); el manejo del sistema productivo (35); el manejo ambiental y la sostenibilidad (32); el fortalecimiento de las capacidades técnicas y funcionales (31); la socioeconomía, el mercadeo y el desarrollo empresarial (23); el manejo sanitario y fitosanitario (23) (Zambrano, 2022).

2.3. Estado de la acuicultura en el departamento de Córdoba.

El departamento de Córdoba se encuentra situado en la costa norte de Colombia, abarcando aproximadamente el 2 % de la extensión superficial del país, es decir, un área correspondiente a 23980 km^2. Gran parte del territorio de Córdoba está constituido por las cuencas de los ríos Sinú y San Jorge. A su vez, el departamento cuenta con un sistema hidrográfico notable, el cual posee cuerpos de agua como lagunas, embalses, y ríos, así como zonas costeras; siendo los aspectos más notables de su hidrografía, la presencia de más de 1220 km de longitud de ríos y 110000 ha de superficie de ciénagas (Gobernación de Córdoba, 2015, 2023; Minagricultura, 2021).

Condiciones que, en conjunto con las características climáticas cálidas del departamento, han permitido el desarrollo y diversidad de los sistemas productivos acuícolas en la región, de tal forma que se cultivan peces de agua dulce como la tilapia, y especies marinas como el camarón, especialmente, organismos de tipo *Litopenaeus vannamei*. Este contexto ha permitido que la producción acuícola en el departamento, se encuentre en continuo crecimiento; a modo de ilustración, la producción piscícola departamental exhibió un comportamiento exponencial creciente entre los años 2015 a 2020 (ver Figura 2.7A). Constituyéndose, así como el sexto productor a nivel nacional, siendo los primeros cinco en orden descendente: Huila, Meta, Tolima, Antioquia y Cundinamarca; y alcanzando una producción superior a 5500 toneladas para el año 2019. Producción másica que fue generada por las 4214 UPAs que se encontraban en el departamento para este marco temporal, siendo Córdoba el segundo departamento con mayor número de sistemas productivos acuícolas, después de Antioquia (4531) (Gobernación de Córdoba, 2015, 2023; Minagricultura, 2021).

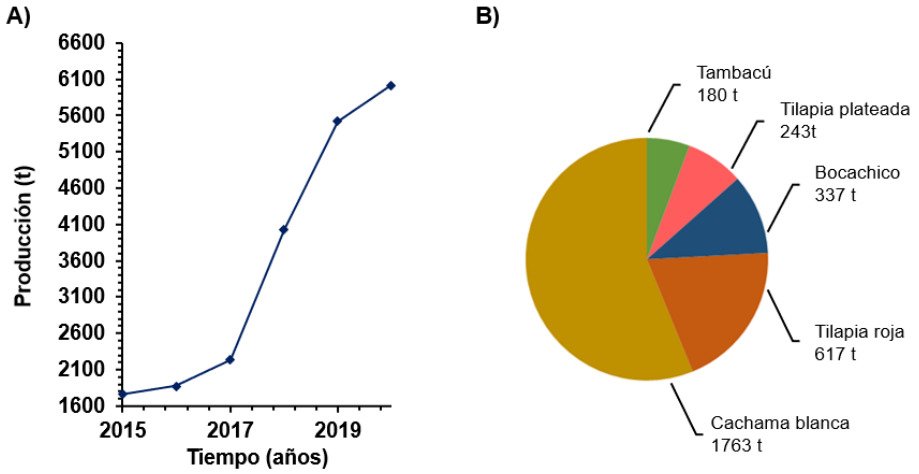

Figura 2.7. A) Producción piscícola del departamento de Córdoba en los años 2015 a 2020. B) Estimación de la proporción de especies piscícolas cultivas en el departamento de Córdoba para el año 2021 (fuente: elaboración propia; datos del Minagricultura, 2021; Roca-Lanao et al., 2022).

En contraste, en el año 2021 se estableció, a través de las UPAs inventariadas en la Encuesta Estructural realizada por el Sistema del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC) y las inscritas en la AUNAP, un marco referencial de 2372 UPAs en el departamento de Córdoba. Estas unidades de producción fueron clasificadas en función de los criterios establecidos en la resolución 1607 de 2019 de la AUNAP (ver Tabla 2.1), lo que permitió definir que un 36,0 % correspondía a UPAs de subsistencia, 5,6 % a UPAs pequeñas, 24,4 % a UPAs medianas, y 34,0 % a UPAs grandes. Estos resultados sugieren que la proporción de unidades productivas pequeñas y de subsistencia, concernientes a sistemas AREL y AMyPE, presentan una prevalencia inferior al 50 % en el departamento; tendencia opuesta al comportamiento observado en la región de América Latina y el Caribe, e incluso en los departamentos de Colombia (para el año 2011). Sin embargo, resulta necesario cuestionar la validez de este planteamiento, debido al método de recolección de los datos, el cual se basa en la obtención de información proveniente de entidades gubernamentales, que presentan limitaciones para lograr la caracterización de actividades productivas con una elevada informalidad, como es el caso de los sistemas de producción agroalimentarios de pequeña escala (Roca-Lanao et al., 2022).

Por otra parte, este análisis de las UPAs registradas en el departamento de Córdoba evidenció la prevalencia de las especies de cachama blanca

(*Piaractus brachypomus*), tilapia roja (*Oreochromis* spp.) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*) (ver Figura 2.7B). Especies representativas de la acuicultura cordobesa, al presentar una conversión alimenticia alta, un sistema inmune resistente, una buena adaptabilidad a las condiciones climáticas de la región, y una amplia aceptación por parte del consumidor, lo que deriva en una considerable demanda en el mercado nacional e internacional (Roca-Lanao et al., 2022). En ese sentido, la prevalencia en la producción de cachama blanca es consistente en las Subregiones de la zona norte del departamento de Córdoba, de tal forma que corresponde a la especie predominante en la producción piscícola de las Subregiones Costanera, Sabana, del Bajo y el Medio Sinú. En el caso de la Subregión Costanera las especies piscícolas suelen ser cultivadas en sistemas de policultivo extensivo, que permiten la obtención de organismos continentales como la cachama blanca y negra, la tilapia roja y nilótica, el bocachico y la carpa; y a su vez, las UPAs de esta Subregión cultivan organismos marinos como el pargo, el róbalo y el sábalo. En contraste, en las Subregiones de la Sabana, el Bajo y el Medio Sinú prepondera la acuicultura continental orientada hacia el cultivo semiintensivo de cachama blanca y negra, tilapia roja y negra, y bocachico (Cuadrado y Carmona, 2020; Roca-Lanao et al., 2022).

Este panorama productivo de las UPAs en el territorio cordobés aunado a los acuerdos, programas e incentivos nacionales y departamentales enfocados en el desarrollo y estímulo de los miembros de la cadena acuícola, así como los centros de investigación y capacitación en formación técnica y empresarial en el marco de la acuicultura, proyectan el crecimiento y fortalecimiento de las UPAs regionales. De tal forma que, la acuicultura de pequeña escala y de subsistencia pueda transformarse hacia sistemas más sostenibles desde una perspectiva económica, social y ambiental, lo que permita avanzar en la consolidación del departamento como un núcleo de producción a nivel nacional.

2.4. Comentarios finales.

Existe una variedad de condiciones comunes que comprenden la producción acuícola a nivel de América Latina, Colombia y Córdoba, entre estas se encuentra la prevalencia de las UPAs de pequeña escala, particularmente tipo AREL y AMyPE, sobre una producción con un nivel más desarrollado. Escenario que sitúa a las UPAs tipo AREL y AMyPE como estructuras, desde una perspectiva macro, de incidencia limitada en la economía de la región; sin embargo, a nivel local, estas UPAs constituyen una fuente de alimento, ingreso y empleo para una notable cantidad de seres

humanos, que suelen encontrarse en zonas rurales y presentan dificultades para satisfacer y/o alcanzar sus necesidades primordiales. Bajo este contexto, resulta perentorio que los productores AREL y AMyPE cuenten con capacidades y recursos que les permitan transformar su actividad hacia una producción sostenible, competitiva, eficiente y rentable. Que pueda acercarse paulatinamente a la visión de desarrollo sostenible de la acuicultura en Colombia:

"*(…) La acuicultura colombiana se habrá desarrollado de manera exitosa en ambientes continentales y marinos, mediante la aplicación de una política integral. Estará conformada por un sistema de prácticas plenamente sostenibles en lo ambiental, incluyentes y participativas en lo social y altamente competitivas; se habrá consolidado como uno de los importantes pilares del desarrollo rural y la seguridad alimentaria del país y habrá alcanzado importantes niveles de penetración en los mercados interno y externo, con productos de alta calidad e inocuidad*" (AUNAP, 2014).

Agradecimientos.

Los autores agradecen a Mindtech s.a.s., la Universidad del Valle, y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por los recursos suministrados en el marco del proyecto Desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas polímero-membrana de bajo consumo energético, adaptable a familias campesinas, comunidades rurales, costeras y agropecuarias - Proyecto BPIN 2020000100261.

Bibliografía.

AUNAP. **2019**. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca. Resolución 1607 de 2019, por la cual se establece la clasificación de los acuicultores comerciales en Colombia de acuerdo con la actividad, el sistema y el volumen de producción y se deroga la Resolución número 1352 de 2016, pp. 3.

AUNAP-FAO - Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. **2014**. Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia – PlaNDAS. AUNAP-FAO, pp. 86.

CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe. **2022**. www.cepal.org

Colombia Productiva. **2014**. Programa de Transformación Productiva. Hacia la Sostenibilidad y Competitividad de la Acuicultura Colombiana. Acuanal y Fedeacua. Bogotá, pp. 192.

Cuadrado D.I., Carmona D.S. **2020**. Producción piscícola em la subregión Alto Sinú, Departamento de Córdoba, 2018. Universidad de Córdoba, pp. 76.

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. **2016**. Programa Nacional de Extensionismo en Acuicultura de Colombia. FAO. pp. 44.

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. **2023**. Panorama de la Pesca Marina en América Latina y el Caribe. Comisión de Pesca en Pequeña Escala, Artesanal y Acuicultura de América Latina y el Caribe. pp. 6.

Gobernación de Córdoba. **2023**. www.cordoba.gov.co

Gobernación de Córdoba. **2015**. Acuerdo Regional de Competitividad de la Cadena Acuícola del Departamento de Córdoba. pp. 23. www.sioc.minagricultura.gov.co

ICA – Instituto Colombiano Agropecuario. **2023**. Acuícola. www.ica.gov.co

Merino M.A., Bonilla S.P., Bages F. **2013**. Diagnóstico del estado de la Acuicultura en Colombia. AUNAP-FAO - Autoridad Nacional de

Acuicultura y Pesca, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, pp. 156.

Minagricultura - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. **2021**. Cadena de la acuicultura, pp. 29. www.sioc.minagricultura.gov.co

OCDE - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. **2016**. Pesca y acuicultura en Colombia. OCDE, pp. 34.

Palencia M., Lerma T.A., Palencia-Luna V.J. **2023**. Agricultura Familiar: Conceptualización, análisis crítico y estado actual. En: M. Palencia, T.A. Lerma, V.J. Palencia-Luna. Estudio del uso del agua en asociaciones campesinas rurales de la parte norte del departamento de Córdoba (Colombia) – Agricultura Familiar. MT-Pallantia Publisher s.a.s., Cali – Colombia, pp. 8-29. DOI: 10.34294/b.002.c1.2023.09.

Parrado Y.A. **2012**. Historia de la Acuicultura en Colombia. Revista AquaTIC, 37, 60–77.

Rodríguez H., Flores A. **2013**. Acuicultura de pequeña escala y recursos limitados en América Latina y el Caribe: Hacia un enfoque integral de políticas públicas. FAO, pp. 105.

Rodríguez H., Flores A. **2013**. Diagnóstico de la Acuicultura de Recursos Limitados (AREL) y de la Acuicultura de la Micro y Pequeña Empresa (AMYPE) en América Latina. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. FAO, Roma, pp. 26.

Roca-Lanao B., R. Mendoza-Ureche y L. Manjarrés–Martínez. **2022**. Producción de acuicultura en los departamentos de Córdoba, Huila y Tolima: Resultados de la prueba piloto de la metodología de estimación. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Bogotá, pp. 47.

Wurmann G. **2019**. Acuicultura en América Latina y El Caribe: Progresos, oportunidades y desafíos. AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura, 1(1), 1–21.

WWF - Fondo Mundial para la Naturaleza. 2021. https://www.wwf.org.ec

Zambrano A.P. **2022**. Contexto de Cadena - Acuicultura y Pesca. AGROSAVIA - Observatorio de ciencia, tecnología e innovación del sector agropecuario colombiano, pp. 5.

Capítulo 3.

Acuicultura 4.0: Un enfoque conceptual

M. Palencia, A. García-Quintero, V.J. Palencia-Luna,
L.R. Anaya-Tatis, R.A. Bolaño-Vásquez

3.1.- El entorno de producción en la acuicultura: Descripción desde la perspectiva de sistema.

La acuicultura es un sector de la producción de alimento con un constante crecimiento. El éxito de la acuicultura en términos de producción se sustenta en el monitoreo y control de los factores que determinan el rendimiento del cultivo. Entre estos factores se encuentra la disponibilidad del agua, en cantidad y calidad, dado que es uno de los principales insumos productivos, la densidad de siembra, la que estará directamente relacionada con la alimentación y otras condiciones como la disponibilidad de oxígeno, la generación de residuos y la perturbación del entorno de crecimiento a medida que avanza el proceso productivo; otros factores a tener en cuenta es la calidad de la semilla, su naturaleza y las características del mercado (Vásquez-Quispesivana et al., 2022). En este contexto, resulta conveniente visualizar el entorno de producción como un proceso basado en procesos de biotransformación controlada que tienen lugar en un sistema dinámico y abierto. La principal analogía es, por su similitud conceptual, un biorreactor, el cual es un sistema de crecimiento de múltiples entidades bajo condiciones controladas para un fin en específico.

Cite as: M. Palencia, A. García-Quintero, V.J. Palencia-Luna, L.R. Anaya-Tatis, R.A. Bolaño-Vásquez. 2023. Acuicultura 4.0: Un enfoque conceptual. En: M. Palencia, T.A. Lerma, V.J. Palencia-Luna. Acuicultura en asociaciones campesinas rurales de la parte norte del departamento de Córdoba (Colombia): Acuicultura de Recursos Limitados (AREL). MT-Pallantia Publisher s.a.s., Cali - Colombia. pp. 50-63. DOI: 10.34294/b.003.c3.2023.09.

Bajo la óptica anterior, un entorno de crecimiento acuícola puede describirse como un sistema abierto, de matriz fluida de naturaleza acuosa, composición compleja y cambiante en el tiempo, donde tiene lugar, de forma controlada, la biogeneración de proteína animal a través de distintos procesos de transferencia de materia y energía desde el sistema al entorno y viceversa. Si imaginamos una situación ideal, un sistema cerrado donde se encuentra un único individuo en un metro cúbico agua, en su etapa inicial de su ciclo de crecimiento, el sistema no será viable. Las razones de la no favorabilidad, en concordancia con el concepto introducido, son:

a) El medio no puede ser agua, el agua pura en esencia no aporta los requerimientos composicionales necesarios para el crecimiento del animal, en consecuencia, debemos referirnos al medio en términos de "matriz de naturaleza fluida acuosa" para especificar que realmente el medio de crecimiento es un ecosistema en sí mismo, con una composición compleja, características cambiantes y, además del animal de interés, están presentes otras entidades biológicas;

b) Si el sistema es cerrado, no tienen lugar procesos de transferencia de materia desde el sistema al entorno, así como del entorno al sistema, en consecuencia, el crecimiento del animal agotará los recursos disponibles, por ejemplo, el oxígeno, y si estos no se reabastecen, el crecimiento se detendrá. Así mismo, también como resultado del crecimiento, más específicamente el metabolismo del animal, se producirán cambios en el medio de crecimiento, lo que también dará lugar a quimio-transformaciones que alteraran el medio hacia condiciones menos favorables;

c) La composición compleja ha quedado descrita con los aspectos previamente indicados, sin embargo, esta composición no es sólo de naturaleza multicomponente, sino que es variable, es decir, dos sistemas no serán completamente idénticos debido a que los procesos que tienen lugar en ellos serán diferentes. Esto implica la definición de rangos y valores medios, límites u óptimos de trabajo;

d) El animal en sí mismo es un biorreactor, consume el alimento y otros insumos del medio para biotransformarlo en proteína que es incorporada, con distinto grado de eficiencia, en el tejido vivo.

En sentido estricto, el animal es un subsistema, y el sistema de crecimiento un sistema de mayor escala que lo contiene. Este sistema de mayor escala intercambia materia y energía con el entorno, de forma similar

que lo hace el subsistema. Todos estos procesos van direccionados hacia una meta en común, el incremento de proteína animal tanto en el individuo (subsistema) como en el sistema (conjunto de individuos definidos por la densidad poblacional existente), por lo tanto, tanto el sistema como el subsistema, no son estáticos, cambian en el tiempo y los cambios responden a las características del entorno de cada uno de ellos, así como de los procesos que entre el sistema y su correspondiente entorno tengan lugar. Una ilustración se muestra en Figura 3.1. Nótese que la definición de sistema introducida aquí tiene un enfoque material, o si se prefiere físico, a diferencia del concepto de sistema dentro del marco de lo que se define como proceso, esto es, un sistema entendido como una unidad productiva compuesta por parte interrelacionadas para un mismo fin.

