

## Criterios de manejo acuícola para la región Pacífico Central Mexicano mediante análisis multicriterio

### Aquaculture criteria for the Mexican Central Pacific region by multicriteria analysis

Israel López-Poblete\*, Enrique Godínez-Domínguez\*✉, Manuel E. Mendoza\*\*, Adrián Tintos-Gómez\*\*\*

López-Poblete, I., Godínez-Domínguez, E., Mendoza, M. E., & Tintos-Gómez, A. (2020). Criterios de manejo acuícola para la región Pacífico Central Mexicano mediante análisis multicriterio. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 14-23.

#### RESUMEN

La determinación de criterios acuícolas indicados para el desarrollo de la actividad permite identificar capacidades inherentes de los sitios para ser utilizados bajo este propósito. Se utilizó el proceso de análisis jerárquico con el fin de evaluar la importancia relativa de los criterios definidos con base en la opinión de 12 expertos en el tema. Dicho grupo determinó como criterios principales tipo de agua, temperatura, calidad de los organismos, sistema de cultivo, textura de suelo, nivel de tecnología y eficiencia en la administración. Los resultados indican que los criterios con mayor importancia fueron agua con una ponderación de 0.38, temperatura

con 0.20 y calidad de los organismos 0.19. La implementación de la técnica del proceso de análisis jerárquico demostró ser útil para la construcción de un índice global de eficiencia para la actividad acuícola, basado en conocimiento experto.

#### ABSTRACT

The determination of aquaculture criteria indicated for the development of the activity allows identifying the inherent capacities of the sites to be used for this purpose. In this study the hierarchical analysis process was used in order to evaluate the relative importance of the criteria defined based on the opinion of 12 experts on the subject. The group determined as main criteria type of water, temperature, quality of the organisms, cultivation system, soil texture, level of technology and efficiency in administration. The results indicate that the criteria with greater importance were water with 0.38 of weight, temperature with 0.20 and quality of the organisms with 0.19. Implementation of the hierarchical analysis process technique proved to be useful for the construction of a global efficiency index for aquaculture activity, based on expert knowledge.

**Palabras clave:** criterio; acuicultura; análisis multicriterio; manejo costero; uso de suelo; México.

**Keywords:** criterion; aquaculture; multicriteria analysis; coastal management; land use; Mexico.

Recibido: 4 de agosto de 2018 Aceptado: 27 de septiembre de 2019

\* Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras, Universidad de Guadalajara. V. Gómez Farías 82, San Patricio-Melaque, C. P. 48980, Jalisco, México. Correo electrónico: aquamanilp@hotmail.com; egodinez@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9893-2708>; <http://orcid.org/0000-0002-2415-1140>

\*\* Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México. Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Ex Hacienda San Jose de la Huerta, C. P. 58190, Morelia, Michoacán, México. Correo electrónico: mmendoza@ciga.unam.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1310-9702>

\*\*\* Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima. Carretera Manzanillo-Barra de Navidad km. 19.5, Col. El Naranjo, C. P. 28868, Manzanillo, Colima, México. Correo electrónico: atintos48@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7530-416X>

✉ Autor para correspondencia

#### INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, ante el deterioro de las pesquerías a nivel mundial y el excesivo esfuerzo pesquero concentrado en un número limitado de especies, la acuicultura se ha convertido paulatinamente en una alternativa de producción (Guarneros & Pérez, 2006), se considera al mismo

tiempo como un sector prioritario y estratégico para el suministro de alimentos, generación de empleos e ingresos, principalmente para los países en desarrollo (Inzunza Montoya, 2014). Rosales Inzunza y Acevedo Valerio (2012) destacan el avance que ha tenido la acuacultura en México en los últimos años; sin embargo, también reconocen que está lejos de alcanzar su máximo desarrollo.

La estrategia más frecuente del desarrollo acuícola ha estado basada en la piscicultura de siembra y repoblación, y en menor escala en el cultivo de especies de aguas marinas y salobres. En la región del Pacífico Central Mexicano (PCM), la acuacultura ha crecido de manera considerable y está generando beneficios sociales y económicos; a pesar de esto sigue enfrentando carencias y deficiencias en cuanto al acceso a tecnologías, asesorías técnicas, así como la ausencia de criterios para orientar su crecimiento y desarrollo, lo que ha originado cultivos de tipo extensivo que presentan bajos rendimientos y productividad (SAGARPA, 9 de septiembre de 2013).

