




VOLUMEN 12

NÚMERO 1
JUL-DIC
2017




Pesquería de la jaiba azul ▶ 96




**Marruecos como
frontera vertical
de la UE ▶ 52**



LA GENERACIÓN del
CONOCIMIENTO
con VALORES



**Inicio en la prostitución
de centroamericanas
traficadas ▶ 70**



**Identificación
de espermatozoides
humanos ▶ 23**



Tomado de: <https://pixabay.com/es/mar-playa-orange-tierra-pearl-1283168/>

Composición de la familia Fissurellidae (Mollusca: Gastropoda) en el intermareal rocoso de las regiones marinas prioritarias en Guerrero, México

Composition of the family Fissurellidae (Mollusca: Gastropoda) in the rocky intertidal zone of priority marine regions in Guerrero, Mexico

Juan Carlos Cerros-Cornelio
Rafael Flores-Garza*
Carmina Torreblanca-Ramírez
Pedro Flores-Rodríguez
Sergio García-Ibáñez

Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Ecología Marina, Gran Vía Tropical núm. 20, Fracc. Las Playas, Acapulco, Guerrero, México, C.P. 39390.

*Autor para correspondencia:
rfloresgarza@yahoo.com

Fecha de recepción:
10 de diciembre de 2015

Fecha de aceptación:
21 de diciembre de 2016

RESUMEN

La información sobre los diversos aspectos ecológicos de interés de los moluscos gasterópodos en México es insuficiente, sobre todo en las regiones marinas prioritarias (RMPs), que la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad ha decretado. En el estado de Guerrero existen cuatro RMPs. El objetivo de esta investigación fue determinar la riqueza, abundancia, distribución, composición de tallas y la relación de la abun-

dancia y longitud de las especies dominantes de la familia Fissurellidae (Mollusca: Gastropoda), con el tipo de sustrato y la intensidad del oleaje, que ha sido reportada como familia representativa del intermareal rocoso de Guerrero. Se trabajó en la zona intermareal rocosa de 23 sitios; las colectas se realizaron durante la marea baja; la unidad de muestreo fue de 1 m²; el área muestreada por sitio y por colecta fue de 10 m². Los especímenes encontrados dentro de

la unidad de muestreo se colectaron y preservaron en alcohol al 96 %. Se analizaron 1 669 especímenes, de los cuales, se identificaron 14 especies. Se reporta a *Fissurella morrisoni* como una nueva adhesión al listado de especies de esta familia en Guerrero. *Fissurella nigrocincta* registró la mayor abundancia con 1 043 organismos. Se determinó a *Fissurella nigrocincta* y *Fissurella gemmata* como de amplia distribución, al estar presentes en más del 90 % de los sitios. *Fissurella gemmata* registró la mayor longitud en concha. Las especies de mayor abundancia y longitud presentaron preferencias por un sustrato compuesto por macizos rocosos y grandes bloques, en donde la intensidad del oleaje es alta.

PALABRAS CLAVE: Fissurellidae, Guerrero, riqueza de especies, distribución, intermareal.

ABSTRACT

Information dealing with different ecological aspects of gastropod mollusks in Mexico is insufficient, especially in marine priority regions (MPRs) that have been determined by the National Commission for Knowledge and Use of Biodiversity. In the state of Guerrero there are four MPRs. The aim of this research was to determine the richness, abundance, distribution, size composition and abundance and length relationship of the dominant species of the Fissurellidae family with the type of substrate and wave intensity (Mollusca: Gastropoda), which has been reported as representative family in the rocky intertidal zone in Guerrero. The work was carried out at 23 sites in the rocky intertidal zone. The specimens were collected at low tide and the sampling unit was 1 m². The sampled area by site and collection was 10 m². The specimens found within the sampling unit, were collected and preserved in 96 % alcohol. 1 669 specimens were analyzed; 14 species were identified. *Fissurella morrisoni* is reported as a new adhesion to the list of species of this family in Guerrero. *Fissurella nigrocincta* has the

highest abundance with 1 043 agencies. It was determined that *Fissurella nigrocincta* and *Fissurella gemmata* as species with wide distribution to be present in 90 % of sites. *Fissurella gemmata* has the greatest length in shell. The species with the greatest abundance and lengths have preferences for a substrate composed of rock masses and large blocks, where wave intensity is high.

KEYWORDS: Fissurellidae, Guerrero, species richness, distribution, intertidal zone.

INTRODUCCIÓN

El litoral del Pacífico Mexicano ha sido escasamente estudiado, sobre todo en las Regiones Marinas Prioritarias (RMPs), que la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) ha determinado, en cuanto a riqueza, abundancia y distribución, entre otros aspectos ecológicos, de los moluscos gasterópodos. La CONABIO reporta para el estado de Guerrero cuatro RMPs (30, 31, 32 y 33) para la conservación y uso de la biodiversidad, manifestando que el conocimiento sobre la biodiversidad en estas regiones es limitado (Arriaga-Cabrera y col., 2009).

El estado de Guerrero pertenece a la región del Pacífico Sur. De acuerdo a Wilkinson y col. (2009), el litoral guerrerense se localiza dentro la ecorregión n° 17, en la que también se incluyen las costas de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Oaxaca y el extremo más meridional de Baja California Sur. Las características de la costa de Guerrero corresponden a la de tectónica-costera, que se divide en dos tipos: costa rocosa erosionada por acción marina y costa de progradación por sedimentación, originada por depósitos de acarreo. Su plataforma continental es de 5 402 km², con una profundidad máxima de 180 m y una anchura pequeña y variable de 15 km frente al río Papagayo, 5 km en las regiones de bahía Petacalco y al oeste de la Bahía de Acapulco,

y más amplia frente a la región de Punta Maldonado, con una extensión de 37 km, y una anchura promedio de 10 km (Carranza-Edwards y col., 1986).

En Guerrero, la familia Fissurellidae es la familia representativa del intermareal rocoso, pertenece a la clase Gastropoda. Los miembros de esta familia son conocidos popularmente como lapas. Tienen forma hidrodinámica, la concha cubre todo su cuerpo y los protege del impacto de las olas, además, poseen un gran pie muscular de tamaño variable, el cual puede ser en algunos casos mayor al de la concha (Bretos, 1979; Bretos y col., 1988; Bretos y Chihuailaf, 1990).

Existen aproximadamente 600 especies de la familia Fissurellidae, las cuales, quedan circunscritas mayoritariamente a cuatro géneros: *Emarginula* 41 %, *Diodora* 25 %, *Fissurella* 15 % y *Cranopsis* 9 %. Los géneros *Lucapina*, *Lucapinella*, *Nesta* y *Cornisepta* comprenden menos del 7 % del total, y los otros géneros tienen porcentajes inferiores al 3 % de las especies de acuerdo con el Registro Mundial de Especies Marinas (World Register of Marine Species) (WoRMS, 2016). Algunas especies de la familia Fissurellidae han sido mencionadas en diversos trabajos, resaltando su importancia en el ámbito farmacológico, así como, en lo económico. Un claro ejemplo es la especie *Megathura crenulata* Sowerby, 1825, llamada comúnmente lapa californiana. Este organismo se caracteriza por producir un compuesto llamado hemocianina (que cumple las funciones de la hemoglobina en los vertebrados terrestres), el cual es aprovechado por el hombre en la elaboración de vacunas inmuno estimulantes para diversas enfermedades, por ejemplo, el cáncer (Del-Campo y col., 2011). Por otra parte, también se señala a las especies *Fissurella (Cremides) gemmata* (Menke, 1847), *Fissurella (Cremides) nigrocincta* (Menke, 1847), *Fissurella (Cremides) rubropicta* (Pilsbry, 1890) y *Fissurella (Cremides) asperella* (G. B. Sowerby I, 1835), como moluscos de importancia comer-

cial para consumo humano, dentro de la región de Acapulco, Guerrero (Flores-Garza y col., 2012a; Castro-Mondragon y col., 2015; 2016).

No se encontraron reportes particulares para la familia Fissurellidae. Los reportes existentes informan en general sobre moluscos, donde la familia Fissurellidae está presente como parte de los taxocenosis analizados, los cuales, abordan aspectos taxonómicos y sobre estructura de la comunidad de moluscos, otros tratan aspectos de riqueza de especies y abundancia (Ortiz-Arellano y Flores-Campaña, 2008; Zamorano y col., 2008; Flores-Rodríguez y col., 2010).

Los trabajos enfocados particularmente a estudiar aspectos ecológicos y biológico-pesqueros de la familia Fissurellidae, tales como: riqueza de especies, abundancia y densidad, tallas de primera reproducción, tallas mínimas de captura, desarrollo gonádico, entre otros, por lo general son estudios realizados en otros países, como Perú y Chile (Bretos, 1980a; 1980b; Bretos y col., 1983; Pinochet-Roco y col., 2008; Olivares-Paz y col., 2009).

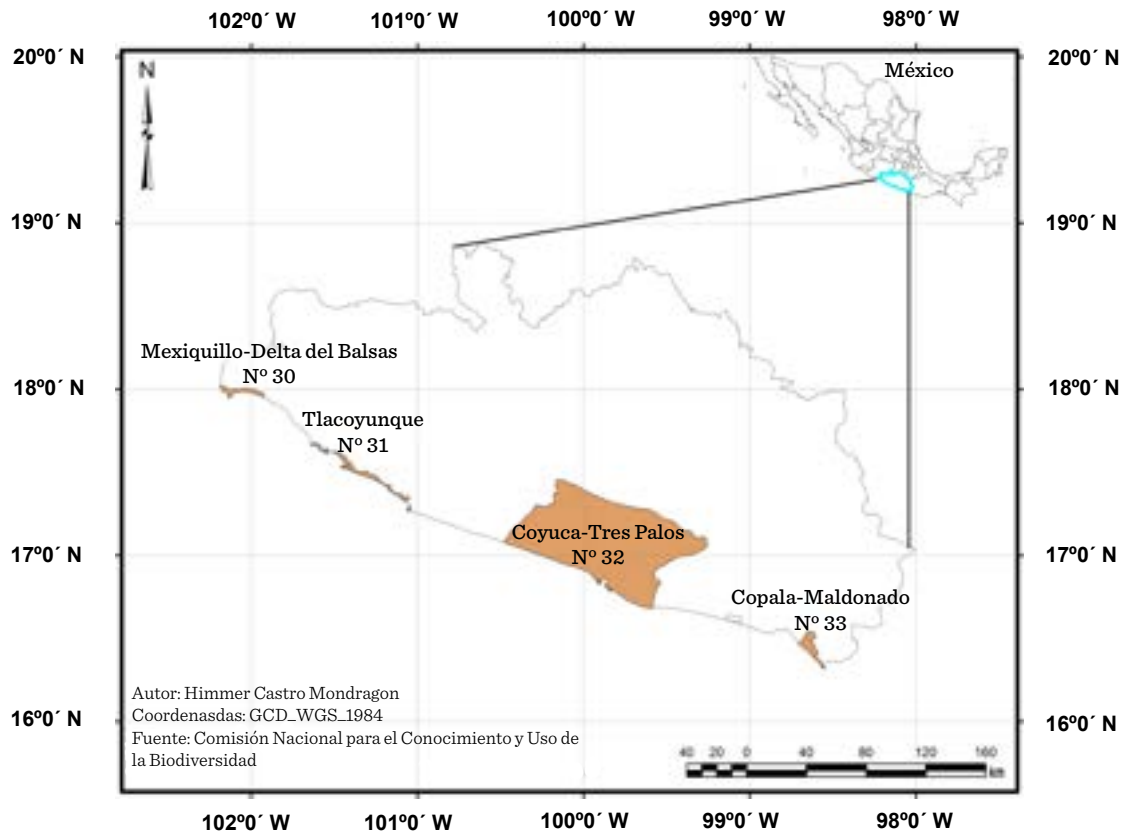
Para el estado de Guerrero existen estudios a nivel de comunidad, estratificación y zonación de los moluscos (Flores-Garza y col., 2007; Barba-Marino y col., 2010; Flores-Garza y col., 2011; Flores-Rodríguez y col., 2012; Torreblanca y col., 2012; García-Ibáñez y col., 2014).

El objetivo de esta investigación fue estimar la riqueza, abundancia, distribución, composición de las tallas (longitud de concha) y la relación de la abundancia y longitud de las especies dominantes de la familia Fissurellidae (Mollusca: Gastropoda), con el tipo de sustrato y la intensidad del oleaje del intermareal rocoso de Guerrero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estado de Guerrero se localiza entre los paralelos 18°53' N y 16°19' N y entre los me-



■ **Figura 1. Ubicación geográfica de las cuatro regiones marinas prioritarias en el estado de Guerrero.**
 Figure 1. Geographical location of the four marine priority regions in the state of Guerrero.

ridianos $98^{\circ}09' W$ y $102^{\circ}11' W$ (Figura 1). El litoral de Guerrero tiene una extensión aproximada de 500 km de longitud (INEGI, 2013). De acuerdo al sistema de clasificación climática de Köppen, modificada por García (1981), la zona costera del estado guerrerense presenta un clima tropical subhúmedo de tipo Aw. Se caracteriza por una temporada de lluvias de mayo a octubre y un periodo de sequía de noviembre a abril, con temperaturas relativamente altas. La variación anual de la temperatura no excede los $5^{\circ}C$. La precipitación anual promedio es de 1 200 mm, la temperatura máxima $34^{\circ}C$, con una media anual de $27.5^{\circ}C$. Las mareas en las costas de Guerrero son semidiurnas, mixtas, presentando una variación de (\pm) 1 m (Dela-Lanza, 1991); de acuerdo a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT, 2011),

se producen lluvias significativas durante el verano. La temporada de huracanes se extiende oficialmente desde el 15 de mayo, cuando inicia la temporada de lluvias, hasta el 31 de octubre, cuando finaliza esta temporada.

El estudio se realizó en 23 sitios distribuidos en las cuatro RMPs ubicadas en el estado de Guerrero (Figura 1). Los sitios fueron seleccionados con base en los criterios de: a) fácil y segura accesibilidad; b) con intermareal rocoso; c) que variaran en los tipos de sustrato por región; y d) con diferente grado de exposición al oleaje. Los sitios seleccionados para el estudio fueron: un sitio en la RMP 30 Mexiquillo-Delta del Balsas; 7 sitios en la RMP 31 Tlacoyunque; 9 sitios en la RMP 32 Coyuca-Tres Palos; y 6 sitios en la RMP 33 Copala-Maldonado (Tabla 1).

Tabla 1. Sitios de muestreo, coordenadas geográficas y características relevantes del hábitat.
 Table 1. Sampling sites, geographic coordinates and habitat relevant characteristics.

RMPs	Núm.	Sitio	Coordenadas		Longitud (m) del sitio	Tipo de Sustrato	Tipo de Roca	Estabilidad del Sustrato	Intensidad del oleaje
			Latitud N	Longitud W					
30	1	Troncones	17°47'35.0"	101°44'46.6"	250	Cantos rodados	Rocas sedimentarias	Media	Baja
	2	Isla Grande	17°40'36.86"	101°39'16.78"	254	Macizos rocosos	Rocas sedimentarias	Alta	Media
	3	La Barrita	17°24'32.74"	101°10'51.36"	414	Macizos rocosos	Rocas ígneas Tipo grabo	Alta	Media
	4	Barra de Potosí Expuesta	17°31'43.51"	101°27'08.22"	240	Cantos rodados	Rocas metamórficas	Media	Ata
	5	Barra de Potosí Protegida	17°32'17.4"	101°27'19.1"	540	Cantos rodados	Rocas metamórficas Tipo meta-volcánico	Media	Baja
	6	Puerto Vicente Guerrero	17°16'34.29"	101°03'19.27"	414	Cantos rodados	Rocas ígneas Tipo diorita	Media	Media
	7	Piedra de Tlacoyunque	16°19'35.49"	98°34'12.65"	600	Grandes bloques	Rocas ígneas	Alta	Alta
	8	Las Gatas	17°37'17.52"	101°33'14.26"	90	Cantos rodados	Rocas metavolcánicas	Media	Baja
31	9	Pie de la Cuesta	16°52'25.64"	99°56'34.64"	66	Grandes bloques	Metamórficas	Alta	Alta
	10	La Angosta	16°60'29.86"	99°54'55.70"	48.14	Cantos rodados	Metamórficas	Media	Alta
	11	Manzanillo	16°50'27.90"	99°54'38.14	22.87	Cantos rodados	Metamórficas y sustrato artificial	Baja	Baja
	12	Tlacopanocho	16°50'41.53"	99°54'25.02"	200	Cantos rodados	Sustratos artificiales y rocas ígneas	Media	Media
	13	Muelle	16°50'56.86"	99°54'02.39"	60	Cantos rodados	Metamórficas y sustratos artificiales	Media	Media
	14	Parque de la Reina	16°51'01.21"	99°54'02.04"	66.74	Cantos rodados	Sustrato artificial y rocas ígneas	Baja	Media

Continúa...

	15	Palmitas	16°49'26.93"	99°54'40.88"	128	Macizos rocosos	Rocas ígneas	Alta	Alta
	16	Enamorados	16°49'19.34"	99°54'07.63"	74.8	Macizos rocosos	Rocas ígneas	Alta	Alta
	17	Majahua	16°47'39.46"	99°50'28.94"	600	Cantos rodados	Meta-mórficas	Media	Baja
33	18	Playa Ventura	16°32'8.3"	99°54'44.6"	715	Macizos rocosos	Rocas ígneas	Alta	Alta
	19	Casa de Piedra 1	16°32'10.15"	98°53'47.35"	869	Grandes bloques	Rocas ígneas	Alta	Alta
	20	Casa de Piedra 2	16°32'85.15"	98°49'35.47"	225	Cantos rodados	Rocas ígneas	Media	Media
	21	Las Peñitas	16°33'14.4"	98°46'22.0"	83	Macizos rocosos	Rocas metamórficas	Alta	Baja
	22	Las Salinas	16°35'49.56"	99°05'43.71"	331	Grandes bloques	Rocas ígneas	Alta	Alta
	23	Punta Maldonado	16°19'35.49"	98°34'12.65"	187	Macizos rocosos	Rocas sedimentarias	Media	Alta

RMPs = Regiones Marinas Prioritarias.

Cada sitio se georeferenció y se caracterizó de acuerdo a los siguientes criterios: longitud del sitio, la cual se obtuvo mediante el programa Google Earth versión libre; tipo del sustrato, tipo de roca, estabilidad del sustrato e intensidad del oleaje. Las descripciones de los sitios de colecta se realizaron con base en Mottana y col. (1980), en las cartas geológicas del “Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática” (INEGI): Acapulco E14-11, 1:50 000; Coyuca de Catalán E14-A74, 1:50 000; Costa Grande E14-7, 1:50 000; y Costa Chica E14-8, 1:50 000; así como en observaciones realizadas en campo.

Para cada sitio se registró información del tipo y estabilidad del sustrato, e intensidad al oleaje, de acuerdo a la descripción hecha por Flores-Garza y col. (2012b) (Tabla 1).

Trabajo de campo y análisis de datos

Cada sitio fue visitado una sola vez durante los meses de sequía, comprendidos de noviembre a abril, entre 2009 y 2012. Las colectas se realizaron con luz del sol, durante las horas de marea baja y los días de luna

nueva. En cada sitio, el área total de colecta fue de 10 m². La unidad de colecta fue de 1 m², usando un marco de 1 m por lado, el cual fue fabricado con tubos de PVC (cuadrante). El punto de inicio se seleccionó al azar en la zona intermareal rocosa, colocándose una cuerda de 30 m de longitud, la cual se extendió paralela a la costa sobre la zona intermareal, para precisar el área de trabajo. Al inicio se ubicó el primer cuadrante, y posteriormente, se dejó un espacio de 2 m siguiendo la cuerda, y se colocó el siguiente cuadrante. Este procedimiento se repitió hasta completar los 10 m². Los especímenes se colectaron manualmente con ayuda de una espátula o cuchillo con punta. Se depositaron en un frasco de plástico previamente etiquetado, con la siguiente información: nombre del sitio, fecha de colecta y número de cuadrante. Los especímenes colectados se preservaron con alcohol etílico al 96 %.

La identificación de las especies se basó en el análisis de las conchas; y aquellas que presentaron problemas para su identificación en

campo se trasladaron al laboratorio, donde mediante el uso de literatura especializada, como Keen (1971), se confirmó su ubicación taxonómica. Además, los ejemplares colectados fueron medidos en largo, ancho y alto, utilizando un vernier digital Starret (EDP 00142, Suzhou, China), con precisión de ± 1 mm). La nomenclatura se actualizó de acuerdo a Skoglund (2002), y a la WoRMS (2016). De cada especie, se seleccionó un organismo para ser fotografiado en vista dorsal, ventral y lateral.

Todos los especímenes fueron colocados en frascos de vidrio con tapa hermética, con alcohol al 96 %, y se colocó una etiqueta con su respectiva información taxonómica, para luego ser depositados en la colección Malacológica de la Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero.

La riqueza de especies por sitio y RMP se estimó con base en el número de especies encontradas en los muestreos. La abundancia se determinó como el número de organismos por sitio. La abundancia relativa por RMP, sitio y especie se determinó como el porcentaje de especímenes colectados de cada especie con respecto al total de organismos colectados de todas las especies. La distribución de las especies se realizó con base a lo propuesto por Castrejón-Ríos y col. (2015), por lo que las especies se clasificaron como de distribución amplia, regular y limitada. Esto es, amplia = 15 a 23 sitios; regular = 8 a 14 sitios; y limitada = 1 a 7 sitios. Se calcularon los estadísticos descriptivos del largo, ancho y alto de la concha, obteniendo los valores máximos, mínimo, promedio y desviación estándar, expresados en milímetros (mm). Se realizó un análisis jerárquico (cluster) con el método de distancia euclidiana al cuadrado, utilizando las variables abundancia (A) y tallas promedio (Med) de las especies dominantes de la familia Fissurellidae; como un criterio de inclusión se consideraron todos aquellos sitios donde estuviera presente al menos un

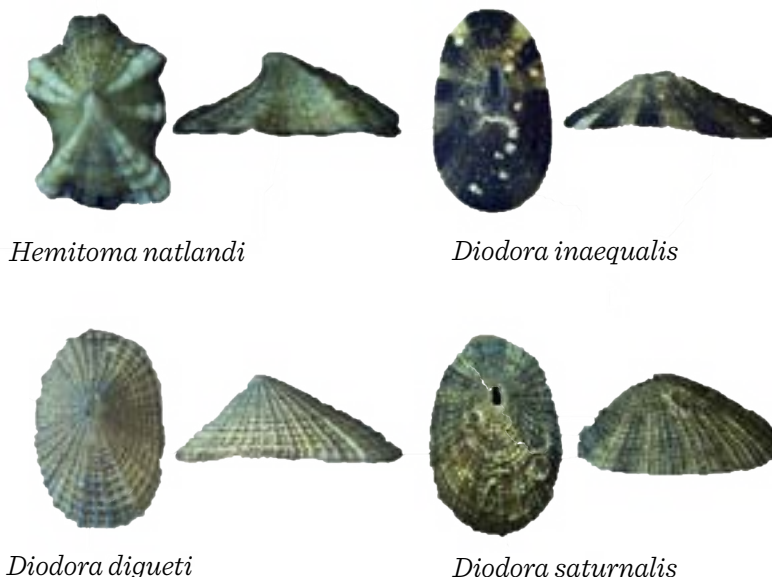
ejemplar de las especies dominantes, obteniendo un dendograma que describió el grado de similitud de grupos formados en función de los indicadores biológicos antes mencionados, así como la relación con la estructura del sustrato y con la intensidad del oleaje de cada sitio. La escala del dendograma se lee de 0 a 25, donde “0” significa 100 % de similitud (cero disimilitud) y “25” significa 0 % de similitud (100 % disimilitud); la distancia horizontal, desde el origen de la escala hasta el límite de cada uno de los agrupamientos, se corresponde con el porcentaje de disimilitud, y por lo tanto la distancia horizontal del límite de los agrupamientos hasta el final de la escala, se corresponde con el porcentaje de similitud.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron un total de 1 669 especímenes, colectados en los 23 sitios rocosos. Se identificaron tres subfamilias, tres géneros y 14 especies (Figuras 2 y 3). El género mejor representado fue *Fissurella Bruguière*, 1789, con 10 especies. Se reporta a *F. (Clypidella) morrisoni* McLean, 1970 como una nueva adhesión al listado de especies de la familia en el estado de Guerrero (Figura 3).

En esta investigación se registró la mayor riqueza de especies de la familia Fissurellidae, comparada con otras investigaciones de moluscos llevadas a cabo en sitios ubicados en el pacífico mexicano; Flores-Garza y col. (2007), identificaron dos géneros y cinco especies: *Fissurella (Cremides) gemmata* Menke, 1847; *Fissurella (Cremides) nigrocincta* Carpenter, 1856; *Fissurella (Cremides) asperella* Sowerby, 1835; *Fissurella (Cremides) obscura* Sowerby, 1835; y *Diodora inaequalis* (Sowerby, 1835). Flores-Rodríguez y col. (2007), determinaron un género y dos especies: *Fissurella asperella* y *Fissurella obscura*. Zamorano y col. (2008), encontraron un género y una especie: *Diodora inaequalis*. Flores-Rodríguez y col. (2010), para Fissurellidae determinaron un género y cuatro especies: *Fissurella nigrocincta*; *Fissurella obscura*; *Fissurella microtrema*

Familia Fissurellidae
 Subfamilia Emarginulinae/Género *Hemitoma* Swainson, 1840
 Subfamilia Diodorinae/Género *Diodora* Gray, 1821



■ **Figura 2.** Especies de la familia Fissurellidae, géneros *Hemitoma* y *Diodora*, asociadas al intermareal rocoso del estado de Guerrero, México.

Figure 2. Species of the family Fissurellidae, genera *Hemitoma* and *Diodora* associated to the rocky intertidal zone of Guerrero, Mexico.

G. B. Sowerby, 1835; y *Fissurella asperella*. Flores-Garza y col. (2011), determinaron tres géneros y cinco especies: *Hemitoma (Hemitoma) natlandi* Durham, 1950; *Diodora digueti* (Mabille, 1895); *Diodora inaequalis*, *Fissurella decemcostata* McLean, 1970 y *Fissurella microtrema*. Flores-Rodríguez y col. (2012), reportaron dos géneros y cinco especies: *Diodora inaequalis*; *Fissurella asperella*; *Fissurella gemmata*; *Fissurella nigrocincta*; y *Fissurella obscura*.

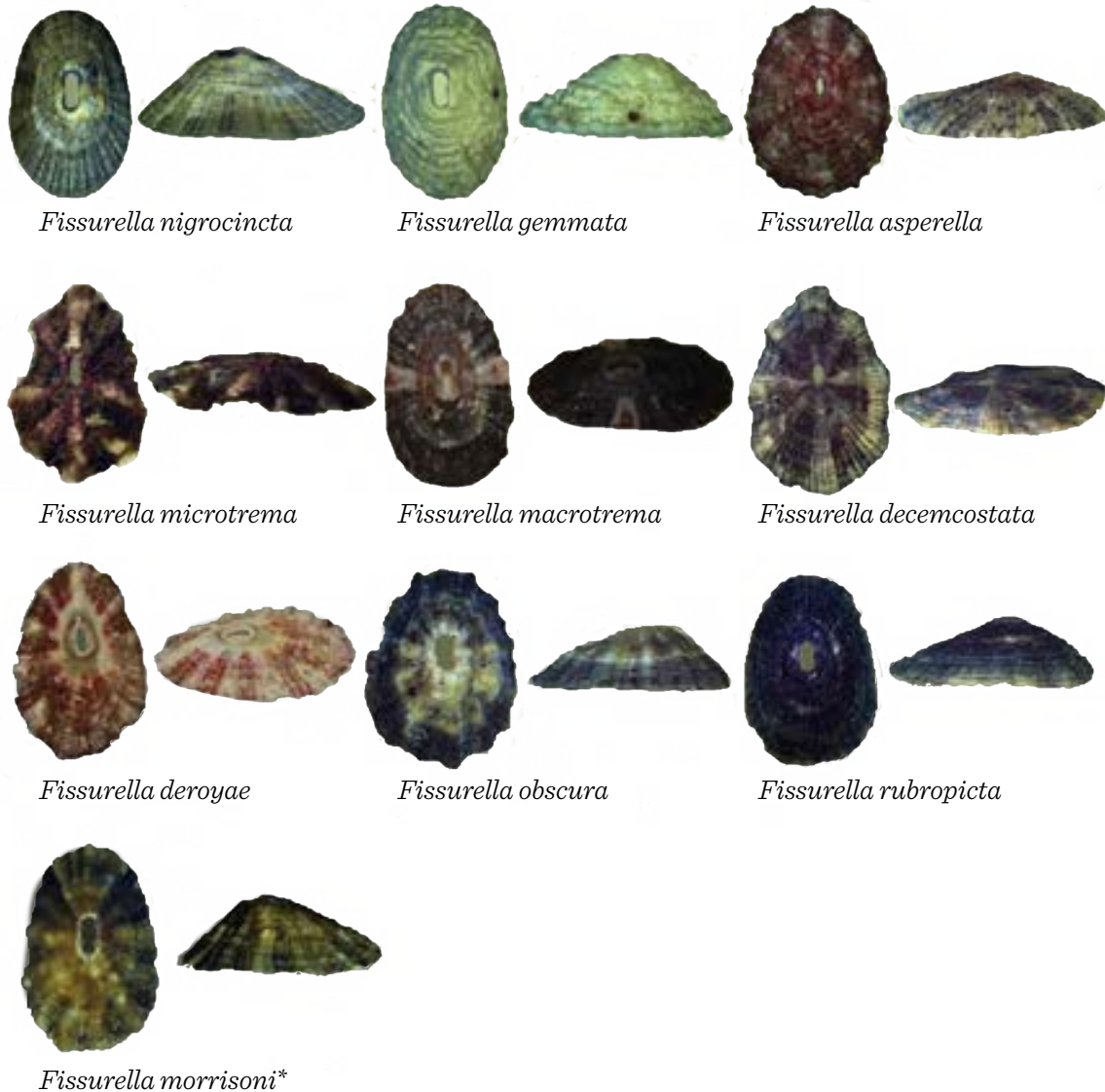
La mayor riqueza de especies registrada en las RMPs de Guerrero se atribuye principalmente a los siguientes aspectos: a) el muestreo se enfocó particularmente en la búsqueda de miembros de la familia Fissurellidae; b) el número de sitios muestreados y; c) los sitios de muestreo seleccionados son representativos de la variedad de sustratos, de los tipos de estabilidad y de intensidad del oleaje. Tal es el caso de la RMP 32, en

la cual la mayor riqueza de especies (13) fue asociada a los tipos de sustrato. Le siguen la RMP 31, con 5 especies; las RMPs 30 y 33 presentaron 2 especies cada una.

Por sitio, se determinó que Manzanillo y Tlacopanocha son los de mayor riqueza de especies (en cada uno se identificaron 6 diferentes), presentando semejanza en cuanto a las características del hábitat, ya que ambos son sitios que no están totalmente expuestos, por lo tanto, la intensidad del oleaje y la estabilidad del sustrato es de media a baja (Tabla 1). Les siguieron en importancia Majahua, en el que se encontraron 5 especies; la Barrita con 4 y La Angosta, Palmitas y Enamorados con 3 especies en cada sitio (Tabla 2).

En Puerto Vicente Guerrero, Las Gatas y Parque de la Reina se encontró solo una especie (Tabla 2), lo cual es interesante, porque estos tres sitios presentaron intensidad del

Familia Fissurellidae
Subfamilia Fissurellinae/Género *Fissurella* Bruguière, 1789



■ Figura 3. Especies de la familia Fissurellidae, género *Fissurella*, asociadas al intermareal rocoso del estado de Guerrero, México. *Nueva adhesión para Fissurellidae en Guerrero.
Figure 3. Species of the genus *Fissurella* associated to the rocky intertidal zone of Guerrero, Mexico. *New adhesion for Fissurellidae in Guerrero.

oleaje y estabilidad del sustrato de media a baja, similar a los sitios con mayor riqueza de especies (Tabla 1). Por lo que estas características del hábitat no parecen mostrar una relación causal con la riqueza de especies de la familia Fissurellidae, aunque sí influyen en su abundancia. Al respecto, Brusca (1980), observó que playas compuestas de rocas grandes son físicamente más estables que

aquellas playas compuestas de pequeñas rocas y rocas sueltas, por lo que señalan que hay correlación directa en ese tipo de playas, entre la estabilidad del sustrato y la riqueza de especies. Tait y Dipper (1998), mencionaron que factores como la intensidad del oleaje y el tipo de roca o sedimento son factores que modifican la distribución de los organismos. Si el sustrato es estable o perma-

■ Tabla 2. Abundancia de la Familia Fissurellidae por sitio y especie en cuatro RMPs del estado de Guerrero.

Table 2. Abundance of the Family Fissurellidae by site and species in 4 MPRs of the state of Guerrero.

RMPs	Sitio	<i>H. natlandi</i>	<i>D. inaequalis</i>	<i>D. saturnalis</i>	<i>D. digneti</i>	<i>F. nigrocincta</i>	<i>F. gemmata</i>	<i>F. asperella</i>	<i>F. microtrema</i>	<i>F. macrotrema</i>	<i>F. decemcostata</i>	<i>F. deroyae</i>	<i>F. obscura</i>	<i>F. rubropicta</i>	<i>F. morrisoni</i>	A.S	A.R.S
30	Troncones		1	1												2	0.12
31	Isla Grande					27	8									35	2.10
	La Barrita					47	22	2							1	72	4.31
	Barra de Potosí Expuesta					47	3									50	3.00
	Barra de Potosí Protegida					56	7									63	3.77
	Puerto Vicente Guerrero					2										2	0.12
	Piedra de Tlacoyunque					80	72									152	9.11
	Las Gatas										2					2	0.12
32	Pie de la Cuesta					304	73									377	22.59
	La Angosta		2			32	10									44	2.64
	Manzanillo		28	9		2		2	2		5					48	2.88
	Tlacopanocha							2		1	2	5	1	1		12	0.72
	Muelle		3	2												5	0.30
	Parque de la Reina					1										1	0.05
	Palmitas						13				5	1				19	1.14
	Enamorados					5	47				13					65	3.89
Majahua	1	5		1				5		8					20	1.20	
33	Playa Ventura					72	67									139	8.33
	Casa de Piedra 1					204	118									322	19.29
	Casa de Piedra 2					49	24									73	4.37
	Las Peñitas					11	1									12	0.72
	Las Salinas					93	31									124	7.43
	Punta Maldonado					11	19									30	1.80
	A.E	1	39	12	1	1043	515	6	7	1	35	6	1	1	1	1669	
A.R. sp.	0.06	2.34	0.72	0.06	62.49	30.86	0.36	0.42	0.06	2.10	0.36	0.06	0.06	0.06	100.00		

RMPs = Regiones Marinas Prioritarias, A.E = Abundancia por especie, A.R.sp. = Abundancia relativa por especie, A.S = Abundancia por sitio y A.R.S = Abundancia relativa por sitio. MPRs = Marine priority regions, A.E = Species abundance, A.R.sp. = Relative abundance by species, A.S = Abundance site and A.R.S = relative abundance by site.

nente, se transforma en una superficie que brinda mayor seguridad, y es un lugar donde pueden crecer diversos organismos, sobre todos los sésiles; además, la composición de las comunidades en costa rocosa se modifica por la intensidad del oleaje, cuando el oleaje es intenso existe poco crecimiento algal, debido a la erosión causada por el golpe fuerte de las olas, evitando el crecimiento de algas y la superficie rocosa aparece básicamente cubierta por balanidos y lapas.

Flores-Rodríguez y col. (2012), trabajaron en nueve sitios en la zona intermareal rocosa distribuida a lo largo de la costa del estado de Guerrero y concluyeron que existe asociación entre la riqueza de especies de moluscos, la estabilidad del hábitat y la intensidad del oleaje de cada sitio. También, determinaron que los sitios donde el sustrato estaba constituido por cantos rodados y protegido del impacto directo de las olas, presentaron mayor riqueza de especies, mientras que sitios conformados por grandes bloques fijos de rocas, con pocas fisuras y grietas, y expuestos de manera directa al impacto de las olas mostraron menor riqueza de especies.

Con relación a la abundancia de Fissurellidae, investigaciones llevadas a cabo en el litoral del Pacífico Mexicano, registraron valores menores, con respecto a la presente investigación: Zamorano y col. (2008), en su estudio, identificaron para Fissurellidae a *Diodora inaequalis* con 3 organismos; Flores-Garza y col. (2011), encontraron a *Diodora inaequalis* con 3 organismos, *Fissurella decemcostata* con 4 organismos, *Fissurella microtrema* con 3 organismos; y Torreblanca y col. (2012), estimaron para *Diodora inaequalis* una abundancia de 4 organismos.

Flores-Rodríguez y col. (2012), reportaron valores de abundancia para Fissurellidae superiores a los de este trabajo; *Fissurella asperella* 64 organismos y *Fissurella obscura* 42 organismos. Esto se debe a que ellos tra-

bajaron en nueve sitios de la costa rocosa del estado de Guerrero, realizando cuatro colectas en cada sitio, lo que implicó un mayor esfuerzo de colecta. Además, el sustrato de estos sitios estaba formado en su mayoría por macizos rocosos, grandes bloques y con una intensidad del oleaje alta, lo cual, los convierte en hábitats altamente estables, por lo que sus observaciones se relacionan con los resultados presentados en esta investigación, siendo que en los sitios más estables se detectaron los mayores valores de abundancia.

Flores-Garza y col. (2011), definen a *Fissurella decemcostata* como la especie de fisúrido más abundante en playa Majahua, mientras que en este estudio se encontró a esta misma especie como la más abundante en el sitio Enamorados (Tabla 2).

La mayor abundancia relativa se identificó en la RMP 33 (41.94 %), seguida por la RMP 32 (35.41 %), la RMP 31 (22.53 %) y por último la RMP 30 (0.12 %). Por sitio, la mayor abundancia relativa se registró en Pie de la Cuesta (22.59 %), seguida por Casa de Piedra 1 (19.29 %), Piedra de Tlacoyunque (9.11 %), Playa Ventura (8.33 %) y Las Salinas (7.43 %); 18 sitios tuvieron valores de abundancia relativa menores al 5%.

Por especie, *Fissurella nigrocincta* y *Fissurella gemmata* acumularon el 93.35 % de la abundancia relativa. El 6.65 % de la abundancia relativa restante, estuvo acumulada en 12 especies (Tabla 2).

Por otra parte, *Fissurella nigrocincta* y *Fissurella gemmata* se determinaron como especies con distribución amplia, hallándose la primera en 17 de los 23 sitios muestreados; la segunda se identificó en 15 sitios. Estas especies no se encontraron en Troncones, Las Gatas, Tlacopanocha, Muelle y Majahua, sitios que presentan en común sustratos de acumulación, compuestas en su mayoría por cantos rodados, con intensidad del oleaje me-

dia o baja. Se observó que las otras 12 especies mostraron una distribución limitada, estando presentes en menos de siete de los sitios muestreados (Tabla 2).

Fissurella gemmata es una especie dominante en sitios con sustratos compuestos en su mayoría de macizos rocosos, mientras que *Fissurella nigrocincta* es una especie dominante en sitios con sustratos en su mayoría de cantos rodados. Las dos especies predominan en sitios con intensidad de oleaje alta. Estas especies de fisurélidos comparten ca-

racterísticas similares, que les permiten vivir en este tipo de hábitat: tienen un mayor tamaño del cuerpo, una concha gruesa que les sirve de protección contra el impacto directo de las olas y un pie muscular más grande que les permite adherirse con mayor fuerza al sustrato.

Composición de tallas

La mayor longitud de concha se registró en *Fissurella gemmata* (37.3 mm), seguida por *Fissurella microtrema* (35.5 mm) y *Fissurella nigrocincta* (28.3 mm) (Tabla 3). En contraste,

■ **Tabla 3.** Largo, ancho y alto de la concha de las especies de la familia Fissurellidae asociadas al sustrato rocoso del intermareal en el estado de Guerrero, México.

Table 3. Length, width and height of shell of the species of the family Fissurellidae associated to the rocky intertidal zone of Guerrero, Mexico.

ESPECIE	N	LARGO (mm)				ANCHO (mm)				ALTO (mm)			
		Mín.	Máx.	Md.	D. e.	Mín.	Máx.	Md.	D. e.	Mín.	Máx.	Md.	D. e.
<i>H. natlandi</i>	1	15.1	15.1	15.1									
<i>D. inaequalis</i>	39	8.8	25.6	18.4	3.6	5.4	15.5	10.8	2.1	2.4	7.1	5	1.0
<i>D. saturnails</i>	12	6.7	24.2	16.2	5.4	4.1	16.2	10.6	3.6	2.6	9.58	6.5	2.2
<i>D. digueti</i>	1	10.4	10.4	10.4									
<i>F. nigrocincta</i>	1043	4.3	28.3	18.6	4.4	2.5	18.2	12.4	3	1.4	10.1	6.1	1.6
<i>F. gemmata</i>	515	7.3	37.3	21.2	4.2	4.7	25.3	14.2	2.8	0.5	14.3	7.5	1.9
<i>F. asperella</i>	6	24.4	24.4	24.4		16.9	16.9	16.9		7.4	7.4	7.4	
<i>F. microtrema</i>	7	16.7	35.5	25.1	5.6	12.1	24.0	17.3	3.6	4.3	7.0	5.4	0.9
<i>F. macrotrema</i>	1	9.8	9.9	9.9									
<i>F. decemcostata</i>	35	4.4	7.0	5.4	0.9	11.6	21.8	16.1	3.7	2.6	6.5	4.0	1.4
<i>F. deroyae</i>	1	11.2	11.3	11.2									
<i>F. obscura</i>	1	22.0	22.0	22.0									
<i>F. rubropicta</i>	6	10.2	17.2	13.4	2.3	8.8	13.4	10.5	2.1	2.3	4.8	3.4	1.6
<i>F. morrisoni</i>	1	15.5	15.5	15.5									

N = organismos totales, Mín.= Mínimo, Máx.= Máximo, Md. = Media, D. e.= Desviación Estándar.

N = Total organisms, Min. = Minimum, Max. = Maximum, Md. = Average, S. d. = Standard Deviation.

Torreblanca y col. (2012), reportaron a organismos de *Fissurella obscura*, con la mayor longitud de concha y a los de *Fissurella rubropicta*, con la menor longitud en sitios con un tipo de sustrato compuesto por cantos rodados y con intensidad del oleaje media o baja. La diferencia en las especies identificadas entre los dos estudios está relacionada con el tipo de sustrato de los sitios de colecta, debido a que en la presente investigación se encontraron las especies con mayor longitud de concha principalmente en sitios formados por macizos rocosos, grandes bloques y con una intensidad de oleaje regularmente alta.

Relación abundancia y longitud

En el caso de la especie *F. gemmata*, el análisis jerárquico reveló tres grupos principales de sitios, cada uno con un 96 % de similitud, de acuerdo con la abundancia y longitud de los organismos que fueron registrados. El primer grupo estuvo conformado por los sitios PT, PV y PC, que presentaron las abundancias más altas (entre 67 y 73 organismos), así como longitudes intermedias (entre 21.26 mm y 27.19 mm en promedio); los sitios que conformaron dicho grupo están clasificados como de intensidad de oleaje alta y compuestos en su mayoría por grandes bloques. El segundo grupo estuvo formado por los sitios LB, CP2, LS y PM, que registraron abundancias intermedias (entre 19 y 31 organismos), así como las longitudes promedio más altas (entre 23.37 mm y 32.76 mm); en dicho grupo no se observó un patrón respecto de la intensidad del oleaje, sin embargo, en cuanto al tipo de sustrato, predominaron los macizos rocosos. El tercer grupo, se integró por los sitios LA, P, IG, BPP, BPE y LP, que presentaron las abundancias más bajas (entre 1 y 13 organismos), así como una gran variabilidad en la distribución de las longitudes, observando valores bajos y altos (entre 14.53 y 30.95), y que en promedio pueden considerarse como las longitudes más bajas de los tres grupos; los sitios no mostraron un patrón de-

finido respecto al tipo de sustrato, no obstante, la intensidad del oleaje que predominó fue alta. En lo que respecta a la especie *F. gemmata*, se observó que sus mayores abundancias y longitudes se relacionaron principalmente con el sustrato, conformado por macizos rocosos y grandes bloques (Figura 4).