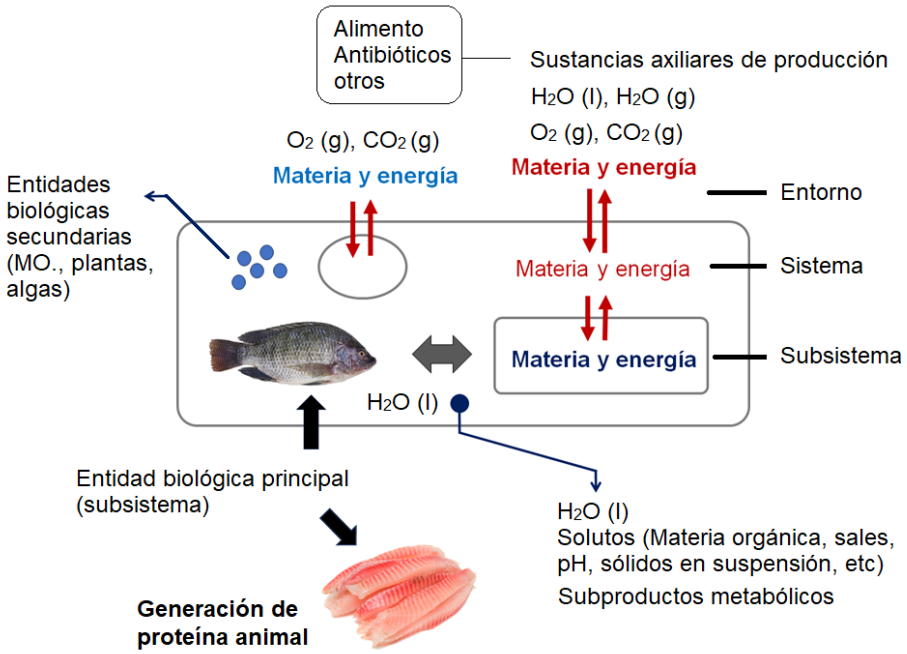

Figura 3.1. Esquematización del entorno de producción como un sistema (fuente: elaboración propia).

La descripción basada en sistemas materiales, contempla sin lugar a dudas múltiples subsistemas biológicos desarrollándose simultáneamente bajo las mismas condiciones de crecimiento. En consecuencia, más que interacciones cooperativas, tienen lugar interacciones competitivas por los recursos, tanto en entidades biológicas de especies diferentes como en

individuos de la misma especie. En consecuencia, las medidas sobre el sistema deben direccionarse hacia el favorecimiento de una entidad biológica respecto a las demás, de forma tal, que se maximice el crecimiento de la especie de interés. Otro enfoque, dependiendo de las características del sistema de producción, permitiría agregar a la afirmación previa la siguiente especificación "sin perjuicio de las entidades biológicas del entorno", un ejemplo donde la aclaración anterior adquiere relevancia es el caso en que la reproducción se realiza en cuerpos de aguas naturales. En sentido estricto, desde el punto de vista de la eficiencia productiva, todo aquello que genere o contribuya a la disminución de los rendimientos debe ser intervenido de forma tal que se minimice el efecto en cuestión. Por ejemplo, en lo que respecta a la calidad del agua variables como temperatura, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad total, dureza total, nitritos, amonio total, entre otros parámetros deben ser optimizados, ellos variarán en la medida que avanza el proceso de producción. Otro ejemplo es la dosificación del alimento, el cual varía según la especie y para lo cual, en algunos casos, se cuentan con tablas de ración de alimento versus peso promedio del pez. Una ilustración se muestra en la Figura 3.2.

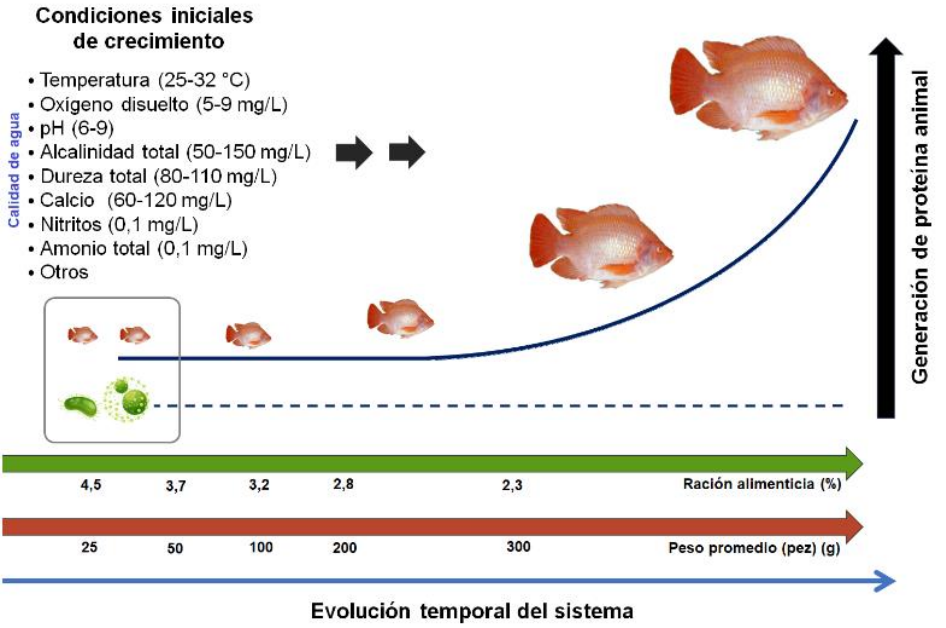

Figura 3.2. Ilustración de la evolución de las condiciones en el sistema de producción. Datos suministrados corresponden al cultivo de tilapia (fuente: elaboración propia; datos: Saavedra, 2006).

A partir de lo previamente expuesto es claro que, para el desarrollo óptimo del proceso de producción se requiere de la estandarización, seguimiento y control de un conjunto de variables tanto de origen fisicoquímico (e.g., calidad del agua, temperatura, etc.), biológico (e.g., ración de alimento, control microbiológico, etc.), biofísico (e.g., densidad de siembra), así como factores propios de la cadena de suministro (e.g., tipo y calidad de alimento, semillas, tipo de animal, etc.). En todas estas variables, así como en su convergencia y efecto para la maximización de la producción es posible la incorporación de nuevas tecnologías. Estar inmersión tecnológica implica la transformación productiva de la acuicultura, y es bajo este enfoque que surge la Acuicultura 4.0. Este concepto es análogo al de industria 4.0, sólo que delimitado al contexto de la producción acuícola. En los siguientes capítulos se dará una visión general del estado actual de esta innovación productiva y se analizará su impacto y capacidad de incorporación en sistemas de pequeña escala.

3.2.- Acuicultura 4.0: Una introducción conceptual.

La Acuicultura 4.0 consiste en la producción controlada de distintas especies acuáticas, mediante el uso de nuevas tecnologías de la información (NTI), i.e., sistemas de adquisición, procesamiento y análisis, con el fin de maximizar la producción. Entre las nuevas tecnologías se incluye la inteligencia artificial (IA), el internet de las cosas (IoT o Internet of Things), el big data, entre otros (Yue y Shen, 2022; Eze et al., 2023).

Para los fines del presente documento resulta importante delimitar adecuadamente el concepto anterior, nótese que la implementación de las NTI en etapas que no corresponde al proceso productivo acuícola, no se consideran para este documento Acuicultura 4.0, sino más bien extensiones de otros campos, por ejemplo, operaciones de venta del producto o control de calidad de la carne procesada. El primer ejemplo recae en una etapa del sector de la acuicultura asociada con la entrega del producto a los diferentes clientes, normalmente agrupados en la parte final de la cadena de valor, en este caso, la aplicación de las NTIs debería denominarse comercialización 4.0, comercialización inteligente, o marketing 4.0 asistido por las nuevas tecnologías, entre otras tantas denominaciones. Por otro lado, en el segundo ejemplo, más que acuicultura es una etapa de la transformación de materias primas propia de la industria de alimentos, la cual puede ir acompañada de las mismas adjetivaciones indicadas en la etapa de comercialización (ver Figura 3.3).

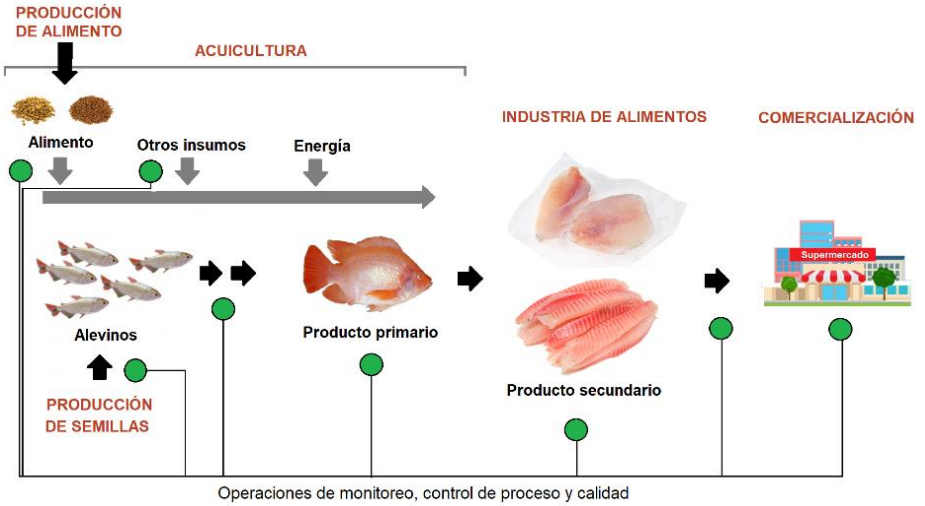

Figura 3.3. Ilustración de la cadena de valor de la acuicultura (fuente: elaboración propia).

Aunque interesante, lograr la transformación tecnológica de los sectores de producción, a primera vista puede pensarse que este tipo de innovaciones es sólo accesible en sistemas de producción de gran escala, de alta rentabilidad y que cumplen con los requerimientos mínimos en tema de infraestructura de producción idónea, conocimiento de proceso productivo, equipamiento para el procesamiento de datos, así como el conocimiento y apropiación de las NTI. Teniendo en cuenta que los requerimientos de implantación de estas tecnologías se suplen con recursos de inversión, la escasez de recursos parece ser la principal limitante para la implementación de esta tecnología en sistemas de producción de pequeña escala típico de la acuicultura de recursos limitados (AREL). Sin embargo, la transformación tecnológica es una realidad en muchos sistemas de producción, en consecuencia, con el crecimiento cada vez mayor de la acuicultura, podría pensarse que la estrategia de transformación tecnológica no radica en la tecnología en sí mismo, sino más bien en la forma en cómo se de la transición, así pues, el motor que posibilite la inserción de esta tecnología a sistemas de pequeña escala puede ser de origen gubernamental, o a través de pequeños pasos mediante sistemas de transferencia remota de datos.

Algunos de los aspectos críticos que se abordan desde la perspectiva de la Acuicultura 4.0, por ejemplo, en sistemas de recirculación de agua (RAS) son: el control de bioseguridad (e.g., control digital de protocolos de cuarentena, desinfección, control de movimiento de personal y

procesamiento de ingreso a instalaciones), monitoreo y control de materias primas y recursos (e.g., monitoreo 24/7 de todos los componentes asociados con la calidad del agua y demás variables susceptibles de medida, en lo que se incluye la activación automática de sistemas de respaldo de emergencia, o sistemas de dosificación, entre otros) (Biazi y Marques, 2023), además, en un contexto más amplio, algunos ejemplos de avances en este campo son: alimentación remota mediante smartphones, monitoreo de los parámetros de calidad de agua y su relación con el crecimiento de los peces, evaluación de la densidad poblacional, optimización de la calidad del alimento mediante en función de la temperatura y el oxígeno disuelto, entre otros (Deng et al., 2010; Atia et al., 2011; Saberioon and Cisar, 2018; Imait et al, 2019; Vásquez-Quispesivana et al., 2022; Biazi y Marques, 2023).

3.3.- Ejemplo 1: Acuicultura 4.0 en la evaluación del crecimiento y determinación de la masa de los peces.

Un ejemplo en específico, con características prácticas y sobre el cual se puede ilustrar la aplicación de las NTI en acuicultura, es la medición de la masa de los peces. Este problema adquiere particular importancia no sólo en la etapa final del proceso productivo, ya que, idealmente, esta debe medirse durante el proceso con el fin de estimar la tasa de conversión proteica que está teniendo lugar. A partir de esta información se definen aspectos cruciales como el régimen de alimentación, el consumo de oxígeno, la homogeneidad de tamaño, la dosificación de antibióticos, el tiempo de clasificación y el momento en el que se llevarán a cabo las operaciones de cosechas. De forma convencional, la masa de los peces se obtiene mediante operaciones de muestreo y pesaje, en consecuencia, la operación de muestreo implica la colección de datos de una muestra representativa, para lo que se debe utilizar un número apreciable de mano de obra e induce condiciones de estrés en los peces, así como el riesgo de lesiones (Biazi y Marques, 2023).

La propuesta a partir de las NTI consiste en emplear sistemas de visión artificial, la cual tiene la ventaja de ser no invasiva y requerir muy poca mano de obra. Sin embargo, bajo este enfoque se requiere cámaras sumergibles o similares, con lo que se ha obtenido un error entre el 2 y el 5 % de la media respecto a la medida directa. Entre las desventajas se encuentra el tener que realizar operaciones más complejas de calibración y manipulación, y el hecho de que no se proporciona la información en tiempo real debido al posprocesamiento de la información. Además, la resolución espacial es función de la distancia del pez respecto al sensor, siendo menor con el aumento de la distancia (Gokturk et al., 2004; Biazi y Marques, 2023). Otras

aproximaciones basadas en el uso de cámaras de dispositivos de descarga acoplada y de escaneo láser han sido propuestas. Sin embargo, sólo mostraron ser útiles a bajas densidades de siembra y además presentan el inconveniente de que la calidad de la medida se ve afectada por la iluminación (Biazi y Marques, 2023).

Si se analiza con más detalle el problema de la masa del pez, se puede ilustrar la complejidad primigenia de la inserción de la tecnología. En primer lugar, si se retoma la descripción del problema, se desea medir, de la forma más exacta posible, la masa promedio de los peces en el sistema de crecimiento mediante técnicas 4.0. Las primeras cosas en entender son: (i) el valor de la masa a obtener es de organismos vivos y, por tanto, entidades móviles con características variables entre los individuos, (ii) el resultado debe ser representativo de la población y, en consecuencia, se requiere de un nivel adecuado de significancia estadística (i.e., adecuado tamaño de la muestra, un procedimiento adecuado para la definición del muestreo, y la eliminación de cualquier sesgo que afecte el resultado), y (iii) debe ser consistente con el método de referencia. Como método de referencia se debe optar por el método de menor incertidumbre o cuya medida se asuma como estándar. Así, la medida directa emerge como la mejor alternativa. Para obtener estos valores de referencia implícitamente se está diciendo que, para establecer la validez de los resultados y de las comparaciones en sí, se debe contar con datos en las condiciones lo más parecidas a las condiciones de interés. Esto implica, realizar varias veces la medida de masa de forma directa, teniendo en cuenta que un esfuerzo extra de esta índole sólo se justifica en una ventana de tiempo los suficientemente grande que diluya este esfuerzo inicial.

Por otro lado, se requiere un método simple y fácil de realizar para obtener la información. Por ejemplo, si acudimos a la visión artificial mediante cámaras digitales, se requiere poder capturar la imagen de los especímenes individualmente con niveles de reproducibilidad adecuados. Supongamos, por conveniencia, que este problema se resuelve mediante cabinas sumergidas donde el pez ingresa dentro de su movimiento habitual, de forma tal que, sólo pueda seguir una única trayectoria. Así, mediante sensores de movimiento es posible obtener la imagen del pez cuando ingrese al espacio de medida.

Hasta este punto, dependiendo del número de cabinas habrá un número de registros igual al número de imágenes que se registre en cada cabina. Es decir, para 3 imágenes por cabina y por individuo, se dispone de 3 cabinas, y se toman imágenes de 50 individuos por cabina, se tendrán 450 imágenes

que deberán ser procesadas y analizadas. En este punto se puede observar como la información para el análisis se incrementa drásticamente. Se debe ahora lograr conectar las imágenes con la masa del individuo, lo cual puede hacerse mediante las medidas de tamaño. Es decir, la visión artificial se usa para registrar características morfológicas que, mediante su análisis computarizado, permiten calcular el tamaño del pez. El peso de un pez y su longitud se relacionan, de forma aproximada, mediante la ecuación modificada de Gulland (Granados-Flores, 2006). Esto es:

$$\frac{w_t}{w_\infty} = \left(1 - e^{-k(t-t_0)}\right)^3$$

donde w_t es el peso del pez cuando tiene una edad t, w_∞ es el peso máximo que el pez puede alcanzar, k es el coeficiente de crecimiento, y t_0 es la edad hipotética del pez para que su longitud sea igual a cero. Sin embargo, es importante indicar que existen varios modelos de crecimiento que pueden ser empleados. Por ejemplo, en biología marina se emplea el modelo de Von Bertalanffy, de Bolte-Nath-Ernst, el modelo aleatorio de crecimiento CCT biparamétrico, entre otros (Alamar et al., 2001; FAO, 2023; Vieira, 2023).