Uno de los objetivos de los planes de desarrollo regional de la acuacultura ha sido buscar la definición de criterios o normas que permitan aprovechar al máximo el potencial e incrementar la productividad. Un criterio puede definirse como un juicio de valor que permite concretar una elección entre distintas variables y condiciones (Arias Odón, 2012). Un criterio acuícola también puede ser catalogado como un requisito importante que debe ser respetado para alcanzar cierto objetivo, satisfacer una necesidad o, como en este caso, garantizar el éxito de una actividad. Las normas pueden ser objetivas y subjetivas, las primeras permiten medir resultados y magnitudes positivas mediante indicadores derivados de variables empíricas, las segundas son parte de la cosmovisión del decisor y derivan de sus fines particulares y propósitos (Acevedo Borrego & Linares Barrantes, 2012).

Una de las técnicas de evaluación multicriterio es el proceso de análisis jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), herramienta que actualmente puede ser utilizada para la evaluación de la importancia relativa de los criterios definidos y seleccionados por grupo de expertos (GE) o evaluadores en función de la literatura y experiencia propia. El AHP es útil para la descripción, evaluación, ordenación, jerarquización y toma de decisiones (Moreno Jiménez, 2002). La técnica pretende separar los componen-

tes de un problema complejo de decisión en grupos más simples y de menor jerarquía que permitan ser manejados de manera más simple en matrices de comparación pareada, en las que se analizan las diferencias de un criterio contra otro y determinar su relevancia para poder establecer un peso en la toma de decisiones.

El objetivo del presente estudio fue identificar y ponderar los criterios acuícolas requeridos para su óptimo desarrollo, principalmente en la zona costera del PCM (figura 1) mediante la aplicación de un análisis multicriterio (AM).



Figura 1. Unidad acuícola en desarrollo, municipio de Minatitlán, Colima.

Fotografía del equipo de investigación.

### Área de estudio

El PCM se localiza en la parte centro meridional de México y está conformada por los estados de Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit (Pantoja, Marineme, Parés-Sierra, & Gómez-Valdivia, 2012) (figura 2).

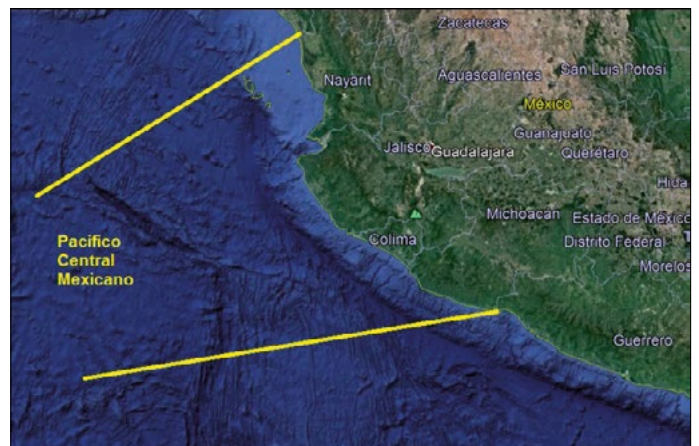


Figura 2. Localización geográfica del área de estudio. Imagen de Pantoja et al. (2012).

Tiene un relieve con predominancia montañosa y tierras altas de meseta, originadas por las cordilleras Sierra Madre Occidental y Sierra Madre del Sur. Las cordilleras ubicadas paralelamente a la costa originan una estrecha llanura costera en donde se ubica una gran cantidad de playas que son los principales atractivos turísticos de la zona.