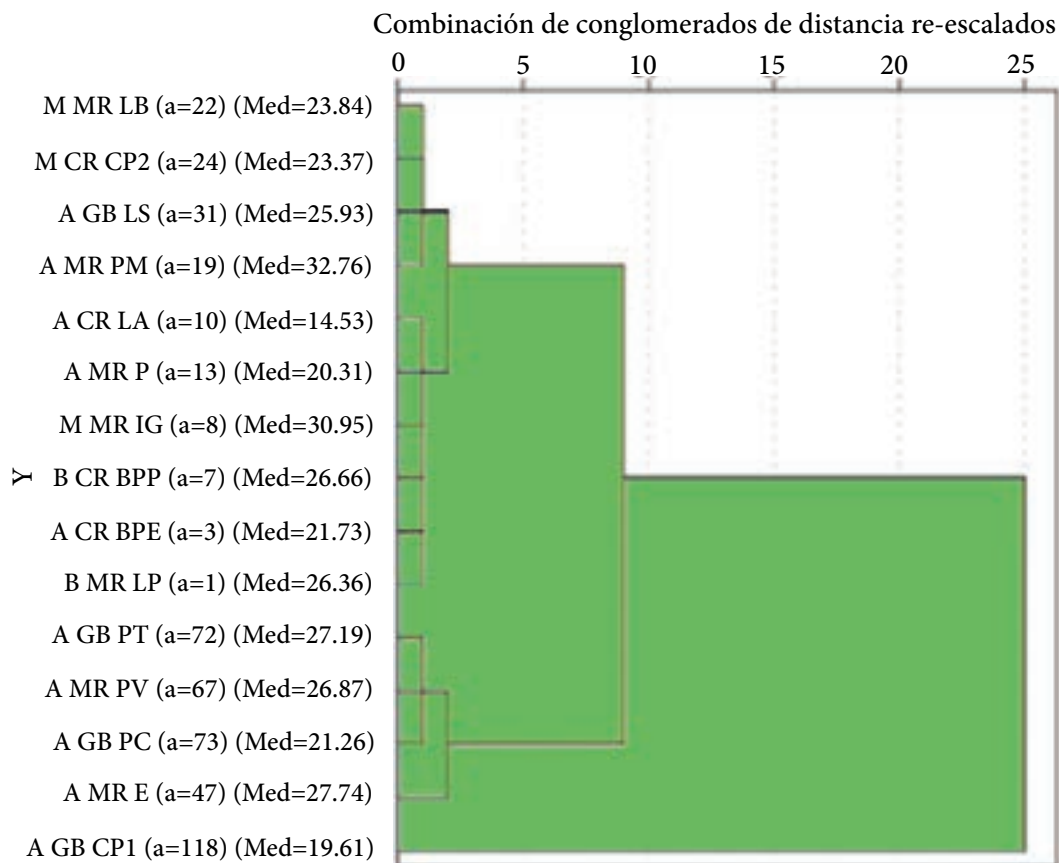
En el caso de la especie *F. nigrocincta*, el análisis jerárquico también reveló tres grupos principales de sitios, cada uno con un 96 % de similitud, de acuerdo con la abundancia y longitud de los organismos que fueron registrados. El primer grupo estuvo conformado por los sitios CP1 y PC, que presentaron las abundancias más altas (entre 204 y 304 organismos), así como de las longitudes más altas (entre 16.02 mm y 19.11 mm en promedio); los sitios que conformaron dicho grupo están clasificados como de intensidad de oleaje alta y compuestos por grandes bloques. El segundo grupo estuvo formado por los sitios PT, PV y LS, que mostraron abundancias intermedias (entre 72 y 93 organismos), así como las longitudes promedio intermedias (entre 14.59 mm y 17.31 mm); dicho grupo fue caracterizado por una intensidad del oleaje alta, así como un sustrato constituido por grandes bloques y macizos rocosos. El tercer grupo, se integró por los sitios PVG, PR, E, M, LP, PM, IG, LA, BPE, CP2, LB, BPP, que registraron las abundancias más bajas (entre 1 y 56 organismos), así como gran variabilidad en la distribución de las longitudes, observando valores bajos y altos (entre 11.46 y 22.13), y que en promedio pueden considerarse como las longitudes más bajas de los tres grupos; en estos sitios prevaleció la intensidad de oleaje media, con un patrón más definido respecto al tipo de sustrato, el cual fue predominantemente integrado por cantos rodados. En lo que respecta a la especie *F. nigrocincta*, se observó que sus mayores abundancias y longitudes se relacionaron principalmente con el tipo de sustrato que estuvo formado por grandes bloques,

y en segundo, con la intensidad del oleaje, que fue alta (Figura 5).

CONCLUSIONES

En este trabajo se incrementa a 14 las especies de la familia Fissurellidae reportadas para la zona intermareal rocosa en el estado

de Guerrero. *Fissurella morrisoni* se encontró como nuevo registro para el estado de Guerrero. Las especies del género *Fissurella* están bien representadas en el intermareal rocoso, tanto en riqueza de especies como en abundancia. *Fissurella nigrocincta* y *Fissurella gemmata* son las especies con distribución



A: Intensidad de oleaje alto; M: Intensidad de oleaje medio; B: Intensidad de oleaje bajo.

MR: Macizos rocosos; CR: Cantos rodados; GB: Grandes bloques.

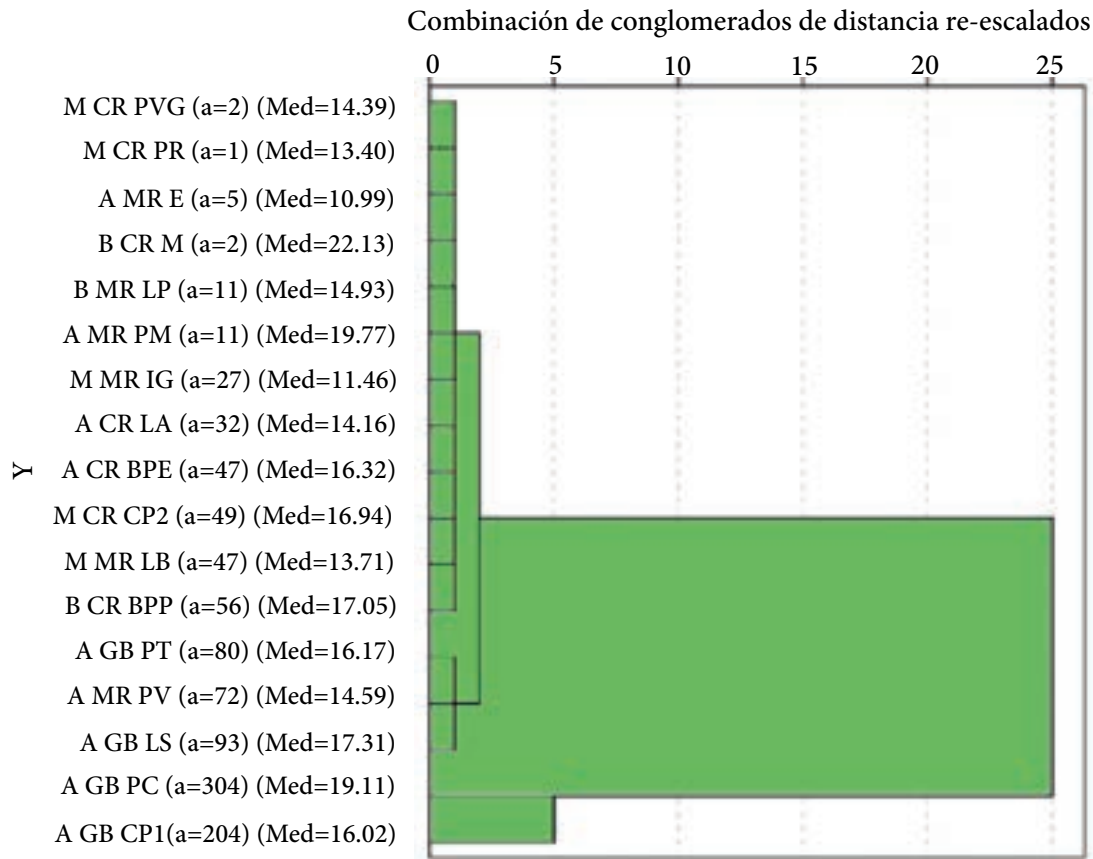
a: Abundance; Med: Average length A: High wave intensity; M: Medium wave intensity; B: Intensity and low waves.

MR: Rocky massifs; CR: Boulders; GB: Large blocks.

a: Abundance; Med: Average length La Barrita (LB), Casa de Piedra 2 (CP2), Las Salinas (LS), Punta Maldonado (PM), La Angosta (LA), Palmitas (P), Isla Grande (IG), Barra de Potosí Protegida (BPP), Barra de Potosí Expuesta (BPE), Las Peñitas (LP), Piedra de Tlacoyunque (PT), Playa Ventura (PV), Pie de la Cuesta (PC), Enamorados (E) y Casa de Piedra 1 (CP1).

■ **Figura 4. Grupos de sitios de estudio formados a partir de la relación de la abundancia y longitud de *Fisurrella gemmata*.**

Figure 4. Groups of study sites formed from the ratio of abundance and length of *Fisurrella gemmata*.



A: Intensidad de oleaje alto; M: Intensidad de oleaje medio; B: Intensidad de oleaje bajo.

MR: Macizos rocosos; CR: Cantos rodados; GB: Grandes bloques.

a: Abundancia; Med: Promedio de longitud MR: Rocky massifs; CR: Boulders; GB: Large blocks.

a: Abundance; Med: Average length Puerto Vicente Guerrero (PVG), Parque de la Reina (PR), Enamorados (E), Manzanillo (M), Las Peñitas (LP), Punta Maldonado (PM), Isla Grande (IG), La Angosta (LA), Barra de Potosí Expuesta (BPE), Casa de Piedra 2 (CP2), La Barrita (LB), Barra de Potosí Protegida (BPP), Piedra de Tlacoyunque (PT), Playa Ventura (PV), Las Salinas (LS), Pie de la Cuesta (PC) y Casa de Piedra 1 (CP1).

■ **Figura 5. Grupos de sitios de estudio formados a partir de la relación de la abundancia y longitud de *Fisurella nigrocincta*.**

Figure 5. Groups of study sites formed from the ratio of abundance and length of *Fisurella nigrocincta*.

amplia, y se pueden considerar representativas de la zona intermareal rocosa de Guerrero. Sitios formados por macizos rocosos y grandes bloques, con intensidad de oleaje alta, alojan a los fisurélidos con mayor longitud de concha.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a: Garcia-Moctezuma Y. M y López-Rojas V. I., por su colaboración para complementar las Figuras 1 y 2.

REFERENCIAS

- Arriaga-Cabrera, L., Aguilar, V. y Espinoza, J. M. (2009). Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad. Estado de conservación y tendencias de cambio. *Capital natural de México*. 2: 433-457.
- Barba-Marino, F., Flores-Rodríguez, P., Flores-Garza, R., García-Ibáñez, S. y Arana-Salvador, D. G. (2010). Biodiversidad y zonificación de la comunidad de moluscos, que habita el sustrato rocoso en dos sitios con distinta acción del oleaje, en la Isla “La Roqueta”, Acapulco, Guerrero, México. En J. Rangel, S. Gamboa, L. Arriaga y W. Contreras (Ed.), *Perspectiva en Malacología Mexicana* (pp. 44-56). Villahermosa, Tabasco, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Bretos, M. (1979). Observaciones sobre *Fissurella bridgessi* Reeve, 1849. Tarapacá, norte de Chile. *Ciencia y Tecnología del Mar*. 4: 53-60.
- Bretos, M. (1980a). Age determination in the Keyhole Limpet *Fissurella crassa* Lamarck (Archaeogastropoda: Fissurellidae), based on shell growth rings. *The Biological Bulletin*. 159(3): 606-612.
- Bretos, M. (1980b). La formación de anillos de crecimiento en *Fissurella crassa* en el Norte de Chile. *Boletim do Instituto de Oceanografico*. 29(2):69-71.
- Bretos, M. y Chihuailaf, R. (1990). Biometría y otros aspectos biológicos de *Fissurella pulchra* (Mollusca: Prosobranchia). *Biología Marina*. 25(1): 1-14.
- Bretos, M., Gutiérrez, J. y Espinoza, Z. (1988). Estudios biológicos para el manejo de *Fissurella picta*. *Medio Ambiente*. 9(1): 28-34.
- Bretos, M., Tesorieri I., and Alvarez, L. (1983). The Biology of *Fissurella maxima* Sowerby (Mollusca: Archaeogastropoda) in Northern Chile. 2. Notes on its reproduction. *The Biological Bulletin*. 165 (3): 559-568.
- Brusca, R. C. (1980). *Common intertidal invertebrates of the Gulf of California*. Tucson: University of Arizona Press. 513 Pp.
- Carranza-Edwards, A. A., Márquez-García, A. Z. y Morales-de-la-Garza, E. A. (1986). Estudio de sedimentos de la plataforma continental del estado de Guerrero y su importancia dentro de los recursos minerales del mar. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. 13(3): 241-262.
- Castrejón-Ríos, A. R., Flores-Garza, R., Flores-Rodríguez, P. y Torreblanca-Ramírez, C. (2015). Diversidad, abundancia y distribución de la Familia Muricidae (Mollusca: Gastropoda) en el intermareal rocoso de Acapulco, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 2(5): 25-34.
- Castro-Mondragon, H., Flores-Garza, R., Rosas-Acevedo, J. L., Flores-Rodríguez, P., García-Ibáñez, S. y Valdez-González, A. (2015). Escenario biológico pesquero y socio-económico de la pesca ribereña de moluscos en Acapulco. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 2(7): 7-24.
- Castro-Mondragon, H., Flores-Garza, R., Valdez-González, A., Flores-Rodríguez, P., García-Ibáñez, S. y Rosas-Acevedo, J. L. (2016). Diversidad, especies de mayor importancia y composición de tallas de los moluscos en la pesca ribereña en Acapulco, Guerrero, México. *Acta Universitaria*. 26(6): 24-34.
- Del-Campo, M., Arancibia, S., Nova, E., Salazar, F., González, A., Moltedo, B., ... y Becker, M. I. (2011). Hemocianinas, una herramienta inmunológica de la biomedicina actual. *Revista médica de Chile*. 139(2): 236-246.
- De-La-Lanza, E. G. (1991). *Oceanografía de los mares mexicanos*. Primera edición, México: AGT Editor, S.A. 569 Pp.
- Flores-Garza, R., Flores-Rodríguez, P., García-Ibáñez, S. y Valdés-González, A. (2007). Demografía del caracol *Plicopurpura pansa* (Neotaenioglossa: Muricidae) y constitución de la comunidad malacológica asociada en Guerrero, México. *Revista Biología Tropical*. 55(3-4): 867-878.
- Flores-Garza, R., Torreblanca-Ramírez, C., Flores-Rodríguez, P., García-Ibáñez, S., Galeana-Rebolledo, L., Valdés-González, A., and Rojas-Herrera, A. A. (2011). Mollusc community from a rocky intertidal zone in Acapulco, Mexico. *Biodiversity*. 12(3): 144-153.
- Flores-Garza, R., García-Ibáñez, S., Flores-Rodríguez, P., Torreblanca-Ramírez, C., Galeana-Rebolledo, L., Valdés-González, A., ..., and Violante-González, J. (2012a). Commercially important marine mollusks for human consumption in Acapulco, México. *Natural Resources*. 3(1): 11-17.
- Flores-Garza, R., Galeana-Rebolledo, L., Reyes-Gómez, A., García-Ibáñez, S., Torreblanca-Ramírez, C., ..., and Valdés-González, A. (2012b). Polyplacophora species richness, composition and distribution of its community associated with the inter-

tidal rocky substrate in the marine priority region No. 32 in Guerrero, Mexico. *Open Journal of Ecology*. 2(4):192-201.

Flores-Rodríguez, P., Barba-Marino, F., Flores-Garza, R., García-Ibáñez, S. y Arana-Salvador, D. G. (2010). Análisis de la comunidad de moluscos del mesolitoral rocoso en playa Corralero, Oaxaca, México. L. J., Rangel, J. Gamboa, S. Arriaga y W. Contreras (Ed.), *En perspectivas en Malacología Mexicana* (pp. 77-88). Villahermosa, Tabasco, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Flores-Rodríguez, P., Flores-Garza, R., García-Ibáñez, S. y Valdés-González, A. (2007). Variación en la diversidad malacológica del mesolitoral rocoso en Playa Troncones, La Unión Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 78: 33-40.

Flores-Rodríguez, P., Flores-Garza, R., García-Ibáñez, S., Valdés-González, A., Violante-González, J., Santiago, E., ..., and Torreblanca-Ramírez, C. (2012). Mollusk species richness on the rocky shores of the state of Guerrero, Mexico, as affected by rains and their geographical distribution. *Natural Resources*. 3(4): 248-260.

García, E. (1981). *Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. México: Instituto de Geografía-UNAM. 246 Pp.

García-Ibáñez, S., Flores-Rodríguez, P., Nieto-Navarro, J. T., Flores-Garza, R. y Bernabé-Moreno, I. E. (2014). Respuesta del carnívoro *Plicopurpura pansa* (mollusca: gastropoda) y el herbívoro *Chiton articulatus* (mollusca: polyplacophora) a factores ambientales en Acapulco, México. *CienciaUAT*. 8(2): 11-21.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2013). Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2013. [En línea]. Disponible en: <http://documents.mx/documents/anuario-estadistico-y-geografico-por-entidad-federativa2013-inegi.html>. Fecha de consulta: 16 de diciembre de 2015.

Keen, A. M. (1971). *Sea shells of tropical West America* (Second edition). California: Stanford University Press. 1064 Pp.

Mottana, A., Crespi, R., Liborio, G., Serrano, M. y Vallespinós, F. (1980). *Guía de minerales y rocas*. Barcelona: Grijalbo. 605 Pp.

Olivares-Paz, A., Jofré, M. D., Alvarez, M. C. y Bustos-Obregón, E. (2009). Hermafroditismo fun-

cional de la gónada de *Fissurella crassa* (Mollusca: Fissurellidae). *International Journal of Morphology*. 27(2): 509-514.

Ortiz-Arellano, M. y Flores-Campaña, L. (2008). *Catálogo descriptivo e ilustrado de los moluscos de la zona intermareal de las islas de Navachiste, Sinaloa, México*. Universidad Autónoma de Sinaloa y Gobierno del Estado de Sinaloa-Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología, Culiacán: Once Ríos Editores. 157 Pp.

Pinochet-Roco, J., Northland-Leppe, I., Capetillo-Arcos, J., and Jara-Seguel, P. (2008). Chromosome of the limpet *Fissurella limbata* (Sowerby, 1835) from Northern Chile (Archaeogastropoda: Fissurellidae). *Gayana*. 72(2): 268-270.

SCT, Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2011). Subdirección de Meteorología, Dirección General de Marina Mercante, en *Anuario Estadístico del Transporte Marítimo 2011*. [En línea]. Disponible en: <http://www.sct.gob.mx/index.php?id=3418>. Fecha de consulta: 14 de diciembre de 2015.

Skoglund, C. (2002). *Panamic province molluscan literature. Additions and changes from 1971 through 2000, III Gastropoda*. California: The Festivus. 286 Pp.

Tait, R. V. and Dipper, F. A. (1998). *Elements of Marine Ecology* (4th edition). British Library Cataloguing in Publication Data. 462 Pp.

Torreblanca, R. C., Flores, G. R., Flores, R. P., García, I. S., Valdés, G. A. y Galeana, R. L. (2012). Gastrópodos del Intermareal rocoso en Tlacopanocha, Acapulco, México. *Tlamati Sabiduría*. 4(7): 47-57.

Wilkinson T., Wiken, E., Bezaury-Creel, J., Hourigan, T., Agardy, T., Herrmann, H., ... y Padilla, M. (2009). *Ecorregiones marinas de América del Norte*. Montreal: Comisión para la Cooperación Ambiental. 200 Pp.

WoRMS, World Register of Marine Species (2016). Fissurellidae Fleming, 1822. [En línea]. Disponible en: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=111&allchildren=1>. Fecha de consulta: 15 de junio de 2016.

Zamorano, P., Barrientos-Luján, N. y Ramírez-Luna, S., (2008). Malacofauna del infralitoral rocoso de Agua Blanca, Santa Elena Cozacoatlán, Oaxaca. *Ciencia y Mar*. 12(36): 19-33.



Identificación de espermatozoides humanos en muestras contaminadas con levaduras

Identification of human spermatozooids in samples contaminated with yeast

Beatriz Reina-Bouvet *
Adriana Beatriz-Pavesi
Cecilia Vicenta-Paparella
Adriana María-Ombrella

Universidad Nacional Rosario,
Facultad de Ciencias Bioquímicas
y Farmacéuticas Suipacha 531- 2000.
Rosario Santa Fe-. Argentina

***Autora para correspondencia:**
beatrizbouvet@arnet.com.ar

Fecha de recepción:
13 de julio de 2016

Fecha de aceptación:
3 de enero de 2017

RESUMEN

La violencia sexual es un problema mundial, y representa un delito grave que frecuentemente es difícil imputar, ante la ausencia de testigos. La valoración de las muestras de semen enviadas al laboratorio, para la detección de espermatozoides, es de gran importancia para encontrar al agresor; sin embargo, la evidencia no es sencilla, por la presencia de otros organismos y la labilidad espermática. El objetivo del presente estudio fue identificar espermatozoides humanos en muestras contaminadas con levaduras. Se aplicaron diferentes técnicas y recursos microscópicos. Se seleccionaron 46 muestras de semen fresco. Se dividieron en dos

grupos: G_1 normo u oligozoospermicas ($n = 28$) y G_2 azoospermicas ($n = 18$). Cada muestra se diluyó 1:1 con solución fisiológica y se agregaron 0.05 mL de suspensión de levaduras *Candida albicans*. Como control, se procesaron testigos puros de espermatozoides (CE) y levaduras (CL). Las muestras se analizaron con microscopio óptico (MO), contraste de fase (CF), de luz polarizada (LP) y microscopio fluorescente (MF) con diferentes técnicas de tinción. El tinte Papanicolaou mostró mayor eficiencia que el tinte hematoxilina verde brillante ($P < 0.05$) para identificar espermatozoides con microscopio óptico. La detección de elementos refringentes mostró mayor correla-

ción con la presencia de espermatozoides (CF: $r = 0.966$; $P < 0.001$), que la presencia de elementos birrefringentes (LP: $r = 0.737$; $P < 0.001$) y elementos fluorescentes (MF: $r = 0.487$; $P < 0.05$). La microscopía confocal con tinción de blanco de calcofluor-azul de Evans y naranja de acridina permitió la identificación de contaminación por levaduras. El empleo de técnicas microscópicas auxiliadas con técnicas de tinción permite confirmar la presencia de espermatozoides enteros o fragmentados en muestras de semen contaminadas con levaduras.

PALABRAS CLAVE: espermatozoide, levaduras, semen, medicina legal, técnicas microscópicas.

ABSTRACT

Sexual violence is a global problem, and represents a serious felony which is often difficult to impute due to the absence of witnesses. The evaluation of semen samples sent to the laboratory, for the detection of spermatozoa is of great importance to find the aggressor. However the evidence is not simple due to the presence of other organisms and sperm lability. The objective of the present study was to identify human spermatozoa in samples contaminated with yeast. Different techniques and microscopic resources were applied and 46 samples of fresh semen were selected. They were divided into two groups: G_1 normo or oligozoosperms ($n = 28$) and G_2 azoosperms ($n = 18$). Each sample was diluted 1:1 with physiological solution and 0.05 mL of yeast suspension *Candida albicans* was added. As controls, pure sperm (CE) and pure yeast (CL) were processed. The samples were analyzed with optical microscopy (MO), phase contrast (CF), polarized light (LP) and fluorescent microscope (MF) with different staining techniques. Papanicolaou dye showed greater efficiency than bright hematoxylin-green dye ($P < 0.01$) to identify spermatozoa with an optical microscope. The presence of refringent elements showed a higher correlation with the presence of spermatozoa (LP: $r = 0.966$;

$P < 0.001$), that the presence of birrefringent elements (LP: $r = 0.737$; $P < 0.001$) and fluorescent elements (MF: $r = 0.487$, $P < 0.05$). Confocal microscopy with Evans blue calcofluor white stain and acridine orange allowed the identification of yeast contamination. The use of microscopic techniques aided by staining techniques confirms the presence of whole or fragmented spermatozoa in semen samples contaminated with yeasts.

KEYWORDS: spermatozoa, yeast, semen, forensic medicine, microscopic techniques.

INTRODUCCIÓN

La violencia sexual consiste en la realización de todo acto sexual sin consentimiento ni deseo por parte de la víctima e implica utilización de fuerza física o intimidación (OMS, 2013). Tiene un impacto profundo en la salud física y mental de las víctimas y se encuentra asociada tanto a lesiones físicas como a un aumento del riesgo de padecer una serie de problemas de salud sexual y reproductiva, con consecuencias inmediatas y a largo plazo (Arroyo-Sánchez, 2016).

Este delito constituye un problema global, tanto en términos geográficos, como en el hecho de que no distingue entre edad y sexo (Cortés-Arboleda y col., 2011). En América Latina es uno de los problemas más graves de salud pública por su asociación con enfermedades venéreas, embarazos no deseados y problemas psicológicos (Fernández-Moreno, 2015). Anualmente se reportan 87 589 violaciones en América Latina y el Caribe, lo que representa aproximadamente 240 denuncias diarias con una tasa regional de 16.4 por cada 100 000 habitantes, según datos reportados en 2011 a la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC, por sus siglas en inglés: United Nations Office on Drugs and Crime), por la mayoría de los países, con excepción de Nicaragua (2010), Guatemala y Perú (2009), Argentina (2008), Ecuador (2006) y Suriname (2004) (Fleitas, 2014). Al respecto, el Observatorio de Criminalidad del Minis-

terio Público del Perú (Ministerio Público Fiscalía de la Nación, 2014) reportó que se recibieron 17 763 denuncias por el delito contra la libertad sexual en todo el país, correspondiendo a la ciudad de Lima una tasa de 37.96 por cada 100 000 habitantes. Además se señala que el 75 % de las víctimas fueron menores de edad y que el 34 % fueron ultrajadas sexualmente (Aguilar-Cabrera, 2013; Sánchez, 2015).

En Estados Unidos se publicaron estudios que demuestran índices significativamente más altos de agresión sexual en el ejército, en comparación con reportes civiles, exacerbando la gravedad de este problema (Stander y Thomssen, 2016). Por otro lado, en México, Andrade-Rubio (2016), reportó una asociación, ya sea como causa o consecuencia, entre la violación sexual y la migración de las mujeres dedicadas al trabajo agrario en Tamaulipas.

Los movimientos feministas no solo han contribuido a visibilizar la discriminación y violencia contra las mujeres, sino a impulsar un proceso de reivindicación que procura la equidad de género y la construcción de políticas públicas coherentes con sus necesidades reales. En este marco, las víctimas conscientes de sus derechos, asumen los hechos de violencia sexual no como una valoración social a esconder, sino que realizan las denuncias pertinentes para procurar la detención del culpable (Afanador-Contreras y Caballero-Badilla, 2012). A menudo, las víctimas que deciden reportar un delito sexual buscan ayuda a través de la policía, desde donde son remitidas a un centro de salud para realizar una valoración médica, o incluso las víctimas acuden de manera directa a los servicios de salud (Arroyo-Sánchez, 2016). Estos delitos se caracterizan por la ausencia de testigos, y el laboratorio adquiere importancia en la valoración, siendo el semen el indicio más importante en este tipo de hechos (Espín-Falcón y col., 2008). El estudio del fluido seminal en química forense está relacionado con el derecho penal

e involucra delitos de índole sexual, frecuentes en medicina legal (Támara, 2013).

En medicina legal es esencial rastrear la evidencia y tomar muestras del material biológico para documentar el presunto contacto sexual o físico, así como corroborar la historia de la víctima y el presunto agresor, para recabar información que resulte útil en la resolución del proceso legal. Dentro de la evidencia que se debe tomar tempranamente está la ropa íntima de la víctima, muestras de la cavidad oral en casos donde se haya referido sexo oral como parte de la agresión, muestras de las manos y uñas, así como muestras de piel (Arroyo-Sánchez, 2016).

La valoración médico legal proporciona evidencia de la agresión tendiente a facilitar la identificación, enjuiciamiento, condena y castigo de los ofensores. A pesar de lo importante que es obtener esta evidencia, debe alcanzarse un balance entre la adquisición de las muestras y la atención de las demás necesidades de la víctima, en tanto que una conducta insensible o forzosa, al realizar el examen forense, podría convertirse en “una segunda violación” (Dickens, 2015).

En los delitos sexuales, la valoración médico forense se realiza bajo un protocolo estandarizado. La toma de las muestras, con el consentimiento informado de la víctima, debe tener en cuenta las características y circunstancias en que ocurrieron los hechos y el tiempo transcurrido. En todo momento se debe garantizar la cadena de custodia y quedar documentada. Aún cuando el indicio más categórico es el semen, el no hallazgo del mismo no implica la ausencia de acceso carnal, solo la falta de eyaculación del autor; de la misma manera, la presencia del indicio, o sea del semen, no indica presencia del delito, sino solo la realización del acto, cobrando importancia la intervención y el análisis del laboratorio forense (Vega-Vega y col., 2014).

El semen está compuesto mayoritariamente por la secreción de las glándulas sexuales anexas y un pequeño porcentaje: 2 % a 3 % por espermatozoides (López-García y col., 2012).

El 46 % al 80 % del fluido seminal es aportado por las vesículas seminales, 13 % a 33 % es secretado por la glándula prostática, aproximadamente 5 % proviene de los testículos y el epidídimo, y 2 % a 5 % de la secreción de las glándulas uretrales y bulbouretrales. En cuanto a la composición química del semen, contiene mayoritariamente ácido cítrico, aminoácidos libres, fructosa, fibrinógeno, enzimas, fosfatidilcolina, carnitina, prostaglandinas, potasio y cinc (Carma, 2010).

El elemento fundamental en la identificación del fluido seminal es el hallazgo del espermatozoide, compuesto por cabeza, segmento intercalar o intermedio y cola o flagelo. La cabeza presenta forma ovalada vista de frente y piriforme de perfil; mide de 4 μm a 5 μm de longitud y 2.5 μm a 3.5 μm de ancho. Contiene el núcleo haploide con cromatina compacta altamente resistente a la digestión, el acrosoma en la parte anterior y un par de centriolos detrás del núcleo (distal y proximal). El acrosoma es una estructura tipo capuchón, contiene enzimas hidrolíticas como hialuronidasa, acrosina, fosfatasa ácida y neuraminidasa, que facilitan la penetración del espermatozoide a la zona pelúcida del ovocito (WHO, 2010). El segmento intercalar es una región cilíndrica estrecha, de 5 μm de longitud, que une la cabeza con la cola o flagelo, y contiene la carga mitocondrial que provee la energía necesaria (ATP) para la movilidad del espermatozoide (WHO, 2010). La cola o flagelo es una estructura importante para la movilidad del espermatozoide. Tiene una longitud de 40 μm a 50 μm , desenrollada y uniforme. En la parte central del flagelo y en toda su extensión se encuentra el axonema o filamento axial, que es un sistema microtubular formado por un par central

rodeado de nueve pares de microtúbulos periféricos y permite el desplazamiento con movimiento ondular de la gameta masculina (WHO, 2010).

Entre los componentes químicos del plasma seminal, el cinc secretado por la glándula prostática, se encuentra en concentración 100 veces superior al suero sanguíneo, reuniendo las características suficientes para ser utilizado como marcador forense de presencia de semen (Pavesi y col., 2010). La fosfatasa ácida prostática (FAP), es sintetizada por la glándula prostática y secretada en el semen durante la eyaculación. La actividad de FAP está incrementada en el fluido seminal y es detectable aun en muestras sometidas a condiciones desfavorables, como la exposición a temperaturas elevadas; su determinación es un recurso aplicable a la búsqueda de semen, adquiriendo importancia como marcador forense en casos de muestras azoospermicas (no contienen espermatozoides) u oligozoospermicas (concentración espermática menor a 15 millones por mL de semen) (Pavesi y col., 2008). Otro marcador de presencia de fluido seminal es la determinación de la enzima lactato deshidrogenasa (LDH), cuya actividad en plasma seminal es superior al valor en suero y además, la isoenzima LDH C4 es específica del epitelio seminal (Pavesi y col., 2011). La detección de componentes del fluido seminal es importante, sin embargo, el diagnóstico de certeza de la presencia de semen es el hallazgo de al menos un espermatozoide.

Aunque el hecho de no observar un espermatozoide en las muestras examinadas no excluye la presencia de semen, dado que por la fragilidad del espermatozoide a nivel del segmento intercalar pueden aparecer sólo cabezas espermáticas, que debido a su morfología ovoide y longitud de 4 μm a 5 μm , pueden confundirse con levaduras en las observaciones microscópicas en fresco, e incluso con coloración de Gram-Nicolle, ya que los espermatozoides se colorean co-

mo Gram negativos y las levaduras son Gram variables.

Ante la elevada frecuencia de muestras forenses clasificadas como presuntivas, es un desafío buscar métodos confiables que permitan corroborar la presencia de cabezas de espermatozoides, logrando un punto de inflexión en la química forense, dado que el hallazgo certero de cabezas de espermatozoides permite confirmar la presencia de semen y además en las cabezas espermáticas se encuentra el ácido desoxirribonucleico (ADN), permitiendo la identificación del agresor. Por otra parte, el no hallazgo de espermatozoides en el material proveniente de una violación puede deberse a que el causante del delito es azoospermico o puede haber utilizado preservativo, y es otra de las situaciones en las que un ensayo de laboratorio puede dar resultado negativo (Támara, 2013; Turvey, 2014).

El objetivo de este estudio fue reconocer espermatozoides humanos en muestras contaminadas con levaduras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con muestras seminales provenientes de pacientes del Laboratorio Mixto de Reproducción de las Facultades de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas y de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Rosario, radicado en el Hospital Provincial del Centenario de la ciudad de Rosario en la provincia de Santa Fe de la República Argentina. El proyecto fue revisado y aprobado por evaluadores designados por la Secretaría de Ciencia y Tecnología y el Comité de Ética de dicha Secretaría. Todos los pacientes entregaron su consentimiento informado, para que el remanente de la muestra de semen, luego de procesar e informar las determinaciones indicadas por el médico solicitante, se utilicen con este propósito. Se seleccionaron 46 muestras de semen fresco, que se dividieron en dos grupos: G1 (n = 28) integrado por muestras de se-

men normo u oligozoospermicas con concentración espermática entre 10 millones por mL y 30 millones por mL de semen; y G2 (n = 18) muestras seminales azoospermicas: sin espermatozoides y sólo contenían fluido seminal. Se tomó 1 mL de cada una de las muestras y se diluyó en proporción 1:1 con solución fisiológica. A cada tubo se le adicionaron 0.05 mL de suspensión de levaduras *Candida albicans*, conteniendo 20 millones de células/mL, contadas utilizando una cámara de Neubauer (bright-line HBG, Germany) provenientes de un cultivo en medio Sabouraud-glucosa. Como control de la observación microscópica de las células a identificar (espermatozoides y levaduras), se procesaron testigos puros, consistentes en: una muestra con espermatozoides en concentración de 20 millones de espermatozoides/mL en solución fisiológica (CE) y una muestra con levaduras en concentración de 20 millones de células/mL en el mismo medio (CL) (Guarner y Brandt, 2011; Villarroel-Rodríguez y Santa-Cruz-Rodríguez, 2011). Todas las muestras analizadas se procesaron por duplicado y como resultados se tomaron los promedios de los porcentajes de espermatozoides y de levaduras hallados en los duplicados. Se aplicaron diferentes tinciones y recursos microscópicos con el fin de identificar con certeza espermatozoides y levaduras.

Identificación de espermatozoides aplicando microscopio óptico

Se analizó la eficiencia de las tinciones hematoxilina verde brillante y Papanicolaou para identificar la presencia de espermatozoides, a través de sus características morfológicas, en muestras normo u oligozoospermicas (G₁); además, se analizaron las muestras azoospermicas (G₂) y los controles de espermatozoides y levaduras, para evaluar resultados falsos positivos y falsos negativos (WHO, 2010; Brito y col., 2011). Se trabajó con 0.5 mL de las muestras, las cuales, se centrifugaron durante 10 min a 250 xg. Se descartó el sobrenadante y con el sedimento se realizaron dos extendidos en portaobjetos que se fijaron con

etanol-éter (1:1); y se aplicaron las respectivas tinciones, utilizando colorantes nuevos, para evitar el arrastre de material proveniente de coloraciones previas. Los extendidos teñidos se evaluaron con microscopio óptico (Leitz Laborlux 11, Germany) y objetivo de inmersión (1000x). Se consideró:

Resultado positivo: hallazgo de al menos un espermatozoide completo.

Resultado presuntivo: solo se observan cabezas.

Resultado negativo: no se observan células espermáticas.

Se compararon los resultados obtenidos con ambas tinciones aplicando la prueba *Chi cuadrado* (χ^2).

Identificación de espermatozoides y levaduras aplicando microscopio con contraste de fases, luz polarizada y de fluorescencia

Se trabajó con las muestras de los grupos G_1 y G_2 provenientes de diluciones de semen a las que se agregó suspensión de levaduras. Como control de la observación microscópica se procesaron testigos puros de espermatozoides (CE) y de levaduras (CL). Se tomaron 0.5 mL de cada muestra y se centrifugaron 10 min a 250 xg. Se descartó el sobrenadante y se colocó una gota del sedimento entre porta y cubre objeto, se aplicaron distintos recursos microscópicos.

Mediante microscopía con contraste de fases (CF) utilizando microscopio (Zeiss 37081, Germany) se determinó el porcentaje de elementos refringentes (espermatozoides) y opacos (levaduras).

Con microscopio óptico (Leitz Laborlux 11, Germany) y colocando polarizadores en los oculares y en el objetivo, para generar luz polarizada (LP), se identificaron espermatozoides y/o cabezas espermáticas. La técnica se fundamenta en las características birrefringentes que presenta el espermatozoide como consecuencia de las propiedades anisotrópicas de su textura protoplásmica in-

terna. El análisis de birrefringencia de los espermatozoides mediante la aplicación de microscopía con LP es una herramienta adicional que permite evaluar la organización de los organelos situados en la cabeza y el flagelo espermático. El núcleo espermático maduro presenta birrefringencia intrínseca asociada con sus filamentos proteicos ordenados y orientados longitudinalmente. La organización microtubular del axonema y de las mitocondrias en la pieza intermedia también presentan birrefringencia (Gianaroli y col., 2010).

En el análisis con microscopio de fluorescencia (MF) (Nikon Eclipse 50 i, Japón) se utilizó el fluorocromo naranja de acridina, el cual, por sus características metacromáticas, al intercalarse como monómero entre las dos cadenas del ADN nuclear de las cabezas de los espermatozoides, presenta un máximo de excitación a 502 nm y de emisión a 525 nm, que se observa de color verde si el ADN se encuentra nativo y anaranjado si se encuentra desnaturalizado. En dichas condiciones, las levaduras no producen interferencia. Por otra parte, este mismo fluorocromo puede asociarse con el ácido ribonucleico (ARN) fúngico, y bajo condiciones de excitación de 460 nm y de emisión a 550 nm emite una fluorescencia roja, la cual fue analizada pero no reportada, para confirmar que las muestras no presentaban interferencia cromáticas durante su análisis.

En este análisis se trabajó solo con 23 de las 28 muestras disponibles por cuestiones técnicas. Se midió el grado de asociación de las tres variables CF, LP y MF con el número de espermatozoides a través del coeficiente de correlación de rangos Spearman.

Identificación de levaduras aplicando microscopía confocal con blanco de calcofluor-azul de Evans y naranja de acridina

El microscopio confocal (MFC) emplea una técnica óptica de imagen para incrementar el contraste o reconstruir imágenes tridimen-

sionales utilizando un colimador para eliminar la luz desenfocada o destellos de la lente, en especímenes que son más gruesos que el plano focal (Saldaña y col., 2010). La apertura localizada delante del fotomultiplicador evita el pasaje de fluorescencia de las regiones de la muestra que no están en foco, la luz que proviene de regiones localizadas por encima o por debajo del plano focal no converge en el orificio y no es detectada por el fotomultiplicador (Saldaña y col., 2010).

La aplicación de MCF, al eliminar la luz procedente de los planos fuera de foco, permite observar imágenes con alta resolución, nitidez y contraste. Se pueden utilizar varios fluorocromos y obtener señales sin solapamiento, generando múltiples imágenes de cada uno de los fluorocromos superpuestas en una imagen única (Sánchez-Armendáriz y col., 2013). Se aplicó MCF para identificar levaduras que son frecuentes contaminantes de las muestras forenses donde se investiga presencia de semen. Se utilizó una solución en proporción 1:1 de dos fluorocromos: a) blanco de calcofluor 1.0 g/L y azul de Evans 0.5 g/L, que emite fluorescencia azul en presencia de levaduras (ARN). El blanco de calcofluor tiñe de color azul las paredes celulares que contienen quitina, celulosa y otros polisacáridos con uniones β -1,4 (Vázquez y col., 2016). Cuando se emplea la luz UV, las paredes fúngicas emiten fluorescencia de color entre verde brillante y azul, mientras que otros materiales fluorescen de color rojizo-amarronado; b) naranja de acridina 0.01 % en buffer fosfato salino (PBS, por sus siglas en inglés phosphate buffered saline) que emite fluorescencia verde en presencia de cabezas espermáticas (ADN). Esta técnica microscópica utiliza iluminación puntual, en un plano óptico conjugado frente del detector, por lo que elimina la información ubicada fuera del plano focal, registrando solamente la luz que está dentro de este plano (Alberts y col., 2006). Además es sensible, específica, brin-

da imágenes tridimensionales con elevada resolución y es utilizada con creciente frecuencia para estudios micológicos (Forbes y col., 2009; Sánchez-Armendáriz y col., 2013).

Se analizaron por separado 0.5 mL de muestras correspondientes a los grupos G_1 y G_2 , así como C_E y C_L . Se centrifugaron durante 10 min a 250 xg. Luego de descartar el sobrenadante se agregó al sedimento de cada muestra 0.05 mL de la solución compuesta por los 2 fluorocromos (a:b) y se analizó con el microscopio confocal Nikon Eclipse TE-2000-E (Japón). El análisis estadístico de los promedios de los porcentajes de células azules, indicadores de presencia de levaduras, entre los grupos; se realizó aplicando la prueba *t*-Student.

RESULTADOS

La tinción de hematoxilina verde brillante permitió identificar sólo 8 muestras positivas (28.6 %) del total de 28 analizadas del Grupo 1 (normo u oligozoospermicas), y dio 4 resultados negativos (Tabla 1). La tinción Papanicolaou permitió identificar como positivas al 50 % de las muestras, y como presuntivas al otro 50 %, sin arrojar muestras negativas. En el grupo G_2 se obtuvieron resultados negativos aplicando ambas tinciones en las 18 (100 %) muestras analizadas. El análisis de las muestras control confirmó que ambas tinciones daban positivo en presencia de espermatozoides y negativo en presencia de levaduras. Estos resultados indicaron que las dos tinciones pueden utilizarse para la búsqueda de espermatozoides en muestras biológicas contaminadas por levaduras, pero la tinción de Papanicolaou ofrece mayor sensibilidad ($P < 0.05$).

En cuanto al análisis de las muestras seminales, con distintos recursos microscópicos, para reconocer espermatozoides en muestras contaminadas con levaduras, se analizó la correlación de las variables con el porcentaje de elementos refringentes (CF) (Figura 1A), el porcentaje de elementos birre-

■ **Tabla 1. Identificación de espermatozoides aplicando microscopio óptico con las tinciones hematoxilina verde brillante y Papanicolaou.**
 Table 1. Spermatozoa identification applying optical microscope with the bright hematoxylin-green and Papanicolaou stains.