Disponiendo de una relación operativa de la masa en función de parámetros morfológicos que pueden ser monitoreados a partir de un sistema de captura de imágenes, para que el dispositivo de visión artificial esté finalizado, se requieren aún otros aspectos más. El primero de ellos es el procesamiento de la imagen con el fin de su traducción en los datos de interés, y lo segundo, es el procesamiento y validación de los datos para confirmar que la información obtenida es la que se está buscando, y, por último, construir una herramienta de trabajo, es decir, la métrica para el análisis de todo el ciclo productivo (ver Figura 3.4).

Nótese que, respecto al procesamiento de la imagen, esta corresponde a una proyección 2D de un objeto 3D. Además, se debe identificar en la imagen la información útil de la "no útil", entre la no útil se encuentra el color (en caso de haberlo), fluctuaciones de la imagen por fluctuaciones del medio, destellos, segmentos de la imagen del entorno, etc. Posteriormente, extraída la morfología, esta puede presentar variantes respecto a la orientación y el perfil, por lo que aún deben extraerse las características dimensionales independientemente de la posición – claramente estos valores serán promedios de diferentes operaciones de extracción de datos a partir de imágenes diferentes –. Posteriormente, la validación de los datos implica la adquisición suficiente de datos que permitan establecer la calidad analítica del resultado, precisión, exactitud, su reproducibilidad, etc.

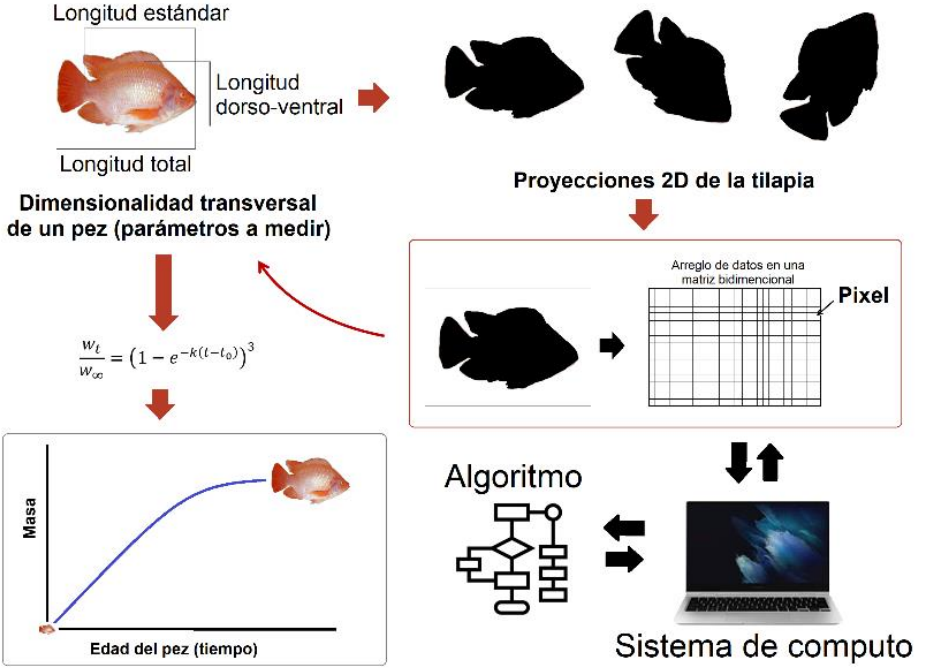

Figura 3.4. Ilustración una ruta de análisis basada en visión artificial para la determinación de la masa (fuente: elaboración propia).

Como puede inferirse del ejemplo anterior, existe un esfuerzo inicial relativamente grande, y un acumulado de conocimiento y técnicas que son requeridas, para poder establecer un sistema de medida de la masa de los peces de un cultivo mediante visión artificial. Esta ejemplificación pone en evidencia que la Acuicultura 4.0 es prometedora, sin embargo, se encuentra en un estadío inicial lo que la convierte en un nicho prometedor de investigación y desarrollo tecnológico.

3.4.- Ejemplo 2: la evaluación de la calidad del agua en acuicultura.

El monitoreo de la calidad del agua es un aspecto esencial en acuicultura, sin embargo, efectuar un monitoreo adecuado implica la realización de múltiples operaciones de medición de forma continua, con la mayor precisión posible, de un conjunto de parámetro que determinan en su conjunto la calidad del agua. Estas operaciones, mediante métodos convencionales, son costosos si se realizan a nivel de laboratorios externos, y requieren de una inversión inicial considerable si las medidas son realizadas mediante recursos disponibles. Una diferencia de las opciones

anteriores es la externalización de las necesidades de conocimientos específico en lo referente a los análisis cuando se efectúan mediante análisis externos. Pero a su vez, la externalización de los análisis y del conocimiento para su realización conlleva a un incremento en los tiempos para conocer los resultados y la inclusión de operaciones logísticas adicionales (e.g., toma de muestra, conservación, transporte de las muestras, etc.). En un sistema de producción estos tiempos adicionales son críticos, ya que, además de incrementar la complejidad del proceso, la toma de correctivos frente a una situación en específico se retrasa (Eze et al., 2023).

En este contexto, la Acuicultura 4.0 emerge como una alternativa que permite la construcción de sistemas de alerta temprana, basada en el monitoreo en tiempo real y metodologías de análisis y pronóstico de las tendencias en la variación de los datos. Dentro de las distintas metodologías que se han empleado para la evaluación de la calidad del agua, en distintos sistemas y fines, están: la IA basada en Redes Bayesianas, Regresión Vectorial, Inferencia Neuro-Fuzzy, Media móvil Autorregresiva, Análisis de Componentes Principales, entre otras (Ahmed et al., 2019; Ubah et al., 2021; Eze et al., 2023).

Para el análisis de la calidad del agua es importante definir el fin mismo del análisis. Esto definirá el dispositivo de adquisición de información. Por ejemplo, el uso de sensores específicos implica disponer de un conjunto de sensores que arrojan el valor de forma directa, pero se requerirán tantos sensores como parámetros, y los sistemas de análisis de información sólo registran e identifican tendencias. Claramente, una estrategia de este estilo implica sopesar la relación costo-beneficio y el aspecto central es la transmisión de datos para su procesamiento. Por otro lado, se puede establecer un rango de respuestas que engloben características variadas, de forma tal que el número de sensores se reduce drásticamente al unificarse en una única medida; sin embargo, el componente de análisis de datos se incrementa, por lo que el desarrollo de un sistema así aún es susceptible de investigación desde múltiples enfoques.

3.5.- Comentarios finales.

La Acuicultura 4.0 es el resultado de la evolución de la acuicultura en consonancia con las transformaciones tecnológicas que están ocurriendo en la actualidad. A diferencia de otros sectores y entornos de aplicación de estas tecnologías, la acuicultura tiene matices propios que requieren el ajuste de las NTI, principalmente en lo que al sistema productivo se refiere. Los sistemas de producción acuícola son un colectivo de organismos vivos

inmersos en un medio que no es el hábitat natural del investigador o del productor, lo que, en principio, impone el ajuste de las herramientas a un sistema diferente. En este sentido, es claro que la Acuicultura 4.0 se encuentra en un estado inicial de desarrollo, por lo que el potencial científico y tecnológico es muy alto.

En lo que respecta a las ilustraciones específicas aquí mostradas (secciones 3.3 y 3.4), la determinación de la masa de los peces tiene enorme relevancia y la visión artificial emerge como la más promisoria estrategia para la resolución del problema, sin embargo, se debe aclarar que no es única y que otras metodologías pueden emplearse, por ejemplo, mediante la medida de un parámetro del entorno que correlaciones fuertemente con el tamaño y masa de los peces. El crecimiento de los peces depende principalmente del tamaño y masa del pez, la disponibilidad de alimentos, el fotoperíodo, la temperatura, la concentración de oxígeno disuelto en el medio de crecimiento y las concentraciones de amonio (FAO, 2023). Finalmente, en relación con el ejemplo 2, la evaluación de la calidad del agua, por su importancia, son mayores sus avances y enfoques. En particular, se sugiere que el empleo de series de tiempo de un conjunto de parámetros principales puede ser una estrategia promisoria y bien establecida para la identificación de tendencias y predicción de eventos futuros.

Agradecimientos.

Los autores agradecen a Mindtech s.a.s., la Universidad del Valle, y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por los recursos suministrados en el marco del proyecto Desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas polímero-membrana de bajo consumo energético, adaptable a familias campesinas, comunidades rurales, costeras y agropecuarias - Proyecto BPIN 2020000100261.

Bibliografía.

Ahmed U., Mumtaz R., Anwar H., Shah A., Irfan R., García-Nieto J. **2019**. Efficient Water Quality Prediction Using Supervised Machine Learning. Water, 11, 2210. DOI: 10.3390/w11112210.

Alamar M., Estruch V., Pastor J., Vidal A. **2001**. El modelo aleatorio de crecimiento CCT biparamétrico. VIII Congreso Nacional de Acuicultura, Santander, España.

Atia, A.D.M., Fahmy, F. H., Ahmed, N. M., Dorrah, H.T. **2011**. Solar thermal aquaculture system controller based on artificial neural network. World Academy of Science, Engineering and Technology, 73, 378-384. DOI: 10.4236/eng.2011.38099.

Biazi V., Marques C. **2023**. Industry 4.0-based smart systems in aquaculture: A comprehensive review. Aquacultural Engineering, 103, 102360. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2023.102360

Deng, C., Gao, Y., Gu, J., Miao, X., Li, S. **2010**. Research on the growth model of aquaculture organisms based on neural network expert system. Proceedings - 2010 6th International Conference on Natural Computation, ICNC 2010, 4 1812-1815. DOI: 10.1109/ICNC.2010.5584492.

Eze E., Kirby S., Attride J., Ajmal T. **2023**. Aquaculture 4.0: hybrid neural network multivariate water quality parameters forecasting model. Scientific Reports, 13, 16129. DOI: 10.1038/s41598-023-41602-7.

FAO. **2023**. El modleo del crecimiento íctico. https://www.fao.org/3/w5268s/W5268S09.htm

Granados-Flores K.M. **2006**. Estudio preliminar de edad y crecimiento de la Tilapia (Oreochromis niloticus X Oreochromis aureus), con base en escamas, en la Presa Fernando Hiriart Balderrama "Zimapán". Tesis doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., pp. 77.

Imai, T., Arai, K., Kobayashi, T. **2019**. Smart aquaculture system: A remote feeding system with smartphones. 2019 IEEE 23 rd International Symposium on Consumer Technologies, ISCT 2019, 93-96. DOI: 10.1109/ISCE.2019.8901026.

Ubah J.I., Orakwe L.C., Ogbu K.N., Awu J.I., Ahaneku I.E., Chukwuma E.C. **2021**. Forecasting water quality parameters using artificial neural network for irrigation purposes. Scientific Reports, 11, 24438. DOI: 10.1038/s41598-021-04062-5.

Vásquez-Quispesivana W., Inga M., Betalleluz-Pallardel I. **2022**. Artificial intelligence in aquaculture: basis, applications and future perspective. Scientia Agropecuaria, 13. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2022.008

Vieira A.R. **2023**. Assessment of Age and Growth in Fishes. Fishes, 8, 479. DOI: 10.3390/fishes8100479.

Saavedra M.A. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. USAID, Nicaragua, pp. 24.

Saberioon, M., Císař, P. **2018**. Automated within tank fish mass estimation using infrared reflection system. Computers and Electronics in Agriculture, 150, 484-492. DOI: 10.1016/j.compag.2018.05.025.

Yue K., Shen Y. **2022**. An overview of disruptive technologies for aquaculture. Aquaculture and Fisheries, 7, 111-120. DOI: 10.1016/j.aaf.2021.04.009.

Capítulo 4.

Metodología: Descripción de unidades productivas basadas en AREL

M. Palencia, A. García-Quintero, N.G. Chate-Galvis,
L.R. Anaya-Tatis, R.A. Bolaño-Vásquez, A.L. Villalba-Soto,
T.A. Lerma, V.J. Palencia-Luna

4.1.- Metodología: Perspectiva general.

La metodología empleada en el presente estudio comprende 4 etapas: (i) delimitación del área y unidades de estudio, (ii) descripción de las unidades productivas mediante herramientas clasificatorias, (iii) comparación entre unidades productivas, (iv) comparación de las unidades productivas con el entorno (Palencia et al., 2023). Un ejemplo de la equivalencia entre la Agricultura Familiar (AF) y la Acuicultura de Recursos Limitados (AREL) en la cual se basa este estudio se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Equivalencia entre los sistemas de Agricultura Familiar (AF) y la AREL.

AF	Esc.	Acron.	AREL	Esc.	Acrón.
De subsistencia	ME	AFS-ME	De subsistencia	ME	ARELS-ME
	PE	AFS-PE		PE	ARELS-PE
De transición	PE	AFT-PE	En transición	PE	ARELT-PE
Consolidada	PE	AFC-PE	Consolidada	PE	ARELC-PE

Esc.: Escala. Acrón.: Acrónimo.

Cite as: M. Palencia, A. García-Quintero, N.G. Chate-Galvis, L.R. Anaya-Tatis, R.A. Bolaño-Vásquez, A.L. Villalba-Soto, T.A. Lerma, V.J. Palencia-Luna. 2023. Metodología: Descripción de Unidades Productivas basadas en AREL. En: M. Palencia, T.A. Lerma, V.J. Palencia-Luna. Acuicultura en asociaciones campesinas rurales de la parte norte del departamento de Córdoba (Colombia): Acuicultura de Recursos Limitados (AREL). MT-Pallantia Publisher s.a.s., Cali - Colombia. pp. 64-76. DOI: 10.34294/b.003.c4.2023.09.

4.1.1.- Delimitación del área de estudio.

El estudio se realizó en la parte centro-norte del departamento de Córdoba (Colombia). El universo de trabajo del proyecto corresponde a 12 asociaciones productivas de 9 municipios: Moñitos (2), San Pelayo (1), Cereté (1), Chimá (2), Chinú (1), Cotorra (1), Purísima (1), Tuchín (1) y Lorica (2). Todas se encuentran en la zona rural de sus respectivos municipios, y poseen formalización jurídica como Entidades Sin Ánimo de Lucro (ESAL), específicamente, asociaciones productivas, y caracterizadas por contar con una fecha de constitución mayor a 2 años desde el inicio del proyecto. Además, las asociaciones realizan diferentes actividades agropecuarias entre las que se incluye la agricultura familiar, la acuicultura y la ganadería de especies menores.

Para este estudio se seleccionaron cuatro asociaciones con sistemas productivos tipo AREL, de las cuales 2 se ubican en el municipio de Chimá, 1 en el municipio de Lorica y 1 en el municipio de Purísima. Todos los municipios poseen jurisdicción dentro del complejo cenagoso denominado "Ciénaga Grande del Bajo Sinú", con una superficie de 46,4 % (Chimá), 33,7 % (Lorica) y Purísima (2,9 %) (Salazar-Mejía, 2008). Las características poblacionales de los municipios donde se sitúan las asociaciones se resumen en las Tablas 4.2 y 4.3 (i.e., número de habitantes, género, distribución, etc.).

Tabla 4.2. Descripción de aspectos demográficos de los municipios del área de estudio (DANE, 2018).

Municipio	Población					Distribución	
	Total	PRDCP	Fr	CM	Fc	H	M
Lorica	98.491	48.914	49,7	49.577	50,3	49,2	50,8
Purísima	14.705	7.563	51,4	7.142	48,6	50,6	49,4
Chimá	13.492	10.345	76,7	3.147	23,3	51,6	48,4

PRDCP: Población rural dispersa y centros poblados; **Fr**: Fracción de la población rural dispersa y de centros poblados; **CM**: Cabecera municipal; **Fc**: Fracción de la cabecera municipal; **H**: Proporción de hombres (%); **M**: Proporción de mujeres (%).

Tabla 4.3. Índices sociológicos de los municipios del área de estudio (DANE, 2018).

Municipio	Índice de escolaridad		Dependencia		
	RDCP	Municipal	PJ	PE	ID
Lorica	71,05	71,12	25,52	29,86	57,13
Purísima	70,18	69,89	25,82	57,50	45,64
Chimá	64,30	67,03	23,99	45,10	56,60

RDCP: Rural disperso y centros poblados. **PJ**: Población joven. **PE**: Población envejecida. **ID**: Índice de dependencia.

4.2.- Descripción de las unidades productivas.

4.2.1.- Clasificación de acuerdo con la distribución de los productos: Test de Clasificación Rápida.