Pantoja et al. (2012) menciona que el clima en la costa del PCM es cálido durante todo el año con lluvias en verano, hacia la parte interior el clima es modificado y regido por la altitud, que tiende a ser fresco todo el año, muy similar a zonas templadas y básicamente se distinguen dos zonas climáticas fundamentales. La zona cuenta con una franja costera de un ancho aproximado de 40 a 80 km de clima cálido subhúmedo que se manifiesta en los valles de poca altitud hacia el interior de los estados de Colima y Michoacán. Este clima se caracteriza por temperaturas medias anuales entre 22° y 28° C con lluvias entre 1,000 y 2,000 mm anuales. El clima templado subhúmedo predomina hacia el interior en áreas con altitud por encima de los 1,200 – 1,500 m, se caracteriza por temperaturas medias anuales entre 18° y 22 °C, con regiones por debajo de 18 °C y precipitaciones entre 600 y 1000 mm anuales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Proceso de análisis jerarquizado (AHP)

El método de análisis multicriterio, en particular el AHP, es un conjunto de conceptos, modelos y métodos para auxiliar en la toma de decisiones a describir, ordenar, jerarquizar, evaluar, seleccionar o rechazar alternativas con base en una evaluación (expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia) de acuerdo con varios criterios (Moreno Jiménez, 2002). Es claro que no todas las normas tienen la misma importancia y que contribuyen de manera diferenciada en determinar la aptitud o decisión en diversos niveles, debido a esto deben estar muy bien definidos y agrupados en diversas jerarquías (Saaty, 1980).

El AHP fue diseñado para imitar la manera en que las personas hacen frente a situaciones de decisiones complejas. Presenta dos supuestos fundamentales: 1) una habilidad innata de los seres humanos para emitir juicios claramente definidos sobre problemas pequeños; y 2) en el proceso de toma de decisiones la práctica y el conocimiento de

la gente es igualmente valioso, tanto como los datos usados (Saaty, 1980). El AHP disgrega una situación complicada y no estructurada en sus componentes más sencillos y los ordena en una jerarquía.

Tabla 1

*Criterios generales considerados por el GE en una primera aproximación*

Tipos de criterios	Criterios
Criterios ambientales	Tipo de agua
	Temperatura
	Textura de suelo
	Riesgos Hidrometeorológicos
Criterios espaciales	Distancia a fuentes de energía eléctrica
	Distancia con asentamientos humanos
	Distancia a carreteras
Criterios tecnológicos	Tipos de sistemas de cultivo
	Acceso a información
	Nivel de tecnología
	Calidad de alimento
Restricciones geopolíticas	Capacitación
	Calidad de los organismos alevines/postlarvas
Restricciones económicas	Ordenamiento acuícola
	Mercado
	Administración eficiente
	Valor de la especie

Nota: Elaboración propia.

Una vez disgregado y jerarquizado el problema, se utilizan técnicas de comparación pareada dentro de cada jerarquía con la finalidad de permitir a los tomadores de decisión realizar valoraciones simples en cada nivel de la jerarquía. Posteriormente se calculan las prioridades globales para cada alternativa de decisión, mediante la incorporación de los resultados dentro de cada jerarquía. Los fundamentos matemáticos y detalles para la aplicación del procedimiento se describen en Saaty (1990, 1997).

Para la realización de este trabajo, el GE fue conformado con investigadores, docentes y autoridades invitadas a los trabajos del taller denominado "Perspectivas del Desarrollo de la Acuicultura en el Pacífico Central Mexicano" celebrado en Manzanillo, Colima, México en noviembre de 2015, realizado con la colaboración de la Facultad de Ciencias Marinas-Universidad de Colima, el Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras; CUCSur-Universidad de Guadalajara, la Dirección de Acuicultura y Pesca, la Secretaría de Desarrollo Rural-Gobierno del Estado de Colima y el Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo-INAPESCA. Como parte de los trabajos del taller se establecieron 18 criterios generales que desde el punto de vista del GE son los criterios generales más importantes para el desarrollo de la acuicultura (tabla 1).

El GE completó matrices de comparación pareada diseñadas según la propuesta de Saaty (1980). La determinación del peso de los criterios se realizó a partir de la aplicación de la técnica de AHP, al comparar la importancia relativa de los criterios para realizar el proceso de ponderación con los resultados, obteniendo la media geométrica.