	Identificación	Dictamen	Papanicolaou	Hematoxilina verde brillante
Grupo 1 Normo u oligoospermicas (n = 28)	Espermatozoides completos	Positivo	14 (50.0 %)	8 (28.6 %)
	Cabezas	Presuntivo	14 (50.0 %)	16 (57.1 %)
	Negativo	Negativo	0	4 (14.3%)
Grupo 2 Azoospermicas (n = 18)	Espermatozoides completos	Positivo	0	0
	Cabezas	Presuntivo	0	0
	Negativo	Negativo	18 (100 %)	18 (100 %)
Control Espermatozoides (CE) (n=1)	Espermatozoides completos	Positivo	1 (100 %)	1 (100 %)
	Negativo	Negativo	0	0
Control Levaduras (CL) (n=1)	Espermatozoides completos	Positivo	0	0
	Negativo	Negativo	1 (100 %)	1 (100 %)

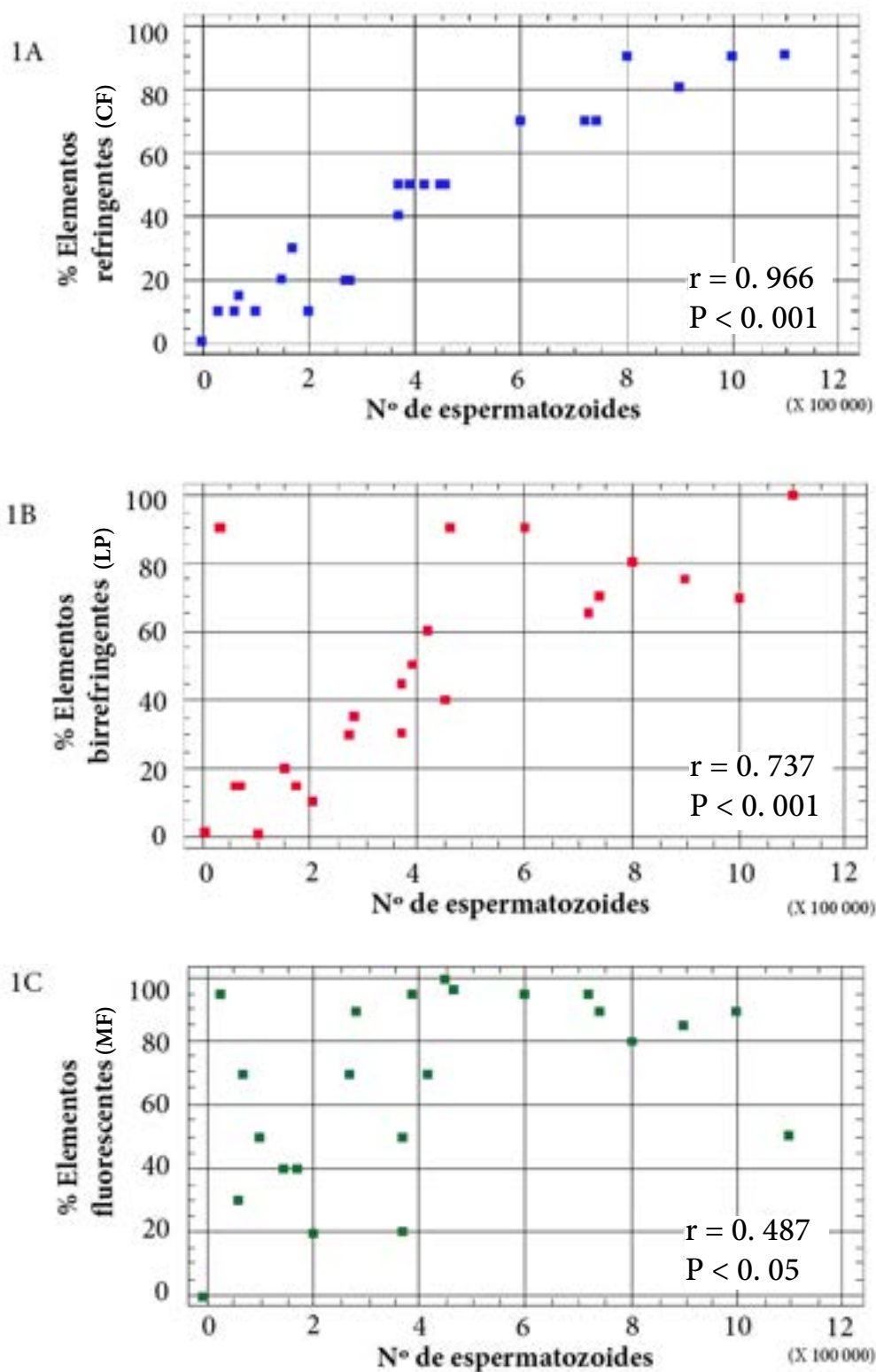
fringentes (LP) (Figura 1B) y el porcentaje de elementos fluorescentes (MF) (Figura 1C) con el número de espermatozoides observados en las muestras. Aplicando el coeficiente de correlación de rangos Spearman, se encontró que, si bien las tres variables correlacionan con el número de espermatozoides en forma directa y significativa, el mayor coeficiente se observó con la variable porcentaje de elementos refringentes obtenido por CF ($r = 0.966$), indicando una fuerte asociación con el número de espermatozoides ($P < 0.001$) (Figura 1A). Estos resultados demostraron que mediante la aplicación de CF es posible identificar espermatozoides en presencia de levaduras, brindando información importante en el esclarecimiento de casos periciales donde se investiga la presencia de semen humano. Se encontró también un nivel más bajo de asociación (aunque significativo) para el análisis

de LP ($r = 0.737$; $P < 0.001$) (Figura 1B) y MF ($r = 0.487$; $P < 0.05$) (Figura 1C) por lo que no son técnicas adecuadas cuando se busca alto nivel de discriminación en el laboratorio, especialmente al tratarse del esclarecimiento de delitos graves.

En las muestras seminales y controles analizados con MCF, y la tinción blanco de calcofluor-azul de Evans y naranja de acridina para identificar levaduras en presencia de espermatozoides, se observó en G_2 solo células azules (100 %) indicadoras de presencia de levaduras, como en la muestra CL. Mientras que G_1 presentó menor porcentaje de células azules (22.62 %), porque además de levaduras las muestras contenían espermatozoides. En la muestra CE no se observaron células azules. Se aplicó la prueba *t* Student para evaluar la diferencia entre los promedios de los porcentajes de células azules in-

■ Figura 1. Identificación de espermatozoides por técnicas microscópicas analizando elementos refringentes, birrefringentes y fluorescentes.

Figure 1. Spermatozoa identification by microscopy techniques analyzing the refringent, birrefringent and fluorescent elements.



dicadoras de levaduras entre los grupos G_1 y G_2 y se halló diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.001$) (Tabla 2). Estos resultados indicaron que la metodología aplicada contribuye al reconocimiento de levaduras que son frecuentes contaminantes del material que se recoge en las pericias forenses; siendo un recurso microscópico confiable en la resolución de casos periciales que involucran abuso sexual, donde muchas veces, por las condiciones adversas a las que son sometidas las muestras, es difícil determinar si son levaduras o cabezas espermáticas.

DISCUSIÓN

La Criminalística es una ciencia de carácter empírico e interdisciplinario, donde se integran métodos y técnicas para verificar, examinar y analizar vestigios, indicios y evidencias de toda índole y origen, dejados por cualquier individuo, sea éste presunto o culpable de la comisión de un delito (Ccaza-Zapana, 2013). El semen está constituido por las secreciones provenientes de los testículos, el epidídimo, la glándula prostática, las vesículas seminales, las glándulas de Cowper y de Litreé.

El estudio de manchas de semen tiene gran importancia en criminalística, ya que constituye una prueba precisa y está asociada a crímenes de índole sexual. El reconocimiento es sencillo en manchas seminales de reciente data, pero se complica al transcurrir el tiempo (Támara, 2013). Si bien, el hallazgo de un espermatozoide es diagnóstico genérico de semen en química forense (Tratado de Criminalística, 2007), es importante recordar que pueden no hallarse espermatozoides en casos de violaciones realizadas por sujetos azoospermicos e incluso oligozoospermicos, y en estas situaciones el estudio de marcadores bioquímicos del fluido seminal contribuye a esclarecer el delito (Pavesi y col., 2008; 2010; 2011).

La mayoría de las investigaciones se focalizaron en la búsqueda de los espermatozoides (Quispe-Mayta y col., 2010), seguidos por

los marcadores de las glándulas anexas como FAP y cinc, que adquieren relevancia en casos de delitos sexuales realizados por sujetos azoospermicos (Pavesi y col., 2008; 2010). Además, Támara (2013), estudió la aplicación de diferentes métodos y recursos analíticos, según las disponibilidades de cada laboratorio para el reconocimiento e identificación de manchas de semen (Támara, 2013).

En el presente estudio, la tinción de hematoxilina verde brillante permitió la detección positiva de semen en el 85.7 % de las 28 muestras del G_1 , pero solo permitió detectar espermatozoides completos en el 28.6 % de las muestras (dictamen positivo). La tinción de Papanicolaou fue más eficiente, determinando semen en el 100 % de las muestras analizadas y cabezas espermáticas (espermatozoides incompletos: dictamen presuntivo) en el 50 % de las muestras. Estos porcentajes son mayores a los reportados por Quispe-Mayta y col. (2010), quienes lograron la detección positiva de semen en 60 % de los casos evaluados, aplicando la combinación de tres métodos para pesquisar fluido seminal en muestras forenses, en 37 % de los casos detectaron presencia de fosfatasa ácida, en 35 % encontraron antígeno prostático específico, y espermatozoides en 25 %, aplicando tinción Fast Nuclear Red (Quispe-Mayta y col., 2010).

El hallazgo de un espermatozoide es un estándar de oro en la ciencia forense, pero este caso no es de alta frecuencia, debido a la labilidad del espermatozoide frente a cambios osmóticos y a la deshidratación, que trae como consecuencia la observación de sólo cabezas de los mismos (Khaldi y col., 2004). El espermatozoide es una célula con características morfológicas especiales, y aplicando diferentes coloraciones se observa intensamente teñido el núcleo y en forma tenue el acrosoma (WHO, 2010). Estas peculiaridades pueden no ser óptimas en circunstancias donde el material estuvo expuesto a condiciones desfavorables y en presencia de con-

■ **Tabla 2. Microscopio confocal: porcentaje de levaduras.**
Table 2. Confocal microscope: yeast percentage.

	Grupo 1 (normo u oligozoospermicas) levaduras (%) (n = 28)	Grupo 2 (azoospermicas) levaduras (%) (n= 18)	Control espermatozoides (CE) levaduras (%) (n=1)	Control levaduras (CL) levaduras (%) (n = 1)
Blanco de calcofluor-azul de Evans + naranja de acridina	22.62 ± 10.9	100.00 ± 0.00	0.00	100.00 ± 0.00

Valores promedio y desviación estándar.

taminantes como las levaduras. En dichas condiciones se observan solo cabezas espermáticas y debido a sus características morfológicas pueden confundirse con levaduras en las observaciones microscópicas en fresco e incluso aplicando coloración de Gram-Nicolle.

En este trabajo se aplicaron técnicas microscópicas especiales como CF, LP y MF para identificar espermatozoides en muestras contaminadas con levaduras. Los resultados mostraron buena correlación con LP ($P < 0.001$) y son coincidentes con las conclusiones de Collodel y col. (2013), quienes evaluaron los espermatozoides con microscopio óptico, empleando tinción Papanicolaou, LP y microscopía electrónica de transmisión, encontrando buena correlación con LP ($P < 0.01$). Por otra parte, si bien Collodel y col. (2013), aplicaron los recursos microscópicos mencionados, no trabajaron con CF, que es una de las metodologías empleadas en el presente estudio, en la cual, se obtuvo el mayor coeficiente de correlación ($r = 0.966$; $P < 0.001$) (Figura 1A).

Otras de las tecnologías aplicadas fueron la MCF y las tinciones blanco de calcofluor-azul de Evans y naranja de acridina, mediante las cuales, se logró identificar las levaduras presentes en las muestras ($P = 0.000$). En cuanto a la confiabilidad que demuestra la aplicación de blanco de calcofluor-azul de Evans

en el reconocimiento de levaduras, los resultados del presente trabajo son comparables a los de Sánchez-Armendáriz y col. (2013), autores que evaluaron la aplicación de esta tinción en el diagnóstico de onicomicosis y encontraron 65 % de pruebas positivas para levaduras aplicando blanco de calcofluor-azul de Evans. Además, Vázquez y col. (2016), utilizaron blanco de calcofluor para estimar la biomasa fúngica en muestras de suelo y obtuvieron resultados sensibles a los cambios climatológicos y comparables con los obtenidos por otros autores que habían aplicado metodologías más sofisticadas en la identificación de hongos (Vázquez y col., 2016). Otra técnica utilizada es la de hidróxido de potasio negro de clorazol que dio el 47 % de resultados positivos obtenidos (Collodel y col., 2013; Sánchez-Armendáriz y col., 2013).

Disponer de una técnica que permita reconocer levaduras, que son contaminantes frecuentes en las muestras periciales relacionadas con delitos sexuales sometidas a condiciones ambientales desfavorables, es un aporte importante a la hora de tener que definir si se está en presencia de cabezas espermáticas o son levaduras que contaminan la muestra (Pavesi y col., 2015). Y la confirmación de la presencia de semen en materiales sometidos a condiciones desfavorables, a través de la utilización de distintas tinciones y recursos microscópicos, brinda un alto grado de cer-

teza, aunque solo se observen cabezas espermáticas, lo que facilita el trabajo parcial.

CONCLUSIONES

El diagnóstico genérico del semen se ha detenido en su evolución, debido a la falta de aplicación de técnicas adecuadas y modernas que aporten mayor credibilidad al hallazgo. La aplicación de diferentes tinciones y recursos microscópicos superadores de la microscopia óptica, como el contraste de fa-

ses, luz polarizada y microscopia fluorescente con naranja de acridina como fluorocromo, contribuyen al esclarecimiento de muchos casos periciales. La microscopia confocal combinando blanco de calcofluor y azul de Evans permitió detectar la presencia de levaduras que son frecuentes contaminantes de las muestras forenses. Los recursos presentados en este estudio contribuyen al diagnóstico de casos periciales de violación caracterizados como positivos y presuntivos.

REFERENCIAS

- Afanador-Contreras, M. I. y Caballero-Badilla, M. C. (2012). La violencia sexual contra las mujeres. Un enfoque desde la criminología, la victimología y el derecho. *Reflexión Política*. 14(27): 122-133.
- Aguilar-Cabrera, D. A. (2013). Una realidad insostenible en el Perú, en *Apuntes sobre la violación sexual contra menores de edad*. [En línea]. Disponible en: <http://larepublica.pe/05-10-2013/acusados-de-violacion-impunes-ante-la-ley>. Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2016.
- Alberts, B., Bray, D., Hopkin, K., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., and Walter, P. (2006). *Introducción a la Biología Celular*. Buenos Aires: Panamericana. 10 Pp.
- Andrade-Rubio, K. L. (2016). Víctimas de trata: mujeres migrantes, trabajo agrario y acoso sexual en Tamaulipas. *CienciaUAT*. 11(1): 28-36.
- Arroyo-Sánchez, G. (2016). Valoración Médico Legal de la víctima de delito sexual. *Medicina Legal de Costa Rica*. 33(1): 126-132.
- Brito, L. F., Greene, L. M., Kelleman, A., Knobbe, M., and Turner, R. (2011). Effect of method and clinician on stallion sperm morphology evaluation. *Theriogenology*. 76(4): 745-750.
- Carma, I. (2010). Métodos de Reconocimiento, Identificación e Individualización de manchas de semen. [En línea]. Disponible en: <http://www.criminalistica.net/.../index.php?...metodos-de-reconocimiento-identificacion-e-i>. Fecha de consulta: 31 de marzo de 2017.
- Ccaza-Zapana, J. E. (2013). La nueva criminalística, en *Sociedad Mexicana de Criminología capítulo Nuevo León, A.C.* [En línea]. Disponible en: <http://www.somecrimn.es.tl>. Fecha de consulta: 2 de julio de 2016.
- Collodel, G., Iacoponi, F., Mazzi, L., Terzuoli, G., Pascarelli, N. A., and Moretti, E. (2013). Light, polarizing, and transmission electron microscopy: three methods for the evaluation of sperm quality. *Systems biology in reproductive medicine*. 59(1): 27-33.
- Cortés-Arboleda, M. R., Cantón-Duarte, J. y Cantón-Cortés, D. (2011). Naturaleza de los abusos sexuales a menores y consecuencias en la salud mental de las víctimas. *Gaeta Sanitaria*. 25(2): 157-165.
- Dickens, B. (2015). Ethical issues after sexual assault. *B. International Journal of Gynecology and Obstetrics*. 128:187-188.
- Espín-Falcón, J. C., Valladares-González, A. M., Abad-Araujo, J. C., Presno-Labrador, C. P. y Gener-Arencia, N. (2008). La violencia un problema de salud. *Revista Cubana de Medicina General Integral*. 24(4):1-6.
- Fernández-Moreno, S. Y. (2015). Postura de la Red Latinoamericana de Género y Salud Colectiva de ALAMES frente a la cobertura universal de salud. Ciudad de La Habana. *Revista Cubana Salud Pública*. 41(2): 349-350.
- Fleitas, D. M. (2014). *Delito y violencia en América Latina y el Caribe: Perfil de los países de la región*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Edición de la Asociación para el Análisis de Políticas Públicas. 25 Pp.
- Forbes, B. A., Scott, E. G., and Weissfeld, A. S. (2009). *Bailey y Scott Diagnóstico Microbiológico*. Buenos Aires: Panamericana. 705 Pp.
- Gianaroli, L., Magli, M. C., Ferraretti, A. P., Crippa, A., Lappi, M., Capitani, S., and Baccetti, B. (2010). Birrefringence characteristics in sperm head allow for the selection of reacted spermatozoa for intracytoplasmic sperm injection. *Fertility and Sterility*. 93(3): 807-813.
- Guarner, J. and Brandt, M. E. (2011). Histopathologic diagnosis of fungal infections in the 21st century. *Clinical microbiology reviews*. 24(2): 247-280.
- Khaldi, N., Miras, A., Botti, K., Benali, L., and Gromb, S. (2004). Evaluation of three rapid detection methods for the forensic identification of seminal fluid in rape cases. *Journal of Forensic Science*. 49(4):1-5.

- López-García, M. J., Urbano-Felice, A. y Cárdenas-Povedano, M. (2012). Manual de laboratorio para análisis del semen, en *Omnia Science*. [En línea]. Disponible en: <http://www.omniascience.com/scholar/index.php/scholar/article/download/4/6>. Fecha de consulta: 17 de octubre de 2013.
- Ministerio Público Fiscalía de la Nación – Lima, Perú (2014). Víctimas de feminicidios registrados en Perú-julio 2014. Estadísticas sobre Feminicidio según las características de las víctimas y el presunto victimario-julio 2014. [En línea]. Disponible en: http://www.portal.mpf.gob.pe/boletin_informativo/infoestadfeminicidio. Fecha de consulta: 30 de marzo de 2017.
- OMS, Organización Mundial de la Salud (2013). Informe de la OMS destaca que la violencia contra la mujer es “un problema de salud global de proporciones epidémicas. Nuevas guías de práctica clínica y de políticas lanzadas para orientar la respuesta del sector salud, en *Comunicado de prensa 20 de junio de 2013 Ginebra*. [En línea]. Disponible en: http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2013/violence_against_women_20130620/en/. Fecha de consulta: 30 de marzo de 2017.
- Pavesi, A., Ombrella, A., Cadierno, A., Kuverling, L., Mansilla, R., Paparella, C. y Bouvet, B. (2015). Aplicación del microscopio confocal para la identificación de espermatozoides o cabezas espermáticas en presencia de levaduras con fines forenses. *Revista de la Asociación Bioquímica Argentina*. 71(1): 80.
- Pavesi, A., Paparella, C., Bouvet, B., and Pituelli, N. (2008). Prostatic acid phosphatase activity in basal seminal plasma and post exposition to high temperature. *Biocell*. 32(3): 29.
- Pavesi, A., Paparella, C., and Bouvet, B. (2011). Lactate deshidrogenase: activity in human seminal plasma. *Biocell*. 35(2): 179.
- Pavesi, A, Servidio, A., Paparella, C., Girolami, H. y Bouvet, B. (2010). Valoración de cinc en manchas seminales y su aplicación en la práctica forense. *CienciaUAT*. 4(3): 69-73.
- Quispe-Mayta, S., Tarifa-Espinoza, S., Solíz-Pacheco, R., and Sierra-Gareca, A. (2010). Investigación forense del fluido seminal en víctimas de violencia sexual, por el Laboratorio de Biología Forense. *BIOFARBO*. 18(2): 91-99.
- Saldaña, C., Morales-Tlalpan, V., and Castaño, V. N. (2010). Confocal microscopy: from fundamental optics to innovative applications. In A. Méndez-Vilas and J. Díaz (Eds.), *Microscopy: science, technology, applications and education*. [En línea]. Disponible en: <http://www.formatex.info/microscopy4/1350-1355.pdf>. Fecha de consulta: 3 de noviembre de 2016.
- Sánchez, R. (2015). Abuso sexual en menores de edad, problema de salud pública. *Unifé. Av. Psicol.* 23(1): 62.
- Sánchez-Armendáriz, K., Fernández-Martínez, R. F., Moreno-Morales, M. E., Villegas-Acosta, L., Meneses-González, F. y Arenas-Guzmán, R. (2013). Sensibilidad y especificidad del examen directo micológico con blanco de calcofluor para el diagnóstico de oncomicosis. *Medicina Cutánea Ibero-Latino-Americana*. 41(6): 261-266.
- Stander, V. A. y Thomsen, C. J. (2016). El acoso sexual y asalto en el ejército de Estados Unidos: Un examen de las tendencias de política y de investigación. *Medicina Militar*. 181: 20-27.
- Támara, K. L. (2013). *Reconocimiento e identificación de manchas de semen en diferentes soportes de interés forense*. [En línea]. Disponible en: http://guzlop-editoras.com/web_des/bio01/bioforense/pld0638.pdf. Fecha de consulta: 12 de agosto de 2013.
- Tratado de Criminalística de la Policía Federal Argentina (2007). *La química Analítica en la Investigación del Delito*. [En línea]. Disponible en: <http://doggy.blogcindario.com/2007/09/00008investigacion-de-espermios.html>. Fecha de consulta: 2 de abril de 2017.
- Turvey, B. F. (2014). Forensic victimology examining violent crime. *Victims in investigative and Legal Context*. Reino Unido: Elseiver. 546 Pp.
- Vázquez, M. B., Amodeo, M. R. y Bianchinotti, M. V. (2016). Estimación de la biomasa fúngica en un suelo del sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) con una tinción directa con Blanco de Calcofluor. *Revista Argentina de Microbiología*. 48(3): 252-258.
- Vega-Vega, C., Navarro-Escayola, E. y Edo-Gil, J. C. (2014). Protocolo de actuación médico forense en los delitos contra la libertad sexual. *Revista Española de Medicina Legal*. 40(3): 120-128.
- Villaruel-Rodríguez, P. y Santa Cruz-Rodríguez, A. (2011). Identificación de especies de levaduras del género *Candida* aislados de exudados vaginales de pacientes en el Hospital Materno Germán Urquidí. *Gaceta Médica Boliviana*. 34(2): 84-86.
- WHO, World Health Organization (2010). *WHO laboratory manual for the examination of human semen and sperm cervical-mucus interaction*. [En línea]. Disponible en: www.cnrha.msssi.gob.es/bioetica/pdf/semen_humano.pdf. Fecha de consulta: 30 de marzo de 2017.



Fotografía elaborada por: José Moral de la Rubia y Norma Idalia Rodríguez Franco

Estructura factorial y consistencia interna de la Escala de Hábitos de Higiene Bucal en muestras de población general y clínica odontológica

Factor structure and internal consistency of the Oral Hygiene Habits Scale in general population and dental clinic samples

José Moral-de-la-Rubia^{1*}

Norma Idalia Rodríguez-Franco²

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Psicología, Dr. Carlos Canseco núm. 110, esq. con Dr. Eduardo Aguirre Pequeño, col. Mitras Centro, Monterrey, Nuevo León, México, C.P. 64460.

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Odontología, Dr. Eduardo Aguirre Pequeño cruz con Silao, col. Mitras Centro, Monterrey, Nuevo León, México, C.P. 64460.

*Autor para correspondencia:

jose_moral@hotmail.com

Fecha de recepción:

14 de septiembre de 2016

Fecha de aceptación:

9 de enero de 2017

RESUMEN

La falta de higiene bucal puede causar diferentes tipos de padecimientos, como caries, gingivitis y periodontitis. En México, se ha propuesto recientemente el uso de la Escala de Hábitos de Higiene Bucal (EHHB) como un instrumento diagnóstico para el sector salud. El objetivo de esta investigación fue establecer la consistencia interna y estructura factorial de la EHHB para que pueda ser aplicada en la evaluación de los hábitos de higiene bucal. En Monterrey, México, se recolectó una muestra de población general (MPG) de 256 parti-

cipantes y otra muestra clínica odontológica (MCO) de 240 participantes, usando un muestreo no probabilístico. Se comprobó la discriminabilidad y consistencia interna de los 10 ítems de la EHHB, se calculó la consistencia interna de la escala, se exploró su estructura factorial y se contrastó la invarianza del modelo factorial entre la MPG y la MCO. La consistencia interna de la EHHB se incrementó y fue alta (α ordinal = 0.833 en MPG y 0.865 en MCO), al eliminarse dos ítems repetidos: frecuencia del cepillado dental (ítem 1), y el uso de pasta dental durante el cepi-

llado (ítem 3). En ambas muestras se definieron dos factores: uso de hilo dental con cuatro ítems (α ordinal = 0.911 en MPG y 0.944 en MCO), y cepillado dental con cuatro ítems (α ordinal = 0.628 en MPG y 0.633 en MCO). La consistencia interna de este último mejoró (α ordinal = 0.693 en MPG y 0.727 en MCO), al ser incluido el ítem 8 (atención prestada a la limpieza del espacio interdental). El modelo de dos factores tuvo buen ajuste y propiedades de invarianza aceptables entre ambas muestras. Se concluye que la EHHB con ocho ítems es consistente y el modelo bifactorial es válido en MPG y MCO, presentando el ítem 8 una posible doble interpretación.

PALABRAS CLAVE: estructura factorial, hábitos de higiene bucal, población general, población clínica odontológica, México.

ABSTRACT

The lack of oral hygiene can cause different types of conditions, such as caries, gingivitis and periodontitis. In Mexico, the use of the Oral Hygiene Habits Scale (OHHS) has recently been proposed as a diagnostic tool for the health sector. The objective of this research was to establish the internal consistency and factor structure of the OHHS, so that it can be applied in the evaluation of oral hygiene habits. In Monterrey, Mexico, a general population sample (GPS) of 256 participants and another dental clinic sample (DCS) of 240 participants were collected, using nonprobability sampling. The discriminability and internal consistency of the OHHS 10 items were verified, the internal consistency of the scale was calculated, the factor structure was explored and the invariance of the factor model across the GPS and the DCS was contrasted. The internal consistency of the OHHS increased and was high (ordinal α = 0.833 in GPS, and = 0.865 in DCS), by eliminating two repeated items: dental brushing frequency (item 1), and toothpaste use during brushing (item 3). In both samples, two factors were defined: dental floss with four items (ordinal α = 0.911 in GPS and 0.944 in DCS), and dental

brushing also with four items (ordinal α = 0.628 in GPS, and 0.633 DCS). The internal consistency of the latter improved (α ordinal = 0.693 in GPS, and 0.727 in DCS), when the item 8 was included (attention paid to cleaning the interdental space). The two-factor model had good fit, and acceptable invariance properties across the two samples. We concluded that the eight-item OHHS is consistent, and the two-factor model is valid across GPS and DCS, where item eight displays a possible double interpretation.

KEYWORDS: factor structure, oral hygiene habits, general population, dental clinic population, Mexico.

INTRODUCCIÓN

La construcción de un instrumento de medición en salud requiere evaluar sus propiedades métricas para ser utilizado en investigación y en la práctica clínica (Luján y Cardona, 2015). Una vez que se han creado ítems pertinentes al constructo y sus dimensiones, se puede establecer su validez de contenido y su confiabilidad a través de juicios de expertos, con lo que usualmente termina el proceso de validación de un instrumento cualitativo, pero no así el de uno cuantitativo (Escobar y Cuervo, 2008). El proceso de validación del instrumento métrico requiere el estudio de la consistencia interna y fiabilidad temporal. Una vez obtenidos valores aceptables (coeficientes de al menos 0.70) continúa el estudio de la dimensionalidad, para lo cual se puede usar el análisis factorial. Este tipo de análisis permite observar cómo la conceptualización teórica del constructo se refleja en el patrón de respuesta de una población. Se puede trabajar a un nivel exploratorio para determinar el número, configuración y relación entre los factores, así como a un nivel confirmatorio, para contrastar la bondad de ajuste de un modelo propuesto (Campo-Arias y col., 2012). Los distintos tipos de validez de un instrumento ayudan, en diferente grado, a mostrar la validez práctica del constructo (Méndez y Rondón, 2012). La validez dis-

criminante es óptima cuando los ítems de cada dominio o factor no miden lo que los demás factores pretenden medir (Henseler y col., 2015). La validez cruzada muestra que la estructura factorial es válida para poblaciones distintas, como hombres y mujeres, población general y clínica o de diferentes países (Byrne, 2016).

En México, recientemente se ha creado la Escala de Hábitos de Higiene Bucal (EHHB) de Rodríguez y Moral (2016), para su uso en investigación clínica y epidemiológica, partiendo de una definición de concepto y de un proceso sistemático para generar sus ítems. La EHHB fue diseñada a partir de los elementos recomendados por la American Dental Association (2017), para una correcta higiene bucal diaria realizada por la persona. Incluye 10 ítems tipo Likert, con cinco opciones de respuesta sobre frecuencia de conductas en relación con el cepillado (seis ítems) y el uso del hilo dental (cuatro ítems), que constituyen los dos hipotéticos factores de la escala. La escala no incluye información sobre uso de enjuague bucal, por no tratarse de una recomendación básica, sino complementaria, que puede sesgar las puntuaciones en función del poder adquisitivo de la persona (Vano y col., 2014). Tampoco se incluyó ninguna pregunta sobre cuidado dental profesional, como tratamiento profiláctico semestral o anual, por no considerarse pertinentes para evaluar el constructo centrado en el autocuidado.

La validez de contenido de la EHHB fue establecida por juicio de expertos. Los jueces mayoritariamente indicaron que los ítems cumplían con las características de suficiencia (para obtener la medición de cada dimensión), claridad (comprensible, incluso para una persona con baja escolaridad), coherencia (tiene relación lógica con la dimensión que está midiendo) y relevancia (debe ser incluido, porque es esencial o importante), resultando estas evaluaciones altamente concordantes entre los jueces (Rodríguez y Moral, 2016). El proceso de validación de la EHHB continúa en estudio.

El objetivo de esta investigación fue establecer las propiedades métricas de la Escala de Hábitos de Higiene Bucal para evaluar los hábitos de higiene bucal que tiene la población, considerando aspectos de distribución, discriminabilidad y consistencia interna de sus ítems, estructura factorial, consistencia interna, validez convergente y discriminante de sus factores e invarianza del modelo en población general y población clínica odontológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Participantes

Se recolectaron dos muestras no probabilísticas incidentales. La muestra de población general (MPG) quedó integrada por 256 participantes y la muestra clínica odontológica (MCO) por 240. En la MPG, el 51.6 % de los participantes fueron mujeres y 48.4 % hombres. La edad varió de 18 a 77 años, con una media de 40.67 (DE = 13.49). En la MCO, el 50.4 % de los participantes fueron mujeres y 49.6 % hombres. La edad varió de 18 a 76 años con una media de 39.79 (DE = 15.63).

Los criterios de inclusión para ambas muestras fueron: dar el consentimiento informado, edad de 18 años o mayor, saber leer y escribir, residir en Monterrey, México y su área metropolitana; se añadió para la MCO: solicitar atención periodontal en la Clínica de Periodoncia o tratamiento dental profiláctico en la Clínica de Odontología Preventiva de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Como criterios de exclusión para ambas muestras se definieron: ser menor de edad, incapacidad para la autolimpieza dental, analfabetismo y problemas clínicos de atención y comprensión (esquizofrenia, autismo, demencia). Como criterio de eliminación se consideró: dejar al menos un dato incompleto en la EHHB.

Instrumento

La Escala de Hábitos de Higiene Bucal (EHHB) de Rodríguez y Moral (2016), está integrada por 10 ítems tipo Likert, con un rango de cinco categorías ordinales de respuesta que se

califican de 0 a 4: 1) ¿con qué frecuencia le sucede que no cepilla sus dientes en todo el día?; 2) ¿usualmente con qué frecuencia cepilla sus dientes?; 3) ¿utiliza pasta dental durante el cepillado?; 4) ¿cuánta atención presta al cepillado?; 5) ¿aproximadamente cuánto tiempo emplea cada vez que cepilla sus dientes?; 6) ¿cada cuánto tiempo cambia su cepillo dental?; 7) ¿utiliza usted hilo dental como parte de su higiene bucal?; 8) ¿cuánta atención presta a la limpieza del espacio interdental?; 9) ¿usualmente con qué frecuencia utiliza hilo dental al día?; y 10) ¿con qué frecuencia usa el hilo dental tras el cepillado de dientes?. Salvo el ítem 1, todos los demás son directos (Rodríguez y Moral, 2016). Fue diseñada para medir dos factores correlacionados y proporcionar una puntuación total. Los primeros seis ítems corresponden al factor de hábitos de cepillado dental y los últimos cuatro corresponden al de uso del hilo dental. Las puntuaciones en los factores y la escala se obtienen sumando las puntuaciones en los ítems y dividiendo por el número de ítems sumados, por lo que varían en un continuo de 0 a 4. Una puntuación de 0 refleja malos hábitos de higiene bucal y una puntuación de 4 buenos hábitos (Rodríguez y Moral, 2016).

Procedimiento

Se realizó un estudio instrumental con un diseño transversal. Se invitó a formar parte de la investigación explicando en qué consistía la misma, se solicitó la firma del consentimiento informado, y se respetó la confidencialidad de la información conforme al Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la Salud (Secretaría de Salud, 2014) y a las normas de investigación de la Sociedad Mexicana de Psicología (2007). Los participantes de la MPG respondieron el cuestionario en su domicilio o lugar de trabajo, y los de la MCO al momento de la consulta odontológica.

Análisis de datos

Como propiedades métricas de los ítems se estudiaron sus distribuciones, discriminabili-

dad y consistencia interna. Se consideró que un ítem presenta efecto techo cuando el 90 % o más, de su distribución, se concentra en el valor más alto, y efecto suelo cuando se concentra en el valor más bajo. Se interpretó que un ítem es discriminativo cuando su diferencia de tendencia central entre los participantes con puntuaciones altas y bajas en la escala es significativa. Se definieron como puntuaciones altas a aquellas que fueron iguales o mayores que el percentil 75 ($\geq P_{75}$), y bajas aquellas que fueron iguales o menores que el percentil 25 ($\leq P_{25}$). La diferencia se contrastó por la U de Mann-Whitney, debido a la falta de normalidad en la distribución de los ítems. Se estipuló que un ítem muestra consistencia interna cuando su correlación con el resto de la escala es significativa y mayor o igual que 0.30, su comunalidad en la extracción (de un factor o dos factores) es al menos de 0.25, y su exclusión disminuye la consistencia interna de la escala. La correlación con el resto de la escala se calculó por el coeficiente de correlación poliseal (r_{PS}), usando el método de dos pasos para máxima verosimilitud. La consistencia interna de la escala se calculó por el coeficiente alfa ordinal (α ordinal) y el coeficiente omega de McDonald (ω). Se interpretó que valores de α ordinal y $\omega < 0.50$ evidencian una consistencia interna inaceptable, de 0.50 a 0.59 muy baja, de 0.60 a 0.69 baja, de 0.70 a 0.79 aceptable, de 0.80 a 0.89 alta y ≥ 0.90 muy alta (Yang y Green, 2010).

Para obtener la estructura factorial, se usó la matriz de correlaciones policóricas (r_{PC}) como datos de entrada. Estas se calcularon por el método de dos pasos para máxima verosimilitud. El número de factores se determinó por análisis paralelo de Horn (percentil 95 como criterio de intersección, datos generados por permutaciones con 500 muestras simuladas), coordenadas óptimas (incremento en el gradiente del autovalor con respecto al gradiente del anterior autovalor), la media mínima de la correlaciones parciales al cuadrado (MCP²) de Velicer y por el criterio de

Kaiser (autovalores mayores que uno) (Courtney, 2013). La extracción de factores se hizo por el método de residuos mínimos. Se rotó la matriz factorial por el método Promax, generando la hipótesis configuracional por el método Varimax.

Se calculó la varianza media extraída (VME) de cada factor, como la media aritmética de las cargas factoriales al cuadrado, desde la matriz estructural en el análisis factorial exploratorio (AFE), y desde la matriz de pesos de medida estandarizados en el análisis factorial confirmatorio (AFC). La varianza compartida se calculó como el cuadrado de la correlación de Pearson entre los dos factores ($r^2_{\xi_1, \xi_2}$). Una VME > 0.50 refleja validez convergente. Una $r^2_{\xi_1, \xi_2} < 0.5$ y $< VME_{\xi_1}$ y VME_{ξ_2} indica validez discriminante (Henseler y col., 2015). Se interpretó que valores de r_{pc} y $r < 0.30$ muestran correlaciones bajas, de 0.30 a 0.499 moderadas, de 0.50 a 0.699 altas, de 0.70 a 0.899 muy altas y ≥ 0.90 unitarias (Téllez y col., 2015).

Finalmente, se contrastó la invarianza del modelo de dos factores correlacionados por análisis factorial confirmatorio multigrupo. La función de discrepancia se minimizó por el método de mínimos cuadrados no ponderados (ULS, por sus siglas en inglés: unweighted least squares). La significación de los parámetros se contrastó por el método de muestreo repetitivo de percentiles corregidos de sesgo (PCS), extrayendo 2000 muestras aleatorias. El ajuste se valoró por medio de cuatro índices absolutos (chi-cuadrada relativa [χ^2/gl], índice de bondad de ajuste [GFI, por sus siglas en inglés: goodness of fit index] e índice ajustado [AGFI, por sus siglas en inglés: adjusted goodness of fit index] de Jöreskog y Sörbom y residuo estandarizado cuadrático medio [SRMR, por sus siglas en inglés: standardized root mean square residual] de Jöreskog) y seis índices relativos (índice normado de ajuste [NFI, por sus siglas en inglés: normed fit index]

y no normado [NNFI, por sus siglas en inglés: non-normed fit index] de Bentler y Bonett, índice comparativo de ajuste [CFI, por sus siglas en inglés: comparative fit index] de Bentler, índice relativo de ajuste [RFI, por sus siglas en inglés: relative fit index] por el coeficiente ρ_2 de Bollen, índice incremental de ajuste [IFI, por sus siglas en inglés: incremental fit index] por el coeficiente Δ_2 de Bollen, y error de aproximación cuadrático medio [RMSEA, por sus siglas en inglés: root mean square error of approximation] de Steiger y Lindt). Se estipuló como valores de buen ajuste: $\chi^2/gl \leq 2$, GFI, CFI, IFI NFI y NNFI ≥ 0.95 , RFI y AGFI ≥ 0.90 , SRMR ≤ 0.06 y RMSEA ≤ 0.05 ; y como valores de mal ajuste: $\chi^2/gl > 3$, GFI, CFI, IFI, NFI y NNFI < 0.90 , RFI y AGFI < 0.85 , SRMR > 0.10 y RMSEA > 0.08 (Byrne, 2016). La parsimonia se calculó por el coeficiente de James, Mulaik y Brett; un valor < 0.25 se interpretó como baja, de 0.25 a 0.499 media, de 0.50 a 0.749 alta y ≥ 0.75 muy alta. Se estimaron índices de ajuste ponderados por su correspondiente coeficiente de parsimonia (modelo nulo para GFI, e independiente para NFI y CFI); un valor de PGFI ≥ 0.50 y valores de NFI y CFI ≥ 0.60 se juzgaron parsimoniosos (Mulaik, 2005). La equivalencia de la bondad de ajuste entre los modelos se valoró por una diferencia (Δ) en los índices NFI, NNFI, IFI, RFI y CFI ≤ 0.01 , así como un cociente entre la diferencia de los estadísticos chi cuadrado y la diferencia de sus grados de libertad < 5 ($\Delta\chi^2/\Delta gl < 5$) (Byrne, 2016). Aparte, se hizo el contraste unigrupo en la MPG y MCO por el método ULS.

RESULTADOS

Distribución y consistencia interna de los ítems

El ítem 3, sobre el uso de la pasta dental durante el cepillado, mostró efecto techo en la MCO, fue el menos discriminativo y tuvo consistencia interna baja en las dos muestras ($r_{ps} < 0.30$ en MCO, aumento de la α ordinal con su eliminación en la dos muestras, y comunalidad < 0.20 , tanto con uno y dos

factores, salvo en el modelo de dos factores en la MPG). En ambas muestras, el ítem 1, sobre la frecuencia de no cepillado de dientes en todo el día, tuvo consistencia interna baja ($r_{PS} < 0.30$, aumento de la α ordinal con su eliminación, y comunalidad < 0.20 con uno y dos factores). Los ítems 2, 5 y 6 tuvieron comunalidades menores que 0.20 en el modelo de un factor en las dos muestras, y los ítems 2 y 6 también en el modelo de dos factores en la MCO (Tabla 1).

AFE y consistencia interna y validez convergente y discriminante de los factores

Los ítems 1 y 3 fueron eliminados al momento de explorar la estructura factorial por sus problemas de consistencia interna, aparte del problema de efecto techo en el ítem 3. En la MPG se produjo una convergencia del análisis paralelo de Horn, coordenadas óptimas, la MCP² de Velicer y el criterio de Kaiser en dos factores. En la MCO, la MCP² de Velicer y el criterio de Kaiser indicaron dos factores, pero el análisis paralelo de Horn y coordenadas óptimas solo uno.

Por la convergencia de criterios se extrajeron dos factores. En la MPG, el porcentaje de varianza total explicada fue del 54.2 %. Tras la rotación, el primer factor quedó configurado por cuatro indicadores (ítems 7, 8, 9 y 10), que correspondieron a las preguntas sobre el uso del hilo dental. La VME fue 0.737. Su consistencia interna fue muy alta ($\omega = 0.917$ y α ordinal = 0.911). El segundo factor quedó conformado por cuatro indicadores (ítems 2, 4, 5 y 6) que correspondieron a las preguntas sobre cepillado de dientes. La VME fue 0.313. Su consistencia interna fue baja ($\omega = 0.637$ y α ordinal = 0.628), pero subió ($\omega = 0.703$ y α ordinal = 0.693), al incluir como un quinto indicador al ítem 8, que presentó saturaciones altas en ambos factores. La correlación entre los dos factores fue alta ($r[256] = 0.596$, $P < 0.001$), siendo de 35.5 % la varianza compartida. Por tanto, el primer factor tuvo validez discriminante, pero no el segundo (Tabla 2).

En la MCO, el porcentaje de varianza total explicada fue del 59 % al extraerse los dos factores. La consistencia interna del primer factor de uso del hilo dental (ítems 7, 8, 9 y 10) fue muy alta ($\omega = 0.947$ y α ordinal = 0.944) y la VME fue 0.817. La consistencia interna del segundo factor de cepillado (ítems 2, 4, 5 y 6) fue baja ($\omega = 0.645$ y α ordinal = 0.633), pero subió a aceptable ($\omega = 0.742$ y α ordinal = 0.727), al incluir como un quinto indicador al ítem 8, que presentó saturaciones altas en ambos factores. La VME fue 0.329. La correlación entre los dos factores fue alta ($r [240] = 0.680$, $P < 0.001$), siendo de 46.2 % la varianza compartida. Por tanto, el primer factor posee validez discriminante, pero no el segundo (Tabla 2).

Al extraer un sólo factor en la MPG y en la MCO, las cargas factoriales de los ítems correspondientes al segundo factor del modelo bifactorial quedaron por debajo de 0.50 y sus comunalidades por debajo de 0.25, salvo la del ítem 4 en la MCO (Tabla 2). La consistencia interna de los ocho ítems fue alta en la MPG ($\omega = 0.833$ y α ordinal = 0.833) y en la MCO ($\omega = 0.870$ y α ordinal = 0.865). Esta se incrementó muy ligeramente con eliminación de los ítems 2, 5 y 6, que son indicadores del segundo factor en el modelo bifactorial. Aunado a lo anterior, indica la necesidad de extraer un segundo factor.

AFC y consistencia interna y validez convergente y discriminante de los factores

Se especificó un modelo de dos factores correlacionados sin cargas cruzadas y todos los residuos independientes. El factor de cepillado (ξ_1) con cuatro indicadores (ítems 2, 4, 5 y 6), y el de uso del hilo dental (ξ_2) también con cuatro (ítems 7, 8, 9 y 10). Las estimaciones por ULS, de todos los parámetros fueron, admisibles en la MCO y MPG en los cuatro modelos anidados. Todos los parámetros fueron significativos al calcularse sus errores estándar y realizarse el contraste por PCS. La correlación entre los dos factores fue alta en la MPG ($r_{\xi_1, \xi_2} = 0.649$,

■ Tabla 1. Distribución, discriminabilidad y consistencia interna de los ítems.

Table 1. Distribution, discriminability and internal consistency of the items.

Ítems	Porcentajes					Disc. ZU	Consistencia			
	0	1	2	3	4		Sin el ítem		Comunalidad	
							Γ_{PS}	α	1F	2F
MPG: Muestra de población general (α ordinal = 0.807)										
1	35.2	28.1	17.2	10.5	9.0	- 6.223***	- 0.138*	0.826	0.013	0.033
2	0.8	10.5	15.2	42.2	31.3	- 7.913***	0.443***	0.791	0.112	0.371
3	1.2	1.6	5.1	2.7	89.5	- 3.897***	0.362***	0.809	0.010	0.451
4	2.7	32.8	25.0	31.3	8.2	- 8.735***	0.519***	0.782	0.176	0.394
5	2.7	18.8	27.0	22.3	29.3	- 6.091***	0.280***	0.810	0.031	0.202
6	10.5	23.4	27.3	24.2	14.5	- 7.707***	0.453***	0.790	0.192	0.298
7	43.8	39.8	10.5	3.5	2.3	- 8.938***	0.682***	0.765	0.884	0.911
8	17.2	44.5	24.2	11.3	2.7	- 8.497***	0.587***	0.771	0.467	0.516
9	68.4	21.1	2.7	4.7	3.1	- 7.803***	0.628***	0.772	0.779	0.782
10	48.0	39.1	9.8	2.0	1.2	- 8.497***	0.637***	0.770	0.806	0.804
MCO: Muestra de población clínica odontológica (α ordinal = 0.829)										
1	33.8	29.6	21.3	7.1	8.3	- 5.905***	- 0.265***	0.837	0.053	0.075
2	2.1	6.3	23.3	48.8	19.6	- 7.468***	0.429***	0.819	0.160	0.185
3	0.4	0.8	4.6	1.3	92.9	- 2.411*	0.066	0.852	0.033	0.126
4	3.3	39.2	25.0	22.9	9.6	- 8.803***	0.586***	0.805	0.257	0.552
5	3.8	24.2	19.6	22.5	30.0	- 6.059***	0.384***	0.830	0.126	0.309
6	11.7	26.7	28.7	21.7	11.3	- 7.218***	0.350***	0.828	0.086	0.195
7	51.7	30.0	10.0	3.8	4.6	- 9.378***	0.744***	0.785	0.900	0.924
8	30.8	38.3	17.9	10.4	2.5	- 9.342***	0.706***	0.792	0.614	0.744
9	67.9	11.7	4.6	11.3	4.6	- 9.145***	0.727***	0.788	0.874	0.862
10	52.9	31.3	9.6	3.8	2.5	- 9.333***	0.739***	0.786	0.879	0.884

N = 496. Ítems: 1. ¿Con qué frecuencia le sucede que NO cepilla sus dientes en todo el día?, 2. ¿Usualmente con qué frecuencia cepilla sus dientes?, 3. ¿Utiliza pasta dental durante el cepillado?, 4. ¿Cuánta atención presta al cepillado?, 5. ¿Aproximadamente cuánto tiempo emplea cada vez que cepilla sus dientes?, 6. ¿Cada cuánto tiempo cambia su cepillo dental?, 7. ¿Utiliza usted hilo dental como parte de su higiene bucal?, 8. ¿Cuánta atención presta a la limpieza del espacio interdental?, 9. ¿Usualmente con qué frecuencia utiliza hilo dental al día?, y 10. ¿Con qué frecuencia usa el hilo dental tras el cepillado de dientes?; en negrilla se destacan los indicadores con valores que reflejan incumplimiento o debilidad en la propiedad evaluada; significación en un contraste bilateral: * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$ y *** $P \leq 0.001$.