La herramienta clasificatoria empleada fue el Test de Clasificación Rápida o TCR, el cual clasifica las unidades productivas en 4 categorías: ARELS-ME, ARELS-PE, ARELT-PE y ARELC-PE (ver Tabla 4.1). Este método consta de 2 tipologías para definir los descriptores, *Descriptores No Comerciales* o DNC – Pérdidas de Producción *(P)*, Pérdidas Poscosecha *(D)* y Autoconsumo *(A)* –, los cuales son de carácter extensivo, y *Descriptores Comerciales* o DC – Tipo de Ventas *(V)*, Características del Comprador *(C)* y Alcance Geográfico de los Productos *(G)* –, los cuales son de carácter intensivo. Además, cada uno de los descriptores cuenta con 5 niveles ($n = 1$, 2, 3, 4 y 5) que definen la escala de puntuación.

Detalles de los DNC se muestran en la Tabla 4.4. Nótese que la puntuación debe asignarse a 4 variables teniendo presente que existen sólo 3 grados de libertad. La cuarta variable denotada X es el valor porcentual que se destina para comercialización. Por lo tanto,

$$P + D + A + X = 100$$

Tabla 4.4. Test de Clasificación Rápida (TCR) basado en la distribución del producto: Descriptores no comerciales (DNC). X = porcentaje de producto para la venta.

ID	DNC	Porcentaje de producción (%)	Contribución al Total $P + D + A + X = 100$	Puntos
P_1	Pérdidas de producción.	75 - 100	75	1
P_2		25 - 75	50	2
P_3		5 - 25	20	3
P_4		1 - 5	5	4
P_5		< 1	1	5
D_1	Pérdidas poscosecha.	75 - 100	75	1
D_2		25 - 75	50	2
D_3		5 - 25	20	3
D_4		1 - 5	5	4
D_5		< 1	1	5
A_1	Autoconsumo.	75 - 100	75	1
A_2		25 - 75	50	2
A_3		5 - 25	20	3
A_4		1 - 5	5	4
A_5		< 1	1	5

Por otro lado, los descriptores comerciales se detallan en la Tabla 4.5. La distribución porcentual de la producción debe sumar X, siendo cero un valor completamente válido. Por lo tanto,

$$X = 100 - (P + D + A)$$

Tabla 4.5. Test de Clasificación Rápida (TCR) basado en la distribución del producto: Descriptores comerciales (DC). X= porcentaje de producto para la venta.

ID	DC	Descripción *(X)*	Puntos
V_1	Tipo de Ventas	Minorista en lote o tiendas.	1
V_2		Minoritarias en plazas o central de abastos.	2
V_3		Mayorista a través de intermediarios.	3
V_4		Mayorista en establecimientos propios.	4
V_5		Mayorista mediante agremiaciones.	5
C_1	Características del Comprador	Personas naturales al menudeo.	1
C_2		Personas naturales al por mayor.	2
C_3		Personas jurídicas tipo MIPYMES.	3
C_4		Personas jurídicas tipo empresas.	4
C_5		Personas jurídicas MIPYMES y empresas.	5
G_1	Alcance Geográfico de los Productos	Vecinal (sectores aledaños).	1
G_2		Local (municipio).	2
G_3		Regional (departamento).	3
G_4		Nacional (fuera del departamento).	4
G_5		Internacional.	5

El resultado del Test de Clasificación Rápida viene dado por ϕ. Este parámetro se define como la media aritmética de la puntuación obtenida en cada descriptor. Así:

$$\phi = \frac{(P_n + D_n + A_n)}{6} + \frac{(V_n + C_n + G_n)}{6}$$

Donde,

$$\phi = \begin{cases} \phi \leq 2.0 \ \rightarrow \text{ARELS} - \text{ME} \\ 2.0 < \phi \leq 3.0 \ \rightarrow \text{ARELS} - \text{PE} \\ 3.0 < \phi \leq 4.0 \ \rightarrow \text{ARELT} - \text{PE} \\ 4.0 < \phi \leq 5.0 \ \rightarrow \text{ARELC} - \text{PE} \end{cases}$$

Nótese que a medida que ϕ disminuye, se incrementan el autoconsumo, las pérdidas de producción y las pérdidas postcosecha, dado que no son descriptores independientes.

4.2.2.- Caracterización dimensional global de las unidades productivas.

La ***Caracterización Dimensional Global*** (CDG) se realizó mediante el enfoque PSECA de agricultura familiar adaptado a la acuicultura. El cual fue introducido y descrito previamente en este ciclo de estudios (Palencia et al., 2023). Esta metodología descompone las características de la unidad productiva en 5 dimensiones: *Dimensión Productiva (P), Dimensión Social (S)*, *Dimensión Económica (E)*, *Dimensión Cultural (C)* y *Dimensión Ambiental (A)*. La secuencia metodológica se describe a continuación.

La metodología se basa en determinar el parámetro Q para cada unidad productiva, en el ámbito específico que se desea evaluar, en este caso, la producción acuícola. Este parámetro es una medida de desempeño de la unidad productiva y describe su fortaleza en las 5 dimensiones, mediante la aplicación de diferentes pesos o ponderaciones: P ($W_P = 30$ %), S ($W_S = 35$ %), E ($W_E = 15$ %), C ($W_C = 10$ %) y A ($W_A = 10$ %).

En esta metodología, cada dimensión X está conformada por un conjunto de características, x_n, con $n = 1, 2, 3, \ldots, N$. Estas características se puntúan en una escala de 4 puntos, con sólo 4 valores posibles (1, 2, 3 y 4). Para valores 1 y 2 la característica se considera débil, mientras que para valores de 3 y 4, la característica se considera fuerte. Dentro de cada rango de puntuación, hay dos niveles, el más débil (puntuación = 1) y el débil (puntuación = 2), así como fuerte (3) y el más fuerte (puntuación = 4). El puntaje de cada dimensión viene dado por la media aritmética de la puntuación de sus características, es decir:

$$X = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} x_n$$

Asimismo, el valor de Q será:

$$Q\ (\%) = \frac{100}{4}\sum_{n=1}^{N}\left(\frac{W_X X}{100}\right) \quad \text{con } X = P, S, E, C \text{ y } A$$

$$Q = \frac{25(W_S\, S + W_P\, P + W_E\, E + W_A\, A + W_C\, C)}{100}$$

El valor de Q permite discriminar dentro de una misma categoría diferentes niveles, y el avance en estos se interpreta como una mejora, y de allí su importancia.

Inicialmente, para los sistemas de agricultura familiar se definieron tres niveles; sin embargo, en este caso resulta conveniente y simple definir 4 niveles. Los niveles de clasificación para la unidad productiva vienen dados por:

$$Q = \begin{cases} Q \leq 25 \ \rightarrow \text{Nivel I} \\ 25 < Q \leq 50 \ \rightarrow \text{Nivel II} \\ 50 < Q \leq 75 \ \rightarrow \text{Nivel III} \\ 75 < Q \leq 100 \ \rightarrow \text{Nivel IV} \end{cases}$$

No se debe confundir el nivel de la unidad productiva con el nivel obtenido en cada dimensión. Mientras que el nivel de Q describe el desempeño de la unidad productiva, el nivel de la dimensión describe el desempeño de la unidad productiva en cada una de las dimensiones.

4.2.3.- Caracterización dimensional específica de las unidades productivas.

La CDG de la sección anterior se fundamenta en los resultados obtenidos de la ***Caracterización Dimensional Específica*** (CDE) (Palencia et al., 2023). Para esta etapa del análisis se requiere de una tabla de puntuación que es, en sentido estricto, variable. El número de características dependerá del analista, sin embargo, se sugiere mantener la estructura aquí presentada para facilitar la comparación. Para efectuar la puntuación, diferentes estrategias pueden emplearse, entre ellas, inspección de campo, revisión documental, entrevistas, encuestas, entre otras. Detalles para cada dimensión se presentan a continuación:

Dimensión Social (S):

Las características de la *Dimensión Social* son: autoconsumo *(S_1)*, formalización jurídica *(S_2)*, tiempo de constitución *(S_3)*, personal contratado *(S_4)*, carga familiar *(S_5)*, fracción de mano de obra productiva *(S_6)*, y pobreza multidimensional de la unidad productiva *(S_7)*. En la Tabla 4.6 se muestra la puntuación correspondiente a la *Dimensión Social*. La ecuación de trabajo y la asignación de niveles viene dada por:

$$S = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{7}(S_n) \quad donde \begin{cases} S \leq 2 \quad \text{(nivel I)} \\ 2 < S \leq 3 \ \text{(nivel II)} \\ 3 < S \leq 4 \ \text{(nivel III)} \end{cases}$$

Donde N es el número de características y S_n denota las características de cada dimensión *($n = 1, 2, \ldots, N = 7$)*.

Tabla 4.6. Tabla de Puntuación: *Dimensión Social*.

S_n	Características	Intensidad (Puntuación)
S_1	Autoconsumo.	ARELS-ME (**1**); ARELS-PE (**2**); ARELT-PE (**3**); ARELC-PE (**4**).
S_2	Formalización jurídica.	No (**1**); Sí (**2**).
S_3	Tiempo de constitución jurídica.	Menos de 1 año (**1**); entre 1 y 3 años (**2**); entre 3 y 5 años (**3**); más de 5 años (**4**).
S_4	Personal contratado.	Mano de obra familiar (MOF) (**1**); personal contratado (PC) y MOF (**2**); PC y poca MOF (**3**); mayoritariamente PC (**4**).
S_5	Carga familiar.	Mayor a 2 (**1**), entre 1 y 2 (**2**), entre 0,5 y 1 (**3**), menor de 0,5 (**4**).
S_6	Fracción de mano de obra productiva.	Menor a 0,25 (**1**), entre 0,25 y 0,5 (**2**), entre 0,5 y 0,75 (**3**), mayor a 0,75 (**4**).
S_7	Pobreza multidimensional.	Alta (**1**), intermedia (**2**), baja (**3**), no identificable o inexistente (**4**).

Dimensión Productiva (P):

Las características de la *Dimensión Productiva* son: pérdidas poscosecha *(P_1)*, controles del proceso productivo *(P_2)*, operaciones logísticas *(P_3)*, criterios de calidad de los productos *(P_4)* y disponibilidad de herramientas *(P_5)*. La puntuación correspondiente a la *Dimensión Productiva* se muestra en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7. Tabla de Puntuación: *Dimensión Productiva*.

P_n	Características	Intensidad (Puntuación)
P_1	Pérdidas poscosecha.	ARELS-ME (**1**); ARELS-PE (**2**); ARELT-PE (**3**); ARELC-PE (**4**)
P_2	Controles del proceso productivo.	
P_3	Operaciones logísticas.	
P_4	Criterios de calidad de los productos.	
P_5	Disponibilidad de herramientas.	

La ecuación de trabajo y la asignación de niveles viene dada por:

$$P = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{5}(P_n) \quad donde \begin{cases} P \leq 2 & \text{(nivel I)} \\ 2 < P \leq 3 & \text{(nivel II)} \\ 3 < P \leq 4 & \text{(nivel III)} \end{cases}$$

Donde N es el número de características y P_n denota las características de cada dimensión *($n = 1, 2, \ldots, N = 5$)*.

Dimensión económica (E):

Las características de la *Dimensión Económica* son: se generan ingresos de capital *(E_1)*, se cuenta con capital de producción *(E_2)*, se tiene acceso a servicios financieros *(E_3)*, se cuenta con clientes de alcance local, departamental, regional, nacional o internacional *(E_4)*. En la Tabla 4.8 se establece el sistema de puntuación correspondiente a la *Dimensión Económica*.

Tabla 4.8. Tabla de Puntuación: *Dimensión Económica*.

E_n	Características	Intensidad (Puntuación)
E_1	Se generan ingresos de capital.	Muy poco (**1**), poco (**2**), intermedio (**3**), suficiente (**4**).
E_2	Se cuenta con capital de producción.	Muy poco (**1**), poco (**2**), intermedio (**3**), suficiente (**4**).
E_3	Se tiene acceso a servicios financieros.	No se posee acceso al sistema financiero (**1**), muy poca capacidad crediticia (**2**), se posee una adecuada capacidad crediticia (**3**), buena capacidad crediticia (**4**).
E_4	Se cuenta con clientes.	Clientes locales (**1**), departamentales (**2**), nacionales (**3**), internacionales (**4**).

La ecuación de trabajo y la asignación de niveles viene dada por:

$$E = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{4}(E_n) \quad donde \begin{cases} E \leq 2 & \text{(nivel I)} \\ 2 < E \leq 3 & \text{(nivel II)} \\ 3 < E \leq 4 & \text{(nivel III)} \end{cases}$$

Donde N es el número de características y E_n denota las características de cada dimensión *($n = 1, 2, 3$ y 4)*.

Dimensión Ambiental (A):

Las características de la *Dimensión Ambiental* son: redes o sistema de comercialización *(A_1)*, pobreza multidimensional en la que se encuentra inmersa la unidad productiva *(A_2)*, riesgos del proceso *(A_3)*, riesgos del mercado *(A_4)*, riesgos del entorno en términos de afectaciones generales, por ejemplo, inundaciones, deslizamientos de tierra, incendios forestales, entre otros *(A_5)*, riesgos sobre la salud del núcleo familiar *(A_6)*, riesgos sobre la salud del individuo *(A_7)* y riesgos de seguridad, en el cual se incluyen aspectos de seguridad poblacional general y de orden público *(A_8)*. La

designación de las puntuaciones correspondientes a la *Dimensión Ambiental* se muestra en la Tabla 4.9.

Tabla 4.9. Tabla de Puntuación: *Dimensión Ambiental*.

A_n	Características	Intensidad (Puntuación)
A_1	Comercialización de forma directa.	Venta en el lugar de producción o tiendas propias (**1**), ventas a terceros sin personería jurídica (**2**), ventas a terceros con personería jurídica que actúan como intermediarios (**3**), ventas a sectores consolidados de la economía (**4**).
A_2	Pobreza multidimensional.	Mayor a 75 % (**1**), entre 50-75 % (**2**), entre 25-50 % (**3**), menor a 25 % (**4**).
A_3	Riesgos del proceso.	Existe el riesgo y su impacto es grande (**1**), existe el riesgo y su impacto es moderado (**2**), existe el riesgo y su impacto es pequeño (**3**), existe el riesgo y su impacto es poco importante (**4**).
A_4	Riesgos del mercado.	
A_5	Riesgos del entorno.	
A_6	Riesgos sobre la salud familiar.	
A_7	Riesgos sobre la salud del individuo.	
A_8	Riesgos de seguridad.	

La ecuación de trabajo y la asignación de niveles viene dada por:

$$A = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{8}(A_n) \quad donde \begin{cases} A \leq 2 & \text{(nivel I)} \\ 2 < A \leq 3 & \text{(nivel II)} \\ 3 < A \leq 4 & \text{(nivel III)} \end{cases}$$

Donde N es el número de características y A_n denota las características de cada dimensión *(n = 1, 2, 3, …, 8)*.

Dimensión Cultural (C):

Las características de la *Dimensión Cultural* son: valor agregado al producto (C_1), cultivo (tradición o criterios técnicos) *(C_2)*. La ecuación de trabajo y la asignación de niveles viene dada por:

$$C = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{2}(C_n) \quad donde \begin{cases} C \leq 2 & \text{(nivel I)} \\ 2 < C \leq 3 & \text{(nivel II)} \\ 3 < C \leq 4 & \text{(nivel III)} \end{cases}$$

Donde N es el número de características y C_n denota las características de cada dimensión *(n = 1 y 2)*. La puntuación correspondiente a la *Dimensión Ambiental* se muestra en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10. Tabla de Puntuación: *Dimensión Cultural*.

C_n	Características	Intensidad (Puntuación)
C_1	Valor agregado al producto.	Menor al 25 % del costo (**1**), entre el 25-50 % del costo (**2**), entre el 50-75 % del costo (**3**) y mayor al 75 % (**4**).
C_2	Cultivo (tradición o criterios técnicos).	Tradición (**1**), tradición en mayor grado y criterios técnicos en menor medida (**2**), tradición en menor grado y criterios técnicos en mayor medida (**3**), criterios técnicos (**4**).

4.2.4.- Comparación de las unidades productivas.

Comparación mediante el Análisis de las Fortalezas Dimensionales (AFD).

El ***Análisis de las Fortalezas Dimensionales*** (AFD) se basa en la comparación de la puntuación obtenida en cada dimensión respecto a la puntuación máxima *(h)*. El parámetro de comparación θ_X mide el grado de avance que tiene la asociación en una dimensión en particular.

$$\theta_X(\%) = \frac{100}{h} X \;\; con \;\; X = P, S, E, C, A \;\; \text{y} \;\; h = 4$$

La magnitud de θ_X permite identificar cuáles son las dimensiones más fuertes y facilita su comparación (Palencia et al., 2023).

Comparación mediante el Análisis de Priorización Dimensional (APD).