El método AHP se caracteriza por su flexibilidad, que facilita la comprensión de los problemas. Esto permite llevar a cabo un proceso ordenado y gráfico de las etapas requeridas en la toma de decisiones (Grajales Quintero, Serrano Moya, & Von-H., 2013); por otro lado, la limitación que plantea el uso del AHP es el número de elementos que pueden compararse simultáneamente –número de Miller ( $7 \pm 2$ )– (Berumen & Llamazares Redondo, 2007). Los psicólogos del conocimiento han comprobado empíricamente que los humanos no somos capaces de comparar simultáneamente más de  $7 \pm 2$  elementos, debido primordialmente a que aumenta el grado de inconsistencia lógica (Escobar Urmeneta & Moreno Jiménez, 1997).

### Evaluación multicriterio

Para confrontar la magnitud relativa de un criterio sobre otro, se emiten juicios de valor que se reflejan de forma numérica. Estos valores (juicio de valor-numérico), se delimitan en la escala fundamental del AHP (tabla 2).

Tabla 2

Escala fundamental de Saaty (1997)

Calificación numérica	Escala verbal de la preferencia	Definición
1	Igual	Ambos elementos son de igual importancia
3	Moderada	Moderada importancia de un elemento sobre otro
5	Fuerte	Importancia fuerte de un elemento sobre otro
7	Muy fuerte	Importancia demostrada de un elemento sobre otro
9	Extrema	Importancia absoluta de un elemento sobre otro
2, 4, 6, 8	Términos medios	Valores intermedios, que se emplean para expresar preferencias que se encuentran entre dos de las anteriormente indicadas.
2	Igual-Moderada	Importancia entre igual y moderada de un elemento sobre otro
4	Moderada-Fuerte	Importancia moderada y fuerte de un elemento sobre otro
6	Fuerte-Muy Fuerte	Importancia entre fuerte y muy fuerte de un elemento sobre otro
8	Muy Fuerte-Extrema	Importancia entre muy fuerte y extrema de un elemento sobre otro

Nota: Elaboración propia.

## RESULTADOS

En primera instancia el GE determinó los siete criterios más importantes, mismos que se presentan en la tabla 3.

Una vez que el GE identificó los siete criterios que permitieron determinar apropiadamente la aptitud, se construyó la matriz y se procedió con la aplicación de comparaciones pareadas en una matriz de 7 x 7 (tabla 4).

Completada la matriz de comparaciones pareadas se procedió a sintetizar los juicios reflejados en ella, para obtener un único valor numérico que determine la preponderancia de cada elemento comparado. Para obtener las prioridades a partir de los juicios dados en la matriz de comparaciones  $m \times m$  se empleó un método de estandarización y se obtuvo la matriz normalizada de acuerdo con Saaty (1990) (tabla 5).

Tabla 3

*Identificación de los criterios más importantes para el desarrollo acuícola en el Pacífico Central Mexicano*

Número	Criterio
1	Tipo de agua
2	Temperatura
3	Calidad de los organismos alevines/postlarvas
4	Sistema de cultivo
5	Textura de suelo
6	Nivel de tecnología
7	Administración eficiente

*Nota:* Elaboración propia.

Tabla 4

*Matriz de criterios*

CRITERIO	Agua	Temperatura	Calidad de organismos	Sistema de cultivo	Tipo de suelo	Nivel de tecnología	Administración eficiente
Agua	1	3	3	5	7	7	9
Temperatura	0	1	2	3	5	5	7
Calidad de Organismos	0	1	1	3	5	7	9
Sistema de cultivo	0	0	0	1	3	3	5
Tipo de suelo	0	0	0	0	1	3	3
Nivel de tecnología	0	0	0	0	0	1	3
Administración eficiente	0	0	0	0	0	0	1
Sumatoria	2.3	5.4	6.8	12.9	21.7	26.3	37.0

*Nota:* Elaboración propia.