IC 95 %: 0.526, 0.762, $P < 0.001$), pero muy alta en la MCO ($r^2_{\xi_1, \xi_2} = 0.718$, IC 95 %: 0.607, 0.810, $P < 0.001$) (Figuras 1 y 2). No obstante, hubo solapamiento en la estimación de cada parámetro, con un intervalo de confianza del 95 % entre la MPG y MCO en los cuatro modelos anidados, lo que se puede interpretar como equivalencia de parámetros. En el modelo sin constricciones, el factor de uso del hilo dental tuvo una VME mayor que 0.50 (VME = 0.850 en MPG, y 0.813 en MCO) y validez discriminante (VME > varianza compartida por los dos factores [$r^2_{\xi_1, \xi_2}$]), aparte de una consistencia interna muy alta (α ordinal = 0.911 y $\omega = 0.917$ en MPG, y α ordinal = 0.944 y $\omega = 0.947$ en MCO). En las dos muestras, el factor de cepillado tuvo una VME menor

que 0.50 (VME = 0.304 en MPG, y 0.323 en MCO), presentó una consistencia interna cuestionable (α ordinal = 0.628 y $\omega = 0.637$ en MPG, y α ordinal = 0.633 y $\omega = 0.645$ en MCO), y la varianza compartida con el otro factor fue mayor que su VME ($r^2_{\xi_1, \xi_2} = 0.421$ en MPG, y 0.516 en MCO), por lo que no satisfizo el criterio de validez discriminante (Figuras 1 y 2).

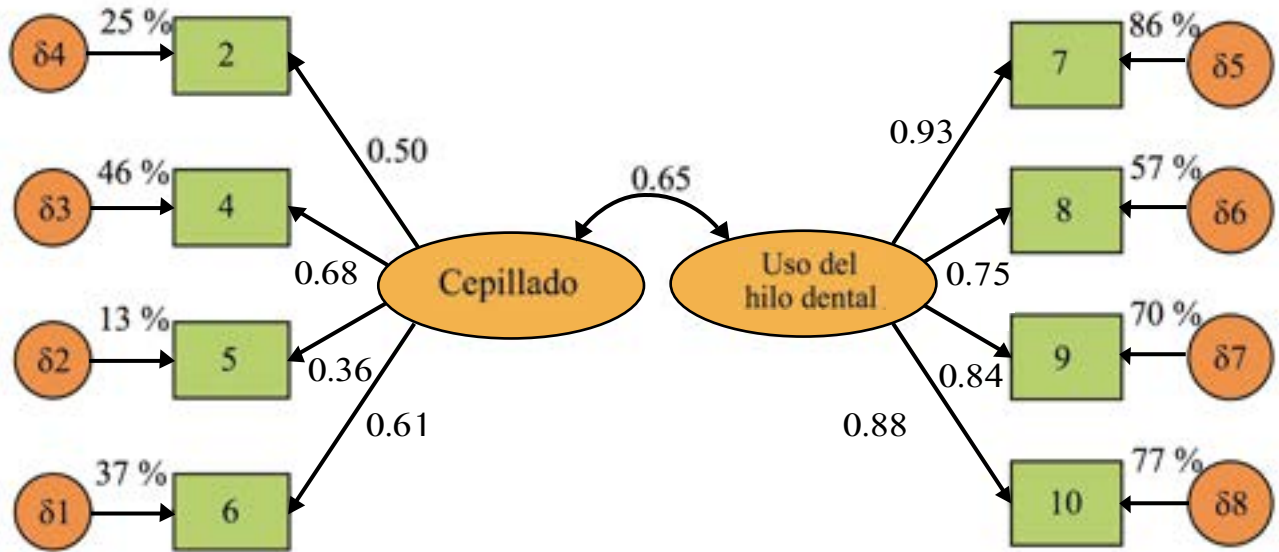
Todos los índices de ajuste fueron buenos en el modelo sin constricciones; también en el modelo con constricciones en los pesos de medida (PM), salvo dos con valores aceptables ($\chi^2/\text{gl} = 2.133$ y SRMR = 0.069). Entre estos dos modelos, las diferencias en los estadísticos NFI, IFI, RFI y NNFI fueron menores que 0.01 y el cociente entre la diferencia de los estadísticos chi-cuadrado y la

■ **Tabla 2. Matriz factorial del modelo de un factor y matriz estructural del modelo de dos factores.**
Table 2. Factor matrix of the one-factor model and structural matrix of the two-factor model.

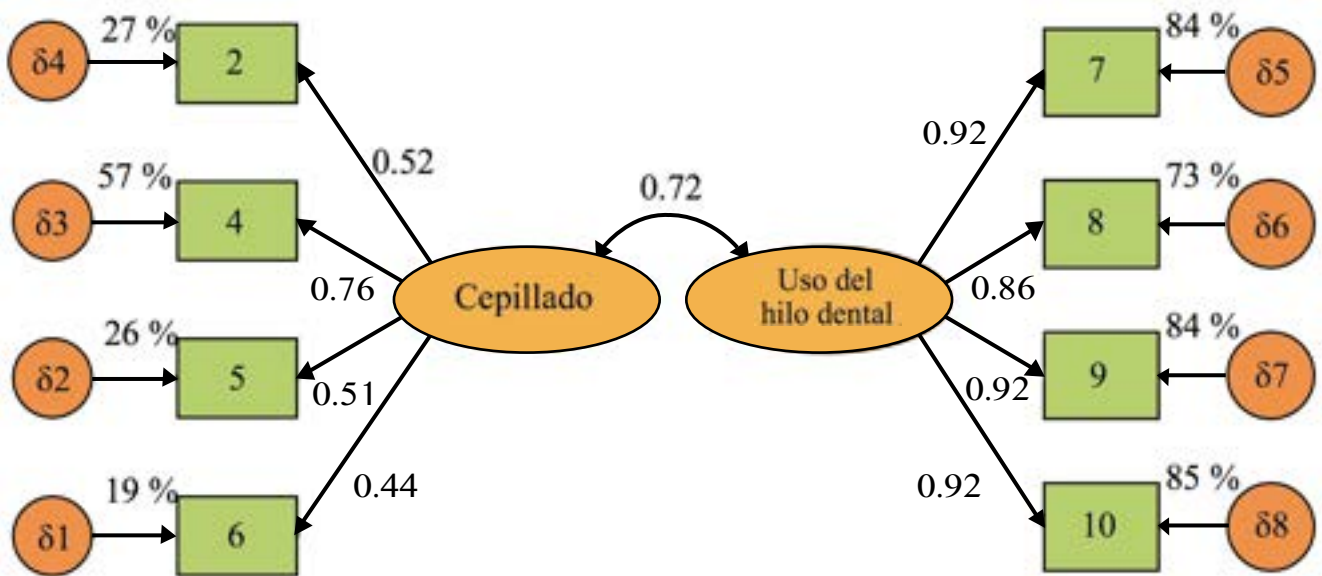
Ítems	MPG			MCO		
	Población general			Clínica		
	FG	F1	F2	FG	F1	F2
2	0.330	0.310	0.470	0.405	0.378	0.442
4	0.424	0.392	0.733	0.530	0.477	0.817
5	0.180	0.151	0.480	0.371	0.338	0.516
6	0.440	0.420	0.512	0.305	0.278	0.432
7	0.934	0.947	0.561	0.939	0.960	0.612
8	0.687	0.670	0.623	0.800	0.775	0.771
9	0.882	0.888	0.499	0.929	0.930	0.654
10	0.897	0.902	0.518	0.932	0.938	0.651
Núm. ítems	8	4	4	8	4	4
α ordinal	0.833	0.911	0.628 0.693*	0.865	0.944	0.633 0.727*
ω	0.833	0.917	0.637 0.703*	0.870	0.947	0.645 0.742*
VME	0.430	0.737	0.313	0.491	0.817	0.329

Método de extracción: Residuo mínimo. Rotación: Promax. FG = Factor general. Modelo de dos factores: F1 = uso del hilo dental y F2 = cepillado dental.

Num. ítems = número de ítems para el cálculo de la consistencia interna. En negrilla se señalan los ítems que configuran cada factor, al presentar sus cargas factoriales más altas en el factor. α ordinal = coeficiente alfa ordinal. ω = coeficiente omega de McDonald. *incluido el ítem 8 como un quinto indicador en el cálculo de la consistencia interna. VME = varianza media extraída.



■ Figura 1. Modelo de dos factores en la muestra de población general.
 Figure 1. Two-factor model in the general population sample.



■ Figura 2. Modelo de dos factores en la muestra clínica odontológica.
 Figure 2. Two-factor model in the dental clinic sample.

de los grados de libertad fue menor que 5 ($\Delta\chi^2/\Delta gl = 4.732$). En los modelos con constricciones en las varianzas-covarianzas y en los residuos de medida, hubo índices de mal ajuste ($\chi^2/gl > 3$ en ambos modelos, y SRMR > 0.10 en el modelo con constricciones en las varianzas-covarianzas) y aparecieron más índices con ajuste aceptable (NFI y NNFI < 0.95 y SRMR > 0.07). Estos dos últimos modelos presentaron un ajuste semejante entre sí, con diferencias en los estadísticos NFI, IFI, RFI y NNFI menores o iguales que 0.01, y un cociente entre la diferencia de los estadísticos chi-cuadrado y la de los grados de libertad menor que 5 ($\Delta\chi^2/\Delta gl = 4.091$). Además, este fue dife-

rencialmente peor, en comparación con los modelos con menos constricciones. Estos datos reflejan que el modelo es adecuado para ambas muestras, pero no estrictamente invariante. La diferencia se marca a nivel de varianzas-covarianzas. En la MCO, la correlación entre los dos factores fue mayor, la varianza del factor de cepillado menor, y la de uso del hilo dental mayor que en la MPG (Tabla 3). Al hacer el contraste unigrupo, todos los índices mostraron buen ajuste a los datos en las dos muestras. La parsimonia fue alta (RP = 0.679), además el índice GFI parsimonioso alcanzó un valor mayor que 0.50, y los índices NFI y CFI parsimoniosos fueron mayores que 0.60 (Tabla 3).

■ **Tabla 3. Índices de ajuste del modelo de dos factores sin carga cruzada.**
Table 3. Fit indexes of the two-factor model without cross-loadings.

Ítems	Ajuste		Unigrupo		Multigrupo			
	Interpretación		MCO	MPG	Modelos anidados en constricciones			
	Bueno	Malo			SC	PM	VC	RM
χ^2	> 2*gl	> 3*gl	35.392	30.063	65.456	93.846	207.325	240.052
gl			19	19	38	44	47	55
χ^2/gl	≤ 2	> 3	1.863	1.582	1.723	2.133	4.411	4.365
GFI	≥ 0.95	< 0.90	0.990	0.987	0.989	0.984	0.966	0.960
AGFI	≥ 0.90	< 0.85	0.982	0.976	0.979	0.975	0.947	0.948
PGFI	≥ 0.50		0.523	0.521	0.522	0.602	0.630	0.733
NFI	≥ 0.95	< 0.90	0.984	0.975	0.981	0.973	0.940	0.930
NNFI	≥ 0.95	< 0.90	0.989	0.986	0.988	0.981	0.943	0.944
CFI	≥ 0.95	< 0.90	0.993	0.991	0.992	0.985	0.953	0.945
RFI	≥ 0.90	< 0.85	0.977	0.963	0.972	0.965	0.928	0.929
IFI	≥ 0.95	< 0.90	0.993	0.991	0.992	0.985	0.953	0.945
SRMR	≤ 0.06	> 0.10	0.055	0.055	0.055	0.069	0.109	0.072
RP			0.679	0.679	0.679	0.786	0.839	0.982
PNFI	≥ 0.60		0.668	0.661	0.666	0.764	0.789	0.914
PCFI	≥ 0.60		0.674	0.673	0.673	0.774	0.799	0.928

Unigrupo: MCO = muestra clínica odontológica y MPG = muestra de población general. Multigrupo: SC = Sin constricciones, PM = con constricciones en los pesos de medida, VC = con constricciones en las varianzas-covarianzas y RM = con constricciones en los residuos de medida. Modelo independiente: Unigrupo: MCO ($\chi^2[28, N = 240] = 2240.974$) y MPG ($\chi^2[28, N = 256] = 1194.469$); Multigrupo ($\chi^2[56, N = 496] = 3435.595$).

Al especificar una carga cruzada en el ítem 8, desde los resultados del AFE, todos los parámetros fueron admisibles y significativos en los cuatro modelos anidados en la MCO y MPG. En el modelo sin constricciones, la correlación entre los dos factores fue alta en la MPG ($r_{\xi_1, \xi_2} = 0.578$, 95 % IC: 0.446, 0.698, $P < 0.001$) y en la MCO ($r_{\xi_1, \xi_2} = 0.649$, 95 % IC: 0.530, 0.751, $P < 0.001$), siendo en ambas menores que 0.70. Hubo solapamiento en la estimación de cada parámetro, con un intervalo de confianza del 95 % entre la MPG y MCO en los cuatro modelos anidados, salvo en el peso del factor de cepillado sobre el ítem 9 ($\lambda = 0.870$ [0.817, 0.911] en MPG, y 0.945 [0.918, 0.972] en MCO en el modelo sin constricciones). En las dos muestras, el factor de uso del hilo dental tuvo una VME mayor que 0.50 y mostró validez discriminante (VME = 0.680 > $r^2_{\xi_1, \xi_2} = 0.334$ en MPG, y VME = 0.674 > $r^2_{\xi_1, \xi_2} = 0.421$ en MCO), aparte de una consistencia interna muy alta (α ordinal = 0.911 y 0.907 en MPG, y 0.944 y 0.889 en MCO). En la MCO, la consistencia interna del factor de cepillado fue aceptable por el coeficiente α ordinal (> 0.70), pero cuestionable por el coeficiente ω de McDonald ($\omega = 0.674$). En la MPG, fue cuestionable por los dos índices (α ordinal = 0.693 y $\omega = 0.633$). Los valores de VME del factor de cepillado fueron menores que el criterio de validez convergente, esto es menores que 0.50, en las dos muestras, con valores ligeramente más bajos que sin la carga cruzada, y fueron menores que la correlación compartida entre los dos factores o criterio de validez discriminante (VME = 0.269 < $r^2_{\xi_1, \xi_2} = 0.334$ en MPG, y VME = 0.302 < $r^2_{\xi_1, \xi_2} = 0.421$ en MCO) (Figuras 3 y 4). En el modelo con más constricciones, cuyos parámetros son los mismos en ambas muestras, la VME del factor de cepillado fue menor que 0.50 (VME = 0.285) y que la varianza compartida entre los dos factores ($r^2 = 0.364$), por lo que su validez discriminante no quedó establecida dentro del modelo.

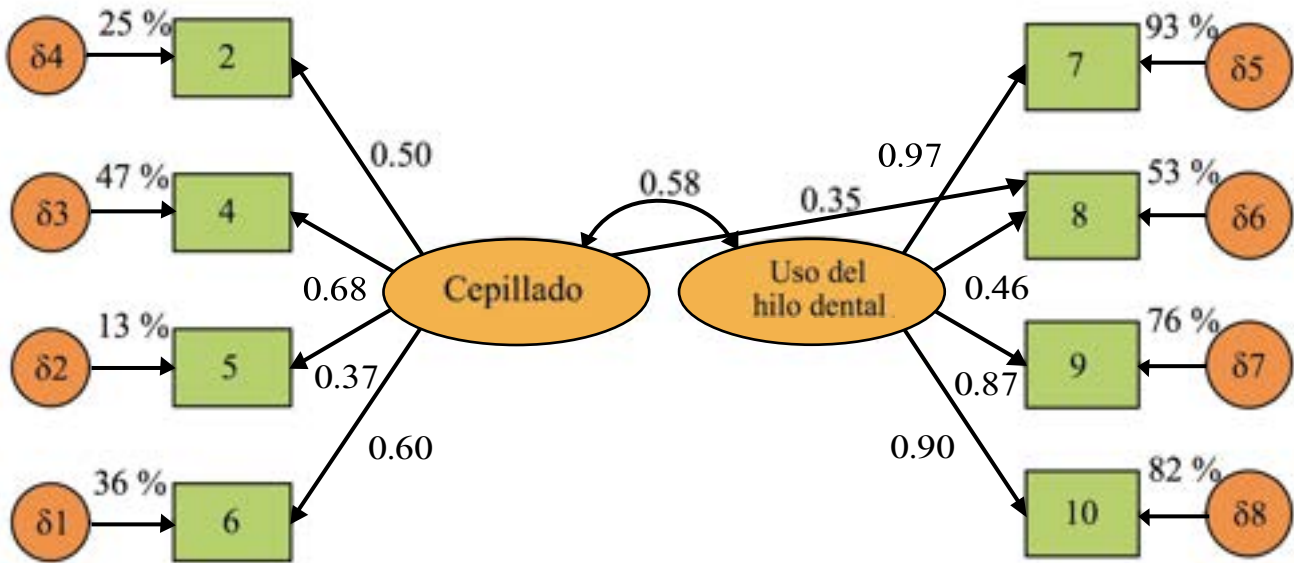
En los modelos sin constricciones y con constricciones en los pesos de medida, todos los

índices de ajuste fueron buenos, tuvieron una bondad de ajuste equivalente con base en los índices de ajuste relativos diferenciales (Δ NFI = 0.008, Δ NNFI = 0.008, Δ IFI = 0.006, Δ RFI = 0.009, Δ CFI = 0.006 y $\Delta\chi^2/\Delta$ gl = 4.134), y ésta fue mayor que en los modelos con constricciones en las varianzas-covarianzas y en los pesos de medida con base en los índices de ajuste relativos diferenciales. En estos dos últimos modelos el ajuste fue bueno por los índices GFI, AGFI, NNFI, RFI, IFI y CFI (> 0.95), y adecuado por NFI (> 0.90 y SRMR > 0.06), pero hubo dos índices de mal ajuste ($\chi^2/\text{gl} > 3$ en ambos modelos y SRMR > 0.10 en el modelo con constricciones en las varianzas o varianzas). La bondad de ajuste entre ambos modelos fue equivalente (Δ NFI = 0.009, Δ NNFI = 0, Δ IFI = 0.007, Δ RFI = 0.001, Δ CFI = 0.007 y $\Delta\chi^2/\Delta$ gl = 4.091). No se sostuvo la invarianza a nivel de varianzas y covarianzas de los factores y varianzas de los residuos, pero sí a nivel de pesos de medida, y en ambas muestras el modelo de dos factores tuvieron un ajuste aceptable (Tabla 4).

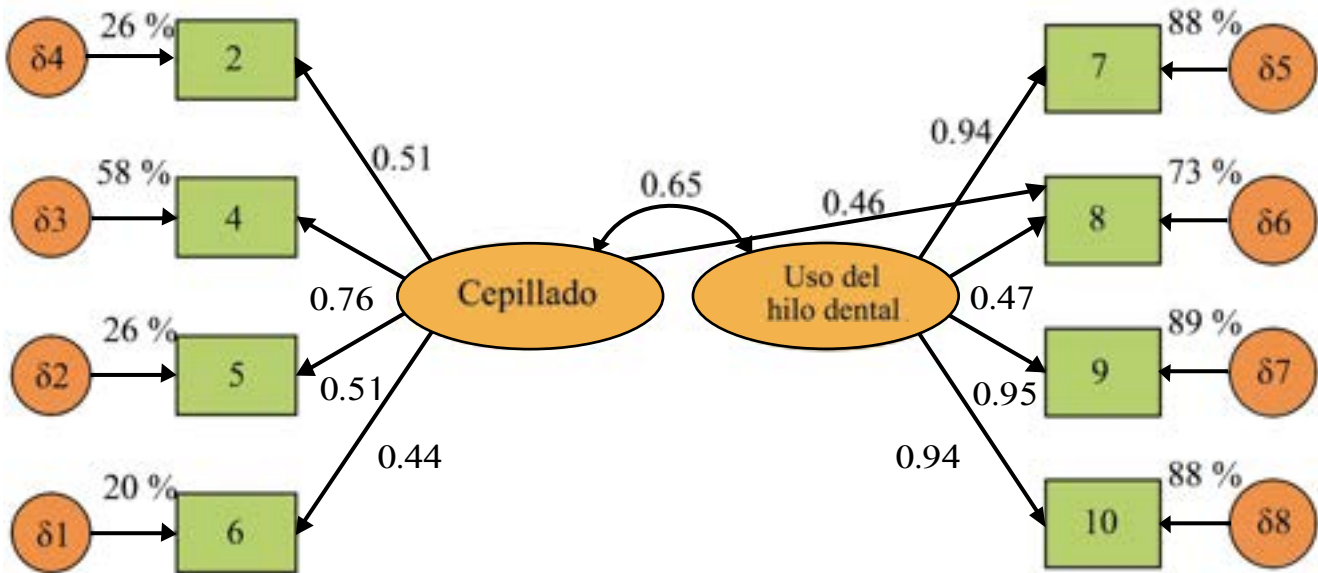
Al hacer el contraste unigrupo, la bondad de ajuste se mantuvo por todos los índices de ajuste. La chi-cuadrada bajó de 1 en la MCO, pudiendo reflejar excesiva parametrización ($\chi^2/\text{gl} = 0.970$). La parsimonia descendió ligeramente, siendo alta (RP = 0.643). En las dos muestras, los índices NFI y CFI parsimoniosos fueron mayores que 0.60, pero los índices GFI parsimoniosos descendieron de 0.50 (PGFI = 0.496 en MPG, y 0.498 en MCO) (Tabla 4).

DISCUSIÓN

Al estudiarse las propiedades métricas, se hallaron problemas importantes de consistencia interna en dos de los diez ítems. En el ítem 1, sobre la frecuencia de no cepillado de dientes en todo el día, se observó una distribución bastante uniforme a lo largo de sus cinco categorías ordenadas de respuesta; pero esta distribución fue mucho menos uniforme en el resto. En el ítem 3, de uso de la pasta dental durante el cepillado



■ Figura 3. Modelo de dos factores con una carga cruzada en la muestra de población general.
 Figure 3. Two-factor model with a cross-loading in the general population sample.



■ Figura 4. Modelo de dos factores con una carga cruzada en la muestra clínica odontológica.
 Figure 4. Two-factor model with a cross-loading in the dental clinic sample.

se presentó efecto techo (caso opuesto al ítem 1), al ser esta una situación muy frecuente. El uso de pasta dental es común tanto en personas con malos como con buenos hábitos de higiene bucal, y no lavarse los dientes en todo el día tampoco permite caracterizar bien al grupo de personas con malos hábitos, por lo que se optó por eliminarlos. Debe señalarse que se esperaba que el ítem 1 pudiera presentar las propiedades más débiles, al ser el único redactado en sentido inverso al constructo de higiene bucal, por lo que se ubicó al principio de la escala, y se redactaron muy claras sus opciones de respuesta (nunca, me ha sucedido una o dos veces, varias veces, al menos

una vez al mes, al menos una vez a la semana) (Rodríguez y Moral, 2016). Su falta de homogeneidad con el resto de los ítems no puede atribuirse a lo inusual de la situación, por el contrario, resultó la situación de mala higiene más usual en ambas muestras. Tal vez su ubicación como primer ítem de la escala no logró su cometido de evitar equívocos en la interpretación semántica. Otro motivo de su falta de homogeneidad, puede ser que el hecho de dejarse de lavar los dientes en todo el día responde a situaciones forzosas e imprevistas, que sufren tanto personas con buenos como con malos hábitos, como viajes, trabajos con tiempo límite, enfermedad personal o de familia-

■ **Tabla 4. Índices de ajuste del modelo de dos factores con una carga cruzada para el ítem 8.**
Table 4. Fit indexes of the two-factor model with a cross-loading for item 8.

Ítems	Ajuste		Unigrupo		Multigrupo			
	Interpretación		MCO	MPG	Modelos anidados en constricciones			
	Bueno	Malo			SC	PM	VC	RM
χ^2	> 2*gl	> 3*gl	17.463	18.482	35.945	64.882	177.919	2100.647
gl			18	18	36	43	46	54
χ^2/gl	≤ 2	> 3	0.970	1.027	0.998	1.509	3.868	3.901
GFI	≥ 0.95	< 0.90	0.995	0.992	0.994	0.989	0.971	0.965
AGFI	≥ 0.90	< 0.85	0.990	0.984	0.988	0.982	0.954	0.953
PGFI	≥ 0.50		0.498	0.496	0.497	0.591	0.620	0.724
NFI	≥ 0.95	< 0.90	0.992	0.985	0.990	0.981	0.948	0.939
NNFI	≥ 0.95	< 0.90	1	0.999	1	0.992	0.952	0.952
CFI	≥ 0.95	< 0.90	1	1	1	0.994	0.961	0.954
RFI	≥ 0.90	< 0.85	0.988	0.976	0.984	0.975	0.937	0.936
IFI	≥ 0.95	< 0.90	1	1	1	0.994	0.961	0.954
SRMR	≤ 0.06	> 0.10	0.041	0.040	0.040	0.059	0.103	0.061
RP			0.643	0.643	0.643	0.768	0.821	0.964
PNFI	≥ 0.60		0.638	0.633	0.636	0.753	0.779	0.905
PCFI	≥ 0.60		0.643	0.643	0.643	0.763	0.789	0.919

Unigrupo: MCO = muestra clínica odontológica y MPG = muestra de población general. Multigrupo: SC = Sin constricciones, PM = con constricciones en los pesos de medida, VC = con constricciones en las varianzas-covarianzas y RM = con constricciones en los residuos de medida. Modelo independiente: Unigrupo: T ($\chi^2[28, N = 496] = 3\ 306.260$, C ($\chi^2[28, N = 240] = 2\ 240.974$ y PG ($\chi^2[28, N = 256] = 1194.469$); Multigrupo ($\chi^2[56, N = 496] = 3\ 435.595$).

res, entre otros. Se requeriría una mayor indagación para dilucidar la raíz del problema de falta de homogeneidad de este ítem.

Al explorar la estructura factorial de los ítems seleccionados, se encontraron los dos factores esperados de cepillado y uso del hilo dental. La convergencia de los criterios de determinación del número de factores fue en dos, lo que confirma la expectativa. Además, la necesidad de un modelo bifactorial, para explicar la covarianza subyacente, viene apoyada por los problemas de cargas bajas de los ítems correspondientes al factor de cepillado en el factor general (factor único), así como por la leve mejoría de la consistencia interna con la eliminación de los mismos.

En relación con el factor de uso del hilo dental, este mostró una consistencia interna muy alta y tuvo validez discriminante. El factor de cepillado fue más heterogéneo en el comportamiento de sus ítems, tuvo menor proporción de varianza propia y mayor proporción de varianza no explicada o compartida que el factor de uso del hilo dental. Su consistencia interna fue débil, pero con la inclusión de un ítem con carga cruzada, el ítem 8, pasó a ser aceptable. Este ítem, sobre la atención prestada a la limpieza del espacio interdental, parece estar recibiendo una doble lectura. Por una parte, en relación con el uso del hilo dental, pero también con un adecuado cepillado, lo que motiva que tenga esa carga cruzada en los dos factores. Se podría hacer más clara su redacción como indicador del factor de uso del hilo dental: ¿cuánta atención presta a la limpieza del espacio interdental con el uso del hilo dental?. Asimismo, se podría añadir un ítem para el factor de cepillado a colación de esta ambigüedad: ¿cuánta atención presta a la limpieza del espacio entre los dientes al usar el cepillo dental?. No obstante, el cepillo dental no es adecuado para este fin, y por este motivo no es recomendado para la limpieza interdental

(Wilder y Bray, 2016), por lo que sería un ítem inadecuado que probablemente funcione mal en la escala.

Al contrastar la invarianza del modelo factorial entre la MPG y MCO, se especificaron dos modelos: el de dos factores correlacionados (con cuatro indicadores cada uno), con residuos independientes y sin cargas cruzadas, y el modelo con el ítem 8 con carga cruzada. En ambos modelos, las propiedades de invarianza fueron buenas. Todos los parámetros fueron significativos y equivalentes entre MPG y MCO, salvo el peso del factor de cepillado sobre el ítem 8, que fue mayor en MCO que en MPG, dentro del modelo con la carga cruzada. Los modelos sin constricciones y con constricciones en los pesos de medida tuvieron un buen ajuste y éste fue equivalente entre ambos; pero el ajuste de ambos modelos fue mejor que el de los otros dos modelos anidados, siendo el ajuste de estos dos últimos (que son más restrictivos) equivalente entre sí, por lo que no se observa una clara ventaja de añadir la carga cruzada del ítem 8.

El modelo sin carga cruzada mostró bondad de ajuste en los contrastes unigrupo, adecuadas propiedades de invarianza entre MPG y MCO, resultó el más parsimonioso y sin señales de sobreparametrización ($\chi^2/df < 1$), tuvo buenas propiedades de consistencia interna y validez discriminante en el factor de uso del hilo dental, contó con la mayor VME en el factor de cepillado y presentó todos los parámetros equivalentes entre MPG y MCO. Aunado a que no se observó una mejoría sustantiva de la consistencia interna del factor de cepillado con el ítem 8 (carga cruzada), al ser estimada por el coeficiente ω de McDonald en el AFC. Todos estos argumentos conducen a afirmar que es mejor opción que el modelo con la carga cruzada. Si en un futuro se modifica la redacción del ítem 8, haciéndolo más específico (por ejemplo, cuánta atención presta a la limpieza del espacio interdental con el

uso del hilo dental), contemplar su carga cruzada no va a conllevar ninguna mejoría en la consistencia interna del factor de cepillado, ni ninguna mejoría en la bondad de ajuste.

Como limitación del estudio, debe señalarse el uso de una muestra no probabilística. Como fortaleza puede mencionarse la realización de los análisis de forma independiente en cada muestra, sin agruparlas en una total, al corresponder éstas a poblaciones distintas. Asimismo, se tiene el hecho de contar con más de 20 casos por cada ítem (análisis factorial exploratorio) o parámetro a estimar (análisis factorial confirmatorio). También cabe destacar el uso de técnicas de análisis adecuadas para variables ordinales, como r_{PC} , ULS, PCS y coeficiente alfa ordinal, así como métodos rigurosos para determinar el número de factores.

En futuras investigaciones se sugiere aplicar el ítem 8 con una redacción más específica al factor de uso de hilo dental; comprobar el modelo de dos factores sin cargas cruzadas; describir la distribución de la EHBB y sus dos factores, usando un muestreo probabilístico; estudiar la estabilidad temporal y aportar más evidencias de validez, por ejemplo, a través de la validación cruzada entre ambos sexos o a través de la validez concurrente con el índice de placa bacteriana medido por el Índice de Higiene Oral Simplificado (Sabounchi y col., 2016).

CONCLUSIONES

La Escala de Hábitos de Higiene Bucal (EHBB) mostró ser adecuada para diagnosticar los hábitos de higiene bucal en el sector salud, al analizar dos factores determinantes: el uso del cepillado dental y el uso del hilo dental. Sin embargo, la consistencia interna mejoró significativamente al eliminar el ítem 1, sobre frecuencia del cepillado dental, y el ítem 3, sobre el uso de pasta dental durante el cepillado. El ítem 8, sobre la atención prestada a la limpieza del espacio interdental, parece presentar una doble interpretación, que lo hace saturar en los dos factores. El cuidado de la limpieza interdental se puede entender desde el uso del hilo dental y desde el uso del cepillo dental. El primer factor tuvo una consistencia interna alta, validez convergente y discriminante. El segundo obtuvo una consistencia interna cuestionable que mejoró a aceptable al incluirse el ítem 8. El modelo de dos factores tuvo propiedades de invarianza aceptables y buen ajuste en cada muestra, incluyendo o no la carga cruzada del ítem 8. La EHBB reducida a ocho ítems, puede aplicarse en población abierta y población clínica odontológica, analizando tanto la puntuación total (suma de los 8 ítems), como puntuaciones para cada uno de los dos factores y se puede añadir el ítem 8, del factor de uso del hilo dental, a la suma de los 4 ítems que definen el factor de cepillado.

REFERENCIAS

American Dental Association (2017). Mouth healthy: brushing your teeth. [En línea]. Disponible en: <http://www.mouthhealthy.org/en/az-topics/b/brushing-your-teeth>. Fecha de consulta: 7 de enero de 2017.

Byrne, B. M. (2016). *Structural equation modeling with Amos: Basic concepts, applications, and programming* (Tercera edición.). New York, NY: Routledge. 437 Pp.

Campo-Arias, A., Herazo, E. y Oviedo, H. E. (2012).

Análisis de factores: fundamentos para la evaluación de instrumentos de medición en salud mental. *Revista colombiana de psiquiatría*. 41(3): 659-671.

Courtney, M. G. R. (2013). Determining the number of factors to retain in EFA: using the SPSS R-Menu v2.0 to make more judicious estimations. *Practical Assessment, Research & Evaluation*. 18(8): 1-14.

Escobar, J. y Cuervo, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a

su utilización. *Avances en Medición*. 6(1):27-36.

Henseler, J., Ringle, C. M., and Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academic Marketing Science*. 43(1):115-135.

Luján, J. A. y Cardona, J. A. (2015). Construcción y validación de escalas de medición en salud: revisión de propiedades psicométricas. *Archivos de Medicina*. 11(3): 1-10.

Méndez, C. y Rondón, M. A. (2012). Introducción al análisis factorial exploratorio. *Revista colombiana de psiquiatría*. 41(1): 197-207.

Mulaik, S. A. (2005). Parsimony/Occham's razor. *Encyclopedia of statistics in behavioral science*. 2: 869-875.

Rodríguez, N. I. and Moral, J. (2016). Design and content validation of the Oral Hygiene Habits Scale. *Journal of Oral Research*. 5(4):159-167.

Sabounchi, S. S., Torkzaban, P., Sabounchi, S. S., and Ahmadi, R. R. (2016). Association of oral health behavior-related factors with periodontal health and oral hygiene. *Avicenna Journal of Dental Research*. 8(2): e29827.

Secretaría de Salud (2014). Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, en *Diario Oficial de la Federación*. [En línea]. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf. Fecha de consulta: 7 de enero de 2017.

Sociedad Mexicana de Psicología (2007). *Código ético del psicólogo* (Cuarta edición). México: Trillas. 118 Pp.

Téllez, A., García, C. H., and Corral-Verdugo, V. (2015). Effect size, confidence intervals and statistical power in psychological research. *Psychology in Russia: State of the Art*. 8(3):27-46.

Vano, M., Gennai, S., Karapetsa, D., Miceli, M., Giuca, M. R., Gabriele, M., and Graziani, F. (2014). The influence of educational level and oral hygiene behaviours on DMFT index and CPITN index in an adult Italian population: an epidemiological study. *International Journal of Dental Hygiene*. 13(2):151-157.

Wilder, R. S. and Bray, K. S. (2016). Improving periodontal outcomes: merging clinical and beha-

vioral science. *Periodontology 2000*. 71(1): 65-81.

Yang, Y. and Green, S. B. (2010). A note on structural equation modeling estimates of reliability. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*. 17(1):66-81.



Tomado de: <https://www.google.es/maps/@34.5940904,-2.8360527,2170439m/data=!3m1!1e3>

La posición geopolítica marroquí como frontera vertical de la Unión Europea

The Moroccan geopolitical position as the vertical border of the European Union

Rosa María Soriano-Miras

Universidad de Granada, Facultad de Ciencias Políticas y Sociología, Departamento de Sociología, calle Rector López Argüeta núm. 4, Granada, España, C.P. 18071.

Correspondencia:
rsoriano@ugr.es

Fecha de recepción:
12 de septiembre de 2016

Fecha de aceptación:
9 de diciembre de 2016

RESUMEN

El siglo XXI está siendo protagonista de un cierre fronterizo sin precedentes a la libre circulación de personas, pero no de mercancías, bienes o capital, promovido por los países del norte, y en connivencia con los dirigentes de los países del sur, generando una grave fractura social. El objetivo del presente artículo fue analizar de qué manera la Unión Europea (UE), está favoreciendo la emergencia de una frontera que cruza verticalmente Marruecos (entre otros países), imposibilitando a lo largo de su territorio la llegada a la UE, no sólo de su población, sino también la procedente del resto de África. Se analizaron diferentes fuentes secundarias, producidas por organismos internacionales como la Agencia Europea de la Guardia de Fronte-

ras y Costas, la Comisión Europea, Amnistía Internacional y Médicos Sin Fronteras. La externalización de la frontera de la UE, en el plano político, junto a la deslocalización, en el plano económico, de empresas europeas en algunos países del sur de Europa, como Marruecos, está consolidando la existencia de nuevos espacios que configuran lo que se denomina frontera vertical, donde emergen nuevos escenarios socioeconómicos y simbólicos.

PALABRAS CLAVE: migración internacional, política de securitización, fronteras verticales, Marruecos, Unión Europea.

ABSTRACT

The XXI century has been witnessing an unprecedented border closure to the free movement of persons, rather than

that of products, goods or capital. This has been promoted by northern countries in collusion with leaders of southern countries, creating a serious social fracture. The aim of this paper was to analyze how the European Union (EU) is favoring the emergence of a border that crosses Morocco, among other countries, vertically, preventing the arrival of African migrants to the EU. Different secondary sources produced by different international organizations such as the European Border and Coast Guard Agency, the European Commission, Amnesty International, Doctors Without Borders and others were analyzed. The findings suggest that the outsourcing of the EU border, at the political level, together with the economic relocation of European companies in some southern countries such as Morocco, is consolidating the existence of new spaces which configure what has been termed the vertical border, where new socioeconomic and symbolic scenarios emerge.

KEYWORDS: international migration, securitization policy, vertical border, Morocco, European Union.

INTRODUCCIÓN

En este siglo, la gobernanza de la Unión Europea (UE) está protagonizando un cierre fronterizo sin precedentes, en lo que a tránsito de sujetos se refiere (Amin, 2013). Paradójicamente, no sucede lo mismo con el tránsito de mercancías, bienes y capitales, donde nunca se había producido con tanta inmediatez la libre circulación de estos recursos a nivel planetario (Mével y col., 2016). Esta práctica se realiza bajo el argumento de que, en atención al mandato de la ciudadanía, se debe gobernar asegurando que la vida cotidiana se produzca en condiciones de seguridad jurídica, económica y personal (Long, 2013).

En el caso de la UE, dicha realidad además se encuentra asociada, desde 2011, a la Primavera Árabe (Long, 2013), ya que los pro-

cesos políticos iniciados en estos países (con orígenes y resultados diferentes), han tenido, entre otras consecuencias, un incremento en la movilidad hacia la UE en lo que se denomina flujos mixtos (Scheel y Ratfish, 2014). Esto debido a que la guerra de Libia dejó sin regulación estatal un amplio territorio de paso migratorio, donde se encuentran refugiados de la guerra de Siria y de países de África oriental (Sudán, Eritrea y Somalia), e inmigrantes de África occidental (Costa de Marfil, Ghana, Togo, Benín, Nigeria y Camerún); en tanto que en la frontera marítima en el mar Egeo, en Turquía, se concentra la salida de refugiados hacia la UE (sirios, afganos y eritreos), como consecuencia del cierre fronterizo terrestre.

El objetivo de este artículo fue determinar cómo el discurso de securitización de la Unión Europea, y la promoción de la Inversión Extranjera Directa (IED) que realiza Marruecos (favorecida por el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial), junto a otros países del centro de África y los países del Medio Oriente y Norte de África (MENA), han provocado la emergencia de una frontera vertical, que se extiende desde la Unión Europea hacia el sur de África. Este trabajo se enmarca en el proyecto “reconstruir el campo de las regiones no fronterizas en la relocalización industrial y la migración” (CSO 2013-140646-P) del plan nacional de investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

Rutas migratorias y fronteras verticales

Para entender mejor la problemática de la región; se analizaron diferentes estadísticas e informes realizados por organismos internacionales, tales como la Agencia Europea de la Guardia de Fronteras y Costas (FRONTEX), Organización Internacional para las Migraciones (OIM), el Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR), Amnistía Internacional (AI), la Oficina del Alto Comisionado de Naciones Unidas para los Derechos Humanos (OACDH), Women’s Link y Médicos Sin Fronteras.

Según la OIM (2013), alrededor del 40 % del total de los migrantes, se desplaza de los países del sur hacia los países del norte, generando flujos migratorios a través de rutas muy consolidadas bajo la paradoja de que el número de salidas de los países del sur es menor al número de entradas en los países del norte. Este fenómeno constata que el control migratorio ha dejado de hacerse exclusivamente en los puntos de cruce fronterizos, extendiéndose la vigilancia a través de las rutas migratorias (Finotelli y Sciortino, 2013), penetrando verticalmente los territorios nacionales y dando origen al concepto de fronteras verticales, las cuales ocasionan que un gran número de población quede atrapada en el camino, haciendo coincidir ruta y frontera. En este trabajo, la frontera vertical hace referencia tanto al aparato de control migratorio que los Estados desarrollan a lo largo de su territorio a través de operativos, retenes y detenciones, como la practicada por aquellos grupos que establecen una relación de dependencia con los migrantes, no sólo económica y laboral, sino también corporal.

Las fronteras verticales dificultan la distinción entre países de destino, origen y tránsito (Czaika y Haas, 2014). Los proyectos migratorios iniciados en origen se quedan en muchas ocasiones a medio camino, atrapados en nichos laborales precarios, generados por empresas transnacionales procedentes del norte global, que relocalizan su producción (Orefice, 2014; Podrecca y Rossini, 2015), permitiendo consolidar centros urbanos de migración en el sur global (Trinidad y col., 2015).

En África, tradicionalmente han coexistido tres rutas migratorias que atraviesan el Sahara (Figura 1). La primera es la Atlántica, que es la más antigua y que parte de Senegal a Marruecos por la costa del Océano Atlántico. La segunda es la Central, con Tombuctú y Gao, en Malí, como puntos de partida; es la ruta que centralizó el comercio transahariano de oro, sal y cobre, desde Agadez (Níger) hacia el norte, y que se ramifica en dos: una lleva a Marruecos y Túnez, atravesando Argelia; y la otra se dirige hacia el norte a través de Libia, con destino a Trípoli (Libia) y luego a las islas de Lampedusa o Malta, en el Mediterráneo.



■ Figura 1. Principales rutas migratorias que atraviesan el Sahara. Las coordenadas se indican en unidades UTM.

Figure 1. Main migratory routes that cross the Sahara. Coordinates are indicated in UTM units.

La tercera ruta es la Oriental, la cual, conecta Somalia con Libia, pasando por Jartum (Sudán), que también conecta con Oriente Medio, pasando por El Cairo (Egipto), con destino a los países petroleros (Nin y Shmite, 2016: 344-345).

Existe una acción contradictoria en las rutas migratorias. Por un lado, se busca consolidar las vías de comunicación terrestres para facilitar la movilidad de bienes y capitales, pero al mismo tiempo, se establecen mecanismos para limitar la movilidad humana, a través de diferentes sistemas de vigilancia y retenes migratorios (fronteras verticales), como consecuencia del cierre fronterizo practicado por la política de securitización de la UE. Esto da origen a nuevos espacios glocalizados, donde habitan y transitan los sujetos que quedan atrapados a lo largo de un vasto territorio que puede atravesar más de un país (Figura 2). También se identifican lugares donde se concentran los refugiados en la UE junto con Serbia, Bosnia, Macedonia, Turquía y Siria, que permite visualizar la emergencia de la frontera vertical analizada. En todos estos espacios se

construyen realidades socioeconómicas, donde se externalizan, se objetivizan y se internalizan nuevos hábitos y significados en el plano simbólico-cultural, consecuencia directa de la acción de los diferentes agentes político institucionales.

Por todo ello, las fronteras verticales emergentes son fronteras reales en el plano de la vida cotidiana de los sujetos que habitan dichos espacios, así como fronteras subjetivas construidas por el discurso de securitización. Estas fronteras se presentan lo mismo en África, Medio Oriente y la UE (Thayer, 2016), que a lo largo de Centroamérica, México y Estados Unidos (Rodríguez, 2012; Anguiano y Trejo-Peña, 2013), y dan origen en ambos casos a otras fronteras verticales no oficiales, asociadas con la presencia y actividad de bandas locales que asaltan a los migrantes y redes de tráfico de personas que tienen como fin la explotación económica, laboral y corporal de la persona migrante (Hernández, 2015; Andrade-Rubio, 2016). Todo ello resulta un claro indicador de la multidimensionalidad de la frontera vertical.



■ **Figura 2. Localización geográfica de los refugiados en la UE, Serbia, Bosnia, Macedonia, Turquía y Siria.**
 Figure 2. Geographic location of refugees in the UE, Serbia, Bosnia, Macedonia, Turkey and Syria.