El ***Análisis de Priorización Dimensional*** (APD) se obtiene estableciendo el porcentaje en el que cada puntuación dimensional contribuye a la puntuación global obtenida:

$$\mu_X = \frac{100X - W_X \sum X}{W_X \sum X} \qquad con \;\; X = P, S, E, C, A$$

Si $\mu_X > 0$ la dimensión muestra un buen desempeño, sin embargo, mientras mayor sea el valor obtenido, mayor es la diferencia respecto a la ponderación de la misma. No es una dimensión prioritaria, pero si es susceptible de mejoras. Lo ideal es que $\mu_X = 0$ y esto se puede obtener mediante acciones específicas sobre la dimensión, o por acciones indirectas (sobre otras dimensiones). Esto ocurre debido a que, como se indicó previamente, las dimensiones no son independientes entre sí. Por otro lado, si $\mu_X < 0$ la dimensión muestra un mal desempeño y debe ser priorizada.

Mientras menor sea el valor (i.e., más negativo), mayor es la priorización requerida (Palencia et al., 2023).

El APD puede emplearse para identificar las dimensiones que requieren ser priorizadas y el grado con que deben serlo, y también para comparar las unidades productivas.

Comparación mediante el Análisis de Desempeño Dimensional (ADD).

El ***Análisis de Desempeño Dimensional*** (ADD) calcula el parámetro δ comparando la puntuación de cada dimensión X respecto al valor máximo que puede puntuar dentro de la respectiva ponderación asignada a cada dimensión (hW_x). Esto es:

$$\delta\ (\%) = \frac{100X}{hW_X} \quad con\ \ X = P, S, E, C, A$$

El desempeño dimensional promedio permite recalcular el nivel de avance de la unidad productiva respecto a las otras. En general, el criterio es el mismo: nivel I (menor al 25 %), nivel II (entre el 25 y 50 %), nivel III (entre el 50 y 75 %) y nivel IV (mayor al 75 %) (Palencia et al., 2023).

4.2.5.- Comparación de las unidades productivas con indicadores del entorno.

Las unidades productivas se comparan con indicadores del entorno a nivel municipal y departamental. Estos serán: ***Índice de Juventud*** (i.e., la fracción de población joven respecto al total de la población), ***Índice de Envejecimiento*** (i.e., el cociente entre el número de personas mayores de 65 años y el número de personas menores de 14 años) e ***Índice de Dependencia*** (i.e., el cociente entre la población de la tercera edad, adolescentes y niños dividiendo la suma entre el número de hombres y mujeres en edad productiva (18-65 años) (DANE, 2018).

4.3.- Adquisición de la información.

La información fue recolectada en una ventana de 18 meses. Para ello, periódicamente se realizaron visitas a cada una de las asociaciones, encuestas a sus miembros, e inspecciones mediante observación directa. La oficialización de su inclusión en el estudio se efectuó mediante la formalización de un convenio de cooperación.

Las asociaciones seleccionadas se relacionan en la Tabla 4.11:

Tabla 4.11. Relación de asociaciones seleccionadas en el estudio.

Municipio	Nombre de la asociación	Sigla
Chimá	Asociación de Agropecuarios y Pescadores de Chimá.	AGROPESCH
	Asociación de Productores y Pescadores del Corregimiento de Sitio Viejo.	APROPES
Lorica	Asociación de Pescadores y Pequeños Productores de Garavito.	ASOPESGAR
Purísima	Asociación de Pescadores y Agricultores Ecológicos de Purísima.	APAE

Agradecimientos.

Los autores agradecen a Mindtech s.a.s., la Universidad del Valle, y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por los recursos suministrados en el marco del proyecto Desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas polímero-membrana de bajo consumo energético, adaptable a familias campesinas, comunidades rurales, costeras y agropecuarias - Proyecto BPIN 2020000100261.

Bibliografía.

DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. **2018**. www.dane.gov.vo

M. Palencia, T.A. Lerma, V.J. Palencia-Luna. **2023**. Estudio del uso del agua en asociaciones campesinas rurales de la parte norte del departamento de Córdoba (Colombia) – Parte 1: Agricultura Familiar. MT-Pallantia Publisher s.a.s., Cali - Colombia. pp. 1-110. DOI: 10.34294/b.002.2023.09.

Salazar-Mejía I. **2008**. La economía de la Ciénaga Grande del Bajo Sinú: lugar encantado de las aguas. Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER) del Banco de la República. Cartagena - Colombia, pp. 41.

Capítulo 5.

Resultados: AREL en la parte centro-norte del departamento de Córdoba (Colombia).

M. Palencia, A. García-Quintero, N.G. Chate-Galvis,
L.R. Anaya-Tatis, R.A. Bolaño-Vásquez, A.L. Villalba-Soto,
T.A. Lerma, V.J. Palencia-Luna

5.1.- Resultados y descripción de las unidades productivas.

5.1.1. Chimá: Asociación de Agropecuarios y Pescadores de Chimá (AGROPESCH).

Descripción de la asociación: AGROPESCH.

La *Asociación de Agropecuarios y Pescadores de Chimá* (AGROPESCH) es una Entidad Sin Ánimo de Lucro (ESAL) del municipio de Chimá, fundada en el año 2013, se encuentra ubicada en la calle La Punta, sector El Puerto, en la parte nororiental del departamento de Córdoba, a 38 km de Lorica y 62,6 km del municipio de Sahagún, los cuales son dos centros urbanos de tamaño apreciables, y a 74 km de la ciudad de Montería (capital del departamento y su epicentro comercial). Está conformada por 18 integrantes, 17 de ellos hombres y una mujer (i.e., una relación de género, número de hombres por número de mujeres o RH/M de 1,06).

Cite as: M. Palencia, A. García-Quintero, N.G. Chate-Galvis, L.R. Anaya-Tatis, R.A. Bolaño-Vásquez, A.L. Villalba-Soto, T.A. Lerma, V.J. Palencia-Luna. 2023. Resultados: AREL en la parte centro-norte del departamento de Córdoba (Colombia). En: M. Palencia, T.A. Lerma, V.J. Palencia-Luna. Acuicultura del agua en asociaciones campesinas rurales de la parte norte del departamento de Córdoba (Colombia): Acuicultura de Recursos Limitados (AREL). MT-Pallantia Publisher s.a.s., Cali – Colombia, pp. 77-102. DOI: 10.34294/b.003.c5.2023.09.

Las principales actividades económicas de la asociación se basan en la piscicultura de agua dulce y, en menor grado, la agricultura. Las fuentes de agua para la realización de estas actividades se captan principalmente de la ciénaga. Las vías de acceso a la asociación están en buen estado en época seca, en época de lluvia el acceso debe realizarse en canoa ya que las inundaciones son muy extensas. Se puede acceder desde el municipio de Montería pasando por Ciénaga de Oro, Punta de Yanez y Corozalito, cuyas vías están en excelente estado a comparación de la vía que conduce de Lorica a Chimá, pasando por Purísima, Momil y Tuchín; sin embargo, este tramo se encuentra en malas condiciones y el recorrido es más largo.

La economía de la asociación se basa principalmente en la piscicultura, con producción de especies como la tilapia roja, el bocachico, y la cachama blanca. Cabe destacar que otras actividades como la agricultura familiar conforman parte importante del modo de subsistencia de los miembros de la asociación, entre los cultivos más representativos se encuentra el plátano, la yuca y la ahuyama. El cultivo de peces se lleva a cabo para el autoconsumo y la pequeña comercialización en la zona, a través de intermediarios como tiendas de barrio y el menudeo desde casa. En el caso de la producción agrícola, esta se destina principalmente para el autoconsumo.

La asociación es vulnerable a inundaciones por parte de la ciénaga, donde se ha presentado pérdida de infraestructura, daño en las instalaciones, destrucción de equipos, y perdida de alimento. Estos escenarios impactan la economía de la asociación debido a tener que destinar recursos para reparaciones además de los retrasos en la producción. Una causa de las pérdidas de la producción se debe a la fuga y pérdida de peces durante las inundaciones. Además, las inundaciones se asocian a la contaminación y perturbación de los servicios ecosistémicos asociados con la ciénaga. En estas condiciones se produce el arrastre de sedimentos, desechos y contaminantes de la ciénaga hacia los estanques de la asociación piscícola, como consecuencia se compromete la calidad del agua y se genera la afectación de la salud de los peces, aumentándose el riesgo de enfermedades y disminuyéndose la productividad.

En un contexto más amplio, el cambio climático ha impactado la actividad productiva desde diferentes ámbitos. Se ha presentado un aumento en la temperatura media del entorno de producción, así como del agua de los estanques, lo que ha afectado el metabolismo de los peces y su capacidad para crecer y sobrevivir, o lo que es lo mismo, se afecta negativamente los rendimientos del sistema de producción.

Es importante mencionar que el acceso a fuentes hídricas en la zona es limitado, estando este recurso asociado únicamente a la ciénaga y al aprovisionamiento que se realice mediante captación de aguas lluvias. En consecuencia, la disponibilidad y variabilidad del recurso se encuentra sujeta a factores climáticos como la frecuencia de las precipitaciones o factores de origen antropogénico como la sobreexplotación de los recursos para actividades productivas.

Clasificación en términos de su producción: AGROPESCH.

La asociación AGROPESCH puntúa un valor de 2,2 en el Test de Clasificación Rápida (TCR), siendo clasificada como Acuicultura de Recursos Limitados de Subsistencia (ARELS) de microescala. Los descriptores y puntuaciones correspondientes se muestran en la Tabla 5.1. En general, el resultado es consistente con las observaciones realizadas en campo.

Tabla 5.1. TCR: AGROPESCH. $\phi \leq 2{,}0$ (ARELS-ME), $2{,}0 < \phi \leq 3{,}0$ (ARELS-PE), $3{,}0 < \phi \leq 4{,}0$ (ARELT-PE) y $\phi > 4.0$ (ARELC-PE).

ID	Descriptor		Puntos
P_3	Pérdidas de producción.	5 % - 25 % (contribución: 20)	3
D_4	Pérdidas poscosecha.	1 % 5 % (contribución: 5)	4
A_3	Autoconsumo.	5 % - 25 % (contribución: 20)	3
V_1	Venta directa en lote o pequeños establecimientos de comercio.		1
C_1	Personas naturales al menudeo (ventas).		1
G_1	Alcance vecinal (sectores aledaños).		1
		$\phi =$	2,2

Caracterización dimensional específica: AGROPESCH.

La *Dimensión Social* evidencia que la mayor fortaleza de la asociación, en esta dimensión, es la formalización jurídica y el tiempo de constitución (10 años). La escasez de recursos para la producción limita el avance de esta dimensión. Aspectos como el consumo, la disponibilidad de mano de obra y la carga familiar se evidencian como aspectos fuertemente débiles. Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.2.

Como puede verse a partir de los resultados, esta dimensión se tipifica en el Nivel I ($S \leq 2$). Sin embargo, se encuentra en el límite entre el Nivel I y el Nivel II, lo que permite presuponer que avanzar en esta dimensión al nivel II puede resultar relativamente fácil.

Tabla 5.2. Puntuación dimensional de AGROPESCH: *Dimensión Social* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Social	S_1	• Autoconsumo.	1	0	0	0	1
	S_2	• Formalización jurídica.	0	0	0	4	4
	S_3	• Tiempo de constitución jurídica.	0	0	0	4	4
	S_4	• Personal contratado.	1	0	0	0	1
	S_5	• Carga familiar.	1	0	0	0	1
	S_6	• Fracción de mano de obra productiva.	0	2	0	0	2
	S_7	• Pobreza multidimensional.	1	0	0	0	1
					Puntuación:		2,0

La *Dimensión Productiva* refleja que la producción es en términos generales débil. Múltiples aspectos deberían ser intervenidos para lograr la transformación de la unidad de producción. Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.3. Esta dimensión se tipifica en el Nivel I ($S \leq 2$), y de manera semejante con el caso anterior, pequeños cambios de las características pueden promover su avance.

Tabla 5.3. Puntuación dimensional de AGROPESCH: *Dimensión Productiva* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Productiva	P_1	• Pérdidas poscosecha.	0	2	0	0	2
	P_2	• Controles del proceso productivo.	0	2	0	0	2
	P_3	• Operaciones logísticas.	0	2	0	0	2
	P_4	• Criterios de calidad de los productos.	0	2	0	0	2
	P_5	• Disponibilidad de herramientas.	0	2	0	0	2
					Puntuación:		2,0

La *Dimensión Económica* muestra que, aunque se generan ingresos de capital, estos son bajos. Claramente esto impacta la capacidad productiva de la asociación. Esta dimensión se sitúa en el Nivel I ($S \leq 2$). Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Puntuación dimensional de AGROPESCH: *Dimensión Económica* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Económica	E_1	• Se generan ingresos de capital.	1	0	0	0	1
	E_2	• Capital de producción.	0	2	0	0	2
	E_3	• Acceso a servicios financieros.	1	0	0	0	1
	E_4	• Clientes.	1	0	0	0	1
					Puntuación		1,3

La *Dimensión Ambiental* muestra que la asociación debe hacer frente a un entorno complejo desde el punto de vista de los riesgos. El mercado para hacer frente a la comercialización y las condiciones del entorno en que se efectúa la actividad productiva emergen como limitantes para la generación de ingresos de capital. Esta dimensión se sitúa en el Nivel I ($S \leq 2$). Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Puntuación dimensional de AGROPESCH: *Dimensión Ambiental* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Ambiental	A_1	• Comercialización de forma directa.	1	0	0	0	1
	A_2	• Pobreza multidimensional.	0	2	0	0	2
	A_3	• Riesgos del proceso.	1	0	0	0	1
	A_4	• Riesgos del mercado.	1	0	0	0	1
	A_5	• Riesgos del entorno.	1	0	0	0	1
	A_6	• Riesgos sobre la salud familiar.	1	0	0	0	1
	A_7	• Riesgos sobre la salud del individuo.	1	0	0	0	1
	A_8	• Riesgos de seguridad.	0	2	0	0	2
						Puntuación	1,3

La *Dimensión Cultural* de la asociación es débil, no se aporta valor agregado al producto. Debido a la presencia de la ciénaga, no es de extrañar la actividad piscícola; sin embargo, la presencia de un cuerpo de agua de tal índole sugiere que la acuicultura es idónea para el aprovechamiento productivo del entorno. Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.6. Esta dimensión se sitúa en el Nivel I ($S \leq 2$).

Tabla 5.6. Puntuación dimensional AGROPESCH: *Dimensión Cultural* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Cultural	C_1	• Valor agregado al producto.	1	0	0	0	1
	C_2	• Cultivo (tradición o criterios técnicos).	1	2	0	0	1
						Puntuación	1,5

Caracterización dimensional global: AGROPESCH.

Los resultados del análisis dimensional se resumen en la Tabla 5.7. De igual forma se indican, para cada dimensión, los pesos *(W_X)*, la puntuación media *(X)*, la contribución de la puntuación dimensional al resultado global *(θ_X)* y el correspondiente índice de fortaleza *(Q)*. Se puede observar que el

orden obtenido en la puntuación X es: $S = P > C > E = A$. Por otro lado, el orden observado en el valor de θ_X es: S > P > E > C > A. Además, el valor de Q es inferior al 50 %.

Tabla 5.7. Puntuación dimensional global AGROPESCH.

Dimensión	W_X (%)	Puntuación (X)	Contribución (θ_X)	Q (AGROPESCH)
Social (S)	35	2,0	0,70	44,5 (1,78)
Productiva (P)	30	2,0	0,60	
Económica (E)	15	1,3	0,20	
Ambiental (A)	10	1,3	0,13	
Cultural (C)	10	1,5	0,15	

Q: Índice de fortaleza de la agricultura familiar (25x), el valor indica la magnitud alcanzada por el total de las dimensiones respecto al valor máximo posible.

5.1.2. Chimá: Asociación de Productores y Pescadores del Corregimiento de Sitio Viejo (APROPES).

Descripción de la asociación: APROPES.

La *Asociación de Productores y Pescadores del Corregimiento de Sitio Viejo* (APROPES), es una ESAL del municipio de Chimá, constituida en el año 2006 (17 años). La asociación está conformada por 22 integrantes, 19 de ellos hombres y 3 mujeres (RH/M de 6,3), se encuentra ubicada en el corregimiento de Sitio Viejo, sector las Pocetas, en el nororiente del departamento de Córdoba. Su distancia a los principales centros urbanos del departamento es 44,4 km, 55 km y 64,3 km de Lorica, Sahagún y Montería.

Su actividad se centra en la actividad piscícola, ganadería de animales menores y actividad agrícola en épocas del año. El principal destino de los productos de estas actividades es el autoconsumo y la pequeña comercialización en la zona. Las principales especies de peces producidas son el bocachico y la tilapia roja. En la parte agrícola cultivan yuca, maíz, berenjena, habichuela, tomate, ají, y patilla. En particular, este último se realiza una vez al año en aproximadamente 3 meses y deja ganancias representativas. La producción se comercializa en el mercado local, al menudeo o mediante venta en la plaza principal. En el caso de la agricultura, a excepción de la patilla, son cultivos para autoconsumo, ya que el terreno disponible para realizar esta actividad es escaso. La comercialización de patilla se hace a través de intermediarios y su distribución se realiza a nivel nacional. En consecuencia, la asociación se basa en un sistema de producción mixto.