Tabla 5

*Matriz normalizada*

	Agua	Temperatura	Calidad de organismos	Sistema de cultivo	Tipo de suelo	Nivel de tecnología	Administración eficiente
Agua	0.500	0.600	0.442	0.384	0.318	0.269	0.243
Temperatura	0.166	0.200	0.285	0.230	0.227	0.192	0.189
Calidad de organismos	0.166	0.100	0.142	0.230	0.227	0.269	0.243
Sistema de cultivo	0.100	0.066	0.047	0.076	0.136	0.115	0.135
Tipo de suelo	0.071	0.040	0.028	0.025	0.045	0.115	0.081
Nivel de tecnología	0.071	0.040	0.020	0.025	0.015	0.038	0.081
Administración eficiente	0.055	0.028	0.015	0.015	0.015	0.012	0.027

*Nota:* Elaboración propia.



Tabla 6  
Vector resultante y valores de los criterios

Criterios	Vector	Ponderación
Agua	0.39389615	0.384
Temperatura	0.21313139	0.207
Calidad de organismos	0.19714854	0.192
Sistema de cultivo	0.09687031	0.094
Textura de suelo	0.05822303	0.056
Nivel de tecnología	0.04173884	0.040
Administración eficiente	0.02434052	0.023

Nota: Elaboración propia.

Tras obtener la matriz normalizada se generó la prioridad relativa o vector resultante de cada uno de los elementos comparados, promediando cada una de las filas de la matriz normalizada y del peso estandarizado (Saaty, 1990) (tabla 6).

Cuando se presentan jerarquías en las que hay criterios y subcriterios, las prioridades de los primeros se determinan en función del objetivo y tienen los valores más elevados, posteriormente se realizaron las matrices de comparaciones de los segundos que están relacionados con determinado criterio para obtener las prioridades relativas de cada subcriterio, y así determinar cómo afectan al objetivo (Saaty 1980). Una vez establecidos los criterios más representativos por el GE, se adjudicaron para los mismos los intervalos o condiciones óptimas de estos en categorías de subcriterios, y quedaron representados como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7  
Subcriterios

Criterios	Subcriterios		
Tipo de agua	Dulce	Salada	Salobre
Temperatura (°C)	18-24.99	25-32.99	33-42
Calidad de organismos	Sobrevivencia	Velocidad de crecimiento	Talla máxima alcanzada
Tipo de sistema de cultivo	Extensivo	Semiintensivo	Intensivo
Textura de suelo	Limo-arcilloso	Arcillo-arenoso	Gravoso con afloramiento rocoso
Nivel de tecnología	Inversión y tiempo de recuperación	Disponibilidad y servicios técnicos	Beneficios ambientales
Administración eficiente	Incremento de producción	Disminución de insumos	Mejora de la calidad

Nota: Elaboración propia.

Para determinar la prioridad de cada uno de los subcriterios, se realizaron las matrices de comparación y se obtuvo la prioridad relativa de cada alternativa respecto al criterio/subcriterio correspondiente (Saaty, 1997). Una vez elaboradas las matrices de comparación pareada se procedió

a normalizar las matrices con las que se obtiene la prioridad relativa o vector del subcriterio de cada uno de los elementos comparados, al calcular el promedio de cada una de las filas de la matriz normalizada (tabla 8).

Tabla 8

Vectores de los subcriterios

Criterios	Subcriterios y su vector		
Tipo de agua	Dulce 0.1062	Salada 0.6334	Salobre 0.2605
Temperatura	18-24 °C 0.2605	25-32 °C 0.6334	33-42 °C 0.1062
Calidad de organismos	Sobrevivencia 0.6334	Velocidad de crecimiento 0.2605	Talla máxima alcanzada 0.1062
Tipo de sistema de cultivo	Extensivo 0.1931	Semiintensivo 0.7235	Intensivo 0.0833
Textura de suelo	Limo-arcilloso 0.2605	Arcillo-arenoso 0.6333	Gravoso con afloramiento rocoso 0.1061
Nivel de tecnología	Inversión y tiempo de recuperación 0.2605	Disponibilidad y servicios técnicos 0.6333	Beneficios ambientales 0.1061
Administración eficiente	Incremento de producción 0.6333	Disminución de insumos 0.1061	Mejora de la calidad 0.2605

Nota: Elaboración propia.