Las consecuencias de la securitización como eje de la política migratoria de la UE

El término securitización hace referencia al proceso de construcción social que lleva la política a la esfera de la seguridad, “por medio de una retórica del peligro, pre-ordenada a justificar la adopción de medidas especiales, que exceden el marco jurídico y los procedimientos ordinarios de decisión política” (Campesi, 2012: 5). Esta práctica que comenzó, entre otros convenios multilaterales y tratados, con el acuerdo Schengen en 1990 (Unión Europea, 2015), y continuó con el programa de Estocolmo (entre 2009 y 2014), sucesor de los programas plurianuales de Tampere en 1999 y La Haya en 2004, y que en la actualidad sigue presente a través de la Agenda Europea de la Migración (2015), está teniendo consecuencias directas en el plano político y económico del norte y el sur global, al consolidar una frontera vertical entre África, los países MENA y la UE, basada en la política de seguridad de la UE (Süleymanoğlu, 2015; Geddes y Taylor, 2016). De igual modo, está afectando los Derechos Humanos (DD. HH.) de muchos ciudadanos que salen de estas regiones con el fin de llegar a la UE, y que asisten al cierre fronterizo de dicho espacio (Suárez-Navaz, 2015). El último informe sobre tendencias actuales de ACNUR (2015), señala que al finalizar el año 2015, el número total de refugiados bajo su mandato

era de 16.1 millones, arrojando la cifra más elevada de los últimos 20 años y aproximadamente 1.7 millones más que en 2014.

Al analizar la inmigración irregular en las fronteras exteriores de la UE, haciendo uso de los indicadores que FRONTEX utiliza para medir la misma, se observa que, si bien la estancia irregular en Europa era mucho más numerosa que la entrada irregular hasta 2015, en ese año se invierte la tendencia, tal y como se visualiza en la Tabla 1. Es decir, hasta 2015, la situación irregular se producía principalmente por prolongar una estancia que comenzaba siendo regular, pero desde entonces, la llamada crisis de los refugiados (Karageorgiou, 2016) ha entrado en escena, rompiendo esta tendencia. No obstante, en el 2016 ha vuelto a disminuir de manera pronunciada esta cifra, igualándose el número de entradas irregulares con el número de estancias irregulares. Lo que sí aparece como tendencia nueva en 2016, es que el número de denegaciones de entrada casi se ha duplicado con respecto el año anterior.

La guerra de Siria parece ser el detonante del cambio de tendencia (Meininghaus, 2016), pero esta comenzó hace algo más de cinco años, ¿qué ha sucedido en 2015 para que se hayan incrementado las entradas irregulares en más de un millón y medio de personas, sin contar

■ **Tabla 1. Indicadores de FRONTEX de entrada/estancia irregular en la Unión Europea.**

Table 1. FRONTEX indicators input/irregular stay in the European Union.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Entrada irregular (punto cruce fronterizo)	159 881	104 895	104 302	141 333	73 036	107 964	282 962	1 822 337	511 371
Acción de los facilitadores	9 884	9 171	8 629	6 957	7 720	6 902	10 234	12 023	12 568
Estancia irregular	441 237	412 125	353 077	350 948	344 928	344 888	424 967	699 374	491 891
Denegaciones de entrada	121 294	113 029	108 651	118 277	116 202	128 092	114 887	118 495	206 656
Uso documentos fraudulentos	-	-	-	5 289	7 882	9 804	9 421	8 373	7 044

Fuente: Modificado a partir de datos proporcionados por el Frontex (2012; 2017).

con las vidas que se han perdido en el Mediterráneo? La respuesta parece clara, la política de securitización del control fronterizo practicada por la UE tiene bastantes fisuras, a pesar de la violación sistemática de los DD. HH. que se practica contra migrantes y refugiados, y que no tiene en cuenta la realidad en que vive esta población.

Aunque existe un derecho legítimo a la protección a través del asilo, el reglamento de la UE sólo garantiza su aplicación y tramitación (si procede) una vez se ha llegado a territorio de la UE, lo que está teniendo efectos devastadores (Tazzioli, 2015; Cox y Zorouli, 2016). El proyecto *Migrant File* (2015), impulsado por varios periodistas europeos, con el propósito de medir cuántas personas han fallecido en su intento de alcanzar la UE, informa que desde el año 2000 han muerto más de 30 000 personas en el Mediterráneo; 4 000 en 2014, 3 770 en 2015 según la OIM, y 3 100 en los primeros 6 meses de 2016 de acuerdo a Naciones Unidas (NN. UU.). El 10 de agosto de 2016 la OIM (2016), confirmaba que 275 985 personas habían llegado a Europa por tierra y mar desde que comenzó el año. Sin embargo no todos los que llegan a la UE consiguen llegar a su destino final. Sirva de muestra como cerca de 3 000 personas esperan la resolución de su solicitud de asilo en Sicilia, y alrededor de 57 000 personas refugiadas están atrapadas en Grecia, tras el cierre de la ruta de los Balcanes. El número de refugiados e inmigrantes en la frontera entre Serbia y Hungría supera las 1 400 personas, mientras una nueva legislación amplía 8 km los controles fronterizos dentro de territorio húngaro, y autoriza a la policía para interceptar a cualquier persona en este perímetro y expulsarla al otro lado de la frontera (ACNUR, 2015).

La denominada cooperación al desarrollo que practica el norte con el sur global también está en el centro de la externalización de la gestión de frontera de la UE. A principios de junio de 2016, la Comisión Europea dio

un paso más en este sentido, anunciando un Nuevo Marco de Asociación en Materia de Migración, en el que se expone que “se introducirá una combinación de incentivos positivos y negativos en las políticas comerciales y de ayuda al desarrollo de la UE para recompensar a aquellos países dispuestos a colaborar de manera eficaz con la UE en la gestión de la migración, así como para garantizar que haya consecuencias para aquellos que se niegan a hacerlo” (Comisión Europea, 2016a). Más allá de la ética y la estética de dicha práctica, existe un problema de utilidad ante la ausencia de gobiernos que puedan actuar como interlocutor válido para los intereses de la UE, como sucede en el caso de Siria, Libia, Irak, Afganistán o Eritrea.

La invisibilización del sur global a través de la externalización de las fronteras

La UE ha construido una nueva frontera, más lejana y más invisible para la moral occidental, con el fin de ocultar la realidad (Soriano-Miras y col., 2016a), contribuyendo a consolidar una nueva frontera vertical. La pregunta parece obligada: ¿cómo la UE ha llevado a la práctica la política de securitización? A través de acuerdos con terceros países y de contratos y convocatorias con organismos del sector privado. “El programa de la Haya (2004) ha significado la externalización, exportación y transferencia de la política europea de inmigración y asilo, así como el control de sus fronteras a países de mayor tránsito migratorio ubicados fuera de las fronteras de la Unión” (Kramsch, 2009).

El acento puesto en la seguridad fronteriza ha llevado a Europa a cerrar la misma, con el fin de asegurar el bienestar de los europeos, aunque ello haya supuesto la invisibilización del sur, que solo se visibiliza cuando los medios de comunicación muestran el drama en el mediterráneo y los campos de refugiados en Europa (Tazzioli, 2015). Con el fin de contrarrestar las imágenes mediáticas (no la de solucionar el problema), la UE ha firmado un acuerdo con Turquía (Declaración UE-

Turquía, 8 de marzo de 2016), para que evite las salidas en embarcaciones y abra campos de refugiados en su territorio y no en Europa, lo que ha supuesto un incremento de las muertes en el mediterráneo, al tener que optar por rutas más peligrosas. “La UE no ataja el problema social desde la raíz, porque su foco de atención radica en invisibilizar todo aquello (incluidos los sujetos), que consideran residual para la pervivencia del norte global” (Soriano-Miras y col., 2016a). Pero, este no ha sido el único acuerdo firmado en 2016, pues a finales de ese año, la Comisión Europea confirmaba que: “se había empezado a trabajar para dar soluciones a corto plazo a la presión migratoria inmediata y aumentar la inversión que ataje las causas profundas de la migración irregular con cinco países prioritarios: Níger, Nigeria, Senegal, Malí y Etiopía” (Comisión Europea, 2016b).

Además, la UE ha creado toda una red de centros de procesamiento de tránsito en otros países, transfiriendo sus competencias en materia de vigilancia (Blanchard y Wender, 2007). En este ámbito, el enfoque global de la migración de la UE y La Política Europea de Vecindad (PEV) juegan un papel relevante. En el marco de la PEV, los países vecinos de la UE, principalmente Marruecos, Libia, Argelia, Túnez y Mauritania, se han transformado en su frontera exterior, al “participar en la implementación y dispersión de las políticas de fronterización de la UE, corresponsabilizándose de las tareas de gestión de los flujos migratorios hacia la Unión” (Zapata y Ferrer, 2012: 93). A través de dicha práctica, se intenta detener el movimiento de población en el sur de las fronteras estatales. La frontera vertical entra en juego, donde un emergente complejo industrial de seguridad (Godfrey y col., 2014), aparece como coprotagonista de este proceso. “La migración se vuelve una “nueva amenaza”, y para ello se necesita una mejor tecnología para su control: radares, cámaras térmicas, de movimiento e infrarrojos, concertinas en las vallas, mallas anti-trepa y una innumerable cantidad

de recursos tanto humanos como tecnológicos” (Ríos-Vargas, 2015).

La UE construyó el Programa Europeo de Investigación y Seguridad en 2003 (que se convertiría posteriormente en el ESRIA, por sus siglas en inglés: European Security Research and Innovation Agenda), con el fin de incrementar la seguridad interna de sus Estados miembros, al mismo tiempo que se fomentaba el crecimiento de las industrias vinculadas a los sectores de la seguridad, de las tecnologías de la información y comunicaciones, y también de defensa militar; con la voluntad de crear un “complejo industrial de seguridad” en Europa (Ortega, 2010). Dicho programa dividió la seguridad europea en dos: una externa a las fronteras de la UE, orientada a la seguridad exterior para ejercer funciones de defensa, y una interna con una red de controles físicos y virtuales con sofisticados sistemas de vigilancia. Así, el Mediterráneo pasó a ser la frontera externa de la Unión Europea vigilada por los agentes fronterizos nacionales y por FRONTEX (Ríos-Vargas, 2015). Estas acciones daban inicio a la legitimación y expansión de la frontera vertical.

Este programa contemplaba la existencia de un grupo de personalidades, entre los que destacaban el Alto Representante de política exterior, varios Comisarios europeos para la sociedad de la información, varios Comisarios de asuntos exteriores y comercio, representantes de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), representantes de la Agencia de armamento de la UE, representantes de las cuatro industrias militares europeas más importantes, Thales, EADS, BAE Systems y Finmeccanica, y cuatro representantes del ámbito de la electrónica y tecnologías militares y civiles, como Ericsson, Siemens, Diehl e Indra (Hayes, 2006). Este grupo elaboró un primer Informe en 2004, donde se detallaban las amenazas a la seguridad europea: terrorismo, proliferación de armas de destrucción masiva, conflictos regionales, crimen organizado e inmigración ile-

gal. El informe concluía que la tecnología era indispensable para garantizar la seguridad, estimando una dotación mínima anual de 1 000 millones de euros, con el fin de desarrollar tecnologías para financiar y coordinar la investigación en materia de seguridad (Comisión Europea, 2004). Establecía los vínculos existentes entre seguridad civil y seguridad militar, aconsejando una colaboración estrecha entre ambos sectores (Ortega, 2010). Paralelamente, la Comisión Europea creó una junta de consejeros compuesta por 50 miembros, entre académicos, instituciones, Europol (Agencia Europea de Defensa), y siete asientos reservados a empresas militares. Se continuaron creando nuevas plataformas con importantes presupuestos, como el Foro Europeo para la Investigación e Innovación en Seguridad (ESRIF, por sus siglas en inglés: European Security Research and Innovation Forum), dotado con 1 400 millones de euros; Organización Europea para la Seguridad (EOS, por sus siglas en inglés: European Organisation for Security), y Organización de Defensa Europea (ASD, por sus siglas en inglés: Aero Space and Defence Industries Association of Europe) (Ortega, 2010).

En la delgada línea que existe entre los intereses de la iniciativa privada y el bien público, el Consejo de Dirección de la EOS eligió al director general de Indra como su nuevo presidente, entre 2013 y 2016 (Indra, 2013). Este grupo controla cerca de 5 000 km de fronteras terrestres y marítimas de varios países en distintos continentes. También ha asumido la implantación y puesta en marcha de un Sistema Integrado de Vigilancia (SIVE), en la frontera marítima del Mar Negro. El diseño del sistema que se ha implantado en Rumanía se basa en el sistema de vigilancia exterior de fronteras marítimas que esta misma empresa ha implantado en distintos tramos costeros de España y que se ha exportado a otros países, como Portugal, Bulgaria, Polonia, Letonia o Hong Kong, tal y como indica la propia compañía en su página web (Indra, 2017). Dicha línea de acción sigue en

vigor en el nuevo programa Horizonte (2014). España recibirá de la UE 527 millones de euros para el control de fronteras. Una parte se dedicará a la realización de obras de infraestructura del perímetro fronterizo (Rodier, 2013). Indra, además, en colaboración con la Guardia Civil y junto con otros 29 socios de 12 países de la UE, coordina desde 2011 el proyecto Perseus, el cual pretende “mejorar la vigilancia de mares y fronteras europeas mediante el uso integrado de nuevas tecnologías disponibles” (Rodier, 2013: 38).

Akkerman (2016), en un reciente informe sobre inmigración, refugiados y seguridad en Europa, muestra las siguientes cifras y tendencias: 1) se estima el mercado de la seguridad europea en unos 15 000 millones de euros en 2015, y se prevé que incremente hasta superar los 29 000 millones de euros anuales en 2022; 2) las exportaciones globales de armas a Oriente Medio han aumentado en un 61 % entre 2006 y 2015. Entre 2005 y 2014, los Estados miembros de la UE otorgaron licencias de exportación de armas a Oriente Medio y al norte de África por un valor de más de 82 000 millones de euros; 3) la respuesta normativa europea a los refugiados ha traído consigo un incremento del presupuesto, que beneficia a estas empresas de seguridad; 4) la financiación total de la UE para medidas de seguridad en las fronteras, a través de sus principales programas de financiamiento es de 4 500 millones de euros entre 2004 y 2020; 5) el presupuesto de FRONTEX, aumentó entre 2005 y 2016 de 6.3 millones de euros a 238.7 millones de euros; 6) a los nuevos Estados miembros de la UE se les ha exigido que refuercen las fronteras, como condición para adherirse a la Unión. El equipamiento adquirido o actualizado con dinero del Fondo para las Fronteras Exteriores incluye 545 sistemas de vigilancia de fronteras, 22 347 elementos para la vigilancia de fronteras y 212 881 elementos para el control fronterizo; 7) Finmeccanica y Airbus han sido las principales beneficiarias de contratos europeos des-

tinados a reforzar las fronteras. Airbus es, además, el principal beneficiario de los contratos de financiación para investigación en seguridad. Sus ingresos totales en 2015 ascendieron a 95 000 millones de euros. “Hoy en día tenemos un complejo militar de seguridad industrial que se está dirigiendo contra algunas de las personas más vulnerables y desesperadas del planeta. Permitir que este complejo escape a todo examen representa una amenaza para la democracia y para una Europa construida sobre los ideales de la cooperación y la paz” (Akkerman, 2016: 2).

Esta realidad deja de lado, en la mayoría de las ocasiones, los DD. HH. de miles de personas (Xanthaki, 2016), a las que las paradojas de la economía global les lleva por una parte a iniciar un viaje hacia al norte, con el fin de mejorar su vida; solo para encontrarse, por otra parte, con el hecho de que los fondos invertidos por ese norte global se dedican más a impedir su entrada, que a reconocer su estatus como sujetos con derechos reconocidos por el Derecho Internacional y la convención europea de DD. HH., quedando atrapados en la frontera vertical.

El marco de los DD. HH. en la UE

Los derechos humanos son pretensiones morales y reivindicaciones sociopolíticas que a lo largo de la historia han experimentado momentos de reconocimiento y ampliación, producto de luchas y conflictos sociales, así como de transformaciones de prácticas culturales y políticas que la sociedad occidental ha vivido en los últimos dos siglos (Tilly, 2004; Hunt, 2009; Donnelly, 2011). El derecho internacional consuetudinario plantea un estándar mínimo de trato de todo ser humano, al que se denomina el núcleo duro de los DD. HH. fundamentales, y que se encuentra recopilado en el artículo 3 de la convención de Ginebra de 1949, recogido en los posteriores instrumentos sobre derechos fundamentales (Gortazar-Rotaeche, 2013). Entre otros enunciados se encuentran: el derecho a la integridad física y moral; el dere-

cho a no sufrir tratos crueles inhumanos o degradantes y; el derecho a la tutela judicial efectiva en la protección de dichos derechos básicos (Soriano-Miras y col., 2016a).

La perspectiva de los DD. HH. plantea que todos los seres humanos tienen estos derechos básicos, porque se es humano independientemente de donde se viva o quien se sea (Sjoberg y col., 2005). Los principios son universales, innatos, irrenunciables, inalienables, imprescriptibles e indivisibles, y es que el moderno régimen de los DD. HH. se basa en el principio de que los mismos trascienden la ciudadanía nacional (Gzesh, 2008). El artículo 13.2 de la Declaración Universal de Derechos Humanos (DUDH) (NN. UU., 1948) plantea: “el derecho de todo ser humano a abandonar su país de origen y regresar a él”; y el 14.1 se hace eco del: “derecho a buscar asilo en caso de persecución y disfrutar de él en cualquier país”. Para este trabajo, interesa destacar además, la ratificación por parte de los países de la UE y Marruecos de la DUDH, y del pacto internacional de derechos económicos, sociales y culturales que conjuntamente con la anterior constituyen la carta de DD. HH. Pero, ¿cómo está aplicando la UE toda esta normativa (Bloomfield, 2016), teniendo en cuenta que la dignidad humana, libertad, democracia, igualdad, Estado de Derecho y respeto de los derechos humanos (Perkowski, 2016) son valores consagrados en los Tratados de la UE?

A través del Instrumento Europeo para la Democracia y los Derechos Humanos, la UE apoya a los grupos, asociaciones o particulares que defienden los derechos humanos, las libertades fundamentales, la democracia y el Estado de Derecho, para lo que dispone de un presupuesto de poco menos de 1 333 millones de euros para todo el periodo 2014 a 2020 (y para todas las iniciativas de la defensa de los DD. HH., más allá de la mera movilidad de las personas), por lo que este resulta insuficiente. También es importante destacar que la UE destina más recursos al

control de las fronteras que a la ayuda a refugiados (Puggioni, 2015).

La acción para controlar las fronteras se ha centrado en medidas de disuasión coercitiva (incremento del control fronterizo y externalización de la vigilancia fronteriza), más que en una represión disuasoria (incremento del control interno) o en una disuasión informativa (López-Sala, 2015). Médicos Sin Fronteras denunció que desde 2015 sus equipos han rescatado a más de 25 000 personas de embarcaciones en peligro. Independientemente de su país de origen o de sus razones para tratar de llegar a las costas europeas. Casi todas las personas rescatadas en el mar habían pasado por Libia (MSF, 2015).

Marruecos como frontera vertical construida desde la política y la economía

Ya sea en la política o en su legitimación discursiva, a través de los medios de comunicación (Suárez-Navaz, 2015), los debates sobre la gestión de la migración a menudo se centran desproporcionadamente en los factores internos, tales como la seguridad, e ignora realidades políticas y económicas cruciales en otros lugares que son los que favorecen la desigualdad social que provoca la migración. Pero, ¿qué está sucediendo en Marruecos en esta materia?

La ruta migratoria de África a la UE, que FRONTEX denomina mediterráneo occidental (Marruecos-España), tradicionalmente se ha utilizado por nacionales argelinos y marroquíes que querían llegar a España, Francia o Italia. Sin embargo, desde hace algunos años se ha incrementado el número de personas que proceden del África subsahariana, impulsados hacia el norte por los conflictos en Malí, Sudán, Sudán del Sur, Camerún, Nigeria, Chad y la República Centroafricana. En 2015, los sirios representaron la mayor parte de las detecciones en esta ruta (FRONTEX, 2017). Ante la imposibilidad que tienen los jóvenes de migrar legalmente, por la dificultad para obtener los documentos requeridos, han

optado por las vías ilegales de entrada a la UE, atravesando diferentes países, como Marruecos (Nin y Shmite, 2016: 344) (Figura 1).

El gobierno marroquí actúa en connivencia con el gobierno español en su lucha contra la inmigración irregular: “aun a despecho de posibles vulneraciones de la legalidad, como el episodio del desalojo de los inmigrantes subsaharianos que habían llegado a la Isla de Tierra frente a la playa de Alhucemas en septiembre de 2013 o las devoluciones en caliente” (Martin, 2014).

El 24 de junio de 2015, el diario Tel Quel, en su edición marroquí, denunciaba a través de las declaraciones de un joven congoleño, residente en el barrio de Boukhalef (Tánger), el cual se ha convertido en una de las zonas de mayor emigración del norte de Marruecos, que el verdadero problema del barrio es la ausencia e incapacidad de la policía para actuar en casos de xenofobia. Asociaciones como Promotora de Desarrollo Integral (PRODEIN) o Asamblea Permanente por los Derechos Humanos (APDH) y organismos como Médicos Sin Fronteras que trabajan en defensa de los DD. HH., afirman que: “se ha dicho muy poco sobre la extrema violencia con que las Fuerzas de Seguridad marroquíes y, en menor medida, la Guardia Civil española, han respondido a los intentos de entrar en Ceuta y Melilla (...) consecuencia directa de la ‘nueva etapa’ de las relaciones hispano-marroquíes y la ‘excelente’ cooperación sobre cuestiones de seguridad” (MSF, 2013). El 6 de febrero de 2014, tras un intento fallido del cruce fronterizo por parte de 400 personas, unas 250 se dirigieron a la playa del Tarajal para intentar pasar a nado, pero debido a la actuación de las fuerzas de seguridad, perdieron la vida en el mar 15 personas. Las 23 que sobrevivieron fueron devueltas de inmediato a Marruecos, lo que supone un incumplimiento de las obligaciones contraídas en España, en virtud del derecho internacional y de la legislación de la UE y española (Amnistía Internacional, 2014).

Tras el refuerzo fronterizo de la UE, un importante “número de subsaharianos se ven atrapados en Marruecos, sin poder proseguir su viaje hacia Europa, ni regresar a sus países de origen (...) más de la mitad llevan en Marruecos pasados los seis meses; y más de una cuarta parte entre seis meses y un año” (MSF, 2013) y mientras tanto, todos esperan poder llegar al lugar garante de los DD. HH. -la UE-.

Mención especial tiene la cuestión del tráfico y la trata de personas en cuanto supone una vulneración sistemática de los DD. HH.: “El marco de sucesos globales de explotación cuyo origen se pierde en el tiempo, saltando o adaptándose a cualquier circunstancia histórica (...) y su importante presencia en el siglo XXI, significa la conversión de una parte de la población en mercancía, con el fin de servir a un lucrativo negocio global de explotación económica, laboral o sexual” (López-Sala y col., 2011). Según la Asociación para la Prevención, Reinserción y Atención a la Mujer Prostituida, (APRAMP, 2014), cada año entran en España entre 40 000 y 50 000 jóvenes con fines de explotación laboral y sexual. Cerca de la mitad son menores de edad. Es un negocio que mueve entre 7 billones de dólares y 12 billones de dólares anuales (UNODC, 2010). Es el segundo negocio clandestino del mundo en beneficios, después del tráfico de armas y por delante del tráfico de drogas. En España, suponen 5 millones de euros cada día, según el Defensor del Pueblo (2012).

Women’s Link (2014), ha documentado el caso de Nigeria: el envío de mujeres y niñas a Europa a través de las redes, es percibido y construido socialmente como una estrategia migratoria y de desarrollo comunitario, por lo que no existe una condena social a los tratantes. El coste de transporte al norte de África se encuentra cercano a los 1 000 euros. Una vez iniciado el viaje, las mujeres quedan a disposición de las redes, variando su estrategia de supervivencia antes de llegar a Europa, atrapadas en

la frontera vertical. No les permiten ejercer la prostitución en Marruecos, pero sí las obligan en Libia. Mientras en el primer caso no es rentable, en el segundo sí. Si una mujer queda embarazada durante el trayecto migratorio, será la red quién decidirá qué hacer en función de las circunstancias geopolíticas del país donde se encuentre, los países de tránsito y del país a donde se quiere llegar. Como las deportaciones desde España e Italia son frecuentes, el hecho de llegar embarazada puede ser una ventaja para la red, por lo que en algunos casos será conveniente que la mujer continúe con el embarazo, al ser más fácil que le permitan la entrada en la UE; pero en otras ocasiones la llegada de un hijo(a) podría ser vista como una carga económica para la red, por lo que la obligaría a abortar. También pueden embarazarla intencionalmente durante el trayecto, ya que esto podría facilitar la entrada de ella y (posteriormente) la del padre de su hijo(a), sin embargo, la red le puede provocar un aborto después, con el fin de que quede embarazada de otro hombre (más favorable para la transacción económica que le permita entrar en la UE), y todo ello en un breve intervalo de tiempo.

Todos estos ejemplos evidencian que la mujer, y particularmente su cuerpo, es tratada como mercancía. Las mujeres que son deportadas sin haber pagado la deuda son estigmatizadas en su país por haber vuelto empobrecidas y haber ejercido la prostitución en Europa, por lo que la probabilidad de que vuelvan a buscar las redes aumenta. En este punto, la frontera vertical oficial y extraoficial emergen como realidades interconectadas (Hernández, 2015), que provocan que las mujeres migrantes desarrollen estrategias que les permitan superar los obstáculos de dichas fronteras de manera simultánea.

El papel de los países del norte de África y concretamente el del país marroquí en la contención de la migración es altamente complejo, al moverse en una geopolítica asi-

métrica muy inestable. Marruecos pretende mostrar una imagen de un país garante del respeto por los DD. HH., comprometido con las instituciones democráticas; pero las continuas denuncias de asociaciones de DD. HH. sobre las diferentes acciones ejercidas contra los migrantes, dificultan que esta representación social tenga el éxito necesario. Por ejemplo, desde 2014, se han incrementado las redadas en las comunidades de migrantes subsaharianos, y concretamente en aquellos barrios marginales de Rabat, Casablanca, Fez y Tánger. Los migrantes arrestados en estas acciones “incluidos refugiados, solicitantes de asilo, mujeres embarazadas y menores, son conducidos en masa hasta la frontera y expulsados a tierra de nadie, en una zona entre Oujda (Marruecos) y Maghnia (Argelia)” (MSF, 2013).

Marruecos está sumido en un complejo proceso económico a dos velocidades. Mientras las cifras macroeconómicas inciden en que el país ha incrementado su Producto Interno Bruto (PIB) *per cápita* en un 8.2 % desde 2010, según los indicadores internacionales de Desarrollo Humano publicados por el Programa para el Desarrollo de Naciones Unidas (UNDP, 2015), la desigualdad social no para de crecer, pues aunque el Índice de Desarrollo Humano (IDH) ha mejorado en un 0.7 % entre 2009 (0.621) y 2014 (0.628), al ajustar por desigualdad (IDHD) se produce una pérdida del 29.7 %, situándose en 0.441 (UNDP, 2015). La desigualdad en materia educativa aparece como un serio problema al ubicarse en 2014 en un 0.253 (UNDP, 2015). Según el Índice de Percepción de la Corrupción, que clasifica a los países en función de lo corrupto que se percibe el sector público, Marruecos ocupa la posición 88 entre 177 (Transparency Index, 2015). La política económica dirigida a incentivar la atracción de inversión directa extranjera, que ha llevado el país en los últimos años, ha dado su fruto. En 2015, Marruecos atrajo 3.6 mil millones de EUR de IED, esencialmente en el sector industrial (ICEX, España, Ex-

portación e Inversiones, 2016). Una de las consecuencias directas de esta política económica ha sido la atracción de mano de obra barata, pero que no ha tenido los efectos sociales positivos que se preveían para este país. Y es que a pesar de los esfuerzos de reducción de la pobreza en Marruecos, su IDH sigue situándose por debajo de la media mundial (0.694) y el promedio de los países árabes (0.652) (Informe sobre Desarrollo Humano, 2014).

Esta situación ha sido provocada, en parte, por la implementación de los Programas de Ajuste Estructural promovidos por el Banco Mundial (BM) y el FMI (Fondo Monetario Internacional) (Soriano-Miras y col., 2015). En el año 1975 el FMI no tenía una línea de crédito con Marruecos. Sin embargo, 10 años después, los préstamos a Marruecos ascendían a 1 274 millones de dólares. En 2014, se situó en algo más de 813 millones de dólares. El FMI mantiene en la actualidad la concesión de una línea de precaución y liquidez de 5 000 millones de euros. Por su parte el crédito del BM, en el año 1975, era algo más de 275 millones de dólares, pero este se ha ido incrementando desde entonces. “El compromiso financiero medio del BM con Marruecos ha aumentado más de un 300 % en la última década (el volumen total de fondos comprometidos por el BM en Marruecos asciende a 5 millones 908 mil dólares con 92 centavos), respecto del periodo equivalente anterior en que el volumen total de fondos sumaba 1 millón 854 mil dólares con 52 centavos” (ICEX, España, Exportación e Inversiones, 2016). En cuanto a la deuda pública esta se situó entorno al 63.2 % del PIB en 2014 (Ministerio de AA.EE., 2016).

Sklair (2003), señala el cambio cualitativo que ha supuesto pasar del capitalismo de un sistema internacional a uno global, donde las corporaciones transnacionales se desvinculan de territorios específicos y se transforman en globales. Pero como afirma Sassen

(2015: 102), no se plantea que: “los países ricos, las empresas globales y las organizaciones internacionales hayan conspirado por mucho tiempo para debilitar a los países pobres”, sino que atendiendo a la historia, “que se inició en la década de 1980 con los programas de reestructuración, esos programas debilitaron y empobrecieron a los gobiernos nacionales”.

En el sur global, las interacciones entre rendimientos crecientes en la empresa manufacturera, costes de transporte y movilidad de los factores, están causando la aparición de aglomeraciones espaciales que sirven de nichos laborales y vitales a la población que se desplaza del sur al norte, y que como consecuencia del cierre fronterizo, fomentado desde la política y retroalimentado por algunos sectores de la ciudadanía, se ven obligados a permanecer en estas aglomeraciones (Soriano-Miras y col., 2016a), consolidando la existencia de las fronteras verticales. En Marruecos, Tánger se perfila como el destino privilegiado de la movilidad residencial, al que le sigue Casablanca (Trinidad y col., 2015). El punto de partida hacia la región se encuentra diseminado. Estos itinerarios no siguen siempre una línea directa desde los lugares de nacimiento, sino que, en ocasiones, incluyen etapas intermedias que tienen lugar en otros ámbitos urbanos (Rabat, Marrakech, entre otros) (Capote, 2014: 244-245). Los migrantes internos e internacionales se encuentran atrapados en la frontera vertical.

En este nuevo escenario, las grandes corporaciones transnacionales, tanto las manufactureras como las financieras, dictan las condiciones que le son más ventajosas y que los Estados aceptan para atraer la inversión extranjera (Hennebry y col., 2014). Los incentivos a la inversión son ampliamente utilizados por los gobiernos como política de atracción de inversiones, pese a las críticas persistentes de que son económicamente ineficientes y conducen a la asignación indebida de fondos públicos (UNCTAD, 2014).

Tsoukalis (2014), plantea que la crisis económica actual ha puesto de relieve las limitaciones del poder político contra una economía sin fronteras, que suele ser la que dicta las normas. Marruecos no se aleja de esta tónica. El país ha firmado 66 tratados bilaterales de inversión, desplegando esfuerzos para posicionarse como país atractivo para la industria de exportación (Oxfam Intermon, 2014). La IED recibida experimentó un crecimiento del 8.6 % en 2014, alcanzando los 3 582 millones de dólares, y consolidando la tendencia positiva de los últimos años. No obstante, un año más tarde, a consecuencia de los efectos de la crisis económica, se percibe un descenso de la IED recibida, alcanzando los 3 266 millones de dólares en dicho periodo, según datos del Haut Commissariat au Plan (Alto Comisariado de Planificación) (Ministerio de AA. EE., 2017), lo que no significa que la IED haya dejado de tener efectos positivos en los datos macroeconómicos del país. Algunas de las empresas más prominentes del sector automotriz, como Renault, se han establecido en el país con una importante base de producción, realizando grandes inversiones en su planta en la ciudad de Melloussa, cerca de Tánger, donde fabrica coches de bajo coste con la marca Dacia. Otro importante sector en auge es la industria aeroespacial, que ya ha recibido la atención de importantes empresas multinacionales como Boeing, Safran, Airbus, Bombardier y United Technologies.

Otras empresas internacionales que realizan actividades en Marruecos, son Delphi, Leoni, Dell, GDF Suez, y Total. También el grupo INDITEX se encuentra ubicado en el país, siendo la segunda plataforma de producción del textil más importante después de China. La multinacional cuenta en su cadena de proveedores con 249 fábricas y talleres en Marruecos, que emplean a 64 501 trabajadores, fundamentalmente en la zona de Tánger y Casa blanca, según los datos de su última memoria anual presentada, correspondiente al ejercicio 2014 (Grupo INDITEX, 2015).

Pero este proceso no tiene en cuenta, en la mayoría de las ocasiones, los problemas a los que se enfrentan los trabajadores como consecuencia de sus precarias condiciones laborales (Human Right, 2008; Social Watch, 2010). Debido a que la globalización centra su interés en procesos macrosociológicos, descuida la forma en cómo estas se desarrollaron en los niveles micro, olvidando a los sujetos que representan la otra cara de la globalización (Robertson, 2000; Soysal, 2000). La precariedad en la vivienda, y los problemas educativos y sanitarios, están generando situaciones de miseria y de desesperanza social, que favorecen el planteamiento de estrategias de procesos migratorios internacionales por motivos laborales (Saprin, 2002).

En el periodo 2005 a 2012, la tasa de alfabetización de adultos no superaba en Marruecos el 70 %, siendo la tasa de abandono escolar en educación primaria cercana al 10 % (Human Right, 2010). Pero, si el sistema apunta a la necesidad de disminuir la desigualdad educativa, para conseguir un mayor bienestar social, paradójicamente, se rompería con uno de los mayores atractivos que para las empresas tiene deslocalizar su producción en un país como Marruecos, como lo es el coste laboral.

Tras años sin alcanzarse un acuerdo sobre legislación laboral, el 8 de junio de 2004 se aprobó el Código de Trabajo marroquí, que se encuentra en vigor en la actualidad. Pero, aun siendo conscientes del avance que supuso en materia laboral, la presencia de condiciones laborales contrarias a la legislación continúa siendo habitual entre los obreros. Diversos estudios, como los desarrollados por Comercio Justo (2015) o la Campaña Ropa Limpia (Sales y Piñeiro, 2011), ya habían mostrado que la inaplicabilidad de la legislación laboral es algo usual entre las empresas de confección. Los mismos resultados son arrojados por Naïr y El-Khamlichi (2016), en el caso de las mujeres trabajadoras de la rama de alimentación; por Trinidad y col.

(2015) y Soriano-Miras y col. (2016b), en el caso de la confección y la automoción. Y es que el incremento del nivel educativo de la población ayudaría a disminuir la desigualdad, pero también se perdería el ejército de reserva para trabajar en dicha industria. El margen de maniobra de la ciudadanía es escaso: o asume estas condiciones o emprende una migración hacia el norte, pero entonces se encontrará con una frontera semicerrada que pone el acento en la seguridad, impidiendo el paso, consolidando la frontera vertical.

Marruecos también inició un proceso de regularización de la inmigración a principios de 2014. Si bien, estaba previsto que entre 25 000 y 40 000 personas regularizaran su situación, poco menos de 6 000 lo hicieron. Sólo el 32 % de las demandas registradas fueron aceptadas, elevándose a casi 18 000 las personas de 101 países que iniciaron los trámites. Pero, Marruecos también tiene muy presente la cuestión del Sahara Occidental, donde existe el problema de autodeterminación, habiéndose vulnerado los DD. HH. (Boukhari, 2004 y Szmolka, 2013).

En marzo de 2014, Marruecos consiguió que Senegal apoyara la causa marroquí sobre el Sahara occidental, al igual que Camerún. No obstante, existe una amplia mayoría de senegaleses y cameruneses en la frontera norte esperando para cruzar a Europa. Para ambos países puede ser difícil apoyar la posición de Marruecos sobre el Sahara, cuando la ciudadanía y las autoridades agreden a su población de manera sistemática. La frontera vertical en África se hace realidad a través de los datos presentados.

CONCLUSIONES

La política de securitización de la Unión Europea (UE), la creación de un complejo industrial de seguridad y el fomento de la inversión extranjera directa, practicada por el sur (en connivencia con el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional) han provocado que Marruecos se convierta en una frontera ver-

tical, imposibilitando que la población del sur global llegue al norte. El papel de Marruecos no es fácil. Por un lado, se ve obligado a demostrar su compromiso con los Derechos Humanos (DD. HH.) y laborales de la población, pero si incrementa estos estándares perderá su posición de privilegio en sus relaciones económicas y políticas con la UE. Por su parte, Europa se erige como garante de los DD. HH., pero debe responder a la contradicción que plantea el cierre fronterizo, tan férreo, como el que está practicando en la actualidad, que dificulta no sólo la llegada de inmigrantes económicos sino también de refugiados y su posterior reasentamiento. Para responder a dicha disyuntiva, la UE (gobernanza y una amplia

base social ciudadana) invisibiliza el sur, contribuyendo a consolidar la frontera vertical mencionada. Es necesario que la UE, junto con Marruecos, tome decisiones que permitan retrotraer las consecuencias que la gobernanza en materia migratoria está teniendo, para evitar el incremento de las muertes en el Mediterráneo, disminuir el creciente malestar de la frontera vertical marroquí y fomentar el incremento de los estándares de vida de la ciudadanía global. Todo ello se conseguirá cuando la migración poblacional sea un movimiento residencial voluntario que permita una mejora en la calidad de vida, y no sea percibida como una amenaza latente a la seguridad y a la economía.

REFERENCIAS

- ACNUR, Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (2015). Desplazamiento forzado en 2015, en *Tendencias globales*. [En línea]. Disponible en: <http://www.acnur.org/t3/fileadmin/Documentos/Publicaciones/2016/10627.pdf>. Fecha de consulta: 7 de julio de 2016.
- Agenda Europea de la Migración (2015). La política de inmigración. [En línea]. Disponible en: http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/es/FTU_5.12.3.pdf. Fecha de consulta: 14 de marzo de 2016.
- Akkerman, M. (2016). *Guerra de frontera*. Washington D.C.: Transnational Institute. [En línea]. Disponible en: <https://www.tni.org/files/publication-downloads/guerras-de-frontera-web.pdf>. Fecha de consulta: 15 de julio de 2016.
- Amin, A. (2013). Land of strangers. *Identities*. 20(1): 1-8.
- Amnistía Internacional (2014). *El coste humano de la fortaleza europea*. [En línea]. Disponible en: <http://bit.ly/1FztRoZ>. Fecha de consulta: 5 de septiembre de 2015.
- Andrade-Rubio, K. L. (2016). Víctimas de trata: mujeres migrantes, trabajo agrario y acoso sexual en Tamaulipas. *CienciaUAT* 11(1): 22-36.
- Anguiano, M. E. y Trejo-Peña, A. (2013). Políticas de seguridad fronteriza y nuevas rutas de movilidad de migrantes mexicanos y guatemaltecos. *Liminar. Estudios sociales y humanísticos*. 5(2): 47-65.
- APRAMP, Asociación para la Prevención, Reinserción y Atención a la Mujer Prostituida (2014). *A pie de calle. Actuación con menores víctimas de trata*. [En línea]. Disponible en: <http://apramp.org/download/a-pie-de-calle-actuaciones-con-menores-victimas-de-trata/>. Fecha de consulta: 14 de marzo de 2015.
- Blanchard, E. and Wender, A. S. (2007). *Guerre aux migrants. Le livre noir de Ceuta et Melilla*. Paris: Syllepse. 234 Pp.
- Bloomfield, A. (2016). Alternatives to detention at a crossroads: Humanisation or criminalisation?. *Refugee Survey Quarterly*. 35(1): 29-46.
- Boukhari, A. (2004). Las dimensiones internacionales del conflicto del Sahara occidental y sus repercusiones para una alternativa marroquí, en *Real Instituto Elcano, DT. 16*. [En línea]. Disponible en: http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/web/riecano_es/contenido?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/elcano/elcano_es/zonas_es/mediterraneo+y+mundo+arabe/dt16-2004. Fecha de consulta: 5 de marzo de 2017.
- Campesi, G. (2012). Migraciones, seguridad y confines en la teoría social contemporánea. *Revista Crítica Penal y Poder*. 3: 1-20.
- Capote, A. (2014). Apuntes sobre el desasosiego entre la juventud marroquí. Proyectos migratorios y movilidad interna en Marruecos como antesala de la inmigración internacional. *Documents D'Anàlisi Geogràfica*. 60(2): 237-259.
- Comercio Justo (2015). Tira del hilo, en *Cuaderno de Comercio Justo*. [En línea]. Disponible en: <http://comerciojusto.org/wp-content/uploads/2015/04/CUADERNO-TEXTIL-CASTELLNO.pdf>. Fecha de consulta: 7 de julio de 2016.
- Comisión Europea (2004). Investigación sobre seguridad: los próximos pasos. [En línea]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52004DC0590>. Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2014.
- Comisión Europea (2016a). *Annex to the Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council and the European Investment Bank*. [En línea]. Disponible

en: http://ec.europa.eu/dgs/home-affairs/what-we-do/policies/european-agenda-migrationproposal-implementation-package/docs/20160607/communication_external_aspects_eam_towards_new_migration_ompact_annex_3_en.pdf. Fecha de consulta: 3 de septiembre de 2016.

Comisión Europea (2016b). *Gestionar la migración de manera efectiva*. [En línea]. Disponible en: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-3473_es.htm. Fecha de consulta: 18 de diciembre de 2016.

Cox, E. and Zaroulia, M. (2016). Mare nostrum, or on water matters. *Performance Research*. 21(2):141-149.

Czaika, M. and Haas, H. (2014). The globalization of migration: has the world become more migratory?. *International Migration Review*. 48(2): 283-323.

Defensor del pueblo (2012). La trata de seres humanos en España: Víctimas invisibles. [En línea]. Disponible en: <https://www.defensordelpueblo.es/wp-content/uploads/2015/05/2012-09-Trata-de-seres-humanos-en-Espa%C3%B1a-v%C3%ADctimas-invisibles-ESP.pdf>. Fecha de consulta: 22 de abril de 2015.

Donnelly, J. (2011). La construcción social de los derechos humanos. *Relaciones Internacionales*. 17: 153-184.

Finotelli, C. and Sciortino, G. (2013). Through the gates of the fortress: European visa policies and the limits of immigration control. *Perspectives on European Politics and Society*. 14(1): 80-101.

FRONTEX, Agencia Europea para la Gestión de la Cooperación Operativa en las Fronteras Exteriores de los Estados miembros de la Unión Europea. (2012). *Annual Risk Analysis 2012*. [En línea]. Disponible en: http://frontex.europa.eu/assets/Attachment_Featured/Annual_Risk_Analysis_2012.pdf. Fecha de consulta: 27 de septiembre de 2016.

FRONTEX, Agencia Europea de la Guardia de Fronteras y Costas. (2017). *Risk Analysis for 2016*. [En línea]. Disponible en: http://frontex.europa.eu/assets/Publications/Risk_AnalysisAnnula_Risk_Analysis_2016.pdf. Fecha de consulta: 22 de agosto de 2016.

Geddes, A. and Taylor, A. (2016). In the shadow of fortress europe? impacts of european migration governance on Slovenia, Croatia and Macedonia. *Journal of Ethnic and Migration Studies*. 42(4): 587-605.

Godfrey, R., Brewis, J., Grady, J., and Grocott, C. (2014). The private military industry and neoliberal imperialism: Mapping the terrain. *Organization*. 21(1): 106-125.

Gortazar-Rotaache, C. J. (2013). El enfoque global de la migración en la Unión Europea y el derecho humano al desarrollo. *Miscelánea Comillas. Revista de Ciencias Humanas y Sociales*. 67 (130):199-216.

Grupo INDITEX (2015). Memoria anual 2015. [En línea]. Dis-

ponible en: https://www.inditex.com/documents/10279/208409/Inditex_+Memoria_Anual_2015_web.pdf/6753b7d1-516b-4a5e-b19f-9c863d3a2e94. Fecha de consulta: 17 de agosto de 2016.

Gzesh, S. (2008). Una redefinición de la migración forzosa con base en los derechos humanos. *Migración y desarrollo*. 10: 97-126.

Hayes, B. (2006). Manos arriba: el Programa Europeo de Investigación sobre Seguridad. [En línea]. Disponible en: <https://www.tni.org/en/node/1582>. Fecha de consulta: 5 de diciembre de 2016.

Hennebry, J., Kopinak, K., Soriano-Miras, R. M., Trinidad-Requena, A., and Hondagneu-Sotelo, P. (2014). From “Khadema” to “Zemegria”: Morocco as a “Migration Hub” for the EU. In J. Hennebry (Ed.), *Territoriality and migration in the EU neighbourhood* (pp. 65-81). Noruega: Springer.

Hernández, A. S. (2015). Estrategias de tránsito de adolescente centroamericanos independientes: enfrentando la frontera vertical en México. *REMHU: Revista Interdisciplinaria da Mobilidade Humana*. 23(44): 99-117.

Horizonte (2014). *Portal español del Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea*. [En línea]. Disponible en: <http://www.eshorizonte2020.es/>. Fecha de consulta: 18 de enero de 2017.

Human Right (2008). Derechos Económicos, sociales y culturales: Las reformas y la cruda realidad, en *Social Watch*. [En línea]. Disponible en: <http://www.socialwatch.org/esnode/10547>. Fecha de consulta: 14 de abril de 2010.