Entre los riesgos que amenazan la capacidad productiva de la asociación se encuentra el cambio climático. El aumento de la temperatura media y las alteraciones de los ciclos de lluvia impacta la calidad de vida, salud y acceso a los alimentos de los habitantes; además, se disminuyen los rendimientos de las cosechas, tanto agrícolas como acuícolas. El impacto de este riesgo se ve incrementado debido a la alta pobreza multidimensional de la zona, que restringe la aplicación de estrategias de largo plazo. Además, las fuentes de abastecimiento agua de la asociación se limita únicamente a la ciénaga y de lluvia, estas resultan insuficientes en época seca donde el nivel de la ciénaga disminuye y las lluvias son escasas. Otra debilidad de la asociación se relaciona con el saneamiento y salubridad del entorno, en específico, no se dispone de una calidad idónea del recurso hídrico para actividades humanas.

Clasificación en términos de su producción: APROPES.

La asociación APROPES obtiene un puntaje de 1,83 en el Test de Clasificación Rápida (TCR), clasificando como Acuicultura de Recursos Limitados de Subsistencia (ARELS) de microescala, de forma consistente con las observaciones realizadas en campo. Los descriptores y puntuaciones correspondientes se muestran en la Tabla 5.8.

Tabla 5.8. TCR: APROPES. $\phi \leq 2{,}0$ (ARELS-ME), $2{,}0 < \phi \leq 3{,}0$ (ARELS-PE), $3{,}0 < \phi \leq 4{,}0$ (ARELT-PE) y $\phi > 4.0$ (ARELC-PE).

ID	Descriptor		Puntos
P_3	Pérdidas de producción.	5 % - 25 % (contribución: 20)	3
D_3	Pérdidas poscosecha.	5% - 25 % (contribución: 20)	3
A_2	Autoconsumo.	25 % - 75 % (contribución: 20)	2
V_1	Venta directa en lote o pequeños establecimientos de comercio.		1
C_1	Personas naturales al menudeo (ventas).		1
G_1	Alcance vecinal (sectores aledaños).		1
		$\phi =$	1,83

Caracterización dimensional específica: APROPES.

La *Dimensión Social* identifica la formalización jurídica y el tiempo de constitución (10 años) como las principales fortalezas de la asociación. Los resultados son similares a los obtenidos para APROPESCH. A partir de los resultados, esta dimensión se tipifica en el Nivel I ($S \leq 2$). Sin embargo, se encuentra en el límite entre el Nivel I y el Nivel II, lo que permite presuponer que avanzar en esta dimensión al nivel II puede resultar relativamente fácil. Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9. Puntuación dimensional de APROPES: *Dimensión Social* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Social	S_1	• Autoconsumo.	1	0	0	0	1
	S_2	• Formalización jurídica.	0	0	0	4	4
	S_3	• Tiempo de constitución jurídica.	0	0	0	4	4
	S_4	• Personal contratado.	1	0	0	0	1
	S_5	• Carga familiar.	1	0	0	0	1
	S_6	• Fracción de mano de obra productiva.	0	2	0	0	2
	S_7	• Pobreza multidimensional.	1	0	0	0	1
					Puntuación:		2,0

La *Dimensión Productiva* es marcadamente débil. Múltiples aspectos deben ser intervenidos para lograr el fortalecimiento productivo. Esta dimensión se incluye en el Nivel I ($S \leq 2$). Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.10.

Tabla 5.10. Puntuación dimensional de APROPES: *Dimensión Productiva* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Productiva	P_1	• Pérdidas poscosecha.	0	2	0	0	2
	P_2	• Controles del proceso productivo.	1	0	0	0	1
	P_3	• Operaciones logísticas.	1	0	0	0	1
	P_4	• Criterios de calidad de los productos.	1	0	0	0	1
	P_5	• Disponibilidad de herramientas.	1	0	0	0	1
					Puntuación:		1,2

La *Dimensión Económica* muestra que, aunque los ingresos de capital provenientes de la actividad acuícola son bajos. Claramente esto impacta la capacidad productiva de la asociación. Esta dimensión se sitúa en el Nivel I ($S \leq 2$). Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.11.

Tabla 5.11. Puntuación dimensional de APROPES: *Dimensión Económica* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Económica	E_1	• Se generan ingresos de capital.	1	0	0	0	1
	E_2	• Capital de producción.	1	0	0	0	1
	E_3	• Acceso a servicios financieros.	1	0	0	0	1
	E_4	• Clientes.	1	0	0	0	1
					Puntuación		1,0

La *Dimensión Ambiental* muestra que los riesgos son altos. Además, el mercado para hacer frente a la comercialización y las condiciones del entorno en que se efectúa la actividad productiva emergen como limitantes para la generación de ingresos de capital. Esta dimensión se sitúa en el Nivel I ($S \leq 2$). Detalles de la puntuación se muestran en la Tabla 5.12.

Tabla 5.12. Puntuación dimensional de APROPES: *Dimensión Ambiental* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Ambiental	A_1	• Comercialización de forma directa.	1	0	0	0	1
	A_2	• Pobreza multidimensional.	1	0	0	0	1
	A_3	• Riesgos del proceso.	1	0	0	0	1
	A_4	• Riesgos del mercado.	1	0	0	0	1
	A_5	• Riesgos del entorno.	1	0	0	0	1
	A_6	• Riesgos sobre la salud familiar.	1	0	0	0	1
	A_7	• Riesgos sobre la salud del individuo.	1	0	0	0	1
	A_8	• Riesgos de seguridad.	0	2	0	0	2
			Puntuación				1,1

La *Dimensión Cultural* de la asociación es débil, no se aporta valor agregado al producto. Debido a la presencia de la ciénaga, resulta normal la actividad piscícola; sin embargo, por la misma razón se sugiere que, desde un punto de vista técnico, la acuicultura es idónea para el aprovechamiento productivo del entorno. Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.13. Esta dimensión se sitúa en el Nivel I ($S \leq 2$).

Tabla 5.13. Puntuación dimensional APROPES: *Dimensión Cultural* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Cultural	C_1	• Valor agregado al producto.	1	0	0	0	1
	C_2	• Cultivo (tradición o criterios técnicos).	1	2	0	0	1
			Puntuación				1,5

Caracterización dimensional global: APROPES.

Los resultados del análisis dimensional se resumen en la Tabla 5.14. De igual forma se indican, para cada dimensión, los pesos *(W_X)*, la puntuación media *(X)*, la contribución de la puntuación dimensional al resultado global *(θ_X)* y el correspondiente índice de fortaleza *(Q)*. Se puede observar que el orden obtenido en la puntuación X es: $S > C > P > A > E$. Por otro lado, el

orden observado en el valor de θ_X es: S > P > $E = C$ > A. Además, el valor de Q es inferior al 40 %.

Tabla 5.14. Puntuación dimensional global APROPES.

Dimensión	W_X (%)	Puntuación (X)	Contribución (θ_X)	Q (AGROPESCH)
Social (S)	35	2,0	0,70	36,8 (1,47)
Productiva (P)	30	1,2	0,36	
Económica (E)	15	1,0	0,15	
Ambiental (A)	10	1,1	0,11	
Cultural (C)	10	1,5	0,15	

Q: Índice de fortaleza de la agricultura familiar ($25x$), el valor indica la magnitud alcanzada por el total de las dimensiones respecto al valor máximo posible.

5.1.3. Lorica: Asociación de Pescadores y Pequeños Productores de Garavito (ASOPESGAR).

Descripción de la asociación: ASOPESGAR.

La *Asociación de Pescadores y Pequeños Productores de Garavito* (ASOPESGAR), es una ESAL fundada en el año 1999 en el municipio Santa Cruz de Lorica, específicamente en la vereda Garavito, cuenta con 24 años de experiencia en producción acuícola y pesca. Actualmente, la asociación tiene vinculado 25 socios, de los cuales 18 son hombres y 7 mujeres (RH/M de 2,57). Se encuentra ubicada a ~6 km del municipio de Santa Cruz de Lorica, para llegar a sus instalaciones se ingresa al corregimiento por la vía que conduce desde Montería, atravesando el río Sinú en ferri. Desde el punto de llegada del ferri es necesario desplazarse en aproximadamente 3 km hacía la vía que conduce al corregimiento de las Flores.

Su actividad económica es la pesca y el cultivo de peces (cachama blanca y bocachico). La especie principal de producción es la cachama debido al corto tiempo de duración del cultivo. Se comercializa en el mercado local y en el mercado del municipio de Santa Cruz de Lorica, la presentación del producto es eviscerada (sin vísceras) siendo el pago del producto de forma semanal (i.e., el producto se entrega al comercializador y después se genera el pago, sin embargo, su demanda es insatisfecha). Por otro lado, el bocachico es el producto secundario de comercialización, a pesar de ser una especie con mayor demanda, no se comercializa como producto principal debido al largo tiempo de cultivo. Además, la asociación cuenta con 8 estanques en tierra de un área de ~2000 m^2 y un estanque de geomembrana de 4 m de diámetro para la fase de pre cría, reduciendo de este modo la perdida por

depredación. Para la alimentación de peces cuentan con un molino industrial mediante el cual fabrican el alimento para las diferentes fases de producción, además, cultivan yuca, maíz y plátano que sirven como materia prima para la fabricación del alimento alternativo.

En general, la mayor parte de los asociados se dedica a la pesca artesanal como actividad económica principal y para el sustento de las familias. Sin embargo, se han generado perturbaciones en los ingresos de los asociados debido a la baja disponibilidad de especies ícticas nativas como: Bocachico, Moncholo, Liseta, Dorada y especies introducidas como Cachama Blanca y Tilapia Negra.

Dentro de los principales riesgos sobre la producción y el bienestar de la población se encuentra el cambio climático. Debido a los cambios de temperatura han sobrevenido desequilibrios en las etapas de reproducción. Por otro lado, la asociación no cuenta con las condiciones técnicas que permitan que sus cultivos sean amigables con el medio ambiente, por ejemplo, no se dispone de un sistema de tratamiento de agua al momento de realizar los recambios de los estanques, por lo que las aguas que se drenan y generan vertimientos de residuos, entre los que se encuentran lodos ricos en compuestos nitrogenados.

Clasificación en términos de su producción: ASOPESGAR.

La asociación ASOPESGAR obtiene un puntaje de 3,0 en el Test de Clasificación Rápida (TCR), se clasifica como Acuicultura de Recursos Limitados de Subsistencia de pequeña escala (ARELS-PE). Su clasificación es consistente con las observaciones realizadas en campo. Una característica importante es que es de producción mixta. Los descriptores y puntuaciones correspondientes se muestran en la Tabla 5.15.

Tabla 5.15. TCR: ASOPESGAR. $\phi \leq 2{,}0$ (ARELS-ME), $2{,}0 < \phi \leq 3{,}0$ (ARELS-PE), $3{,}0 < \phi \leq 4{,}0$ (ARELT-PE) y $\phi > 4.0$ (ARELC-PE).

ID	Descriptor		Puntos
P_3	Pérdidas de producción.	5 % - 25 % (contribución: 20)	3
D_4	Pérdidas poscosecha.	1% - 5 % (contribución: 5)	4
A_2	Autoconsumo.	1 % - 5 % (contribución: 5)	4
V_3	Venta Mayorista a través de intermediarios.		3
C_1	Venta a personas naturales al por mayor.		2
G_1	Ventas locales (a nivel de municipio).		2
		$\phi =$	3,0

Caracterización dimensional específica: ASOPESGAR.

La *Dimensión Social* identifica la formalización jurídica y el tiempo de constitución (23 años) como las principales fortalezas de la asociación, seguida de su capacidad productiva y un destino relativamente bajo de la producción en autoconsumo. A partir de los resultados, esta dimensión se tipifica en el Nivel II ($2 \leq S \leq 3$). Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.16.

Tabla 5.16. Puntuación dimensional de ASOPESGAR: *Dimensión Social* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Social	S_1	• Autoconsumo.	0	0	3	0	3
	S_2	• Formalización jurídica.	0	0	0	4	4
	S_3	• Tiempo de constitución jurídica.	0	0	0	4	4
	S_4	• Personal contratado.	1	0	0	0	1
	S_5	• Carga familiar.	1	0	0	0	1
	S_6	• Fracción de mano de obra productiva.	0	0	3	0	3
	S_7	• Pobreza multidimensional.	0	2	0	0	2
					Puntuación:		2,6

La *Dimensión Productiva* es débil, aunque muestra avances valiosos. Múltiples aspectos deben ser fortalecidos para la transformación productiva. Esta dimensión se incluye en el Nivel I ($S \leq 2$, o ~3). Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.17.

Tabla 5.17. Puntuación dimensional de ASOPESGAR: *Dimensión Productiva* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Productiva	P_1	• Pérdidas poscosecha.	0	2	0	0	2
	P_2	• Controles del proceso productivo.	0	2	0	0	2
	P_3	• Operaciones logísticas.	0	2	0	0	2
	P_4	• Criterios de calidad de los productos.	0	2	0	0	2
	P_5	• Disponibilidad de herramientas.	0	2	0	0	2
					Puntuación:		2,0

La *Dimensión Económica* muestra que, aunque los ingresos de capital provenientes de la actividad acuícola son estables. Claramente esto impacta la capacidad productiva de la asociación de forma positiva. Esta dimensión se sitúa en el Nivel I ($S \leq 2$, o ~3). Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.18.

Tabla 5.18. Puntuación dimensional de ASOPESGAR: *Dimensión Económica* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Económica	E_1	• Se generan ingresos de capital.	0	0	3	0	3
	E_2	• Capital de producción.	0	2	0	0	2
	E_3	• Acceso a servicios financieros.	1	0	0	0	1
	E_4	• Clientes.	0	2	0	0	2
			Puntuación				2,0

La *Dimensión Ambiental* muestra que los riesgos, aunque presentes tienen un alcance moderado. El mercado y la comercialización aparecen como factores estables que han permitido la permanencia de la asociación en el tiempo. Esta dimensión se sitúa en el Nivel I ($S \leq 2$, o ~ 3). Detalles de la puntuación se muestran en la Tabla 5.19.

Tabla 5.19. Puntuación dimensional de ASOPESGAR: *Dimensión Ambiental* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Ambiental	A_1	• Comercialización de forma directa.	0	2	0	0	2
	A_2	• Pobreza multidimensional.	0	2	0	0	2
	A_3	• Riesgos del proceso.	0	2	0	0	2
	A_4	• Riesgos del mercado.	0	2	0	0	2
	A_5	• Riesgos del entorno.	0	2	0	0	2
	A_6	• Riesgos sobre la salud familiar.	0	2	0	0	2
	A_7	• Riesgos sobre la salud del individuo.	0	2	0	0	2
	A_8	• Riesgos de seguridad.	0	2	0	0	2
			Puntuación				2,0

La *Dimensión Cultural* de la asociación es débil, con perspectivas de mejoras. Debido a la presencia de la ciénaga, resulta normal la actividad piscícola; sin embargo, por la misma razón se sugiere que, desde un punto de vista técnico, la acuicultura es idónea para el aprovechamiento productivo del entorno. Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.20. Esta dimensión se sitúa en el Nivel I ($S \leq 2$).

Tabla 5.20. Puntuación dimensional ASOPESGAR: *Dimensión Cultural* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Cultural	C_1	• Valor agregado al producto.	0	2	0	0	2
	C_2	• Cultivo (tradición o criterios técnicos).	0	2	0	0	2
			Puntuación				2,0

Caracterización dimensional global: ASOPESGAR.

Los resultados del análisis dimensional se resumen en la Tabla 5.21. De igual forma se indican, para cada dimensión, los pesos *(W_X)*, la puntuación media *(X)*, la contribución de la puntuación dimensional al resultado global *(θ_X)* y el correspondiente índice de fortaleza *(Q)*. Se puede observar que el orden obtenido en la puntuación X es: $S > P = E = A = C$. Por otro lado, el orden observado en el valor de θ_X es: S > P > $E = C >$ A. Además, el valor de Q es superior al 50 % (i.e., 55,3).

Tabla 5.21. Puntuación dimensional global ASOPESGAR.

Dimensión	W_X (%)	Puntuación *(X)*	Contribución *(θ_X)*	*Q* (ASOPESGAR)
Social (S)	35	2,6	0,91	55,3 (2,21)
Productiva (P)	30	2,0	0,60	
Económica (E)	15	2,0	0,30	
Ambiental (A)	10	2,0	0,20	
Cultural (C)	10	2,0	0,20	

Q: Índice de fortaleza de la agricultura familiar (25x), el valor indica la magnitud alcanzada por el total de las dimensiones respecto al valor máximo posible.

5.1.4. Purísima: Asociación de Pescadores y Agricultores Ecológicos de Purísima (APAE).

Descripción de la asociación: APAE.

La *Asociación de Pescadores y Agricultores Ecológicos de Purísima* (APAE) es una ESAL, constituida en el año 2015 (8 años) en el municipio de Purísima, en la vereda El Tigre. Actualmente, es una comunidad que se dedica principalmente a la producción acuícola, cuenta con 23 miembros (RH/M = 3,6). La asociación cuenta con dos sedes de producción, la sede 1, donde se realiza el cultivo de tilapia roja y cuentan con un pozo profundo como fuente de abastecimiento de agua, y la sede 2, donde se realiza el cultivo de bocachico y la fuente de agua más cercana es la Ciénaga Grande del Bajo Sinú, esta sede se encuentra ubicada a aproximadamente 8 km del municipio de Santa Cruz de Lorica en la carretera que conduce al municipio de Sahagún. Las vías de acceso de ambas sedes se encuentran en buen estado, la sede 1 se encuentra a 4 km de la cabecera municipal y la sede 2 se encuentra a 1 km de la trocal principal del municipio.