Se observaron consistencias en las respuestas u opiniones del GE; con ellas se calcularon los pesos específicos de los criterios. Uno de los grandes atributos del AHP es que permite evaluar el grado de consistencia del GE a la hora de introducir los juicios en las matrices recíprocas de comparaciones pareadas (Moreno Jiménez, 2002). En el AHP se dice que el decisor es consistente, si la matriz de comparaciones pareadas lo es, esto es, si verifica que  $a_{ij} a_{jk} = a_{ik}$ ,  $\forall i, j, k$ . para evaluar la consistencia del decisor se calcula la denominada razón de consistencia (RC), que viene dada como el cociente entre el índice de consistencia (IC) y el índice de consistencia aleatorio (ICA) (Moreno Jiménez, 2002), esto es:

$$RC = IC/ICA(n)$$

$$\text{Donde: } IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{1}{n(n - 1)} \sum_{i \neq j}^n (e_{ij} - 1)$$

siendo  $e_{ij} = a_{ij} w_j / w_i$  y el ICA es el índice de consistencia medio obtenido al simular aleatoriamente los juicios para las matrices recíprocas de orden n. Los valores del índice de consistencia aleatorio para los diferentes n (Masud & Ravindran, 2008), son los que se muestran en la tabla 9.

Tabla 9

Índice de consistencia aleatoria

No. de elementos comparados	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice aleatorio de consistencia	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

Nota: Tomado de Masud y Ravindran (2008).

En la práctica suelen darse por buenas razones consistencias inferiores a 10%. Si la razón de consistencia supera ese umbral se recomienda revisar los juicios y corregir el que más se separa de la razón dada por las prioridades relativas correspondientes (comparar  $a_{ij}$  con  $w_i/w_j$ ), de acuerdo con Saaty (1997).

### Determinación de consistencia en resultados de matriz de criterios

$$RC=IC/ICA \quad IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad IC = \frac{14.29 - 7}{7 - 1} = 1.215 \quad IC = 1.215$$

$$ICA = 1.32 \text{ (Toscano \& Hurtado, 2005, en Masud \& Ravindran, 2008)}$$

$$\frac{IC}{ICA} = \frac{1.215}{1.32} = 0.92 \quad RC = 0.92$$

### Valor de la inconsistencia

Para valores de inconsistencia iguales o menores a 0.10 se considera que la consistencia de las comparaciones es aceptable, por lo que las prioridades obtenidas son válidas y justificadas para tomar una decisión. Dentro de cada criterio se estimó el peso específico de cada subcriterio utilizado en la evaluación (tabla 8). En los resultados se observa que el agua salada cuenta con peso específico de 0.24, la temperatura fluctúa entre 25 y 32 °C con valor de 0.13, y la sobrevivencia de los organismos un peso específico de 0.12 (tabla 8). Estos tres subcriterios conforman un valor de peso específico de 0.49.

En cuarto lugar como subcriterio importante nuevamente se encuentra el agua, pero ahora de tipo salobre con un valor de 0.10 y en quinto lugar, se ubicó el subcriterio de sistema de cultivo semiintensivo con valor de 0.06. Los vectores resultantes de los subcriterios también mostraron consistencia lógica en las valoraciones, ya que se obtuvo un índice de Inconsistencia lógica de 0.07 que se encuentra dentro de los límites óptimos definidos por Saaty (1980).

## DISCUSIÓN

La delimitación de criterios para dar soluciones a problemas basados en las recomendaciones del GE en temas específicos es cada vez más usual, cuenta con la misma consideración que una entrevista, encuesta o una prueba pedagógica (Niño Rojas, 2011). Las normas con base en las experiencias de los expertos ocupan un lugar significativo entre los actuales métodos de investigación; sin embargo,

la utilización del GE en la toma de decisiones y/o generación de criterios indica que tienen un papel importante en el remedio del problema (Lao-León, Pérez-Pravia, & Marrero-Delgado, 2016). La solución depende totalmente de la preparación y el conocimiento de los expertos seleccionados, por lo cual resulta imprescindible realizar un apropiado proceso de selección que asegure la mayor confiabilidad posible en los resultados a obtener (Cruz Ramírez & Martínez Cepena 2012).