Human Right (2010). Ayuda insuficiente, avances muy lentos, en *Social Watch*. [En línea]. Disponible en: http://www.socialwatch.org/es/node/12190#_ftnref1. Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2013.

Hunt, L. (2009). *La invención de los derechos humanos*. Barcelona: Tusquets. 296 Pp.

ICEX, España, Exportación e Inversiones (2016). *Oportunidades de negocio con el Banco Mundial en Marruecos*. [En línea]. Disponible en: <http://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/el-mercado/estudiosinformes/DOC2016649893.html?idPais=MA>. Fecha de consulta: 5 de marzo de 2017.

Indra (2013). *El Director general de Indra Santiago Roura asume la presidencia de la Organización Europea para la Seguridad*. [En línea]. Disponible en: https://www.minsait.com/sites/default/files/press_release_attachments/np_indra_presidencia_eos.pdf. Fecha de consulta: 25 de octubre de 2016.

Indra (2017). Vigilancia y protección de fronteras. [En línea]. Disponible en: <http://www.indracompany.com/es/vigilancia-proteccion-fronteras>. Fecha de consulta: 15 de enero de 2017.

Informe sobre Desarrollo Humano (2014). *Sostener el Progreso Humano: Reducir vulnerabilidades y construir resiliencia*. [En línea]. Disponible en: <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr>

14-report-es.pdf. Fecha de consulta: 19 de marzo de 2016.

Karageorgiou, E. (2016). Solidarity and sharing in the common european asylum system: The case of syrian refugees. *European Politics and Society*. 17(2): 196-214.

Kramsch, O. T. (2009). Tropicalizando a Foucault desde la frontera europea. *Latitud Sur*. 4: 113-135.

Long, K. (2013). In search of sanctuary: Border closures, 'safe' zones and refugee protection. *Journal of Refugee Studies*. 26(3): 458-476.

López-Sala, A. (2015). Exploring dissuasion as a (geo) political instrument in irregular migration control at the southern spanish maritime border. *Geopolitics*. 20(3): 513-534.

López-Sala, A, García-Cuesta, S., Mena, L. y Hernández-Corrochano, E. (2011). Poblaciones mercancía. Tráfico y trata de mujeres en España, en *Contra la violencia de género*. [En línea]. Disponible en: [http://digital.csic.es/bitstream/10261/48207/1Poblaciones-Mercancia.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/48207/1/Poblaciones-Mercancia.pdf). Fecha de consulta: 27 de marzo de 2014.

Martin, I. (2014). España-Marruecos. Más allá de las relaciones diplomáticas y económicas, en *Opinión. Mediterráneo y Oriente Medio*. [En línea]. Disponible en: [https://www.files.ethz.ch/isn/182271/254_OPINIO_MEDITERRANEO_CAST\(1\).pdf](https://www.files.ethz.ch/isn/182271/254_OPINIO_MEDITERRANEO_CAST(1).pdf). Fecha de consulta: 31 de mayo de 2016.

Meininghaus, E. (2016). Humanitarianism in in-tra-state conflict: Aid inequality and local governance in government and opposition-controlled areas in the syrian war. *Third World Quarterly*. 37(8): 1454-1482.

Mevel, S., de Alba, J. M., and Oulmane, N. (2016). Optimal regional trade-integration schemes in North Africa: Toward a proindustrialization policy. *Journal of Economic Integration*. 31(3): 569-608.

Migrant File (2015). The human and financial cost of 2015 years of fortress Europe, in *The money trails*. [En línea]. Disponible en: <http://www.themigrantsfiles.com/>. Fecha de consulta: 27 de noviembre de 2015.

Ministerio de AA.EE. (2017). Reino de Marruecos, en Ficha País. [En línea]. Disponible en: http://www.exteriores.gob.es/documentos/fichaspais/marruecos_ficha%20pais.pdf. Fecha de consulta: 3 de abril de 2017.

MSF, Médicos Sin Fronteras (2013). *Violencia, vulnerabilidad y migración: atrapados a las puertas de Europa*. [En línea]. Disponible en: <http://www.atrapadosenmarruecos.org/#/informe>. Fecha de consulta: 17 de marzo de 2015.

MSF, Médicos Sin Fronteras (2015). *Atrapados en tránsito: refugiados, migrantes y solicitantes de asilo bloqueados en Libia*. [En línea]. Disponible en: <https://www.msf.es/actualidad/libia/atrapados-transito-refugiados-migrantes-y-solicitantes-asilo-bloqueados-libia>. Fecha de consulta: 17 de julio de 2016.

Naïr, N. and El-Khamlichi, Z. (2016). Women's work in nor-

thern morocco: emancipation o ex-ploitation?. En M. Solis (Ed.), *Gender transitions along borders* (pp. 43-56). Nueva York: Routledge.

Nin, M. C. and Shmite, S. M. (2016). El Mediterráneo como frontera: desequilibrios territoriales y políticas migratorias. *Perspectiva Geográfica*. 20(2): 339-364.

NN.UU., Naciones Unidas (1948). Declaración Universal de Derechos Humanos. [En línea]. Disponible en: <http://www.un.org/es/universal-declaration-human-rights/>. Fecha de consulta: 14 de marzo de 2017.

OIM, Organización Internacional de las Migraciones (2013). Informe sobre las migraciones en el mundo, 2013. [En línea]. Disponible en: http://publications.iom.int/system/files/wmr2015_sp.pdf. Fecha de consulta: 28 de febrero de 2017.

OIM, Organización Internacional de las Migraciones (2016). Europe-Mediterranean migration response, in *Situation report*. [En línea]. Disponible en: https://www.iom.int/sites/default/files/situation_reports/file/Europe-Mediterranean-Migration-Response-Situation-Report-11-August-2016.pdf. Fecha de consulta: 5 de junio de 2016.

Orefice, G. (2014). Offshoring, migrants and native workers: The optimal choice under asymmetric information. *Journal of International Trade and Economic Development*. 23(2): 179-201.

Ortega, P. (2010). *La Europa de la vigilancia*. [En línea]. Disponible en: <http://www.rebellion.org/noticia.php?id=117384>. Fecha de consulta: 12 de marzo de 2013.

Oxfam Intermon (2014). Gobernar para las élites: Secuestro democrático y desigualdad económica, en *www.oxfamintermon.org*. [En línea]. Disponible en: <http://www.oxfamintermon.org/es/documentos/17/01/14/gobernar-para-elites-secuestro-democratico-desigualdad-economica>. Fecha de consulta: 22 de abril de 2015.

Perkowski, N. (2016). Deaths, interventions, humanitarianism and human rights in the mediterranean 'Migration crisis'. *Mediterranean Politics*. 21(2): 331-335.

Podrecca, E. and Rossini, G. (2015). International factor mobility, wages and prices. *Review of Development Economics*. 19(3): 683-694.

Puggioni, R. (2015). Border politics, right to life and acts of dissensus: Voices from the lampedusa borderland. *Third World Quarterly*. 36(6): 1145-1159.

Ríos-Vargas, A. D. (2015). Marruecos y México: dos modelos de securitización migratoria en las fronteras de la globalización. *CienciaUAT*. 10(1): 47-55.

Robertson, R. (2000). Globalización: tiempo-es-pacio y homogeneidad heterogeneidad. *Zona abierta*. (92-93): 213-242.

Rodier, C. (2013). *El negocio de la xenofobia*. Madrid: Clave intelectual. 152 Pp.

Rodríguez, A. B. (2012). Las fronteras como metáforas del riesgo. *Antropológicas*. (11): 35-49.

- Sales, A. y Piñeiro, E. (2011). *La moda española en Tánger: trabajo y supervivencia de las obreras de la confección*. SETEM, Campaña Ropa Limpia. 57 Pp.
- Saprin (2002). *Las políticas de ajuste estructural en las raíces de la crisis económica y la pobreza. Una evaluación participativa multi-nacional de las políticas de ajuste estructural*. [En línea]. Disponible en: www.saprin.org/SAPRIN_Exec_Summ_Esp.pdf. Fecha de consulta: 11 de octubre de 2011.
- Sassen, S. (2015). *Expulsiones. Brutalidad y complejidad en la economía global*. Madrid: Katz. 294 Pp.
- Scheel, S. and Ratfisch, P. (2014). Refugee protection meets migration management: UNHCR as a global police of populations. *Journal of Ethnic and Migration Studies*. 40(6): 924-941.
- Sjoberg, G., Gilí, E. y Williams, N. (2005). La sociología de los derechos humanos. En A. Aragonés, A. Villalobos y M. T. Correa (Eds.), *Análisis y perspectivas de la globalización: un debate teórico* (pp. 49-84). México D.F.: Plaza y Valdés.
- Sklair, L. (2003). *Sociología del sistema global: el impacto socioeconómico y político de las corporaciones transnacionales*. Barcelona: Gedisa. 416 Pp.
- Szmolka, I. (2013). El conflicto del Sáhara Occidental en el marco de la Primavera Árabe. *Revista de Investigaciones Políticas y Sociológicas RIPS*. 12(2): 45-64.
- SocialWatch(2010). *Ayudainsuficiente, avances muy lentos*. [En línea]. Disponible en: http://www.socialwatch.org/sites/default/files/marruecos2010_esp.pdf. Fecha de consulta: 16 de marzo de 2014.
- Soriano-Miras, R., Trinidad-Requena, A. y Kopinak, K. (2015). Los efectos de los Programas de Ajuste Estructural en la desigualdad social interna: el caso de Marruecos y México. *Praxis sociológica*. (19): 15-38.
- Soriano-Miras, R., Trinidad-Requena, A. y Barros-Rodríguez, F. (2016a). Las fronteras de la economía global localizada. El caso hispano-marroquí. En A. Trinidad y M. Sánchez (Eds.), *Marcos de análisis de los problemas sociales* (pp. 279-296). Madrid: La catarata.
- Soriano-Miras, R., Trinidad-Requena, A., Kopinak, K., and Henneby, J. (2016b). The Symbolic Place of Female Workers in the Borderland Export Industry: The Case of Morocco. In M. Solis (Ed.), *Gender transitions along borders* (pp. 71-86). Nueva York: Routledge.
- Soysal, Y. (2000). Citizenship and identity: living in diasporas in post-war Europe?. *Ethnic and Racial Studies*. 23(1): 1-15.
- Suárez-Navaz, L. (2015). Introducción etnografías y emergencias en el Mediterráneo: Agujeros negros de nuestra modernidad. *Revista de dialectología y tradiciones populares*. 70(2): 265-276.
- Süleymanoğlu, R. (2015). European foreign and security policy in the making. *Political Studies Review*. 13(3): 373-383.
- Tazzioli, M. (2015). The politics of counting and the scene of rescue: Border deaths in the mediterranean. *Radical Philosophy*. 192: 2-6.
- Tilly, Ch. (2004). ¿De dónde vienen los derechos?. *Sociológica*. 55(19): 273-300.
- Thayer, L. E. (2016). Migración, Estado y seguridad, en *Polis* 44. [En línea]. Disponible en: <http://polis.revues.org/11854>. Fecha de consulta: 1 de septiembre de 2016.
- Transparency Index (2015). *Corruption perceptions index 2015*. [En línea]. Disponible en: <http://www.transparency.org/cpi2015#downloads>. Fecha de consulta: 7 de marzo de 2016.
- Trinidad, A., Soriano-Miras, R., Barros-Rodríguez, F., Kopinak, K. y Henneby, J. (2015). La economía global localizada en el norte de Marruecos. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*. 152(4): 121-142.
- Tsoukalis, L. (2014). El triste estado de la Unión. Europa necesita un nuevo gran pacto, en *Real instituto elcano*. [En línea]. Disponible en: http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/web/rielcano_es/contenido?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/elcano/elcano_es/zonas_es/europa/tsoukalis-triste-estado-de-la-union-europa-necesita-nuevo-gran-pacto. Fecha de consulta: 7 de mayo de 2016.
- UNCTAD, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (2014). *Informe sobre las inversiones en el mundo 2014*. [En línea]. Disponible en: http://unctad.org/es/PublicationsLibrary/wir2014_overview_es.pdf. Fecha de consulta: 5 de diciembre de 2016.
- UNDP, Programa para el Desarrollo de Naciones Unidas (2015). *Indicadores internacionales de desarrollo humano*. [En línea]. Disponible en: <http://hdr.undp.org/es/countries/profiles/ESH>. Fecha de consulta: 4 de diciembre de 2016.
- UNODC, United Nations Office on Drugs and Crime (2010). The Globalization of crime a transnational organized crime threat assessment, in *United Nations publication*. [En línea]. Disponible en: https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/toctaTOCTA_Report_2010_low_res.pdf. Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2016.
- Unión Europea (2015). Los tratados de Maastricht y Amsterdam. [En línea]. Disponible en: http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/es/FTU_1.1.3.pdf. Fecha de consulta: 17 de enero de 2017.
- Women's Link (2014). La trata de mujeres y niñas nigerianas, en *Estrategias para la Justicia de Género*. [En línea]. Disponible en: http://www2.womenslinkworldwide.org/wlw/new.php?modo=detalles_proyectos&dc=72. Fecha de consulta: 13 de mayo de 2015.
- Xanthaki, A. (2016). Against integration, for human rights. *International Journal of Human Rights*. 20(6): 815-838.
- Zapata, R. y Ferrer, X. (2012). *Fronteras en movimiento: migraciones hacia la Unión Europea en el contexto Mediterráneo*. Barcelona: Bellaterra. 345 Pp.



Tomado de: <https://pixabay.com/es/tacones-altos-los-zapatos-mujer-698602/>

País de origen y edad de inicio en la prostitución de mujeres de Centroamérica traficadas en México y Estados Unidos

Country of origin and age at entry into prostitution among Central American women smuggled in Mexico and the United States

Simón Pedro Izcara-Palacios^{1*}

José Moral-De-La-Rubia²

Karla Lorena Andrade-Rubio³

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria de Ciencias, Educación y Humanidades, Centro Universitario Victoria, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87149.

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Psicología, Dr. Carlos Canseco núm. 110, Esq. con Dr. Eduardo Aguirre Pequeño, col. Mitras Centro, Monterrey, Nuevo León, México, C.P. 64460.

³Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano, Centro Universitario Victoria, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87149.

*Autor para correspondencia:

sizcara@uat.edu.mx

Fecha de recepción:

3 de octubre de 2016

Fecha de aceptación:

24 de febrero de 2017

RESUMEN

El Departamento de Estado de los Estados Unidos indica que menores de Centroamérica son transportadas por redes de tráfico sexual hasta México y Estados Unidos, para ser empleadas en la prostitución, pero no hay datos sobre la edad de inicio de las menores en esta actividad. El objetivo de este trabajo fue determinar los países en los que han ejercido la prostitución las jóvenes centroamericanas que son traficadas hacia Estados Unidos atravesando México, estableciendo la edad en que se inician en la prostitución en cada país. Se realizaron 190 entrevistas a mujeres de Centroamérica, proxenetas y “polleros” mexicanos, quienes participan en redes

de tráfico entre Centroamérica, México y Estados Unidos. Se encontró que las centroamericanas transportadas a través de las redes de pollos son iniciadas en la prostitución mayoritariamente en Estados Unidos, en promedio sobre los 18 años, y que la media de edad de ejercicio de la prostitución por primera vez en Estados Unidos es significativamente menor que la media de edad en México. La explotación sexual de menores centroamericanas en establecimientos de entretenimiento adulto parece ser mayor en Estados Unidos que en México. Esto podría asociarse con una mayor capacidad económica de los clientes estadounidenses, lo que motiva a los traficantes a des-

tinar a este mercado a las menores de edad que serán prostituidas.

PALABRAS CLAVE: prostitución, redes de polleros, Centroamérica, México, Estados Unidos.

ABSTRACT

The United States Department of State indicates that minors from Central America are carried by sex trafficking networks to Mexico and the United States to be employed in prostitution; however, there is no data regarding the age of onset of these minors in this activity. The objective of this paper was to determine the countries where Central American women smuggled to the United States through Mexico have been prostituted, in order to establish the age at which these women began prostitution activities in each country. One hundred and ninety interviews were carried out with Central American women, procurers and Mexican smugglers participating in human sex trafficking networks in Central America, Mexico and the United States. Results indicate that Central American women transported by human sex trafficking networks initiate prostitution mostly in the United States, around 18 years old on average. In addition, the average age of engagement in prostitution for the first time in the United States is significantly lower than the average age in Mexico. We conclude that the sexual exploitation of minors from Central America in adult entertainment establishments is apparently higher in the United States than in Mexico. This could be associated with a greater economic capacity of US customers, which motivates human traffickers to bring to this market underage girls.

KEYWORDS: prostitution, human sex trafficking networks, Central America, Mexico, United States.

INTRODUCCIÓN

La edad de inicio en la prostitución es un aspecto que ha adquirido enorme relevancia en los últimos años, debido a desarrollos le-

gislativos a nivel nacional e internacional, con fines de protección a los y las menores. El 28 de octubre de 2000, en Estados Unidos se aprobó la Ley de Protección de las Víctimas de Trata (TVPA, por sus siglas en inglés: Trafficking Victims Protection Act) (TVPA, 2000). El 15 de noviembre de 2000 tuvo lugar la Convención de Naciones Unidas contra el Crimen Organizado Transnacional y la aprobación del Protocolo para Prevenir, Suprimir y Castigar la Trata de Personas (Protocolo de Palermo) (United Nations, 2000). La TVPA y el Protocolo de Palermo se fundamentan en el axioma de que los menores carecen de capacidad para dar su consentimiento para ejercer la prostitución, y ambos buscan erradicar la prostitución en este grupo poblacional. La TVPA define la prostitución de menores de 18 años como una forma severa de trata, aunque no exista coerción o engaño (Sec. 107b). Asimismo, la Ley General para prevenir, sancionar y erradicar los delitos en materia de trata de personas de México (artículo 13), define como explotación sexual cualquier actividad sexual remunerada realizada por menores de edad, aunque no exista engaño, violencia o abuso de poder (Cámara de Diputados, 2012). En la actualidad, la mayor parte de los países del mundo han incorporado a su ordenamiento jurídico el Protocolo de Palermo, aprobando leyes para combatir la prostitución de menores, aunque no exista violencia ni engaño, e independientemente de las condiciones laborales (Gallagher, 2015). Es más, el cumplimiento o violación de los estándares mínimos en la lucha contra la prostitución infantil se ha convertido en un requisito para recibir o despojar a los países receptores de la ayuda financiera dada por Estados Unidos, el Fondo Monetario Internacional o el Banco Mundial (Allain, 2014).

La prostitución infantil ha crecido en diferentes partes de México, pero principalmente en áreas turísticas costeras y en las ciudades fronterizas del norte; y las víctimas son principalmente menores de Guatemala,

Honduras y El Salvador (U.S. Department of State, 2014; 2015). También, se ha destacado que menores de estos tres países son transportadas por redes de tráfico sexual hasta Estados Unidos para ser empleadas en la prostitución (U.S. Department of State, 2015).

Los reportes del Departamento de Estado de Estados Unidos sobre la trata de personas señalan que México es un país de origen, tránsito y destino de mujeres y menores víctimas de trata, que sufren explotación sexual. Este mismo organismo califica a México con el nivel 2, porque no cumple con los estándares mínimos para la eliminación de la trata, ya que no ha combatido la complicidad de las autoridades y no ofrece servicios a las víctimas (U.S. Department of State, 2016: 267). Como contraste, Estados Unidos, que también es descrito como un país de origen, tránsito y destino de mujeres y menores víctimas de trata con fines de explotación sexual (U.S. Department of State, 2016: 387), se autocalifica con el nivel 1, porque cumple con los estándares mínimos para la eliminación de la trata, proporciona servicios especializados a las víctimas, e investiga y persigue los casos de trata.

La combinación de pobreza, abuso sexual intrafamiliar y presencia del crimen organizado, en el entorno de las adolescentes, son situaciones de alto riesgo para entrar en las redes de tráfico sexual, como revelan varios estudios (Cobbina y Oselin, 2011; Kaestle, 2012; Acharia, 2014). No es posible obtener datos precisos sobre el número de menores prostituidos/as en México; sin embargo, algunas estimaciones hablan de un intervalo que se extiende de 5 000 a 16 000 personas (Estes y col., 2008; Katsulis, 2010; Andreescu y Zaharie, 2014). En Estados Unidos, algunos estudios han estimado el número de menores prostituidos/as en una cifra superior a 100 000 personas (Robinson, 1997; Kotrla, 2010), y el número de menores en riesgo de ser prostituidos/as en una cifra superior a 200 000 (Estes y Weiner, 2001).

Las investigaciones sobre la edad de inicio en la prostitución en México y Estados Unidos han estudiado principalmente a jóvenes autóctonas, que son introducidas en esta actividad, debido a circunstancias relacionadas principalmente con el abuso físico y sexual durante la niñez, el abandono escolar, la huida del hogar y el consumo de drogas (Kramer y Berg, 2003; Loza y col., 2010; Cobbina y Oselin, 2011; Clarke y col., 2012; Roe-Sepowitz, 2012; Muftić y Finn, 2013; Reid y Piquero, 2013; Acharia, 2014). Pero, existe poca evidencia empírica sobre las características y circunstancias que rodean a las jóvenes transportadas por redes de tráfico sexual (Servin y col., 2015), y se sabe muy poco sobre la edad de inicio en la prostitución por jóvenes conducidas por polleros desde Centroamérica hasta México y Estados Unidos. El término “pollero” surgió en la frontera a mediados del siglo pasado para designar a quienes utilizan canales irregulares para guiar a migrantes mexicanos hasta Estados Unidos (Izcara-Palacios, 2015a: 325).

En este texto, se utiliza el término “redes de polleros” como equivalente a “redes de tráfico sexual”. Ambos términos implican una actividad delictiva porque violan el derecho de los estados a proteger sus fronteras; sin embargo, se considera que estas redes solo violan los derechos humanos de los migrantes cuando les reclutan por medio del engaño o la coacción, o reclutan a menores de edad, que carecen de capacidad para dar su consentimiento, constituyéndose en “redes de trata”. El término “redes de polleros” tiene una connotación menos peyorativa que el vocablo “redes de tráfico sexual”, ya que este último suele entenderse como sinónimo de “redes de trata”, debido a una confusión terminológica entre los idiomas inglés y español. Es decir, aunque los términos “redes de polleros” y “redes de tráfico sexual” no implican necesariamente una violación de los derechos humanos de las personas, el último connota que sí existe dicha violación. Sin embargo, muchas de estas redes conducen a

mujeres mayores de edad que tienen conocimiento de que tendrán que trabajar en la prostitución en el país de destino, y pagan una tarifa por ser conducidas (Izcara-Palacios, 2015b: 56); e incluso algunas de estas redes nunca transportan a menores de edad (Izcara-Palacios, 2017b). Es por ello que se decidió que es más adecuado utilizar en este artículo el vocablo “redes de polleros”, cuyo significado implica siempre una violación de los derechos de los estados; pero no implica necesariamente una violación de los derechos humanos de las personas. Es importante considerar que, en español, la connotación del término “traficada” no es la misma que la del vocablo inglés “trafficked”. En español “traficada” equivale a “smuggled”, en tanto que “trafficked” se traduciría con el término “tratada”. Es decir, mientras el vocablo “traficada” implica consentimiento, el término “tratada” connota ausencia del mismo. De igual forma, se ha utilizado el término “pollero” en lugar de “traficante de migrantes”, ya que este término suele confundirse con el vocablo inglés “human trafficker”, cuando en realidad es la traducción de “migrant smuggler” (Izcara-Palacios, 2015a: 328).

Algunas redes de polleros que operan en Centroamérica, México y Estados Unidos transportan a jóvenes centroamericanas que son demandadas para ejercer la prostitución en Estados Unidos, y México constituye un país de tránsito (Izcara-Palacios, 2017b). Asimismo, cuando las primeras son deportadas de los Estados Unidos, son ayudadas a retornar al país deportador por redes de polleros, y durante su tránsito muchas son empleadas en México en establecimientos de entretenimiento adulto (U.S. Department of State, 2014; 2015; Izcara-Palacios, 2017a: 93).

El objetivo de este estudio fue establecer en qué país se inician en la prostitución con más frecuencia; comparar la edad en que incursionan por vez primera en la prostitución en su país de origen, en México y en Estados Unidos; así como comparar la edad

mínima entre las mujeres empleadas por proxenetas mexicanos y las mujeres transportadas por polleros a EU para incursionar en la prostitución.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la muestra

Debido al carácter oculto de la población objeto de estudio: las mujeres de Centroamérica indocumentadas en la prostitución en México y en Estados Unidos, el único acercamiento posible fue a través del uso de un muestreo no probabilístico, empleando muestras intencionales. Se utilizaron tres muestras diferentes. En primer lugar, se recolectó una muestra de 92 centroamericanas indocumentadas que fueron transportadas por redes de polleros e introducidas en la prostitución en Estados Unidos o en México. En segundo lugar, se obtuvo una muestra de 66 proxenetas mexicanos (24 hombres y 42 mujeres), que empleaban a mujeres mexicanas y centroamericanas en sus establecimientos y estaban en contacto con redes de polleros. Finalmente, se recolectó una muestra de 32 polleros que transportaban mujeres de México y Centroamérica para trabajar en la prostitución de Estados Unidos. El procedimiento empleado para seleccionar las muestras fue el muestreo en cadena. Todas las entrevistas fueron realizadas en diferentes localidades de nueve estados mexicanos (Chiapas, Puebla, Veracruz, Ciudad de México, Estado de México, San Luis Potosí, Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila) durante los años de 2012 al 2015.

Variables y su evaluación

En el presente estudio se tienen cuatro variables numéricas: edad mínima de las mujeres empleadas por proxenetas mexicanos o transportadas por redes de polleros; edad a la que se ejerció la prostitución por primera vez en el país centroamericano de origen en Estados Unidos y en México. Estas cuatro variables fueron evaluadas por medio de una pregunta abierta formulada en una entrevista. Las tres primeras en una entrevista

ta con 92 mujeres de Centroamérica y la última en una entrevista con 32 polleros y 66 proxenetas.

A su vez, se tiene una variable cualitativa dicotómica para comparar la edad mínima de las mujeres empleadas o transportadas. Esta variable dicotómica es el agente o actor social implicado en la red de tráfico sexual: 1 = pollero que transporta a mujeres de Centroamérica a Estados Unidos y 2 = proxeneta mexicano que emplea a mujeres de Centroamérica. Esta variable se determinó a través del acceso al informante. Por una parte, se tuvo acceso a los dueños (proxenetas) de locales mexicanos de entretenimiento adulto; por otra parte, se pudo entrevistar a polleros líderes de células de redes que operaban entre Centroamérica, México y Estados Unidos, que realizaban labores consistentes en el reclutamiento y traslado de jóvenes de sexo femenino hasta centros de entretenimiento adulto en Estados Unidos. Para realizar esta labor, los últimos se apoyaban en los primeros, quienes también realizaban labores de reclutamiento para los polleros y daban cobijo y trabajo en sus establecimientos a las mujeres transportadas por estas redes. El hecho de que polleros (que informaron sobre la edad mínima entre las mujeres transportadas) y proxenetas (que informaron sobre la edad mínima entre las mujeres contratadas) estuvieran implicados en las mismas redes de prostitución de mujeres indocumentadas proporciona un dato (edad mínima) comparable a través de dos fuentes independientes (polleros y proxenetas). Se preguntó por el mismo dato, pero enfocando la pregunta al rol del entrevistado dentro de la red.

La comparación de las 92 mujeres de este estudio, en cuanto a en qué país se inician en la prostitución, se hizo por la prueba chi-cuadrada de Pearson, con un contraste unilateral (cola derecha) y un nivel de significación de 0.05.

Para la comparación de la edad en que incursionan por vez primera en la prostitución en cada país (edad de inicio relativa al país), la comparación de tres medias se realizó por el análisis de varianza de medidas repetidas en una muestra de 19 mujeres que han ejercido la prostitución en los tres países (Tabla 1). La comparación de dos medias se hizo por la prueba *t* de Student para dos muestras emparejadas: 19 mujeres para la comparación entre las edades en Centroamérica y en México y entre las edades en Centroamérica y en Estados Unidos; y 73 (31 + 42) mujeres para la comparación entre las edades en México y en Estados Unidos. El supuesto distribucional de normalidad se contrastó por la prueba de Shapiro-Wilks, en las muestras de menos de 50 participantes, y por la prueba de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors en la muestra de más de 50 participantes, con contrastes unilaterales (cola derecha) y un nivel de significación de 0.05. Se contrastó el supuesto de esfericidad o la equivalencia de varianzas-covarianzas, por la prueba de Mauchly, con un contraste bilateral y un nivel de significación de 0.05. Al incumplirse el supuesto de esfericidad, se empleó la corrección de Greenhouse-Geisser. El tamaño del efecto del país sobre la edad se estimó por el coeficiente eta parcial al cuadrado (η_p^2), en la comparación entre tres muestras; y por la *d* de Cohen para muestras emparejadas, en las comparaciones entre dos muestras. Al tratarse de un análisis de varianza de un factor, el η_p^2 coincide con el coeficiente eta al cuadrado (η^2), por lo que proporciona información sobre la porción de varianza de la edad explicada por el país. Siguiendo a Cohen (1986), se interpretó que un valor η_p^2 menor que 0.02 refleja un tamaño de efecto trivial, entre 0.02 y 0.059 pequeño, entre 0.06 y 0.139 mediano y mayor o igual que 0.14 grande. Siguiendo a Hopkins (2006), se interpretó que un valor *d* menor que 0.20 refleja un tamaño de efecto trivial, entre 0.20 y 0.62 pequeño, entre 0.63 y 1.14 mediano,

Tabla 1. País en el que se inició en la prostitución y se ha ejercido esta actividad.
 Table 1. Country where prostitution was initiated and performed.

País	INICIARON		EJERCIERON	
	<i>n</i>	<i>f</i> [IC 95 %]	<i>n</i>	<i>f</i> [IC 95 %]
País centroamericano de origen (El Salvador, Guatemala, Nicaragua y Honduras)	19	0.21 [0.10, 0.31]	19	0.21 [0.12, 0.29]
México	31	0.34 [0.22, 0.46]	90	0.98 [0.95, 1.01]
Estados Unidos	42	0.46 [0.33, 0.58]	75	0.82 [0.74, 0.89]
Total	92	1		

n = frecuencia absoluta simple y *f* (IC 95 %) = frecuencia relativa simple y sus límites estimados con intervalo de confianza del 95 %.

entre 1.15 y 1.99 grande, y mayor o igual que 2 muy grande.

En la prueba *t* de Student, para muestras emparejadas, se estimó la asociación lineal por el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson (*r*). Un valor *r* menor que 0.10 se interpretó como una correlación trivial, entre 0.10 y 0.29 baja, entre 0.30 y 0.49 moderada, entre 0.50 y 0.69 alta, entre 0.70 y 0.89 muy alta, y mayor o igual que 0.90 unitaria (Cohen, 1986). La significación de la correlación se contrastó por una prueba con una distribución *t* de Student, con *n*-2 grados de libertad, siendo *n* el tamaño de la muestra (Pardo y San Martín 2010). El nivel de significación o error tipo I se estipuló en 0.05 y los contrastes y estimaciones de medias fueron bilaterales.

La comparación de la edad mínima de las mujeres empleadas o transportadas, se realizó mediante la prueba *U* de Mann-Whitney, al no ajustarse las distribuciones de las edades mínimas a una curva normal. El tamaño del efecto se estimó por el coeficiente de correlación de rangos de Spearman (*r_s*) y se interpretó como la correlación de

Pearson (Cohen, 1986). Los cálculos se realizaron con los programas SPSS versión 22 y STATISTICA versión 7.

Como limitaciones del presente estudio debe señalarse el empleo de muestras incidentales, por lo que su generalización no debe realizarse a nivel de estimación paramétrica, sino meramente como hipótesis a contrastar en la población de centroamericanas indocumentadas que trabajan en la prostitución en México y en Estados Unidos. A favor de los datos presentes debe mencionarse la convergencia de tres fuentes (mujeres, polleros y proxenetas). Los datos son retrospectivos, obtenidos a través de entrevistas. Al ser datos autobiográficos o de memoria episódica, de hechos relativamente recientes, ocurridos en la adolescencia y edad adulta, obtenidos bajo garantías éticas de confidencialidad, la selección de la entrevista es adecuada para preservar su confiabilidad (Croyle y Loftus, 1992).

Aspectos éticos de la investigación

La captación de los participantes se realizó utilizando sus redes sociales, mediante las cuales, se les informó sobre los objetivos generales del proyecto, la institución que rea-

lizaba la investigación, y sobre el carácter anónimo de los datos que suministraron. Los participantes accedieron voluntariamente a las entrevistas, que fueron grabadas y transcritas. Las estrategias utilizadas para lograr la cooperación de los entrevistados fueron las siguientes: 1) se les explicó que el interés era únicamente académico y que los datos que revelasen en la conversación serían confidenciales; 2) se garantizó el carácter anónimo de los datos recabados, se instruyó a los entrevistados para que no mencionasen nombres de personas, y no se recogió ningún dato que revelase la identidad de los interlocutores ni de otras personas aludidas en la interacción conversacional; 3) se redactó una guía que partía de los aspectos menos intrusivos, a los cuales los interlocutores respondían con mayor comodidad, y continuaba con aspectos cada vez más intrusivos; y 4) la relación discursiva con los entrevistados fue de no confrontación, no se expresaron juicios de valor sobre las respuestas obtenidas, ni se forzó la búsqueda de respuestas a preguntas específicas que los entrevistados rehuían, ya que esto hubiese agrietado el clima de empatía necesario para conducir la entrevista.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 92 mujeres de Centroamérica entrevistadas en este estudio, 19 (21 %) iniciaron la prostitución en su país de origen (El Salvador, Guatemala, Nicaragua u Honduras); 31 (34 %) lo hicieron en México, y 42 (46 %) la iniciaron en Estados Unidos. Por otra par-

te, de las 92 mujeres, sólo 19 ejercieron la prostitución tanto en su país de origen como en México y Estados Unidos. De las otras 73, 54 la ejercieron en México y Estados Unidos, 17 únicamente en México y sólo 2 en Estados Unidos (Tabla 1).

El total de la muestra de proxenetas mexicanos (66) dijeron ser dueños de centros de entretenimiento adulto (casas de citas, cantinas, night-clubs, bares, centros botaneros, salones de baile, hoteles de paso y clínicas de masajes) y obtener una pequeña fracción de sus ingresos reclutando a mujeres para redes de polleros que las conducían a Estados Unidos. Además, expusieron que estos establecimientos también recibían a mujeres de Centroamérica transportadas por redes de polleros. Aunque aquí no trabajaban durante periodos muy prolongados, ya que el propósito de las centroamericanas que llegaban a estos establecimientos no era trabajar en México, sino en Estados Unidos.

Los resultados permitieron identificar que los 32 polleros entrevistados que conducían a mujeres de México y Centroamérica hacia centros de entretenimiento adulto de Estados Unidos trabajaban para redes que operaban una media de seis veces al año y transportaban una media de 10 mujeres en cada operación (Tabla 2). En la Tabla 3 se muestran los países en que operan las diferentes redes. Es posible observar que los países de donde son originarias las jóvenes transportadas son: México, El Salvador, Gua-

■ **Tabla 2. Actividad de las redes de polleros.**
Table 2. Activity of migrant smuggler networks.

Actividad	M	Mdn	Mo	Mín	Máx	DE
Veces que operan al año	6.2	4	4	1	30	5.95
Mujeres transportadas por operación	10.4	10	10	6	17	2.70

M = media aritmética, Mdn = mediana, Mo = moda, Mín = mínimo, Máx = máximo y DE = desviación estándar de la media.

■ **Tabla 3 . País de operación de las redes de polleros.**
 Table 3. Country of operation of the smuggling networks.

Países	n (polleros)	%
México, El Salvador, Guatemala, Nicaragua y Honduras	10	31.3
México	10	31.3
El Salvador, Guatemala, Nicaragua y Honduras	10	31.3
El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Honduras y Cuba	1	3.1
El Salvador, Nicaragua, Honduras, Brasil, Colombia y Costa Rica	1	3.1
Total	32	100

n= frecuencia absoluta simple y % = porcentaje.

temala, Nicaragua y Honduras, y en pocos casos Cuba, Brasil, Colombia y Costa Rica.

Mujeres menores de edad *versus* mayores

La edad de las mujeres conducidas por redes de polleros hasta México y Estados Unidos, para ser empleadas en la prostitución, constituye un elemento relevante, ya que mientras las menores son por definición víctimas de trata (United Nations, 2000), las mayores de edad pueden categorizarse como víctimas de trata si fueron coaccionadas, o como migrantes laborales, si aceptaron voluntariamente ser conducidas al país de destino para trabajar en el comercio sexual.

Las centroamericanas mayores de edad, que son conducidas a Estados Unidos por redes de polleros para trabajar en la prostitución, no siempre son engañadas. Existe evidencia de que hay mujeres que conocen que la actividad que realizarán estará relacionada con la prostitución, y desean trabajar en ella, debido a los elevados salarios (Izcara-Palacios, 2017b). Asimismo, cuando son deportadas, algunas desean volver a trabajar en la citada actividad (Izcara-Palacios y Andrade-Rubio, 2016: 176). En este estudio, 35 entrevistadas mostraban una desesperación por regresar con el mismo patrón para quien trabajaron antes de ser deportadas. Como decía una mujer guatemalte-

ca de 30 años de edad que trabajó por primera vez en la prostitución en California a la edad de 22 años: “No sé quién pueda ayudarme, mi patrón (proxeneta) me había dicho que me ayudaba, pero no quise, y no sé si siga en lo mismo, pensando en ayudarme para llegar a Estados Unidos. El patrón es bueno, necesito hablar con él y pedirle que me ayude”. Asimismo, una mujer salvadoreña de 41 años de edad que trabajó por primera vez en la prostitución en Florida a la edad de 23 años señalaba: “yo le he hablado al patrón, y me dijo que me ayudará para que me vaya de aquí; pero con la condición de que voy a ir a trabajar ahí con él, al mismo trabajo, y con la condición de que él le pagará al pollero cuando me lleve ante él”. Igualmente, una mujer guatemalteca de 27 años de edad que trabajó por primera vez en la prostitución en Texas a la edad de 18 años afirmaba: “mi patrón, él me lo va a pagar (la tarifa cobrada por el pollero), ya me dijo, pero debo llegar a la frontera”.

Sin embargo, el sentimiento de satisfacción de muchas mujeres que fueron transportadas por polleros a Estados Unidos siendo mayores de edad, y que trabajaron de modo voluntario en la prostitución, contrastaba con el temor que sintieron algunas menores de edad que fueron conducidas con engaños has-

ta Estados Unidos y fueron coaccionadas a trabajar en este oficio (Izcara-Palacios y Andrade-Rubio, 2016: 191). Mientras que las primeras, en muchos casos, podrían describirse como migrantes laborales que decidieron trabajar en esta actividad motivadas por las atractivas condiciones económicas, las últimas fueron víctimas de trata de personas. No solo su minoría invalidaba su consentimiento para realizar este oficio; sino que en algunos casos fueron engañadas y coaccionadas (Izcara-Palacios y Andrade-Rubio, 2018: 86).

La Convención de 1949 para la supresión de la trata de personas y la explotación de la prostitución de otros, definía como víctimas de trata a todas las mujeres migrantes prostituidas de modo forzado o voluntario (Asamblea General de Naciones Unidas, 1949). Además, mientras los acuerdos anteriores (i.e.: la Convención internacional de 1933 para la supresión de la trata de mujeres), limitaban su acción al proceso de reclutamiento, la Convención de 1949 también incluye la explotación de la prostitución (Gallagher, 2010: 15). Por el contrario, de acuerdo con el Protocolo de Palermo, solo la participación involuntaria, de modo forzado o coaccionado, constituye trata. La participación voluntaria, no coaccionada, de adultos en el sexo comercial no es definida como trata (Lepp, 2002: 92). Como explica Doezema (2010: 119), el borrador original del Proto-

colo, redactado por las delegaciones de Estados Unidos y Argentina, ligaba explícitamente prostitución y trata. Sin embargo, la unión de fuerzas entre activistas pro derechos humanos y el movimiento pro derechos de los trabajadores sexuales, durante los trabajos preparatorios del Protocolo de Palermo, lograron que en el texto final se diferenciase la prostitución forzada de la participación adulta voluntaria en el trabajo sexual (Doezema, 2010: 155). Pese a la evidencia mostrada en este y otros trabajos, de la existencia de un interés manifiesto por parte de muchas mujeres mayores de edad, de ser transportadas ilegalmente hacia países de mayor desarrollo económico para dedicarse a la prostitución, persiste la tendencia, que arranca de la Convención de 1949, de categorizar a cualquier persona migrante en la prostitución como víctima de trata (Piper, 2005: 212).

Edad de inicio de la prostitución en cada país

Las 19 centroamericanas que ejercieron por primera vez la prostitución en su país de origen formaron un grupo particular de estudio, ya que también la ejercieron en México y Estados Unidos, y la edad promedio en que lo hicieron se muestra en la Tabla 4. La diferencia de frecuencia fue estadísticamente significativa ($\chi^2[2, N=92]=8.63, P = 0.013$). Estados Unidos fue el país en el que con más frecuencia se ejerció la prostitución por vez primera, mientras los paí-

■ **Tabla 4 . Media de edad a la que se ejerció por vez primera la prostitución en cada país.**

Table 4. Mean age at entry into prostitution in every country.

País	N	Min	Max	M [IC 95 %]	DE
País centroamericano de origen	19	10	21	16.05 [14.52,17.58]	3.17
México	19	21	35	26.32 [24.35,28.28]	4.08
Estados Unidos	19	13	25	18.89 [17.44,20.35]	3.02

N = tamaño de la muestra, *Min* = mínimo, *Max* = máximo, *M [IC 95 %]* = media y límites de su estimación con un intervalo de confianza del 95 %, *DE* = desviación estándar de la media.

ses de origen de Centroamérica fueron los de menor frecuencia (Tabla 1).

Al comparar la media de edad de inicio entre los tres países, la muestra se redujo a 19 mujeres. Se sostuvo el supuesto de distribución normal de la edad de inicio en las tres muestras por la prueba de Shapiro-Wilk ($W [19] = 0.96$, $P = 0.501$ en el país centroamericano de origen, $W [19] = 0.92$, $P = 0.117$ en México y $W [19] = 0.99$, $P = 0.996$ en Estados Unidos), por lo que se empleó el análisis de varianza de medidas repetidas para comparar las tres medias. La diferencia entre las medias fue estadísticamente significativa ($F [1.36, 17] = 89.64$, $P < 0.001$). El tamaño del efecto del lugar fue muy grande sobre la edad de inicio ($\eta_p^2 = 0.83$) y la potencia del contraste fue unitaria (con una tasa de error tipo I = 0.05 en una estimación bilateral). La media de edad en la que se ejerció la prostitución por primera vez fue significativamente menor en el país centroamericano de origen ($M = 16.05$, IC 95 %: 14.52, 17.58) y Estados Unidos ($M = 18.89$, IC 95 %: 17.44, 20.35) que en México ($M = 26.32$, IC 95 %: 24.35, 28.28) (Tabla 4).

Al comparar la media de edad de inicio entre el país centroamericano de origen y Estados Unidos, la muestra coincidió con la muestra anterior de 19 mujeres. Al poderse asumir el supuesto de distribución normal de la edad en ambas muestras, la comparación de medias se hizo por la prueba t de Student para muestras emparejadas. La diferencia de medias fue estadísticamente significativa ($t [18] = - 6.35$, $P < 0.001$) con una diferencia media de - 2.84 años (IC 95 %: - 3.78, - 1.90). La correlación de la edad entre ambas muestras fue significativa, positiva y muy alta ($r [19] = 0.80$, $P < 0.001$). El tamaño del efecto del país fue grande sobre la edad de inicio por la d de Cohen ($d = - 1.46$) y la potencia fue unitaria (con una tasa de error tipo I = 0.05 en una estimación bilateral). La media de edad en el país centroamericano de origen

($M = 16.05$, IC 95 %: 14.52, 17.58) fue significativamente menor que en Estados Unidos ($M = 18.89$, IC 95 %: 17.44, 20.35) (Tabla 4).

Y al comparar las medias de edad de inicio entre el país centroamericano de origen y México, la muestra también se redujo a las mismas 19 mujeres. Al poderse asumir el supuesto de distribución normal de la edad en ambas muestras, la comparación de medias se hizo por la prueba t de Student para muestras emparejadas. La diferencia de medias fue estadísticamente significativa ($t[18] = - 11.56$, $P < 0.001$) con una diferencia media de - 10.26 años (IC 95 %: -12.13, - 8.40). La correlación de la edad entre ambas muestras no fue significativa ($r[19] = 0.45$, $P = 0.051$). El tamaño del efecto del lugar fue muy grande sobre la edad de inicio por la d de Cohen ($d = - 2.65$) y la potencia fue unitaria (con una tasa de error tipo I = 0.05 en una estimación bilateral). La media de edad en el país centroamericano de origen ($M = 16.05$, IC 95 %: 14.52, 17.58) fue significativamente menor que en México ($M = 26.32$, IC 95 %: 24.35, 28.28) (Tabla 4).