Es importante mencionar que la asociación es una organización sincronizada con el trabajo en equipo, coordinan las actividades de

alimentación, muestreo, cosecha, vigilancia durante el día y la noche, se turnan por socio las actividades antes mencionadas, consolidándose de este modo como una unidad productiva competitiva y responsable ante los diferentes proyectos de los cuales son beneficiarios.

La actividad económica principal es el cultivo de tilapia roja que posee una producción promedio de 8 toneladas cada 2 meses y la especie bocachico como actividad de producción secundaria, con una producción de 3 toneladas cada 6 meses. La comercialización de ambos cultivos se realiza en el mercado local y en el municipio de Lorica. En contraste a este buen desempeño productivo, alrededor de la comercialización surge una gran problemática ya que no pueden acceder a mercados competitivos debido a que no cuenta con los permisos adecuados y reglamentarios. Para acceder a estos permisos se necesita adecuar las instalaciones de la asociación, construir nuevas instalaciones tales como bodega de alimento, dormitorios, baños con duchas, sala de evisceración, bodega de herramientas y equipos, zona de desinfección, etc. Cabe indicar que, el mercado de tilapia en el municipio de Purísima es relativamente pequeño en comparación con otras localidades de la región.

Un factor relevante en torno a los riesgos ambientales es la contaminación del agua utilizada en la producción de peces en la asociación ya que proviene principalmente de la descarga de aguas residuales no tratadas. Este foco de contaminación ha afectado la calidad del agua, la salud de los ecosistemas acuáticos, y representa una amenaza tanto para la producción de peces como para la salud de quienes dependen de esta actividad para su sustento.

Clasificación en términos de su producción: APAE.

La asociación APAE obtiene un puntaje de 3,3 en el Test de Clasificación Rápida (TCR), se clasifica como Acuicultura de Recursos Limitados en Transición y de pequeña escala (ARELT-PE). Su clasificación es consistente con las observaciones realizadas en campo, y presenta claras fortalezas en la gestión y producción, además, a nivel de comercialización, se visualiza que posee el potencial de lograr un mayor alcance. Una característica importante es que, aunque la producción es mixta (acuicultura y agricultura), la línea principal de trabajo está claramente definida (i.e., acuicultura), lo que permite focalizar los esfuerzos de los socios en una única actividad. Los descriptores y puntuaciones correspondientes se muestran en la Tabla 5.22.

Tabla 5.22. TCR: APAE. $\phi \leq 2{,}0$ (ARELS-ME), $2{,}0 < \phi \leq 3{,}0$ (ARELS-PE), $3{,}0 < \phi \leq 4{,}0$ (ARELT-PE) y $\phi > 4.0$ (ARELC-PE).

ID	Descriptor		Puntos
P_3	Pérdidas de producción.	5 % - 25 % (contribución: 20)	3
D_4	Pérdidas poscosecha.	1% - 5 % (contribución: 5)	5
A_2	Autoconsumo.	1 % - 5 % (contribución: 5)	4
V_3	Venta Mayorista a través de intermediarios.		3
C_1	Venta a personas naturales al por mayor.		2
G_1	Ventas locales (a nivel de municipio).		3
		$\phi =$	3,3

Caracterización dimensional específica: APAE.

La *Dimensión Social* identifica como principales fortalezas la formalización jurídica, el tiempo de constitución, y la minimización del autoconsumo. A partir de los resultados, esta dimensión se tipifica en el Nivel II ($2 \leq S \leq 3$). Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.23.

Tabla 5.23. Puntuación dimensional de APAE: *Dimensión Social* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Social	S_1	• Autoconsumo.	0	0	0	4	4
	S_2	• Formalización jurídica.	0	0	0	4	4
	S_3	• Tiempo de constitución jurídica.	0	0	0	4	4
	S_4	• Personal contratado.	1	0	0	0	1
	S_5	• Carga familiar.	0	2	0	0	2
	S_6	• Fracción de mano de obra productiva.	0	0	3	0	3
	S_7	• Pobreza multidimensional.	0	2	0	0	2
					Puntuación:		2,9

La *Dimensión Productiva* es relativamente fuerte, evidenciado características propias de una adecuada gestión del proceso productivo. De igual forma, la reducción del autoconsumo a valores mínimos y de las pérdidas poscosecha son buenos indicios de la generación de capital y el retorno de la inversión del proceso productivo. Múltiples aspectos deben ser fortalecidos, pero se centran principalmente en la implementación de estándares de calidad y la innovación del proceso productivo. Esta dimensión se incluye en el Nivel I ($S \leq 2$, o ~ 3). Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.17.

Tabla 5.24. Puntuación dimensional de APAE: *Dimensión Productiva* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Productiva	P_1	• Pérdidas poscosecha.	0	0	3	0	4
	P_2	• Controles del proceso productivo.	0	0	3	0	3
	P_3	• Operaciones logísticas.	0	0	3	0	3
	P_4	• Criterios de calidad de los productos.	0	2	0	0	2
	P_5	• Disponibilidad de herramientas.	0	0	3	0	3
					Puntuación:		3,0

La *Dimensión Económica* muestra un buen desempeño de la asociación. Sin embargo, se deben mejorar aspectos asociados con la comercialización. Esta dimensión se sitúa en el Nivel II ($2 \leq S \leq 3$). Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.25.

Tabla 5.25. Puntuación dimensional de APAE: *Dimensión Económica* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Económica	E_1	• Se generan ingresos de capital.	0	0	0	4	4
	E_2	• Capital de producción.	0	0	0	4	4
	E_3	• Acceso a servicios financieros.	0	2	0	0	2
	E_4	• Clientes.	0	2	0	0	2
					Puntuación		3,0

La *Dimensión Ambiental* muestra que los riesgos, aunque presentes tienen un alcance moderado. El mercado y la comercialización aparecen como factores estables. Esta dimensión se sitúa en el Nivel II ($2 \leq S \leq 3$). Detalles de la puntuación se muestran en la Tabla 5.26.

Tabla 5.26. Puntuación dimensional de APAE: *Dimensión Ambiental* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Ambiental	A_1	• Comercialización de forma directa.	0	0	3	0	3
	A_2	• Pobreza multidimensional.	0	2	0	0	2
	A_3	• Riesgos del proceso.	0	0	3	0	3
	A_4	• Riesgos del mercado.	0	0	3	0	3
	A_5	• Riesgos del entorno.	0	2	0	0	2
	A_6	• Riesgos sobre la salud familiar.	0	2	0	0	2
	A_7	• Riesgos sobre la salud del individuo.	0	2	0	0	2
	A_8	• Riesgos de seguridad.	0	2	0	0	2
					Puntuación		2,4

La *Dimensión Cultural* de la asociación es débil en términos de dar valor agregado al producto. Debido a la presencia de la ciénaga, resulta normal la actividad piscícola; sin embargo, por la misma razón se sugiere que, desde un punto de vista técnico, la acuicultura es idónea para el aprovechamiento productivo del entorno. Además, se debe resaltar la existencia de dos sedes, lo que es consistente con una planificación de la producción. Esta dimensión se sitúa en el Nivel II ($2 \leq S \leq 3$), siendo la generación de valor a los productos los puntos donde debe fortalecerse. Detalles de la puntuación obtenida para esta dimensión se muestran en la Tabla 5.27.

Tabla 5.27. Puntuación dimensional APAE: *Dimensión Cultural* (para la escala de puntuación consultar el Capítulo 4).

Dimensión		Características	Intensidad				Puntos
Cultural	C_1	• Valor agregado al producto.	1	0	0	0	1
	C_2	• Cultivo (tradición o criterios técnicos).	0	0	0	4	4
			Puntuación				2,5

Caracterización dimensional global: APAE.

Los resultados del análisis dimensional se resumen en la Tabla 5.28. De igual forma se indican, para cada dimensión, los pesos *(W_X)*, la puntuación media *(X)*, la contribución de la puntuación dimensional al resultado global *(θ_X)* y el correspondiente índice de fortaleza *(Q)*. Se puede observar que el orden obtenido en la puntuación X es: $P = E > S > C > A$ (lo que muestra un buen desempeño en las dimensiones clave sobre la que se sustenta la unidad productiva). Por otro lado, el orden observado en el valor de θ_X es: $S > P > E > C >$ A (el orden esperado implica, idealmente, que $A = C$. Sin embargo, existen riesgos generales que reflejan la realidad de la zona en sí misma y sobre los que la capacidad de acción se ve limitada). Además, el valor de Q es superior al 50 % (i.e., 55,3).

Tabla 5.28. Puntuación dimensional global APAE.

Dimensión	W_X (%)	Puntuación (X)	Contribución (θ_X)	Q (APAE)
Social (S)	35	2,9	1,02	71,4 (2,9)
Productiva (P)	30	3,0	0,90	
Económica (E)	15	3,0	0,45	
Ambiental (A)	10	2,4	0,24	
Cultural (C)	10	2,5	0,25	

Q: Índice de fortaleza de la agricultura familiar ($25x$), el valor indica la magnitud alcanzada por el total de las dimensiones respecto al valor máximo posible.

5.2.- Comparación de las unidades productivas (UPs) mediante el TCR.

La clasificación obtenida para cada una de las UPs de este estudio fue: AGROPESCH (ubicación: Chimá, TCR: ARELS-ME), APROPES (ubicación: Chimá, TCR: ARELS-ME), ASOPESGAR (ubicación: Lorica, TCR: ARELS-PE) y APAE (ubicación: Purísima, TCR: ARELT-PE). Un resumen de las puntuaciones de las dimensionales globales *(Q)* obtenidas en cada caso se muestra en la Tabla 5.29. Puede observarse que, desde el punto de vista de su productividad y penetración en el mercado (i.e., mediante la TCR), el orden obtenido es: APAE > ASOPESGAR > AGROPESCH > APROPES.

Tabla 5.29. Puntuación obtenida para las Unidades Productivas (UPs) mediante el Test de Clasificación Rápida (TCR) y mediante la metodología PSECA (*Q*).

Municipio	UPs	TCR			*Q*
		ϕ	ϕ (%)	Tipo	
Chimá	AGROPESCH	2,2	55,0	ARELS-ME	44,5
	APROPES	1,8	45,0	ARELS-ME	36,8
Lorica	ASOPESGAR	3,0	75,0	ARELS-PE	55,3
Purísima	APAE	3,3	82,5	ARELT-PE	71,4

ME: Microescala. **PE:** Pequeña escala.

Los resultados ponen de manifiesto que la ubicación geográfica es un fator que podría estar influyendo en el desempeño de las UPs. Tanto ASOPESGAR como APAE poseen una mayor proximidad a un centro urbano de relevancia en el departamento, lo que le posibilita facilidad de acceso a este primer mercado. Mayores detalles deben evaluarse mediante el análisis dimensional.

5.3.- Comparación de las UPs mediante el análisis de fortalezas dimensionales (AFD).

En la Figura 5.30 se muestra para cada una de las asociaciones las fortalezas de sus distintas dimensiones. En todas las dimensiones APAE muestra una mayor fortaleza, seguida de ASOPESGAR. Esto es análogo a lo observado mediante el TCR. En particular, todas las asociaciones muestran una mayor fortaleza en la dimensión social (nótese que todas se caracterizan por formalización jurídica y más de 5 años de constitución). Por el contrario, la dimensión más débil es la dimensión ambiental en todos los casos; para APROPES y AGROPESH, el cambio climático y la pobreza multidimensional se identificaron como preocupantes; mientras que, en las asociaciones más fuertes, la debilidad es principalmente debida a factores externos (cambio

climático). Nótese que, aunque la menor fortaleza de APAE es la *Dimensión Ambiental*, esta posee un mejor valor si se compara con la misma dimensión en las otras asociaciones.

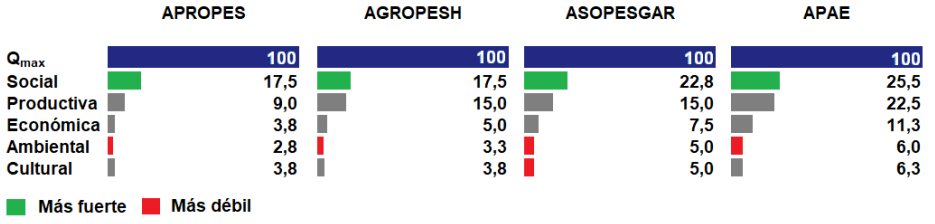

Figura 5.30. Comparación de la fortaleza de cada dimensión entre asociaciones y entre dimensiones.

5.4.- Comparación de las UPs mediante el Análisis de Priorización Dimensional (APD).

Este análisis, APD, comparar las dimensiones, el grado de intervención requerido para alcanzar la ponderación estándar (S = 35 %, P = 30 %, E = 15 %, A = 10 % y C = 10 %) y arroja una priorización de esfuerzos en función de las dimensiones evaluadas. Lo que se busca con este análisis es establecer una guía hacia dónde direccionar esfuerzos (i.e., recursos, construcción de planes de intervención, etc.).

En la Figura 5.31 se muestra para cada una de las asociaciones la priorización de las acciones de intervención. Se observa que APROPES debe ser intervenida en las dimensiones productivas, económicas y ambiental (son las dimensiones con mayor puntuación negativa absoluta, para la asociación con menor fortaleza productiva promedio de las cuatro evaluadas); además, el orden de priorización de estas dimensiones es $E > A > P$. Para AGROPESCH, el orden de priorización es $A > E > C$, mientras que para ASOPESGAR es $P \approx E \approx A \approx C$. Por último, para APAE, las dimensiones de mayores fortalezas son, en su orden A y C (i.e., $A > C$). Sin embargo, debe notarse que las condiciones más críticas las presentan APROPES y AGROPESCH, ambas del municipio de Chimá, en las dimensiones económicas y ambiental, respectivamente.

En contraste, las estrategias de mejoras en la *Dimensión Social* se deben enfocar principalmente en APROPES, mientras que, en la *Dimensión Productiva*, el foco de atención debe direccionarse hacia AGROPESCH y APAE, respectivamente.

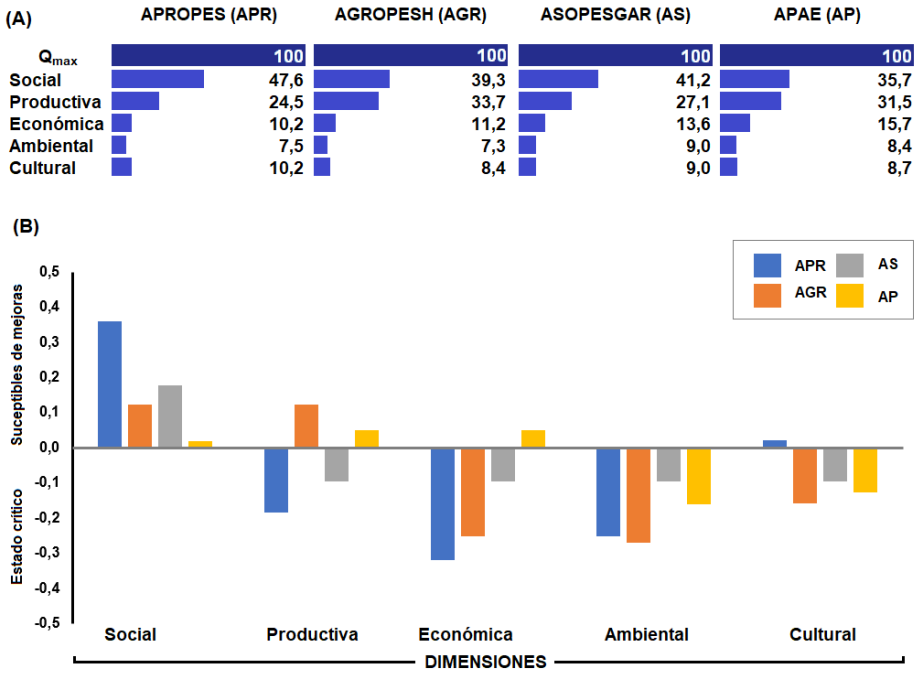

Figura 5.31. (A) Contribución porcentual de cada dimensión al valor de *Q*. (B) Identificación de dimensiones susceptibles de mejora (mientras mayor valor, más relevancia de intervención) y en estado crítico (se debe priorizar la intervención, mientras menor valor, más relevancia para su intervención).

5.5.- Comparación de UPs mediante el Análisis de Desempeño Dimensional (ADD).

El desempeño de cada asociación, en cada una de las dimensiones, se compara y resumen en la Figura 5.32. La puntuación obtenida mediante el ADD permite establecer un seguimiento del avance de cada asociación en cada una de las dimensiones, así como comparar sus mejoras frente a una o varias intervenciones. El mejor desempeño lo obtiene APAE (19,1), seguido de ASOPESGAR (3,0), AGROPESCH (-10,5) y APROPES (-16,0). Se puede observar que el mejor de los casos aún tiene 80 puntos de avance promedio. Normalmente, tanto para el desempeño promedio como para el desempeño dimensional, mientras mejor es la puntuación se espera una ralentización del desempeño, e idealmente, es deseable que los cambios se observen de forma homogénea. Es importante notar que, para APROPES y AGROPESCH, se observa un "hueco" o "valle" en torno a la Dimensión Económica, lo que

evidencia la existencia de un punto crítico común, específicamente, un mínimo relativo. Para esta característica topológica en específico, se sugiere que guarda relación con la pobreza monetaria y multidimensional, así como con características espaciales (i.e., ubicación geográfica).