En el presente trabajo, durante la exposición de ideas y debate, se pudo observar que la tendencia de las elecciones, razonamientos y preferencias entre el GE fueron en general homogéneas. En el inicio de los trabajos, por mencionar algunos, la opinión de un representante del sector gubernamental consideró más importante el criterio de acceso a la información sobre otros, argumentando que el inicio lógico para un proyecto acuícola es informarse de los requerimientos, tanto legales como de apoyo.

En otro caso, un productor consideró el criterio de nivel de tecnología como el más importante, argumentando que el mismo puede ayudar a definir la rentabilidad de un proyecto, además de incrementar la productividad. Además, un investigador consideró como el más importante en el orden jerárquico el criterio de sistema de cultivo; dicha preferencia fue argumentada desde el punto de vista de lo que se pretende lograr o producir y además de la especie a cultivar.

Todas las preferencias fueron argumentadas, analizadas y debatidas por todo el GE, definiéndose al final por la consideración colectiva, determinada



con base en el conocimiento y experiencia grupal, lo que pone de manifiesto la bondad del AHP.

Dentro del grupo de trabajo pudieron observarse tres tipos de posicionamiento o perspectiva de análisis. El primero fue el establecido por el GE, con un enfoque orientado a los factores ambientales idóneos y reducción de estrés para las especies susceptibles de cultivo. El segundo fue conformado por productores, quienes definieron una postura más orientada hacia factores que influyen directamente en incrementos de talla, calidad y sobrevivencia de organismos. El tercero, conformado por funcionarios del sector acuícola, quienes definieron su postura sobre la importancia de dar cumplimiento a la normatividad con el fin de impulsar la actividad en general, mediante la gestión de recursos y capacitación en el uso de nuevas tecnologías.

Los diferentes enfoques y opiniones vertidos por el GE fueron un factor que enriqueció el debate entre sus integrantes, que dio como resultado una primera aproximación en la determinación de los criterios que se podrían considerar más importantes para el óptimo desarrollo de la actividad acuícola en el estado de Colima. No hay antecedente de que existan en México trabajos relativos a la determinación de criterios acuícolas, por lo que sería recomendable tomar esta información como base para futuros trabajos sobre el mismo tema con la intención de enriquecerlo, además de que sería interesante desarrollar criterios en esta temática para cada una de las especies acuícolas susceptibles de explotación comercial.

## CONCLUSIONES

La técnica del AHP mostró tener utilidad para la evaluación de la importancia relativa de los criterios generados por la opinión del GE para un óptimo manejo acuícola; también permitió evaluar la consistencia lógica en la ponderación de los mismos. Sin embargo, es importante asegurarse de que en los GE participen personas con amplia experiencia y conocedoras del tema a evaluar.

Una de las ventajas del AHP como herramienta de apoyo es la posibilidad de incluir diferentes tipos de información, cualitativa y cuantitativa, en diferentes unidades de medida, lo cual facilita el análisis y la generación de índices sintéticos de evaluación de alternativas de manejo.

Los tres criterios más importantes fueron el de agua, temperatura y calidad de los organismos, que en conjunto reúnen un peso de 0.78. Los subcriterios de agua salada y agua salobre en conjunto representan un peso de 0.34, lo cual demuestra que el recurso agua es clave en la evaluación. La temperatura óptima para el cultivo oscila entre 25 ° y 32.99 °C, considerada como templada.

Los criterios de tipo de cultivo, textura de suelo, nivel de tecnología y administración eficiente en conjunto tienen un peso de 0.21, estableciendo que estos criterios se consideran de menor importancia, ya que existen medios y formas de solventarlos o adaptarlos.

La inclusión dentro de un GE de perfiles diversos como el de investigadores, productores y personal de gobierno equilibró las opiniones y los resultados obtenidos.

Sin importar el tipo de problemática que se está analizando, el AHP ha demostrado ser una herramienta poderosa y útil para ayudar en la toma de decisiones con múltiples criterios.

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Universidad de Colima por el apoyo brindado para la realización de los talleres, al Conacyt por la beca otorgada a Israel López-Poblete para realizar sus estudios de doctorado y al Programa de Apoyos para la Superación del Personal Académico (PASPA) de la UNAM por la beca sabática otorgada a Manuel E. Mendoza.