Al comparar la media de edad de inicio entre Estados Unidos y México, la muestra fue de 73 mujeres. En las dos muestras se sostuvo el supuesto de distribución normal de la edad de inicio por la prueba de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors ($|D_{max}| = 0.09$, $gl = 73$, $P = 0.093$ en Estados Unidos y $|D_{max}| = 0.07$, $gl = 73$, $P = 0.200$ en México), por lo que se empleó la prueba t de Student para muestras emparejadas. La diferencia de medias fue estadísticamente significativa ($t [72] = - 10.19$, $P < 0.001$), con una diferencia media de - 6.43 años (IC 95 %: -7.68, - 5.17). La correlación de la edad entre ambas muestras fue significativa, positiva y alta ($r [73] = 0.5$, $P < 0.001$). El tamaño del efecto del lugar fue grande sobre la edad de inicio por la d de Cohen ($d = - 1.19$) y la potencia fue unitaria (con una tasa de error tipo I = 0.05 en una estimación bila-

■ Tabla 5. Media de edad a la que se ejerció por vez primera la prostitución en México y los Estados Unidos.

Table 5. Mean age at entry into prostitution in Mexico and the United States.

País	N	Min	Max	M [IC 95 %]	DE
México	73	12	41	24.45 [23, 25.90]	6.22
Estados Unidos	73	12	25	18.03 [17.33, 18.73]	2.99

N = tamaño de la muestra, Min = mínimo, Max = máximo, M [IC 95 %] = media y límites de su estimación con un intervalo de confianza del 95 %, DE = desviación estándar de la media.

teral). La media de edad en Estados Unidos ($M = 18.03$, IC 95 %: 17.33, 18.73) fue significativamente menor que en México ($M = 24.45$, IC 95 %: 23, 25.90) (Tabla 5).

La distribución de la edad mínima de las mujeres reportadas por los 32 polleros se ajustó a una curva normal por la prueba de Shapiro-Wilk ($W [32] = 0.91$, $P = 0.012$). Los dos coeficientes de Fisher mostraron simetría ($S = 0.69$, $EE = 0.41$) y mesocurtosis ($C = -0.06$, $EE = 0.81$), y la mediana y la media coincidieron en 16 años, pero la moda quedó por debajo y fue de 15 años. La edad mínima varió de 13 a 20 años, con una media de 16 (IC 95 %: 15.31, 16.69) y una desviación estándar de 1.90. La distribución de la edad de las mujeres reportadas por 65 proxenetas (uno no respondió) no se ajustó a una curva normal por la prueba de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors ($|D_{max}| = 0.31$, $gl = 65$, $P < 0.001$). Mostró ligera asimetría positiva o sesgo hacia los valores bajos ($S = 0.84$, $EE = 0.3$) y marcado apuntamiento ($C = 6.1$, $EE = 0.59$). La edad mínima varió de 13 a 25 años, con una mediana y moda de 18, una media de 17.57 (IC 95 %: 17.16, 17.98) y una desviación estándar de 1.65 (Tabla 6).

La distribución de la edad de inicio en la prostitución de las jóvenes reportadas por los 32 polleros y los 65 proxenetas tampoco se ajustó a una curva normal por la prueba de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors ($|D_{max}| = 0.25$, $gl = 97$, $P < 0.001$). Debi-

do a la falta de normalidad se contrastó la diferencia de tendencia central entre las dos muestras por la prueba U de Mann-Whitney. La diferencia de tendencia central de la edad mínima reportada fue estadísticamente significativa ($U = 535.5$, $Z = -4.1$, $P < 0.001$). La tendencia central fue significativamente menor entre las mujeres transportadas por los polleros hacia Estados Unidos ($Mdn = 16$ años, Rango medio [RM] = 33.23), que entre las mujeres contratadas por los proxenetas mexicanos ($Mdn = 18$ años, Rango medio [RM] = 56.76) (Tabla 6). La correlación de Spearman entre el agente o actor social (pollero o proxeneta) y la edad mínima fue significativa, positiva y moderada ($r_s = 0.42$, $P < 0.001$), siendo la varianza compartida del 18 %, lo que refleja un tamaño de efecto mediano.

Se señala que la correlación biserial-puntual y la de Spearman subestiman la verdadera asociación lineal entre una variable numérica y una dicotómica, siendo más precisa la correlación poliserial (Olsson y col., 1982). Si el tamaño del efecto entre el agente o actor social (pollero o proxeneta) y la edad mínima se estimara por la correlación poliserial, usando el método de Máxima Verosimilitud ($r_{PS} = 0.51$, IC 95 %: 0.32, 0.70, $EE = 0.1$), la varianza compartida sería del 26 %, lo que reflejaría un tamaño de efecto grande.

Las edades de inicio en la prostitución en el país centroamericano de origen y en Es-

■ **Tabla 6. Media de edad mínima de las jóvenes reportadas por polleros y proxenetas.**
 Table 6. Minimum mean age of girls reported by smugglers or procurers.

Agente	<i>N</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Mdn</i>	<i>M</i> [IC 95 %]	<i>DE</i>	<i>RM</i>
Pollero	32	13	20	16	16 [15.31, 16.69]	1.90	33.23
Proxeneta	65	13	25	18	17.57 [17.16, 17.98]	1.65	56.76

N = tamaño de la muestra, *Min* = mínimo, *Max* = máximo, *Mdn* = mediana, *M* [IC 95 %] = media y límites de su estimación con un intervalo de confianza del 95 %, *DE* = desviación estándar de la media y *RM* = rango medio en la prueba *U* de Mann-Whitney.

tados Unidos están muy relacionadas. Por el contrario, la edad de inicio en México no se relaciona con dicha edad en el país centroamericano de origen, pero sí con la edad de salida de Estados Unidos. La media de edad de ejercicio de la prostitución por primera vez en Estados Unidos es significativamente menor que la media de edad en México (Izcara-Palacios, 2017b). El inicio en la prostitución suele ser en la adolescencia en el país de origen y en torno a la mayoría de edad en Estados Unidos, que son edades en las cuales las jóvenes están más cotizadas.

Estas correlaciones indicaron que las mujeres prostituidas en su país de origen, usualmente como menores de edad, pasan directamente a Estados Unidos. Cuando son deportadas a sus países de origen, allí no trabajan en la prostitución. Pero pronto buscan regresar al país del norte. Las mujeres adultas, sobre todo las que fueron deportadas y tratan de retornar a Estados Unidos, ejercen la prostitución en México para cubrir las cuotas de transporte, ya que las redes de polleros muchas veces cubren los costos de las adolescentes; pero raramente pagan las cuotas de las adultas (Izcara-Palacios y Andrade-Rubio, 2018: 88). En México, ejercen la prostitución de modo temporal como migrantes en tránsito que buscan llegar nuevamente a Estados Unidos (Andrade-Rubio, 2016: 32). Los datos reportados por las mujeres son concordantes

con los datos sobre las edades mínimas reportados por los polleros. Esto tiene implicaciones notables, ya que los resultados de este estudio indicaron que Estados Unidos, que lidera la lucha internacional para erradicar la trata de personas, presenta graves problemas de tráfico sexual de menores foráneas.

CONCLUSIONES

Con base en los presentes resultados, las mujeres de Centroamérica transportadas por redes de polleros y empleadas en la prostitución en México y Estados Unidos, inician esta actividad mayoritariamente en Estados Unidos, en promedio, poco antes de alcanzar la mayoría de edad. Una minoría es prostituida en su país de origen, a una media de edad significativamente menor, en torno a los 16 años de edad, y la edad en México corresponde en promedio a la adultez joven. La edad mínima entre las centroamericanas transportadas a Estados Unidos para trabajar en la prostitución es significativamente menor que la edad mínima entre las mujeres empleadas por los proxenetas mexicanos para tal actividad. Las adolescentes son altamente cotizadas y pasan directamente a Estados Unidos, en algunos casos sin que tengan que cubrir ninguna cuota de traslado. Por lo tanto, los datos obtenidos en esta investigación indicaron que, la trata con fines de explotación sexual de menores centroamericanas en centros de entretenimiento adulto puede ser mayor en

Estados Unidos que en México, ya que los clientes estadounidenses poseen una mayor capacidad económica, lo que incita a los traficantes a destinar hacia ese mercado jóvenes foráneas de menor edad que serán prostituidas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la SEP/CONACYT, Proyecto CB-2013-0122066 "Trata y prostitución en México".

REFERENCIAS

- Acharia, A. K. (2014). Trafficking of women and vulnerability to HIV/STI infection in urban Mexico. *Genus*. 70(2-3): 87-109.
- Allain, J. (2014). No effective trafficking definition exists: Domestic implementation of the Palermo Protocol. *Albany Government Law Review*. 7: 111-142.
- Andrade-Rubio, K. L. (2016). Víctimas de trata: mujeres migrantes, trabajo agrario y acoso sexual en Tamaulipas. *CienciaUAT*. 11(1): 22-36.
- Andreescu, C. and Zaharie, C. G. (2014). Legal status of prostitution in Latin America. *Romanian Economic Business Review*. 9(3): 40-46.
- Asamblea General de Naciones Unidas (1949). Convenio para la represión de la trata de personas y de la explotación de la prostitución ajena. [En línea]. Disponible en: <http://www.ohchr.org/SP/ProfessionalInterest/Pages/TrafficInPersons.aspx>. Fecha de consulta: 21 de marzo de 2017.
- Cámara de Diputados (2012). Ley general para prevenir, sancionar y erradicar los delitos en materia de trata de personas y para la protección y asistencia a las víctimas de estos delitos. [En línea]. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPS EDMTP.pdf>. Fecha de consulta: 21 de marzo de 2017.
- Clarke, R. J., Clarke, E. A., Roe-Sepowitz, D., and Fey, R. (2012). Age at entry into prostitution: Relationship to drug use, race, suicide, education level, childhood abuse, and family experiences. *Journal of Human Behavior in the Social Environment*. 22(3): 270-289.
- Cobbina, J. E. and Oselin, S. S. (2011). It's not only for the money: An analysis of adolescent versus adult entry into street prostitution. *Sociological Inquiry*. 81(3): 310-332.
- Cohen, J. (1986). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (Segunda edición) New York, NY: Academic Press. 567 Pp.
- Croyle, R. T. and Loftus, E. F. (1992). *Improving episodic memory performance of survey respondents*. New York, NY: Russell Sage Foundation. 101 Pp.
- Doezema, J. (2010). *Sex slaves and discourse masters. The construction of trafficking*. New York: Zed Books. 271 Pp.
- Estes, R. J., Gauthier, A. y Azaola, E. (2008). La explotación sexual comercial de niños en la región de América del Norte. En R. Pastor-Escobar y A. R. Nogueira (Eds.), *Explotación sexual comercial infantil. Un manual con perspectiva de género y derechos humanos* (pp. 107-149). Ciudad de México: UBIJUS Editorial.
- Estes, R. J. and Weiner, N. A. (2001). *The commercial sexual exploitation of children in the U.S., Canada and Mexico*. Philadelphia, PA: University of Pennsylvania. [En línea]. Disponible en: <http://www.gems-girls.org/Estes%20Wiener%202001.pdf>. Fecha de consulta: 19 de julio de 2016.
- Gallagher, A. T. (2010). The international law of human trafficking. New York: Cambridge University Press. 537 Pp.
- Gallagher, A. T. (2015). Two cheers for the trafficking protocol. *Anti-Trafficking Review*. (4): 14-32.
- Hopkins, W. G. (2006). *A scale of magnitudes for effect statistics*. [En línea]. Disponible en: <http://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>. Fecha de consulta: 18 de julio de 2016.
- Izcara-Palacios, S. P. (2015a). Coyotaje and drugs: Two different businesses. *Bulletin of Latin American Research*. 34(3): 324-339.
- Izcara-Palacios, S. P. (2015b). Los transmigrantes centroamericanos en México. *Latin American Research Review*. 50(4): 49-68.
- Izcara-Palacios, S. P. (2017a). El coyotaje visto desde la mirada de mujeres migrantes centroamericanas. *Perfiles Latinoamericanos*. 25(49): 77-95.
- Izcara-Palacios, S. P. (2017b). Prostitution and migrant smuggling networks operating between Central America, Mexico and the United States. *Latin American Perspectives*. [En línea]. Disponible en: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0094582X17699910>. Fecha de consulta: 25 de marzo de 2017.
- Izcara-Palacios, S. P. y Andrade-Rubio, K. L. (2016).

La deportación de mujeres centroamericanas víctimas de trata. *Papeles de Población*. 22(90):173-196.

Izcara Palacios, S. y Andrade Rubio, K. (2018). Centroamericanas menores de edad prostituidas en California. *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*. 27(53): 77-97.

Kaestle, C. E. (2012). Selling and buying sex: a longitudinal study of risk and protective factors in adolescence. *Prevention Science*. 13(3):314-322.

Katsulis, Y. (2010). Youth sex workers on the US-Mexico border. *Wagadu: a Journal of Transnational Women's & Gender Studies*. 8: 115-143.

Kotrla, K. (2010). Domestic minor sex trafficking in the United States. *Social Work*. 55(2):181-187.

Kramer, L. A. and Berg, E. C. (2003). A survival analysis of timing of entry into prostitution: The differential impact of race, educational level, and childhood /adolescent risk factors. *Sociological Inquiry*. 73(4): 511-528.

Lepp, A. (2002). Trafficking in women and the feminization of migration: The Canadian context. *Canadian Woman Studies*. 21-22(4/1):90-99.

Loza, O., Strathdee, S. A., Lozada, R., Staines, H., Ojeda, V. D., Martínez, G. A., and Segura, P. M. (2010). Correlates of early versus later initiation into sex work in two Mexico-US border cities. *Journal of Adolescent Health*. 46(1):37-44.

Muftić, L. R. and Finn, M. A. (2013). Health outcomes among women trafficked for sex in the United States: A closer look. *Journal of interpersonal violence*. 28(9):1859-1885.

Olsson, U., Drasgow, F., and Dorans, N. J. (1982). The polyserial correlation coefficient. *Psychometrika*. 47(3): 337-347.

Pardo, A. y San Martín, R. (2010). *Análisis de datos en ciencias sociales y de la salud*. Madrid: Síntesis. 346 Pp.

Piper, N. (2005). A Problem by a Different Name?. A review of research on trafficking in South-East Asia and Oceania. *International migration*. 43(1-2): 203-233.

Reid, J. A. and Piquero, A. R. (2013). Age-graded risks for commercial sexual exploitation of male and female youth. *Journal of Interpersonal Violence*. 29(9): 1747-1777.

Robinson, L. N. (1997). The globalization of female child prostitution: A call for reintegration and recovery measures via article 39 of the United Nations

Convention on the Rights of the Child. *Indiana Journal of Global Legal Studies*. 5(1):239-261.

Roe-Sepowitz, D. E. (2012). Juvenile entry into prostitution the role of emotional abuse. *Violence Against Women*. 18(5):562-579.

Servin, A. E., Brouwer, K. C., Gordon, L., Rocha-Jimenez, T., Staines, H., Vera-Monroy, R. B., and Silverman, J. G. (2015). Vulnerability factors and pathways leading to underage entry into sex work in two Mexican-US Border cities, in *Journal of Applied Research on Children: Informing Policy for Children at risk*. [En línea]. Disponible en: <http://digitalcommons.library.tmc.edu/childrenatrisk/vol6/iss1/3/>. Fecha de consulta: 12 de julio de 2016.

TVPA, Victims of Trafficking and Violence Protection (2000). Public Law 106-386. [En línea]. Disponible en: <https://www.state.gov/documents/organization/10492.pdf>. Fecha de consulta: 21 de marzo de 2017.

United Nations (2000). Protocol to prevent, suppress and punish trafficking in persons, especially women and children, supplementing the United Nations Convention against transnational organized crime. [En línea]. Disponible en: <http://www.osce.org/odihr/19223?download=true>. Fecha de consulta: 21 de marzo de 2017.

U.S. Department of State (2014). *Trafficking in persons*. Report 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.state.gov/documents/organization/226847.pdf>. Fecha de consulta: 14 de julio de 2016.

U.S. Department of State (2015). *Trafficking in persons*. Report 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.state.gov/j/tip/rls/tiprpt/2015/>. Fecha de consulta: 14 de julio de 2016.

U.S. Department of State (2016). *Trafficking in persons*. Report 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.state.gov/j/tip/rls/tiprpt/2016/index.htm>. Fecha de consulta: 14 de julio de 2016.



Fotografía elaborada por: Eugenia Guadalupe Cienfuegos Rivera

Crecimiento de *Centrosema pubescens* Benth bajo fertilización nitrogenada más azufre en Ecuador

Centrosema pubescens Benth growth under nitrogen and sulfur fertilization more sulfur in Ecuador

Hilda Beatriz López-Hidalgo¹
 Juan Carlos Martínez-González^{1*}
 Holger Cristobal Salcán-Guamán²
 Luis Wilfrido Gusqui-Vilema²
 Diana Gabriela Balseca-Guzmán¹
 Eugenia Guadalupe Cienfuegos-Rivas¹

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario Victoria, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87149.

²Universidad Tecnológica Equinoccial, Extensión Santo Domingo, Centro de Investigación, Vía Chone km 4.5, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

*Autor para correspondencia:
 jmartinez@docentes.uat.edu.mx

Fecha de recepción:
 3 de junio de 2016

Fecha de aceptación:
 16 de diciembre de 2016

RESUMEN

La calidad y disponibilidad del forraje, principalmente de las gramíneas, disminuye en las regiones tropicales durante la época seca, ya que al madurar incrementa el contenido de carbohidratos estructurales y disminuye el de proteínas y la digestibilidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento inicial de *Centrosema pubescens* Benth, bajo fertilización nitrogenada y azufre. La siembra de *C. pubescens* se realizó en bolsas negras de polietileno. Se evaluaron dos tratamientos de fertilización nitrogenada 0 kg/N·ha⁻¹

(-NS) y 44 kg/N·ha⁻¹ (+NS), utilizando como fuente de nitrógeno sulfato de amonio. La fertilización se hizo al momento de la siembra, a los 15 d, 30 d y 60 d después de la siembra. El ensayo duró 12 semanas y se realizaron muestreos semanales de las siguientes variables: número de nódulos (NN), peso de nódulos (PN), longitud de raíz (LR), materia seca parcial (MSP), altura de planta (AP), índice de área foliar (IAF), tasa de acumulación neta (TAN), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa relativa de crecimiento (TRC) y área foliar específica (AFE). Se utilizó un

análisis de regresión para estimar curvas de crecimiento y líneas de tendencia. El tratamiento +NS provocó la disminución significativa de NN (- 10) y PN (- 0.72 g) ($P < 0.05$). Resultados no significativos ($P > 0.05$) fueron observados en LR con 42.0 cm y 42.8 cm para +NS y -NS, respectivamente. Mientras que para MSP y AP, los tratamientos afectaron positivamente, el comportamiento ($P < 0.05$). El resto de las variables (IAF, TAN, TCC, TRC y AFE) no fueron afectadas por los tratamientos ($P > 0.05$). La fertilización con nitrógeno más azufre mejoró el establecimiento de *C. pubescens* con fines forrajeros.

PALABRAS CLAVE: variables agronómicas, variables fisiológicas, leguminosas, andosoles.

ABSTRACT

The quality and availability of forage, mainly from grasses, decreases in the tropical regions during the dry season, since when it matures it increases the content of structural carbohydrates and decreases the protein and the digestibility. The objective of this study was to evaluate the initial growth of *Centrosema pubescens* Benth, under nitrogen and sulfur fertilization. The planting of *C. pubescens* was carried out in black polyethylene bags. Two treatments of nitrogen fertilization $0 \text{ kg/N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (-NS) and $44 \text{ kg/N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (+NS) were evaluated using ammonium sulfate as the nitrogen source. Fertilization was done at the time of planting, at 15 d, 30 d and 60 d after sowing. The experiment lasted 12 weeks and weekly sampling of the following variables was done: number of nodules (NN), nodule weight (NW), root length (RL), partially dry matter (PDM), plant height (PH), leaf area index (LAI), net accumulation rate (NAR), crop growth rate (CGR), relative growth rate (RGC) and specific leaf area (SLA). A regression analysis was used to estimate growth curves and trend lines. The +NS treatment caused a significant decrease of NN (- 10) and NW (- 0.72 g) ($P < 0.05$). Nonsignificant result was observed in RL ($P > 0.05$) with 42.0 cm and 42.8 cm for +NS and -NS, respectively. However, for

PDM and PH the treatments affected positively their behavior ($P < 0.05$). The rest of the variables (LAI, NAR, CGR, RGR and SLA) were not affected by the treatments ($P > 0.05$). Fertilization with nitrogen plus sulfur improved the establishment of *C. pubescens* for fodder purposes.

KEYWORDS: agronomic variables, physiological variables, legumes, andosols.

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, el 30 % de la superficie presenta suelos andosoles que se desarrollaron a partir de cenizas volcánicas y evidencian poca a moderada evolución; se registra un apreciable contenido de alófana (arcillas amorfas), baja densidad aparente y alta fijación de fósforo. Estos suelos se ubican en las zonas altas y húmedas de la serranía ecuatoriana, cubiertos por vegetación de páramo. Hacia el callejón interandino y la costa, son muy utilizados para realizar actividades agrícolas, ya que presentan buenas condiciones de fertilidad (Calvache, 2014). Silva y col. (2010), mencionaron que la fertilización nitrogenada y las combinaciones de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S): N-P, N-S y N-P-S son fundamentales para mantener altos rendimientos en suelos andosoles. Sin embargo, en regiones tropicales, en ciertas épocas del año, particularmente en época seca, la calidad y disponibilidad del forraje es limitado.

De manera general, las gramíneas son la principal fuente de alimento para el ganado, las cuales, en las zonas tropicales maduran relativamente rápido, característica que está asociada con el aumento de lignina, la disminución de la digestibilidad y del contenido de proteína (Quero y col., 2007), por lo tanto, su calidad nutritiva es baja y no satisfacen las necesidades alimenticias de los rumiantes.

Una opción para solucionar el problema de la alimentación del ganado en el trópico es utilizar leguminosas; las mismas que, además

de presentar forraje con alto valor proteico, tienen la capacidad de ser tolerantes a diferentes ambientes (Sánchez y Faría, 2013). Por lo que su estudio, ya sea solas o en asociación con gramíneas, generará información que le permitirá al productor incrementar el rendimiento de sus praderas (Rojas y col., 2005).

Las fabáceas, aparte de favorecer la fijación biológica de nitrógeno atmosférico, han demostrado que pueden satisfacer los requerimientos de nitrógeno del cultivo de maíz, controlar malezas, proteger el suelo de la erosión y crear otros beneficios ecológicos. *Centrosema pubescens* Benth es una leguminosa de amplia distribución y adaptación en Latinoamérica, tolerante a la sombra (Castillo y col., 2011), sequía, suelos ácidos, mal drenados y de baja fertilidad (Rodríguez y col., 2003), además posee cualidades agronómicas, tales como alta producción de forraje (Pirela-León y col., 2003), semilla y capacidad de enraizamiento (Rodríguez y col., 2003).

Chingala y col. (2013), también destacan las características nutrimentales de *C. Pubescens*, como su alto contenido de proteína (21 %) y de fibra detergente neutra (47 %). Por sus cualidades, *C. pubescens* es utilizada en muchos países para incrementar la calidad de la dieta de los animales (Pirela-León y col., 2003; Rodríguez y col., 2003; Chingala y col., 2013). Sin embargo, el establecimiento de una leguminosa requiere de ciertas condiciones para evitar los efectos de competencia, que provoquen desplazamiento o muerte de la leguminosa. Hay efectos de la fertilización con nitrógeno que pueden favorecer o perjudicar el desarrollo de las plantas, la producción y la fijación de nitrógeno (Esquivel y col., 2014), dependiendo de la especie y etapa vegetativa en que se encuentre. Poco se ha investigado de los efectos de la fertilización nitrogenada en la etapa inicial del crecimiento; el cual puede resultar beneficioso para un mayor desarrollo de sus componentes botánicos (Faría-Mármol y col., 2005).

Las leguminosas requieren azufre en cantidades considerables, en algunos casos es equiparable a las necesidades del fósforo. En ocasiones, el azufre ha sido detectado como elemento deficiente en suelos tropicales de Ecuador. Otros investigadores (Lugo-Soto y col., 2009; Pérez y col., 2009), señalaron que el fósforo es un elemento limitante en el crecimiento de cultivares de *C. pubescens*.

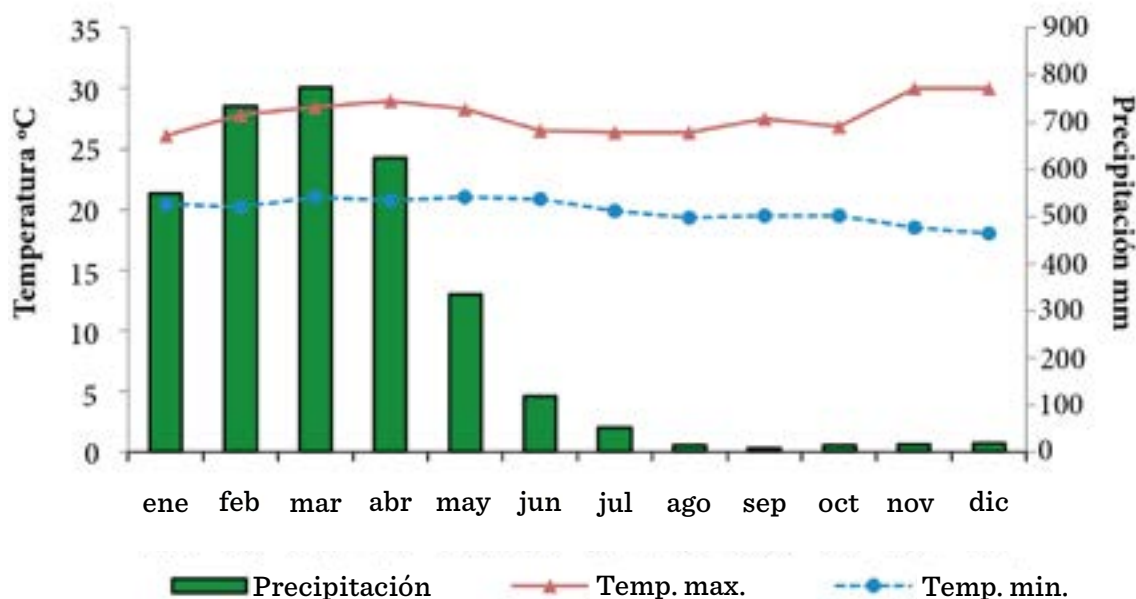
El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada y azufrada sobre el crecimiento inicial de *C. pubescens*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Granja Experimental “El Oasis”, de la Escuela de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Tecnológica Equinoccial, campus Santo Domingo, Ecuador. El sitio experimental se localiza geográficamente a 0°13'37" N y 79°15'04" W. El clima prevaleciente es tropical húmedo, con temperatura media anual de 23.5 °C y precipitación anual de 3 257 mm (Figura 1), con el 92.8% en los primeros cinco meses (enero a mayo) (SENPLADES, 2010).

El establecimiento de *C. pubescens* se llevó a cabo en enero de 2012. Previo a la siembra, las semillas fueron escarificadas, usando ácido sulfúrico al 10 % durante 10 min para favorecer la germinación (Reino y col., 2011). La siembra se realizó en macetas (bolsas negras de polietileno con una capacidad aproximada de 2 kg), el suelo utilizado fue de origen volcánico (andosol), que se recolectó a una profundidad de 0 cm a 20 cm. Las características químicas del suelo fueron analizadas previamente y proporcionadas por el Laboratorio de Química de la Universidad Tecnológica Equinoccial, campus Santo Domingo (Tabla 1).

Se contó con 120 plantas, donde la parcela experimental estuvo compuesta por 60 plantas. Se ubicaron 5 plantas en un total de 12 filas sobre una plataforma de cemento a campo abierto. La fertilización del suelo (N y macro-



■ Figura 1. Medias mensuales de precipitación y temperatura (máxima y mínima) durante el año 2012 en la Estación Climatológica de la Universidad Tecnológica Equinoccial, campus Santo Domingo, Ecuador.

Figure 1. Monthly average of precipitation and temperature (maximum and minimum) during 2012 at the climatological station of the Universidad Tecnológica Equinoccial, campus Santo Domingo, Ecuador.

nutrientes P, K, S y Mg), se realizó al momento de preparar las bolsas con el fin de garantizar una adecuada emergencia de las plantas. Los tratamientos consistieron en la aplicación de $0 \text{ kg/N}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $44 \text{ kg/N}\cdot\text{ha}^{-1}$, de acuerdo a lo recomendado por Bernal y Espinosa (2003).

Durante el periodo de crecimiento de la leguminosa se hicieron fertilizaciones en la base de la planta 15 d después de la germinación, y 30 d y 60 d después; para -NS se aplicó 1 g de fertilizante mineral K-Mag® (Laboratorios Fertisa, Ecuador), que contiene 0 mg N, 0 mg P, 220 mg K, 180 mg Mg y 220 mg S, las cuales corresponden a dosis de 297 kg/ha^{-1} de K, 243 kg/ha^{-1} de Mg y 297 kg/ha^{-1} de S. Estas fertilizaciones fueron obtenidas del manual de nutrición y fertilización de pastos (Bernal y Espinosa, 2003). Mientras que al tratamiento +NS, además del 1 g de K-mag®, se adicionó 1 g de sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, que contiene 21 % N y

24 % S (Quarek, Ecuador) que correspondió a una dosis de 284 kg/ha^{-1} , 297 kg/ha^{-1} , 621 kg/ha^{-1} y 243 kg/ha^{-1} de N, K, S y Mg, respectivamente.

Para determinar el crecimiento de las plantas de *C. pubescens*, se realizaron 12 muestreos destructivos (uno por semana), correspondientes a las 12 semanas de investigación. Cada muestreo constó de la separación de nódulos, raíz, tallo y hojas de cinco plantas por semana.

Las variables agronómicas estudiadas fueron: número de nódulos (NN), se contaron los nódulos de colores rosados y sanos; longitud de la raíz (LR), fue necesario lavar con agua corriente la raíz para quitar el exceso de tierra, luego se midió (cm) desde el cuello hasta la cofia, empleando un flexómetro (Mod. 30608 Stanley®, USA); peso de nódulos (PN), consistió en colocar directamente los nódulos en una balanza (Mod. H-5851 Ohaus Scout®,

■ Tabla 1. Características químicas del suelo andosol de la Granja Experimental “El Oasis”, durante el año 2012.

Table 1. Chemical characteristics of the andosols soil from the “Oasis” Experimental Farm, during 2012.

Propiedad	Valores en muestra	NORM-021-SEMARNAT-2000
Textura	Arcillosa	
Color	Negro	
pH	5.9	Moderadamente ácido
Materia Orgánica (%)	2.2	Muy bajo
Amoniaco (NH ₄)	41.0	Alto
Fósforo (mg/kg)	6.47	Medio
Azufre (mg/kg)	6.31	Medio
Micro nutrientes		
Hierro (mg/kg)	42.0	Adecuado
Cobre (mg/kg)	5.6	Adecuado
Zinc (mg/kg)	1.9	Adecuado
Manganeso (mg/kg)	2.8	Deficiente
Boro (mg/kg)	0.3	Muy bajo
Bases intercambiables		
Potasio intercambiable	0.3	Media
Calcio intercambiable	8.3	Media
Magnesio intercambiable	2.9	Media

USA) (g); altura de planta (AP), se midió con un flexómetro desde la base hasta el ápice (cm); y área foliar (AF), se determinó utilizando la metodología empleada por Rincón y col. (2000).

Las muestras fueron secadas por 48 h en estufa (Horno de secado de plantas, Terlab MA 1001, Monterrey, México) a 65 °C para obtener la materia seca parcial (MSP; g).

El diseño experimental empleado fue de bloques completos al azar con factores anidados (SAS, 2004). Las fechas de muestreo (n = 12) fueron anidadas dentro del nivel de fertilización (n = 2) mediante el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j(i) + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = variable de respuesta; μ = media general; α_i = efecto el i-ésimo tratamiento; $\beta_j(i)$ = efecto

del j-ésimo muestreo anidado en el i-ésimo tratamiento; y ϵ_{ijk} = error experimental.

Para generar las curvas de crecimiento en el tiempo se utilizó un análisis de regresión (SAS, 2004), con el siguiente modelo:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \epsilon$$

Dónde:

Y_i = variable dependiente, i-ésima observación; β_0 , β_1 , β_2 parámetros de la ecuación que generalmente son desconocidos; X_i = valor de la i-ésima observación de la variable independiente; y ϵ = error asociado al modelo.

La eficiencia fisiológica de la planta (Aguilar-García y col., 2005; Carranza y col., 2009) fue estimada a través del índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE), tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), y tasa relativa de crecimiento (TRC).

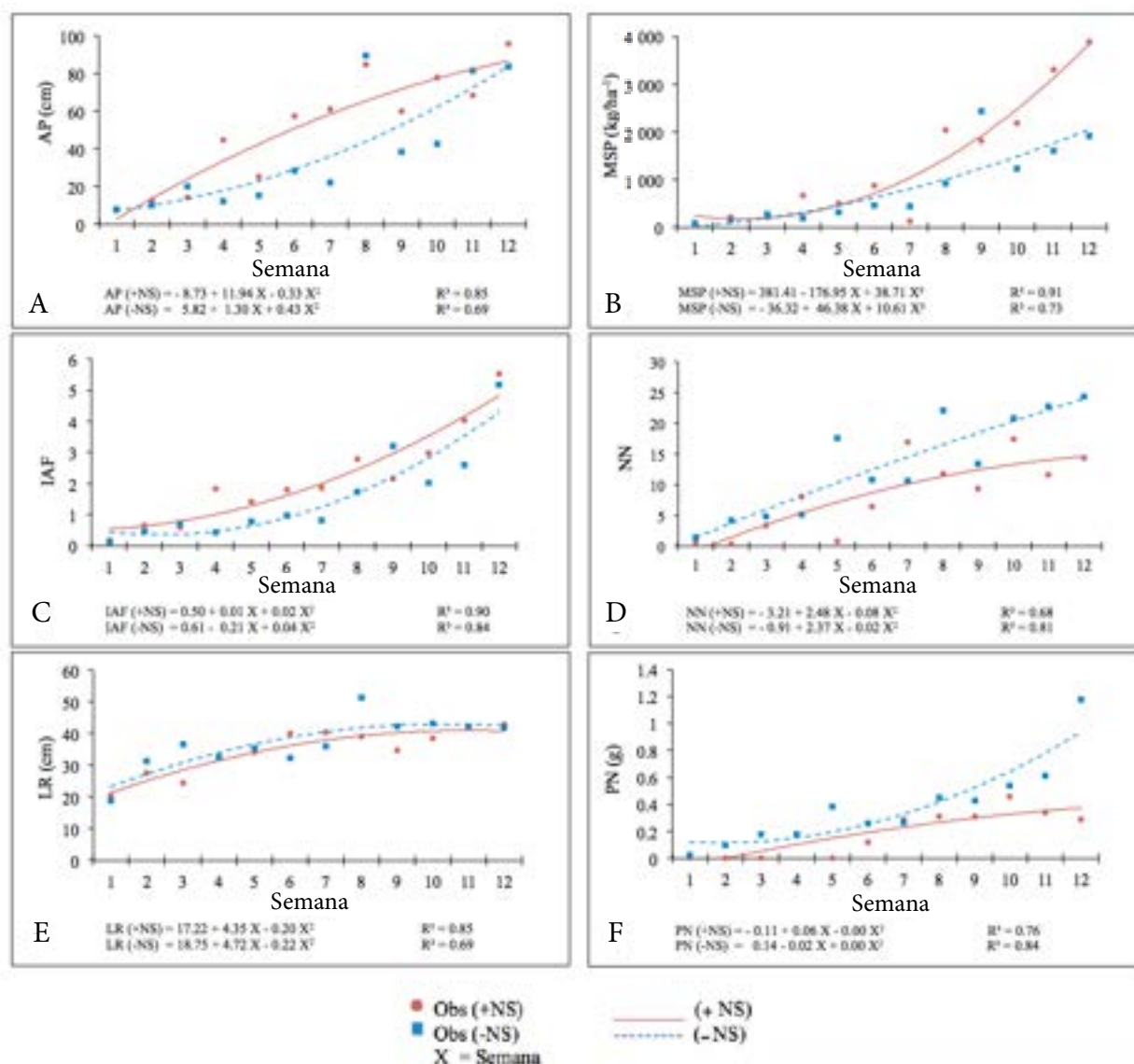
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio, las plantas de centrosema (*C. pubescens*) mostraron un crecimiento cuadrático durante las 12 semanas, (Figura 2A), con efecto significativo ($P < 0.05$) de los tratamientos con nitrógeno y azufre (+NS), en donde la mayor altura de planta se observó con la aplicación de +NS (96 cm), mientras que las plantas que no recibieron estos nutrientes (-NS), solo alcanzaron una altura de 84.8 cm a las 12 semanas. Por su parte, Olivera y col. (2005), al realizar un experimento para evaluar una colección de *Centrosema* spp. en suelos ácidos, encontraron que los *C. pubescens* CIAT-5151, PII-84 y CIAT-476 fueron más promisorios que el resto de cultivares, promediando una altura de plantas de 20.3 cm superior al promedio de todos los cultivares (16.7 cm). Los resultados obtenidos en este trabajo, para AP fueron similares a los obtenidos por Faria-Mármol y col. (2005), quienes estudiaron 10 ecotipos de *C. Pubescens* y hallaron que en el crecimiento en etapas tempranas la AP fue de 93.5 cm; lo cual indicó que independientemente del tratamiento de fertilización las plantas presentaron un desarrollo normal. En otro experimento, Rincón-Rosales y col. (2011), estudiaron la tolerancia al Aluminio (Al) en la arbustiva *Acaciella angustissima* (Mill.) inoculada con *Sinorhizobium mexicanum*, observando que la arbustiva mostró menor altura en presencia del Al y tuvo mejor comportamiento en las plantas inoculadas.

De igual manera, la variable de MSP manifestó que a partir de la quinta semana (Figura 2B), las plantas tratadas con +NS tuvieron una mayor acumulación de biomasa ($P < 0.05$), registrándose un mayor aporte en la última semana con 3 884 kg/ha⁻¹, en comparación a 1 923 kg/ha⁻¹, correspondiente al tratamiento -NS. Estos resultados coinciden con los de Rodríguez y col. (2003), quienes al analizar el potencial agronómico de *Centrosema pubescens*, en condiciones de sabana bien drenada, del estado Anzoátegui, Vene-

zuela, descubrieron que el rendimiento promedio durante la época de lluvias fue de 1 214 kg/MS/ha⁻¹ corte⁻¹. Resultados que están ligados con AP, ya que como se mencionó anteriormente, las plantas con el tratamiento de +NS mostraron mayor altura. Sin embargo, a pesar de haberse presentado mayor altura y acumulación de biomasa en las plantas con la aplicación de +NS, el IAF no se vio afectado ($P > 0.05$). Los dos tratamientos en leguminosas provocaron un crecimiento cuadrático (Figura 2C).

El efecto de la aplicación de +NS en la parte aérea aportó una mayor AP y MSP. Se observó que las plantas -NS exhibieron mayor NN ($P < 0.05$) durante todas las semanas de evaluación (Figura 2D). Las plantas -NS presentaron 24 NN a las 12 semanas, mientras que las plantas que recibieron +NS solo tuvieron 14 NN. Además, los nódulos de las plantas con +NS se tornaron de color gris y en muchas ocasiones se encontraban vacíos (no funcionales). Excepto para NN y PN, el resto de las variables agronómicas se vieron beneficiadas por la aplicación de nitrógeno y azufre (Figura 2). Estos resultados concuerdan con los de Esquivel y col. (2014), quienes señalaron un efecto negativo de la fertilización a base de nitrógeno en la fijación de nitrógeno. Por otro lado, Bécquer y Prévost (2014), al analizar el potencial de formación de nódulos en leguminosas forrajeras y de granos de rizobios, nativos de Sancti Spiritus, Cuba, citaron que la nodulación fue escasa, de tamaño mediano y de color rosa en *Centrosema* spp. Similarmente, Rincón y col. (2000), al analizar la *Leucaena*, descubrieron diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) en el número de nódulos por planta con valores de 8.1, 10.4 y 5.3, respectivamente. Asimismo, Silva y col. (2006), no encontraron efecto de la fertilización nitrogenada sobre la actividad microbial y rendimiento de avena forrajera en un suelo andosol del departamento de Nariño, Colombia. En este estudio, la actividad microbial se incrementó



■ Figura 2. Comparación de la tendencia de crecimiento inicial de *Centrosema pubescens* bajo efecto de fertilización nitrogenada (+NS y -NS), para las variables: A = altura de planta (AP), B = materia seca parcial (MSP), C = índice de área foliar (IAF), D = número de nódulos (NN), E = longitud de raíz (LR) y F = peso de nódulos (PN), en Santo Domingo, Ecuador durante 2012.

Figure 2. Comparison of the initial growth trend in *Centrosema pubescens* under the effect of nitrogen fertilization (+NS and -NS): A = plant height (PH), B = partially dry matter (PDM), C = leaf area index (LAI), D = number of nodules (NN), E = root length (RL) and F = nodule weight (NW), in Santo Domingo, Ecuador during 2012.

con la aplicación del fertilizante a la siembra, y a los 45 d y con las dosis altas, sin importar la fuente empleada; la época de aplicación no afectó el número de bacterias, ni la población de hongos, pero sí la de actinomicetos, cuyo número aumentó con la aplicación del fertilizante al momento de la siembra. Las dosis altas de nitrato de potasio

incrementaron las poblaciones de bacterias y actinomicetos.

Sin embargo, Brevedan y col. (2007), demostraron que en estudios realizados en soja, la fertilización presembrado o temprana con altos niveles de nitrógeno están asociados con el aumento de biomasa, lo cual es sinónimo

de un mayor crecimiento vegetativo. Existe la posibilidad de obtener mayor cantidad MSP con la aplicación de N, debido a que al inicio del crecimiento, las plantas aún no desarrollan los nódulos que permiten captar N atmosférico, por lo tanto, la aplicación de N tiende a cubrir las necesidades de las plantas en su etapa temprana de crecimiento.

Los tratamientos de fertilización para longitud de la raíz (LR) en las plantas de *C. pubescens* no mostraron efecto significativo ($P > 0.05$), el incremento de longitud al término de las 12 semanas fue de aproximadamente 20 cm en ambos tratamientos (Figura 2E).

En un trabajo para estudiar la tolerancia al Al de la arbustiva *Acaciella angustissima* (Mill.), inoculada con *Sinorhizobium mexicanum*, se reportó que el peso de la raíz no se modificó por el efecto del inóculo (Rincón-Rosales y col., 2011). Díaz y col. (2011), indicaron que el posible aumento en longitud de las raíces puede ser el resultado de que las plantas sin fertilización nitrogenada busquen los nutrientes, alargando sus raíces, mientras que en las plantas fertilizadas (+NS), las raíces no crecen por la disponibilidad de los elementos en el suelo. Sin embargo, en este estudio no se apreciaron diferencias en la longitud de la raíz, posiblemente como resultado de que el crecimiento estaba limitado por la bolsa de polietileno.

Por otro lado, Gómez-Carabalí y col. (2010), realizaron un estudio para determinar las diferencias en la distribución de raíces, absorción y utilización de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, y S) de una gramínea forrajera C4 (*Brachiaria dictyoneura*) y dos leguminosas C3 (*Arachis pintoi* y *Centrosema macrocarpum*), creciendo bajo dos niveles de fertilización; no encontraron diferencias significativas en biomasa de raíces entre la gramínea y las leguminosas. *Centrosema macrocarpum* tuvo la más alta absorción de N, Ca y S.

Para el PN, se observó que las plantas que no recibieron fertilización (-NS) mostraron un valor promedio final de 1.17 g, que fue significativamente menor ($P < 0.05$) al alcanzado por las plantas con fertilización (+NS) de 0.28 g. Este resultado, bajo las condiciones estudiadas, es posible que se haya presentado como respuesta al mayor número de nódulos (24), por la restricción de nitrógeno (-NS; Figura 2F).

La aplicación de nitrógeno y azufre tuvo un efecto positivo en la parte aérea de las plantas, provocando un mejor desarrollo, pero no la tuvo para la fracción subterránea, afectando negativamente ($P < 0.05$) el desarrollo de NN y PN. Estos resultados son similares a los de Mayz (2007), quien al evaluar el efecto de la fertilización en *Cajanus cajan*, observó un mayor número de nódulos en las plantas sin fertilización, mientras que al aplicar nitrógeno, el número de nódulos se redujo hasta en un 80 % aproximadamente. Además, este autor mencionó que los nódulos sin tratamiento nitrogenado se tornan de color rosado a rojo, que es indicación de nódulos activos. Sin embargo, en el presente estudio, en las plantas que recibieron nitrógeno y azufre (+NS), el color de los nódulos fue blanco (Figura 3), lo que indica un efecto adverso sobre la formación y actividad de la leghemoglobina; impidiendo que llegue el oxígeno a los bacteroides y en consecuencia se evite o controle la fijación de nitrógeno (Sadava y col., 2009), mientras que el PN, es producto del mayor número de nódulos presentados por la restricción de nitrógeno.

Las variables de eficiencia fisiológica: AFE, TAN, TRC y TCC, no fueron influenciadas por el tratamiento de nitrógeno y azufre (Figura 4). Se observó que en los dos tratamientos (-NS y +NS), las plantas tuvieron una tendencia negativa en AFE, TAN y TRC, a medida que transcurría la investigación (Figura 4A, 4B y 4C). De manera contraria, la TCC, para *C. pubescens*, mantuvo una tendencia positiva desde el inicio de la investigación en ambos tratamientos (Figura 4D).



■ **Figura 3.** Desarrollo de la raíz de acuerdo a la fertilización con nitrógeno y azufre (+NS) y la no fertilización (-NS) en *Centrosema pubescens*.
Figure 3. Development of the root according to the fertilization with nitrogen and sulfur (+NS) and nonfertilization (-NS) in *Centrosema pubescens*.