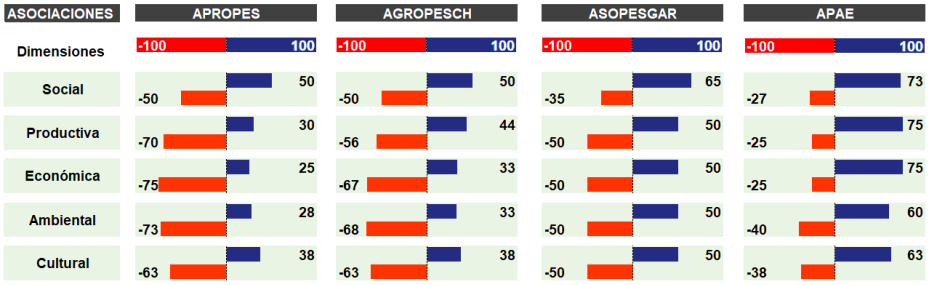

Figura 5.32. Grado de desempeño dimensional para cada en una de las asociaciones en las respectivas dimensiones.

En relación con las otras dos asociaciones, el máximo relativo se observa en la *Dimensión Social* (ASOPESGAR) y en las dimensiones productivas y económicas (APAE). Sin embargo, en términos de eficiencia de crecimiento, los resultados muestran un comportamiento diferente (ver Figura 5.33). En general, las mejores operaciones de administración y gestión son realizadas por APAE, seguido de AGROPESCH. Nótese que ASOPESGAR sólo alcanza un ritmo de crecimiento de 11 puntos/año (media de 2,2), lo que resulta bajo en comparación con los 19,7 puntos/años alcanzados por AGROPESCH (media de 3,9).

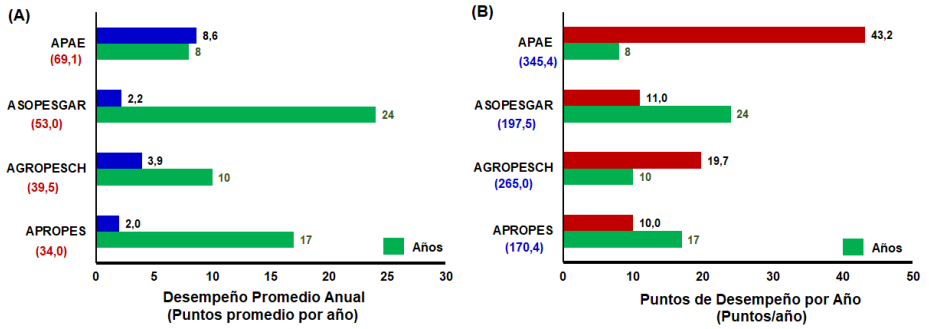

Figura 5.33. Eficiencia del desempeño de la asociación: (A) Desempeño promedio anual (azul); puntaje promedio anual alcanzado (marrón); referencia: 100 puntos. (B) Puntos de desempeño por año (marrón); puntos totales alcanzados (azul); referencia: 500 puntos.

Finalmente, un análisis de homogeneidad en el desempeño, dado por la desviación estándar relativa porcentual, muestra que la mayor homogeneidad de avance la presenta APAE (10,5 %), seguido de ASOPESGAR (12,7 %), AGROPESCH (18,9 %) y APROPES (29,7 %).

5.6.- Comparación de las UPs mediante su comparación con indicadores del entorno (IE).

La comparación del *Índice de Envejecimiento (Ie)* y el *Índice de juventud (Ij)* se muestra en la Figura 5.34. Se puede observar que la asociación más envejecida es AGROPESCH, con valores superiores a los de los municipios y del departamento. Así mismo, la asociación de mejor desempeño en los análisis dimensionales muestra la menor tasa de envejecimiento. Estos valores describen el impacto futuro de las características etarias de la población sobre la asociación. En general, un mayor valor de *Ie* y *Ij* reflejan los cambios de la mano de obra productiva y la dependencia futura.

A mediano plazo, el pronóstico menos favorable lo tiene AGROPESCH, la cual aumentará su *Índice de Dependencia (Id)* conllevando a una menor productividad y mayor carga para la asociación. Situación similar, pero con menor intensidad, se espera para ASOPESGAR.

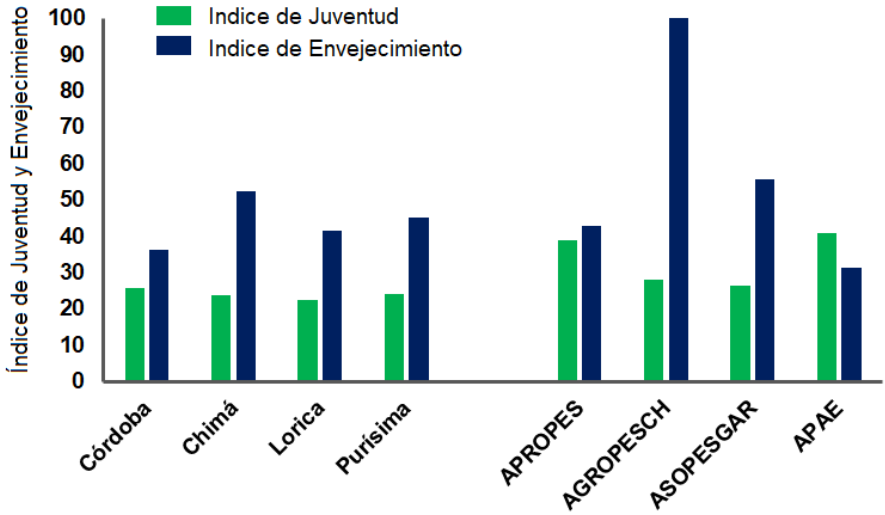

Figura 5.34. Comparación de los índices de juventud y envejecimiento de las asociaciones respecto al departamento y municipios (fuente: datos propios y DANE, 2023).

La comparación de los valores de *Id* se muestra en la Figura 5.35. Se puede observar que la mayor dependencia la presentan las asociaciones APROPES y AGROPESH, ambas con la menor puntuación, clasificación, desempeño y situadas en el mismo municipio. Además, la pobreza multidimensional del municipio es la más alta entre los municipios comparados (57,8 %), lo que contrasta con un 53,1 % en Purísima y 41,1 % en Lorica. De hecho, es más del doble del valor de la capital del departamento (27,1 %) (DANE, 2023). Nótese que, aunque el valor de dependencia para APAE es similar al observado para las UPs de Chimá, 9,5 ± 1,6 puntos por debajo, APAE mostró el mejor desempeño en todas las dimensiones. Lo anterior sugiere que las características etarias de la población pasan a segundo plano cuando se logra un buen desempeño dimensional.

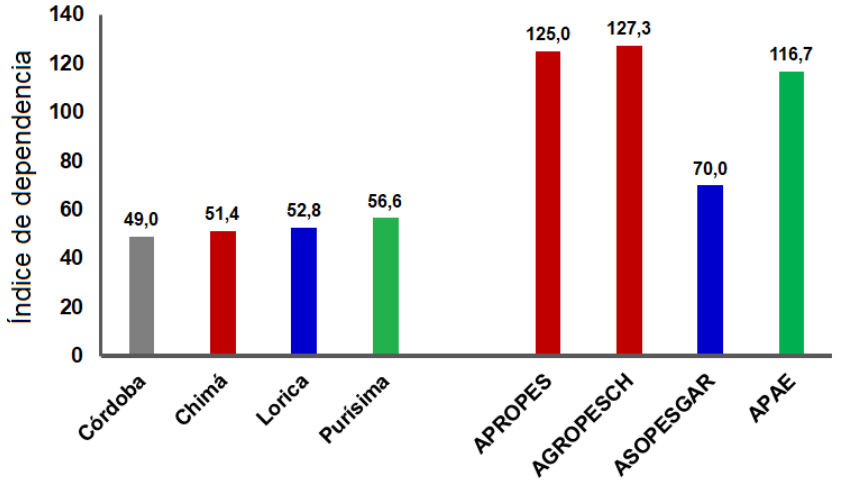

Figura 5.35. Comparación de los índices de dependencia *(Id)* de las asociaciones respecto al departamento y municipios (fuente: datos propios y DANE, 2023).

5.7.- Conclusiones.

ARELS-ME (AGROPESCH y APROPES, ubicadas en el municipio de Chimá, con valores de $Q = 44{,}5$ y 36,8, respectivamente), ARELS-PE (ASOPESGAR, municipio de Lorica, con un valor de $Q = 55{,}3$) y ARELT-PE (municipio de Purísima, con un valor de $Q = 71{,}4$). En general, el mejor desempeño dimensional se observó en la *Dimensión Social*, en parte como resultado de las características previas requeridas para ser incluidas en el estudio, es decir, debían encontrarse formalmente constituidas con un tiempo mínimo de constitución debía ser 2 años.

Por otro lado, se observó un menor desempeño dimensional en las asociaciones situadas en el municipio de Chimá, lo que se asoció con una mayor pobreza monetaria y multidimensional, además, una mayor distancia a centros de comercio, y menores éxitos en actividades de gestión y administración. En contraste, se identificó que la eficiencia dimensional fue mayor en APAE. En segundo lugar, se encuentra AGROPESCH que, aunque presentó un menor desempeño respecto a ASOPESGAR, mostró una mayor eficiencia temporal.

Respecto a las asociaciones con menor desempeño, las dimensiones a priorizar son las dimensiones económica y ambiental, y en el caso particular de APROPES, la dimensión productiva. En contraste, las dimensiones a priorizar en la asociación de mejor desempeño es la dimensión ambiental, seguida de la dimensión cultural. Respecto a la dimensión ambiental, el conjunto de características que guardan relación con los riesgos, se debe priorizar en todos los casos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Mindtech s.a.s., la Universidad del Valle, y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por los recursos suministrados en el marco del proyecto Desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas polímero-membrana de bajo consumo energético, adaptable a familias campesinas, comunidades rurales, costeras y agropecuarias - Proyecto BPIN 2020000100261.

Bibliografía

DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. **2018**. www.dane.gov.vo

Manuel Palencia

Coautor, editor.

Es químico de la Universidad de Córdoba (Colombia), doctor en ciencias químicas de la Universidad de Concepción (Chile). Cuenta con una estancia posdoctoral en nanotecnología de Fondecyt (Chile). Actualmente es profesor titular de la Universidad del Valle, y director del Grupo de Investigación en Ciencias con Aplicaciones Tecnológicas (GI-CAT). A la fecha de edición de presente libro ha sido coautor de 1 libro, 10 capítulos de libros, 2 patentes de invención y más de 100 publicaciones científicas. Sus líneas de investigación son muy diversas, entre las que se destacan la ciencia y tecnología de polímeros, membranas, química de suelos, agrícola y ambiental, fisicoquímica y química analítica, nanotecnología, microbiología analítica, entre otras.

Tulio A. Lerma

Coautor, editor.

Es Tecnólogo Químico y Químico de la Universidad del Valle, Magíster en Ciencias Químicas y candidato a Doctor en Ciencia-Química de la misma universidad. Actualmente es director Operativo e Investigador de Mindtech s.a.s., miembro del grupo de investigación Mindtech Research Group de Mindtech y del Grupo de Investigación en Ciencias con Aplicaciones Tecnológicas (GICAT) de la Universidad del Valle. Posee experiencia en ciencias del suelo, polímeros, biotecnología y sistemas avanzados de separación por membranas. A la fecha de edición de presente libro ha sido coautor 1 libro de investigación, 2 capítulos de libros y más de 20 artículos de investigación y divulgación.

Víctor J. Palencia-Luna

Coautor, editor.

Es Ingeniero de Sistemas, y candidato a Magíster en Ciencias de Datos de la Universidad ICESI (Colombia), cuenta con experiencia en el desarrollo e ingeniería de software, analítica y minería de datos, bioinformática de sistemas complejos e inteligencia artificial. Ha sido gerente de Mindtech s.a.s., y director del grupo de investigación MIndtech-RG. A la fecha de edición de presente libro ha sido coautor de 5 artículos de investigación, 1 capítulo de libro y desarrollador de diferentes software científico-tecnológicos. Actualmente es el director de investigación y desarrollo de Mindtech s.a.s., dentro de sus líneas de investigación se encuentra el análisis de sistemas complejos de tipo físico, social y administrativo.

Angélica García-Quintero

Coautora.

Es profesional en Química y candidata a doctor en Ciencias Químicas de la Universidad del Valle. Miembro del Grupo de Investigación en Ciencias con Aplicaciones Tecnológicas (GI-CAT) y de Mindtech-RG. Su experiencia de investigación incluye la ciencia de los materiales, la química analítica, química de suelos, agrícola y ambiental, nanotecnología y análisis espectroscópico de matrices complejas, química de alimentos y desarrollo sostenible. A la fecha de edición de presente libro ha sido coautora de 12 artículos investigativos, 4 editoriales, y 4 capítulos de libro, y directora editorial del área científica y tecnológica de MT-Pallantia Publisher., además, cuenta con varias participaciones en eventos nacionales e internacionales.

Luis R. Anaya-Tatis

Coautor.

Es profesional en Acuicultura, cuenta con experiencia de 17 años en el campo de la extensión acuícola, trabajos con comunidades de pescadores, indígenas, raizales afro, en cultivos acuícolas en especies como camarones, peces marinos y continentales. Además, ha adquirido experiencia en el área de laboratorio en reproducción inducida de peces, producción de alimento vivo y calidad de agua. Es investigador del Instituto de Investigación en Ciencia y Tecnología Analítica Golden-Hammer y de Mindtech Research Group (Mindtech-RG) de Mindtech s.a.s. A la fecha de edición de presente libro ha sido coautor de 4 artículos científicos, y cuenta con contribuciones en eventos científicos de carácter nacional. Sus líneas de investigación se circunscriben en el extensionismo acuícola, transferencia y transformación tecnológica acuícola, sostenibilidad y seguridad alimentaria.

Nazly G. Chate-Galvis

Coautora.

Es Tecnóloga Química y Química de la Universidad del Valle, investigadora de Mindtech s.a.s adscrita al grupo de investigación Mindtech Research Group (Mindtech-RG) y miembro del Grupo de Investigación en Ciencias con Aplicaciones Tecnológicas (GI-CAT) de la Universidad del Valle. Su experiencia de investigación es el campo de los biomateriales, química ambiental y química analítica. A la fecha de edición de presente libro ha sido coautora de una publicación, un capítulo de libro y varias contribuciones en eventos científicos de carácter nacional.

Alisson L. Villalba Soto

Coautora.

Es profesional en Ingeniería Agronómica de la Universidad de Córdoba (Colombia), cuenta con experiencia laboral en diversos cultivos de climas cálidos, templados y fríos en condiciones de cielo abierto e invernadero en los departamentos de Sucre, Córdoba, Tolima y Cesar, así como en extensión rural, investigación y desarrollo, fisiología, manejo integrado de plagas y enfermedades, climatología y fitomejoramiento, agricultura ecológica y de precisión, adopción y transferencia de tecnologías, asistencia técnica, implementación de huertas caseras y agroecosistemas biodiversos familiares. En la parte de investigación cuenta con experiencia en fisiología vegetal y fitomejoramiento. A la fecha de edición de presente libro ha sido coautora de 2 artículos científicos.

Rafael A. Bolaño-Vásquez

Coautor.

Es profesional en Acuicultura de la Universidad de Córdoba, cuenta con experiencia como auxiliar de investigación, asistente de investigación e investigador de Mindtech S.A.S. A la fecha de edición de presente libro ha sido coautor de 1 artículo científico y presentaciones en eventos de carácter nacional. Sus líneas de investigación se circunscriben en el extensionismo acuícola, la transferencia de tecnología para el fortalecimiento productivo, la sostenibilidad, y la seguridad alimentaria, así como la transformación tecnológica de la acuicultura.

Mindtech s.a.s.

Es una empresa de investigación y desarrollo tecnológico, en ingeniería, ciencia de datos, ciencias fundamentales como la química y la microbiología, agricultura, acuicultura y desarrollo rural, desarrollo sostenible, ciencia de los materiales, ciencias ambientales, agronomía y desarrollo rural, ciencias analíticas aplicadas a problemas científicos, industriales y sociales, entre otras. Cuenta con un grupo de investigación reconocido por el Ministerio de Ciencias, Tecnología e Innovación de Colombia, Mindtech Research Group, ha liderado proyectos a nivel nacional de investigación básica y aplicada, desarrollo tecnológico e innovación. Ha sido la cofundadora de la iniciativa AFICAT que converge en la actualidad a diversas instituciones públicas y privadas a nivel nacional, contribuido con la formación de capital humano a nivel posdoctoral, doctoral, maestría y pregrado.

www.mindtech.com.co