## REFERENCIAS

- Acevedo Borrego, A., & Linares Barrantes, C. (2012). Criterios decisionales para la resolución de problemas. Un modelo de gestión del ingeniero industrial. *Industrial Data*, 15(2), 9-16. Recuperado de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/6366/5576>
- Arias Odón, F. G. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (5ª. ed.). Caracas, República Bolivariana de Venezuela: Episteme.
- Berumen, S. A., & Llamazares Redondo, F. (2007). La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente. *Cuadernos de Administración*, 20(34), 65-87. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cadm/v20n34/v20n34a04.pdf>
- Cruz Ramírez, M., & Martínez Cepena, M. C. (2012). Perfeccionamiento de un instrumento para la selección de expertos en las investigaciones educativas. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 14(2), 167-179. Recuperado de <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/317>
- Escobar Urmeneta, M. T., & Moreno Jiménez, J. M. (1997). Problemas de gran tamaño en el proceso analítico jerárquico. *Estudios de Economía Aplicada*, 8, 25-40. Recuperado de [https://ideas.repec.org/a/lrk/eeart/8\\_3\\_2.html](https://ideas.repec.org/a/lrk/eeart/8_3_2.html)
- Grajales Quintero, A., Serrano Moya, E. D., & Von-H., C. M. H. (2013). Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación. *Revista Luna Azul*, 36, 285-306. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n36/n36a14.pdf>
- Guarneros y Pérez, R. (2006). Análisis económico de la actividad pesquera y acuícola". En P. Guzmán Amaya & D. F. Fuentes Castellanos (Coords.), *Pesca, acuicultura e investigación en México* (pp. 145-156). México: Cámara de Diputados-Comisión de Pesca-CEDRSSA. Recuperado de <https://www.inapesca.gob.mx/portal/Publicaciones/Libros/2006-Pesca-Acuicultura-e-Investigacion-en-Mexico.pdf?download>
- Inzunza Montoya, A. (2014). La maricultura es la industria del futuro en México. *Cámara (Acuicultura. Alternativa para la seguridad alimentaria)*, 4(37), 13-18. Recuperado de <http://www5.diputados.gob.mx/index.php/esl/Comunicacion/Revista-Camara>
- Lao-León, Y. O., Pérez-Pravia, M. C., & Marrero-Delgado, F. (2016). Procedimiento para la selección de la Comunidad de Expertos con técnicas multicriterio. *Ciencias Holguín*, 22(1). Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181543577003>
- Masud, A. S., & Ravindran, A. R. (2008). *Multiple criteria decision making*. CRC Press. doi: 10.1201/9781420091830.ch5
- Moreno Jiménez, J. M. (2002). El proceso analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones. *RECT@. Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA (Serie Monografías)*, 1, 28-77.
- Niño Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la investigación*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U. Recuperado de <http://roa.ult.edu.co/bitstream/123456789/3243/1/METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION%20DISENO%20Y%20EJECUCION.pdf>
- Pantoja, D. A., Maríneme, S. G., Parés-Sierra, A., & Gómez-Valdivia, F. (2012). Modelación numérica de la hidrografía y circulación estacional y de mesoescala en el Pacífico central mexicano. *Ciencias Marinas*, 38(2), 363-379. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-38802012000300003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802012000300003)
- Rosales Inzunza, S., & Acevedo Valerio, V. A. (2012). Reflexiones para el diseño de una política acuícola exitosa en México. *Región y Sociedad*, 24(54), 63-96. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/regsoc/v24n54/v24n54a3.pdf>
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic hierarchy process* (269 pp.). US: McGraw-Hill.
- \_\_\_\_\_ (1990). *Multicriteria decision making: The analytic hierarchy process*. Pittsburg, PA, US: RWS Publications.
- \_\_\_\_\_ (1997). *Toma de decisiones para líderes: el proceso analítico jerárquico. La toma de decisiones en un mundo complejo*. Pittsburg, PA, EE. UU.: RWS Publications.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (9 de septiembre de 2013). Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Acuícola. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5313326&fecha=09/09/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5313326&fecha=09/09/2013)