Las variables de eficiencia fisiológica no fueron afectadas por los tratamientos ($P > 0.05$). Como era de esperarse, el IAF en las plantas, independientemente del manejo de la fertilización, tiende a incrementar con el paso del tiempo. Datos similares fueron observados por Hoyos y col. (2009), en un estudio de espinaca, bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada, los cuales indicaron que la fertilización con nitrógeno incrementa el IAF por unidad de suelo. Esto pudo ser debido a que el nitrógeno provoca el aumento

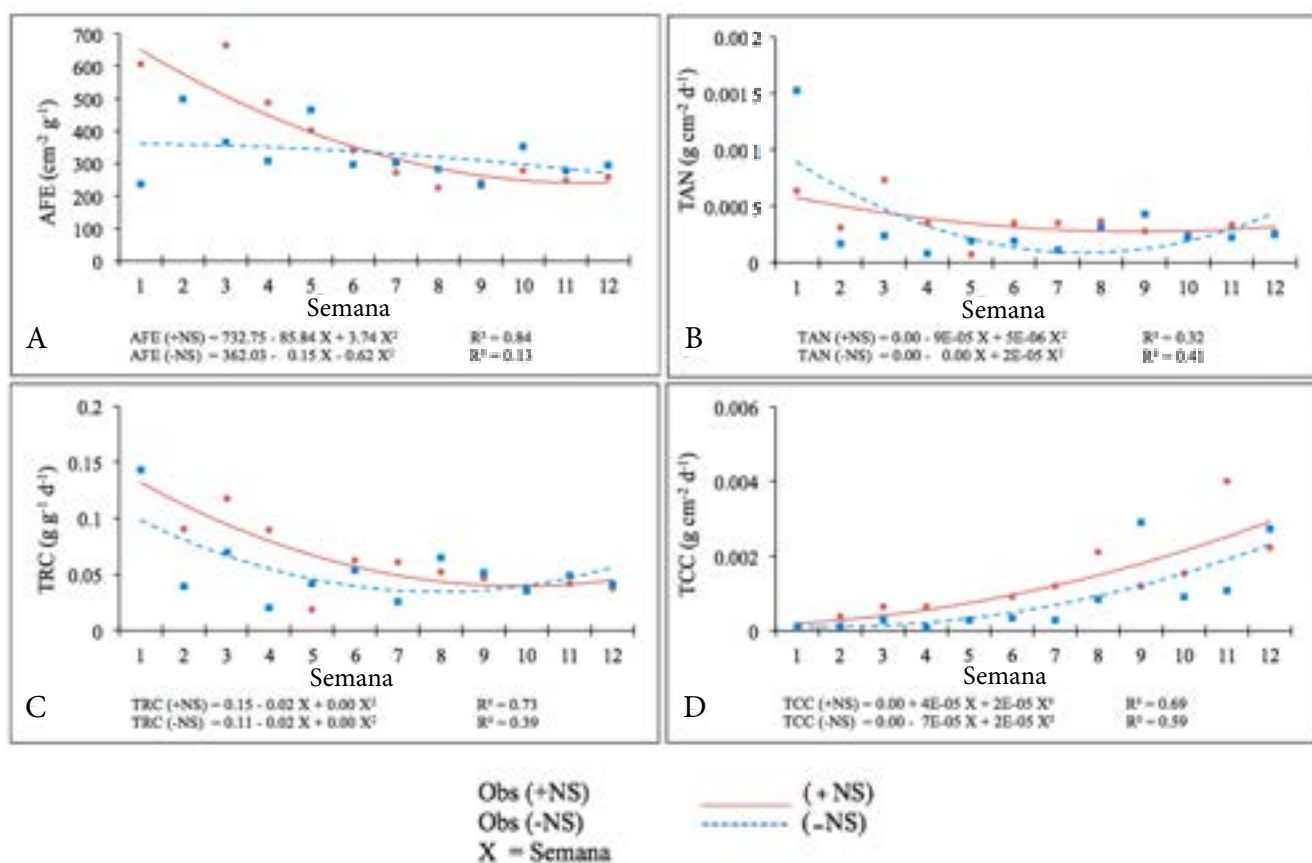
de número de hojas y una mayor expansión foliar. Probablemente, en este estudio no se observaron efectos de la aplicación del fertilizante (+NS) por lo limitado del tiempo de estudio (12 semanas). El área foliar específica (AFE) mostró un decremento a medida que avanzó el ciclo biológico.

Por su parte, Carranza y col. (2009), comentaron que la disminución de TAN se puede deber a una menor interceptación de la radiación solar por parte de las hojas, ya que las mismas, al crecer, tienden a superponerse.

Según Hoyos y col. (2009), la TRC se vio afectada, debido probablemente a la mayor acumulación de materia seca, en relación a la producción de fotoasimilados, durante el crecimiento del cultivo. Asimismo, mencionaron que la fertilización nitrogenada puede disminuir el AFE. Sin embargo, la nutrición nitrogenada afecta el desarrollo de la estructura foliar y a las variables de crecimiento (área foliar, duración del área foliar y tasa de expansión foliar), pero no modifica el área foliar por unidad de masa (Grazia y col., 2001).

Por otra parte, la aplicación de nitrógeno para la época seca favorece el desarrollo de la TAN (Del-Pozo y col., 2001); de igual manera, la fertilización favorece a la TRC (Hoyos y col., 2009). El incremento de la TCC es resultado de la constante división celular en los tejidos meristemáticos, tendiendo a incrementar de manera más rápida con la aplicación de fertilización nitrogenada (Hoyos y col., 2009).

En este experimento no fue posible aislar los efectos individuales de los fertilizantes nitrógeno y azufre, debido a que se usó sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, que contiene 21 % N y 24 % S). Según Silva y col. (2010), la fertilización con N y S son sinérgicos en los suelos andosoles. Estos mismos autores mencionaron que cuando se utiliza el sulfato de amonio generalmente se satisfacen las necesidades de azufre.



■ Figura 4. Comparación de la tendencia de crecimiento inicial de *Centrosema pubescens* bajo efecto de fertilización nitrogenada (+NS y -NS), para las variables de eficiencia fisiológica: A = Área foliar específica (AFE), B = tasa de acumulación neta (TAN), C = tasa relativa de crecimiento (TRC) y D = tasa de crecimiento del cultivo (TCC) en Santo Domingo, Ecuador durante 2012.

Figure 4. Comparison of the initial growth trend in *Centrosema pubescens* under the effect of nitrogen fertilization (+NS and -NS), for physiological efficiency variables: A = specific leaf Area (SLA), B = net accumulation rate (NAR), C = relative growth rate (RGR) and D = crop growth rate (CGR) in Santo Domingo, Ecuador during 2012.

CONCLUSIONES

La leguminosa *C. pubescens*, en presencia de nitrógeno y azufre, presenta mayor altura y produce más materia seca parcial. Sin embargo, con el uso de fertilización nitrogenada y azufre se disminuye el número y peso de los nódulos. Las variables de eficiencia fisiológica: área foliar específica, tasa de acumulación neta, tasa relativa de crecimiento

y tasa de crecimiento del cultivo no se afectaron por el nivel de fertilización con nitrógeno y azufre. Se recomienda seguir investigando el efecto de los nutrientes en el desarrollo de las leguminosas, por ser plantas de interés para alimentación humana y animal, así como por su aporte en la fertilidad del suelo, al ser plantas fijadoras de nitrógeno atmosférico.

REFERENCIAS

- Aguilar-García, L., Escalante-Estrada, J. A., Fucikovsky-Zak, L., Tijerina-Chávez, L. y Mark, E. (2005). Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra Latinoamericana*. 23(3): 303-310.
- Bécquer, C. J. y Prévost, D. (2014). Potencial

de formación de nódulos en leguminosas forrajeras y de granos de rizobios, nativos de Sancti Spiritus, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 48(3): 301-307.

Bernal, J. y Espinosa, J. (2003). *Manual de nutrición y fertilización de pastos*. Quito, ECU: International Plant Nutrition Institute/Editorial. 94 Pp.

Brevedan, R. E., Fioretti, M. N., Baioni, S. S., Palomo, I. R., and Laborde, H. (2007). Fertilización nitrogenada de soja bajo riego. *International Journal of Experimental Botany*. 76(1): 153-167.

Calvache, M. (2014). El suelo y la productividad agrícola en la Sierra del Ecuador, en *XIV Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. [En línea]. Disponible en: https://www.academiaedu/9324382/LOS_SUELOS_DEL_ECUADOR. Fecha de consulta: 21 de octubre de 2016.

Carranza, C., Lancho, O., Miranda, D. y Chaves, B. (2009). Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Batavia cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*. 27(1): 41-48.

Castillo, R., Vecino, U., Cedié, Y. y Dixon, Y. (2011). Leguminosas nativas en áreas ganaderas de la Isla de la Juventud, Cuba. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 15(1): 13-27.

Chingala, G., Mtimuni, J. P., Msiska, H., Gondwe, T., and Chigwe, F. C. (2013). Milk production performance of Friesian-Holstein cows fed diets containing *Medicago sativa*, *Centrosema pubescens*, or groundnut haulms (*Arachis hypogaea*). *Tropical Animal Health and Production*. 45(7): 1485-1488

Del-Pozo, P. P., Herrera, R. S., García, M., Cruz, A. M. y Romero, A. (2001). Análisis del crecimiento y desarrollo del pasto estrella con y sin adición de fertilizante nitrogenado. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 35(1): 51-58.

Díaz, J. G., Rojas, G., Him, Y., Hernández, N., Torrealba, E. y Rodríguez, Z. (2011). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento en vivero de Cocuy (*Agave cocui* Trelease). *Revista de la Facultad de Agronomía*. 28(1): 264-272.

Esquivel, A., Lamadrid, L. J., Díaz, B., Torres, R. y Pérez, E. (2014). Efecto de la fertilización mineral y biológica sobre tres genotipos de frijol común en un suelo ferralítico rojo típico. *Centro Agrícola*. 41(1): 19-23.

Faría-Mármol, J., Morillo, D. E., and Chirinos, Z. (2005). Effect of defoliation frequencies on the dry matter yield and nutrient content of two *Centrosema* species. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 13(1): 13-18.

Gómez-Carabalí, A., Idupulapati-Madhusudana, R., and Ricaute, J. (2010). Differences in root distribution, nutrient acquisition and nutrient utilization by tropical forage species grown in degraded hillside soil conditions. *Acta Agronómica*. 59(2): 197-210.

Grazia, J., Tittonell, P. A. y Chiesa, Á. (2001). Efecto de la época de siembra, radiación y nutrición nitrogenada sobre el patrón de crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Investigación Agrícola: Producción Protegida Vegetal*. 16(3): 355-365.

Hoyos, V., Rodríguez, M., Cárdenas-Hernández, J. F. y Balaguera-López, H. E. (2009). Análisis del crecimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo el efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 3(2): 175-187.

Lugo-Soto, M., Ramírez, R. y Entrena, I. (2009). Roca fosfórica y superfosfato triple como fuentes de fósforo para *Centrosema* en un suelo ácido. *Zootecnia Tropical*. 27(4): 443-456.

Mayz, F. J. (2007). *Cajanus Cajan* L. Fijación biológica de nitrógeno (FBN) en un suelo de sabana. Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 24(1): 312-317.

Olivera, Y., Machado, R., Ramírez, J. y Cepero, B. (2005). Evaluación de una colección de *Centrosema* spp. en un suelo ácido. *Pastos y Forrajes*. 28(2): 99-106.

Pérez, M. J., Morillo, M. y Malpica, L. (2009). Eficiencia de cuatro especies de *Centrosema* para utilizar fósforo de la roca fosfórica Riecito en suelos con diferentes capacidades de retención de fósforo. *Zootecnia Tropical*. 27(3): 239-247.

Pirela-León, M. F., Morillo, D. E. y Faría-Mármol, J. (2003). Evaluación de cinco accesiones de *Centrosema pubescens* para la alimentación de bovinos en un bosque húmedo tropical. *Revista Científica*. 13(1): 28-32.

Quero, A. R., Enríquez, J. F. y Miranda, L. (2007). Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o status quo. *Interciencia*. 32(8): 566-571.

Reino, J., Sánchez, J. A., Muñoz, B., González, Y. y Montejo, L. (2011). Efecto combinado de la escarificación y la temperatura en la germinación de semillas de leguminosas herbáceas. *Pastos y Forrajes*. 34(2):179-184.

Rincón, J. J., Clavero, T., Razz, R., Pietrosoli, S., Méndez-Castro, F. y Noguera, N. (2000). Efecto de la inoculación con cepas nativas e introducidas de *Rhizobium* sobre la fijación de nitrógeno en leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit). *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. 17(4): 342-357.

Rincón-Rosales, R., Ruíz-Valdiviezo, V. M., Montes-Molina, J. A., Gutiérrez-Miceli, F. A., and Luc Dendooven, L. (2011). Aluminium tolerance in the tropical leguminous N₂-fixing shrub *Acaciella angustissima* (Mill.) Britton & Rose inoculated with *Sinorhizobium mexicanum*. *Gayana Botánica*. 68(2): 188-195.

Rodríguez, I., Flores, A. y Schultze-Kraft, R. (2003). Potencial agronómico de *Centrosema pubescens* en condiciones de sabana bien drenada del estado Anzoátegui, Venezuela. *Zootecnia Tropical*. 21(2):197-217.

Rojas, S., Olivares, J., Jiménez, R. y Hernández, E. (2005). Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico, en *Redvet*. [En línea]. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505/050509.pdf>. Fecha de consulta: 10 de enero de 2012.

Sadava, D., Heller, H., Orians, G., Purves, W. y Hillis, D. (2009). Las plantas con flor: forma y función. La nutrición de las plantas. En D. Sadava, G., Heller, G., Orians, W, Purves, y D. Hillis, (Eds.), *Vida la ciencia de la biología* (pp. 780-795). Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana.

Sánchez, A. y Faría, J. M. (2013). Efecto de la madurez de la planta en el contenido de nutrientes y la digestibilidad en una asociación *Cenchrus ciliaris*-*Leucaena leucocephala*. *Zootecnia Tropical*. 31(1):16-23.

SAS, Statistical Analysis System (2004). SAS/STAT 9.1 User's guide: Basics. Institute Statistical Analysis System. Cary, NC, USA. [En línea]. Disponible en: https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/sasdoc_91/stat_ug_7313.pdf.

Fecha de consulta: 10 de enero de 2012.

SENPLADES, Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2010). *Agenda zonal para el buen vivir, propuestas de desarrollo y lineamientos para el ordenamiento territorial*. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo y el Programa. Quito, Ecuador: Monsalve Moreno. 74 Pp.

Silva, P. A., Coral, E. D. M. y Menjivar, F. J. C. (2006). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la actividad microbiana y rendimiento de avena forrajera en un suelo Andisol del departamento de Nariño, Colombia. *Acta Agronómica*. 55(1): 65-74.

Silva, P. A., Menjivar, J. C., Alaya, C. A. y Gómez, H. F. (2010). Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre sobre la recuperación de una pradera degradada de kikuyo *Pennisetum clandestinum* Hoechst en Nariño, Colombia, en *XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. [En línea]. Disponible en: <http://www.secsue.org/wp-content/uploads/2015/06/9.-Amanda-Silva-kikuyo.-U.-Narino-Colombia.pdf>. Fecha de consulta: 10 de enero de 2012.



Tomado de: <https://pixabay.com/es/cangrejo-punto-azul-mariscos-mar-1586519/>

Modelización de la captura y fases de desarrollo de la pesquería de la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) en la Laguna Madre, Tamaulipas, México

Modelling the catch and development phases of the blue crab fishery (*Callinectes sapidus*) in the Laguna Madre, Tamaulipas, Mexico

Jorge Homero Rodríguez-Castro*
Alfonso Correa-Sandoval¹
José Alberto Ramírez-de-León²
Jorge Alejandro Adame-Garza³

¹Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Laboratorio de Zoología, boulevard Emilio Portes Gil núm. 1301 Poniente, Apartado Postal 175, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C. P. 87010.

²Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano. Centro Universitario Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87149.

³Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, carretera Ciudad Victoria a carretera Ciudad Mante km 5, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

*Autor para correspondencia:
rodriguezjh@hotmail.com

Fecha de recepción:
20 de octubre de 2015

Fecha de aceptación:
25 de noviembre de 2016

RESUMEN

La captura promedio anual de la pesquería de la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) (JA) en Tamaulipas, México se estima en 2 733 T, de la cual, el 82 % se pesca en la Laguna Madre, sitio que se considera aprovechado al máximo de su capacidad. El objetivo de la presente investigación fue modelar la captura anual de la JA en la Laguna Madre, Tamaulipas, mediante el ajuste de funciones matemáticas de tipo lineal y no lineal (o curvilínea), a la serie de tiempo de 1998 a 2012, además de identificar las fases de desarrollo de la pesquería, de acuerdo a varios modelos generali-

zados. Se utilizó el enfoque de la teoría de la información y el procedimiento de la inferencia multimodelo (IMM). Se ajustaron 11 modelos de regresión lineal y no lineal. Para la selección de modelos se utilizaron los criterios de información Akaike corregido (CIAc) y bayesiano (CIB). Para el IMM se consideró el nivel $\Delta_i < 2$ de plausibilidad de CIAc y CIB. Los modelos elegidos para el IMM fueron compuesto, crecimiento, exponencial, logístico, potencial y el sigmoideo, considerándose como más adecuados los primeros cuatro modelos citados. Los modelos promedio del IMM presentaron valores de

β_0 y β_1 de 0.939 y 0.377 respectivamente, según CIAC; y de 0.952 y 0.344 respectivamente, de acuerdo al CIB. Solo los modelos compuesto y logístico mostraron significancia estadística en sus dos parámetros de regresión (β_0 y β_1). El índice de sustentabilidad pesquera reveló seis periodos de la captura y una disminución en magnitud de los cambios de la captura. La serie de datos analizada incluye dos ciclos de vida de acuerdo a los modelos de Csirke y Caddy. Los resultados mostraron que al final del periodo estudiado la pesquería se encontraba en colapso y decadencia.

PALABRAS CLAVE: criterio de información de Akaike, criterio de información Bayesiano, inferencia-multimodelo, captura pesquera, *Callinectes sapidus*.

ABSTRACT

The average annual catch of the blue crab (*Callinectes sapidus*) (BC) fishery in Tamaulipas, Mexico is estimated at 2 733 T, of which the 82 % is caught in the Laguna Madre, which is considered to be exploited to the maximum of its capacity. The objective of the present investigation was to model the annual catch of the BC in the Laguna Madre, Tamaulipas, by adjusting mathematical functions of the linear and nonlinear (or curvilinear) type, to the time series from 1998 to 2012. In addition, the phases of development of the fishery, according to several generalized models, were identified. We used the information theory approach and multimodel inference procedure (MMI). Eleven linear and nonlinear regression models were fitted. For the selection of models, the corrected Akaike corrected (AICc) and Bayesian (BIC) information criteria were used. For the MMI, the level $\Delta_i < 2$ of plausibility of AICc and BIC was considered. The models chosen for the MMI were compound, growth, exponential, logistic, potential and the sigmoid, with the first four models being considered the most suitable of all those cited. The average models of the MMI presented

values of β_0 and β_1 : 0.939 and 0.377 respectively, according to CIAC; and 0.952 and 0.344 respectively, according to the CIB. Only the composite and logistic models showed statistical significance in their two regression parameters (β_0 and β_1). The fishery sustainability index revealed six catch periods and a decrease in magnitude of catch changes. The data series analyzed includes two life cycles according to the Csirke and Caddy models. The results showed that at the end of the studied period the fishery was in collapse and decay.

KEYWORDS: Akaike information criterion, Bayesian information criterion, multimodel-inference, fishing catch, *Callinectes sapidus*.

INTRODUCCIÓN

En Tamaulipas, la producción pesquera anual promedio es de más de 52 000 T, con un valor superior a los 930 millones de pesos aportando el 8.86 % del Producto Interno Bruto, dentro del sector agropecuario (Rodríguez-Castro y col., 2010). En orden decreciente, las especies que más contribuyen a la producción pesquera de Tamaulipas son: camarón, *Farfantepenaeus aztecus*, Ives, 1891 (13 404 T); lisa, *Mugil cephalus*, Linnaeus, 1758 (3 990 T); mojarra-tilapia, *Oreochromis aureus*, Steindachner, 1864 (3 235 T); jaiba azul, *Callinectes sapidus*, Rathbun, 1896 (2 733 T); ostión, *Crassostrea virginica*, Gmelin, 1791 (2 303 T); carpa, *Cyprinus carpio*, Linnaeus, 1758 (2 261 T) y el grupo denominado tiburón cazón que abarca principalmente a las especies: *Rhizoprionodon terraenovae*, *Carcharhinus acronotus*, *Sphyrna lewini*, *Carcharhinus leucas*, *Carcharhinus falciformis* y *Carcharhinus porosus* (2 033 T).

Actualmente, la pesquería de la jaiba azul (JA) de la Laguna Madre, Tamaulipas (LMT), al igual que en el resto del Golfo de México, se encuentra aprovechada al máximo sustentable (Arreguín-Sánchez y Arcos-Buitrón, 2011; SAGARPA, 2012). En dicha actividad económica participan más de 3 500 pescadores, y

dependen de ellos más de 15 000 personas ubicadas en los municipios de Matamoros, San Fernando y Soto La Marina. Esta situación de sobreexplotación reviste crucial importancia en la LMT, en donde se realiza el 82 % de la captura estatal de esta pesquería (SAGARPA, 2012).

Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón (2011), indicaron que: “en muchos países, un problema común es la insuficiencia de información clave y continua para la aplicación de modelos que permitan realizar un diagnóstico confiable del estado de la pesca, y representar escenarios de manejo con niveles de incertidumbre y riesgo calculables. Por lo general, el único dato que parece ser relativamente consistente son las capturas registradas. Aún con las deficiencias que pudieran señalarse para los registros de captura de las flotas ribereñas, la tendencia de las capturas, especialmente cuando se trata de recursos plenamente explotados, suele ser un indicador relativo de la abundancia del recurso; y la tendencia puede ofrecer información sobre el estado de la pesca; ya que en muchos casos, es la única información disponible”. Por ello, en la evaluación de los recursos pesqueros, partiendo de la información de series de tiempo de captura, como única fuente de información, es importante analizar su tendencia.

En el análisis de la tendencia de las series de tiempo se incluye, en diferentes métodos, la utilización de funciones matemáticas para arribar a proyecciones confiables. En tal situación se ubican los modelos de regresión lineal y no lineal (o curvilínea). Bajo el marco de la selección de modelos, hay una gama de modelos que se ajustan a un grupo de datos en particular, tal es caso de las series temporales, por lo que es necesario establecer un criterio de decisión para elegir el mejor modelo, como es el de información (Burnham y Anderson, 2004). La inferencia multimodelo (IMM) postula que cuando los datos soportan evidencia para más de un modelo, en lugar de estimar los parámetros a

partir de sólo “el mejor modelo”, es posible estimarlos a partir de varios modelos, e incluso todos los modelos considerados. Obtener el valor promedio de la variable predicha, a partir de varios modelos, es una ventaja para alcanzar una inferencia robusta, que no esté condicionada a un sólo modelo y que integre la aportación ponderada de cada modelo ajustado (Burnham y Anderson, 2002).

Con base en las series de tiempo de la captura pesquera, se han desarrollado modelos generales de clasificación de las fases de desarrollo de una pesquería (Caddy, 1984; Csirke, 1984), con poca variación en las descripciones de las fases de crecimiento, y que definen la vida por etapas de una pesquería. La captura (C) es una cantidad considerada como índice, que es proporcional a parámetros importantes de la pesquería, como la mortalidad por pesca y la densidad de la proporción explotada (Gulland, 1971).

En el plano de la evaluación y manejo de las pesquerías, en primera instancia, se tiene que revisar la pesquería a través de la tendencia de la C, ya que determinará la fase de desarrollo en que se encuentra, y según la fase de desarrollo actual, establece la definición de técnicas y objetivos de la ordenación pesquera que se deberán de aplicar. Csirke (1984), señala que: “por lo general, todo cambio en gran escala en un recurso explotado determinará una reacción equivalente en la pesquería. Si las poblaciones de peces aumentan, lo harán también las tasas de captura, la captura total y el esfuerzo de pesca. En cambio, si la población disminuye, las capturas también lo harán, pero el esfuerzo de pesca se reducirá más lentamente y es posible incluso que se aumente, en el intento de mantener altos niveles de captura, con lo cual la mortalidad por pesca real aumentará. Esta forma de comportamiento hace que las pesquerías que son afectadas por importantes fluctuaciones, debidas al ambiente, tengan mayores posibilidades de llegar a una situación de sobreexplotación”.

La presente investigación tuvo como objetivo modelar la captura anual de la Jaiba azul en la Laguna Madre, Tamaulipas, mediante el ajuste de funciones matemáticas de tipo lineal y no lineal (o curvilínea) a la serie de tiempo, de 1998 a 2012, e identificar las fases de desarrollo de la pesquería, de acuerdo a los modelos analizados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recopilación de información

La información que se utilizó para este estudio fue obtenida de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de la Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Tamaulipas. El origen de esta información son los avisos de arribo para embarcaciones menores de las oficinas de pesca de los municipios de Matamoros, San Fernando y Soto La Marina, dependientes de la Subdelegación de Pesca de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), en Tamaulipas. Los avisos de arribo son formatos oficiales generados por la SAGARPA, a través de la Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura, para que todos los permisionarios reporten sus capturas de forma mensual. Las especificaciones de dichos formatos incluyen, entre otras, el nombre de la especie, el volumen y el valor de la captura en kilogramos por mes, principalmente.

Ajuste de modelos para el análisis de captura (C)

En una hoja de cálculo del software Numbers versión 3.5.3 (2015), se construyó la base de datos, las gráficas correspondientes y se estimaron los estadísticos básicos (totales y promedios). Se realizaron ajustes de modelos lineales y no lineales (estimación curvilínea) a la serie de tiempo de la C de la JA en la LMT durante el periodo 1998 a 2012, utilizando el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, Version 18, 2009). Los modelos aplicados se indican en la Tabla 1. De cada modelo se obtuvo el coeficiente de determinación (R^2), la prueba F de Fisher, la probabilidad de significancia; las estimaciones de los interceptos (β_0) y coeficientes

de regresión ($\beta_1, \beta_2, \beta_3$), y las probabilidades asociadas a la prueba t de estos parámetros en cada modelo de regresión.

Selección de modelos

La selección de los modelos se basó en la teoría de la información, específicamente en el Criterio de Información Akaike (1973) (CIA) y Criterio de Información Bayesiano (CIB), propuesto por Schwarz (1978). De cada modelo se obtuvieron los valores CIAc (CIAc = CIA corregido, más adelante se indican las razones de esta corrección) y CIB, así como las diferencias (Δ_i) y el peso (w_i) para CIAc y CIB respectivamente. Con estos resultados se procedió a encontrar los valores más bajos CIAc y CIB, y los más altos de los w_i CIAc y w_i CIB, para identificar el mejor o mejores modelos, del total de los modelos candidatos. Para complementar estos criterios de selección, también se utilizó la significancia estadística del $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$, de cada uno de los modelos candidatos, con base en la probabilidad asociada a la prueba t .

Criterio de Información Akaike (CIA)

Este criterio se basa en la distancia Kullback-Leibler, que mide la aproximación del modelo calculado con los datos reales, seleccionando así el mejor modelo candidato (Katsanevakis, 2006; Katsanevakis y Maravelias, 2008). El enfoque CIAc permite jerarquizar los modelos, al ordenarlos de forma ascendente, en función de los valores CIAc. El modelo con el menor valor CIAc será el mejor (Cailliet y col., 2006; Romine y col., 2006; Griffiths y col., 2010). Guzmán-Castellanos y col. (2014) establecieron que: “la premisa más importante del método del CIAc es penalizar la cantidad de parámetros de cada uno de los modelos, basándose en el principio de parsimonia; es decir, existe un criterio basado en la bondad de ajuste del modelo a los datos, definido a través de la función objetivo de máxima verosimilitud o SSQ (suma de cuadrados), y al mismo tiempo existe una penalización asociada a la cantidad total de parámetros del modelo. En consecuencia, se

■ **Tabla 1. Modelos lineales y no lineales aplicados a la serie de tiempo de 1998 a 2012 de la captura total anual de la jaiba azul *Callinectes sapidus* en la Laguna Madre, Tamaulipas, México.**
 Table 1. Linear and nonlinear models applied to the time series of 1998 to 2012 of the total annual catch of blue crab (*Callinectes sapidus*) in Laguna Madre, Tamaulipas, Mexico.

Núm.	Modelo	Versión Básica	Versión Linearizada
1	Lineal	$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x$	$Y = b_0 + (b_1 * t)$
2	Logarítmico	$y = \beta_0 + \beta_1 + \ln(x)$	$Y = b_0 + [b_1 * \ln(t)]$
3	Inverso	$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot (1/x)$	$Y = b_0 + (b_1 / t)$
4	Cuadrático	$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x + \beta_2 \cdot x^2$	$Y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^{**}2)$
5	Cúbico	$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x + \beta_2 \cdot x^2 + \beta_3 \cdot x^3$	$Y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^{**}2) + (b_3 * t^{**}3)$
6	Compuesto	$y = \beta_0 \cdot \beta_1^x$	$Y = b_0 * (b_1^{**}t)$ ó $\ln(Y) = \ln(b_0) + [\ln(b_1) * t]$
7	Potencial	$y = \beta_0 \cdot x^{\beta_1}$	$Y = b_0 * (t^{**}b_1)$ ó $\ln(Y) = \ln(b_0) + [b_1 * \ln(t)]$
8	Sigmoideo	$y = \exp[\beta_0 + \beta_1 \cdot (1/x)]$	$Y = e^{**}[b_0 + (b_1/t)]$ ó $\ln(Y) = b_0 + (b_1/t)$
9	Crecimiento	$y = \exp(\beta_0 + \beta_1 \cdot x)$	$Y = e^{**}[b_0 + (b_1 * t)]$ ó $\ln(Y) = b_0 + (b_1 * t)$
10	Exponencial	$y = \beta_0 + \exp(\beta_1 \cdot x)$	$Y = b_0 * [e^{**}(b_1 * t)]$ ó $\ln(Y) = \ln(b_0) + (b_1 * t)$
11	Logístico	$y = 1/(\beta_0 + \beta_1 \cdot \beta^{x^2})$	$Y = 1/(1/u + [b_0 * (b_1^{**}t)])$ ó $\ln(1/y - 1/u) = \ln(b_0) + [\ln(b_1) * t]$ donde u es el valor del límite superior.

y = variable dependiente; x = variable independiente; β_0 = constante (intercepto); β_1 , β_2 y β_3 = coeficientes de regresión; Y = variable dependiente; b0, b1 y b2 = coeficientes de regresión; t = variable tiempo; ln = logaritmo natural; e = función exponencial; u = valor del límite superior.

esperaría un mejor ajuste del modelo a los datos, en la medida que aumenta el número de parámetros de los modelos. El CIAC equilibra adecuadamente estos dos componentes, y su resultado final es un criterio cuantitativo para la selección de modelos”.

Formulación CIA

La expresión original del CIA es la siguiente:

$$CIA = (-\ln L \times 2) + (2 \times \theta)$$

Donde -lnL es el logaritmo natural negativo de verosimilitud estimado por una función logarítmica, y θ es el número de parámetros estimados en cada modelo candidato de crecimiento.

Sin embargo, en este estudio se utilizó el enfoque de los mínimos cuadrados, y el pará-

metro del logaritmo natural negativo de verosimilitud fue sustituido por la varianza residual de acuerdo al criterio de Burnham y Anderson (2002), quienes proponen la versión siguiente:

$$CIA = n \log(\hat{\sigma}^2) + 2K$$

Donde n = tamaño muestral (número de datos), 2 = varianza residual (cociente de la suma de cuadrados residuales y el número de datos), $\hat{\sigma}^2$ y K = número de parámetros del modelo.

Para esta versión se asumió una distribución normal del error, una media cero y una varianza constante.

CIA corregido (CIAC)

De acuerdo al criterio de Burnham y Anderson (2002), si el tamaño de la muestra es pe-

queña, es decir, si $n/K < 40$, que es el presente caso, entonces se debe usar una forma de estimación de CIA que pueda corregir el sesgo, y la expresión se escribe como:

$$\text{CIAc} = \text{CIA} + [2K(K+1)/(n-K-1)]$$

Donde CIAc = CIA corregido, CIA = valor de CIA, K = número de parámetros y n = número de datos.

Delta (Δ_i) CIAc

Se siguió el método descrito por Guzmán-Castellanos y col. (2014), quienes establecen que: “para conocer el soporte estadístico que tienen los modelos candidatos, que no fueron considerados como el modelo más adecuado, se estiman las diferencias de Akaike definidas como Δ_i ; las cuales de acuerdo con Burnham y Anderson (2002), si $\Delta_i > 10$ denota modelos candidatos sin apoyo estadístico que no deben ser tomados en cuenta. Por el contrario, si $\Delta_i < 2$ entonces tienen una alta evidencia como funciones alternativas; mientras que modelos en los que $4 < \Delta_i < 7$ pueden ser tomados en cuenta, aunque con menor soporte estadístico que los anteriores. De tal forma que, Δ_i es un indicador del desempeño de cada modelo candidato. La formulación para estimar Δ_i se representa como: $\Delta_i = \text{CIAc}_i - \text{CIAc}_{\text{min}}$; donde: CIAc_{min} es el modelo candidato con el valor más bajo de CIA que representa el modelo candidato más adecuado, y CIAc_i representa el valor de CIA estimado para los otros modelos candidatos ($i = 1 \dots n$)”.

Pesos CIA (w_i)

Adicionalmente, para cuantificar la evidencia a favor que tiene cada modelo candidato, también se estiman los factores ponderados de Akaike (w_i) “pesos Akaike”; cuya expresión Akaike:

$$w_i = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2}\Delta_i\right)}{\sum_{k=1}^K \exp\left(-\frac{1}{2}\Delta_k\right)}$$

donde Δ_i = diferencia Akaike y K = número de parámetros.

K (Cantidad de parámetros)

La varianza residual $\hat{\sigma}^2$ se incluyó como un parámetro más de cada modelo, dado que se utilizó la función de mínimos cuadrados, recomendada por Burnham y Anderson (2002).

Criterio de Información Bayesiano (CIB)

También se aplicó el CIB para la selección del modelo de mejor ajuste, bajo la fórmula siguiente:

$$\text{CIB} = -2 \log(L) + K * \log(n)$$

Donde L = estimador de máxima verosimilitud, K = número de parámetros (incluyendo la varianza residual como un parámetro más del modelo) y n = número de datos.

De igual forma, el estimador de máxima verosimilitud fue sustituida por la varianza residual. Una vez estimados los valores CIB, se procedió a estimar el valor de la diferencia Δ_i y el valor de w_i para cada uno de los modelos, de acuerdo al procedimiento indicado para los correspondientes del CIA, según lo proponen Wagenmakers y Farrel (2004). También se consideró a $\hat{\sigma}^2$ como un parámetro del modelo en aplicación. Los pesos CIB pueden ser interpretados como probabilidades *a posteriori* del modelo, dado los datos, el conjunto de modelos y la probabilidad *a posteriori* ($1/k$) de cada modelo, siendo k el número de modelos candidatos.

Criterio de IMM

Se utilizó el criterio IMM, dado que varios modelos presentaron ajustes adecuados de predictibilidad. Este criterio consiste en rehacer la estimación completa de los valores de CIAc y/o CIB y de interceptos y coeficientes de regresión, para el subgrupo de modelos que cumplieron con el criterio de $\Delta_i < 2$ de plausibilidad. Este carácter de plausibilidad significa que dichos modelos disponen de soporte estadístico similar, es decir, que poseen un grado de explicación aceptable, en términos del ajuste de los modelos de los datos. En consecuencia, los parámetros de interés (β_0 , β_1 y β_2) de los mo-

delos bajo este criterio ($\Delta_i < 2$) pueden ser y fueron mejorados. Para lograr esto, se estimó el valor esperado del parámetro de interés (\hat{O}_i), usando el siguiente estimador:

$$\hat{O}_i = \sum_{l=1}^n w_l \times \bar{O}_l$$

De acuerdo a Guzmán-Castellanos y col. (2014) “este estimador asume que el valor del parámetro \hat{O}_i corresponde a un valor esperado, que cruza sobre todos los modelos, donde el valor \bar{O}_i debe ser estimado, de manera individual, para cada modelo candidato que resulta con valores satisfactorios $\Delta_i < 2$. Por consiguiente, este procedimiento explica que el valor de \hat{O}_i es mejor que aquel estimado para \bar{O}_i , sin importar si el valor de \bar{O}_i correspondió al modelo candidato con el mejor valor de CIACmin o CIB. Esto implica una corrección al valor de \bar{O}_i que mejora el valor del parámetro”. Una vez estimados \hat{O}_i se estimaron sus intervalos de confianza al 95 %, con base en lo siguiente:

$$\text{error estándar } (\hat{o}_i) = \sum_{i=1}^n w_i \times \left[\left(\text{var } \bar{O}_i / g_i \right) + (\bar{O}_i - \hat{o}_i)^2 \right]^{1/2}$$

Donde la variable \bar{O}_i/g_i corresponde a la varianza estimada de \bar{O}_i , de acuerdo con el ajuste del modelo candidato g_i . De esta manera, además de estimar el mejor valor del parámetro de interés (β_0 , β_1 y β_2), definido como \bar{O}_i . También se estimaron sus intervalos de confianza al 95 %”.

Índice de Sustentabilidad Pesquera (ISP)

Se identificaron y analizaron los periodos de expansión y contracción de la captura de la JA en la LMT durante el periodo 1998 a 2012, mediante el ISP (Ponce y col., 2006), a través de la ecuación siguiente: $ISP = \ln(C_{xi} / CX_{\text{mean}}^{-1})$ Donde: C_{xi} = captura en el año i , CX_{mean} = captura promedio del total del periodo.

Fases de la pesquería

Se utilizó la propuesta de Csirke (1984), que refiere a la evolución usual de una pesquería

a lo largo del tiempo, donde se describen las fases siguientes: (1) predesarrollo, (2) crecimiento, (3) explotación plena, (4) sobreexplotación, en algunos casos (5) colapso y, cuando fue viable (6) recuperación. Asimismo, representa dos tipos de evolución típica de algunas pesquerías neríticas: un aumento rapidísimo del esfuerzo de pesca, hasta alcanzar niveles excesivamente altos, y un aumento moderado, que llega también a niveles altos, pero a ritmo más lento. También se aplicó el modelo generalizado de una pesquería propuesto por Caddy (1984), en la cual, en el curso de su desarrollo, debe pasar a través de cuatro fases: (I) sin desarrollo, (II) de desarrollo, (III) de madurez, y (IV) de decadencia. En este modelo van implícitos los conceptos de la capacidad de carga y el esfuerzo pesquero, que corresponde este último a la tasa de extracción.

La fase sin desarrollo se caracteriza porque los recursos son explotados de forma limitada, por debajo de su potencial, con técnicas de pesca poco eficientes y muchas veces artesanales. Es importante considerar que, de acuerdo con Grainger y García (1996): “la fase de desarrollo o de crecimiento se caracteriza por un ritmo rápido de aumento de las capturas, concomitante con un crecimiento del número de embarcaciones y pescadores y con el perfeccionamiento y modernización de los sistemas de pesca. Con las ganancias que se obtienen, al iniciarse esta fase, se estimula el desarrollo de nuevas inversiones y un incremento aún mayor del esfuerzo de pesca. La fase de madurez se caracteriza porque todavía se puede apreciar un aumento de las capturas; el aproximarse, en la mayoría de los casos, a la captura máxima sostenible, determina que, aunque las capturas totales pueden aumentar, la tasa de incremento de las capturas disminuye rápidamente. Sin embargo, por la propia inercia del proceso inversionista, resulta difícil reducir el esfuerzo pesquero de manera inmediata y, por consiguiente, puede pasarse rápidamente a la fase de decaden-

cia, que conlleva una disminución de las capturas debido a la sobrepesca, a veces exagerada por cambios ambientales desfavorables. La duración de las diferentes fases y su nivel de inclinación, dependerán tanto de la tasa del incremento de las capturas, como de la capacidad de carga del ecosistema, para cada una de las especies”.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tendencia de la captura (C)

Además de la regresión lineal, en este estudio también se utilizó la estimación curvilínea (regresiones no lineales), bajo el supuesto de

que los factores que han ocasionado patrones o tendencias en el pasado y en el presente, reflejados en una serie de tiempo, continuarán haciéndolo, más o menos, de la misma forma en el futuro (Bello y Martínez, 2007). En la Tabla 2 se muestran las estimaciones de R^2 , prueba F, gl_1 , gl_2 (gl = grados de libertad) y de la probabilidad de significancia de las regresiones; así como las estimaciones de β_0 , β_1 , β_2 , β_3 y de sus respectivas probabilidades asociadas a la prueba t , de los 11 modelos aplicados. El valor más alto de R^2 lo obtuvo el modelo cúbico (0.262), mientras que el valor más bajo correspondió al sig-

■ Tabla 2. Resúmenes de los modelos lineales y no lineales, estimaciones de sus coeficientes y sus probabilidades asociadas a la prueba t , respecto al ajuste de la curva de captura anual de la jaiba (*Callinectes sapidus*) en la Laguna Madre, Tamaulipas, México, durante el periodo 1998 a 2012.

Table 2. Summaries of linear and nonlinear models, estimates of their coefficients and their probabilities associated with the t test, compared to curve setting annual catch of crab (*Callinectes sapidus*) Laguna Madre, Tamaulipas, Mexico, during the period from 1998 to 2012.

Modelo	Resumen del modelo					Estimaciones				Probabilidad asociada a la prueba t			
	R^2	F	gl_1	gl_2	Sig.	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
Cúbico	0.262	1.303	3	11	0.322	2.576	-0.455	0.084	-0.004	.013 47	0.342 69	0.226 74	0.196 37
Compuesto	0.142	2.155	1	13	0.166	1.772	1.028			0.000 05	0.000 00		
Crecimiento	0.142	2.155	1	13	0.166	0.572	0.027			0.005 10	0.165 84		
Exponencial	0.142	2.155	1	13	0.166	1.772	0.027			0.000 05	0.165 84		
Logístico	0.142	2.155	1	13	0.166	0.563	0.973			0.000 05	0.000 00		
Cuadrático	0.135	0.939	2	12	0.418	1.667	0.134	-0.01		0.016 22	0.450 92	0.629 65	
Lineal	0.118	1.733	1	13	0.211	1.901	0.051			0.000 12	0.210 73		
Potencial	0.093	1.341	1	13	0.268	1.742	0.127			0.000 57	0.267 76		
Logarítmico	0.085	1.21	1	13	0.291	1.848	0.249			0.001 33	0.291 36		
Inverso	0.016	0.217	1	13	0.649	2.387	-0.347			0.000 00	0.649 21		
Sigmoideo	0.013	0.177	1	13	0.681	0.826	-0.154			0.000 01	0.680 71		

R^2 = Coeficiente determinación; F = Prueba F; gl = Grados de libertad; Sig. = Probabilidad asociada a la regresión; En negrita se indican los modelos que cumplieron con la significancia estadística en sus parámetros β_0 y β_1 .

moideo (0.013). Después del modelo cúbico, los modelos compuesto, crecimiento, exponencial y logístico, ocuparon el segundo lugar, respecto al valor de R^2 , con un valor similar de 0.142 cada uno. Estos cuatro modelos mostraron el mismo valor en la prueba F ($F = 2.155$), siendo el más alto de todos los modelos. Los 11 modelos ajustados a los datos de C de la JA, de la LMT, presentaron valores de β_0 con significancia estadística, de acuerdo a la prueba t (todos diferentes de cero) ($P < 0.05$), mientras que con respecto al parámetro β_1 , solo los modelos compuesto y logístico presentaron valores significativamente diferentes de cero ($P < 0.05$), según la prueba de t . Estos dos últimos modelos fueron los únicos en donde ambos pa-

rámetros de la regresión (β_0 y β_1) fueron significativos estadísticamente ($P < 0.05$). Finalmente, los valores de los parámetros β_2 , de los modelos cúbico y cuadrático, y β_3 del modelo cúbico, no fueron diferentes de cero ($P < 0.05$).

En la Tabla 3 se observan los valores estimados de CIAc y CIB, y sus correspondientes valores de Δ_i y w_i , para cada uno de los 11 modelos aplicados. Los modelos compuesto, crecimiento exponencial y logístico presentaron los menores valores de Δ_i de CIAc y CIB, y los mayores de w_i para ambos criterios, siendo Δ_i de CIAc = 0.000, Δ_i de CIB = 1.387; w_i de CIAc = 18.2 %, y w_i de CIB = 12.6 %. Considerando el nivel de $\Delta_i < 2$ de plausi-

■ **Tabla 3. Selección de modelos lineales y no lineales mediante el uso del Criterio de Información Akaike (1973) (CIA) y del Criterio de Información Bayesiano (CIB) Schwarz (1978), para la modelación de la tendencia de la captura de la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) durante el periodo 1998 a 2012 en la Laguna Madre, Tamaulipas.**

Table 3. Selection of linear and nonlinear models using the Akaike Information Criterion (1973) (AIC, for its acronym in English) and Bayesian Information Criterion (BIC, for its acronym in English Schwarz (1978), for modeling the trend of catching blue crab (*Callinectes sapidus*) during the period from 1998 to 2012 in the Laguna Madre, Tamaulipas.

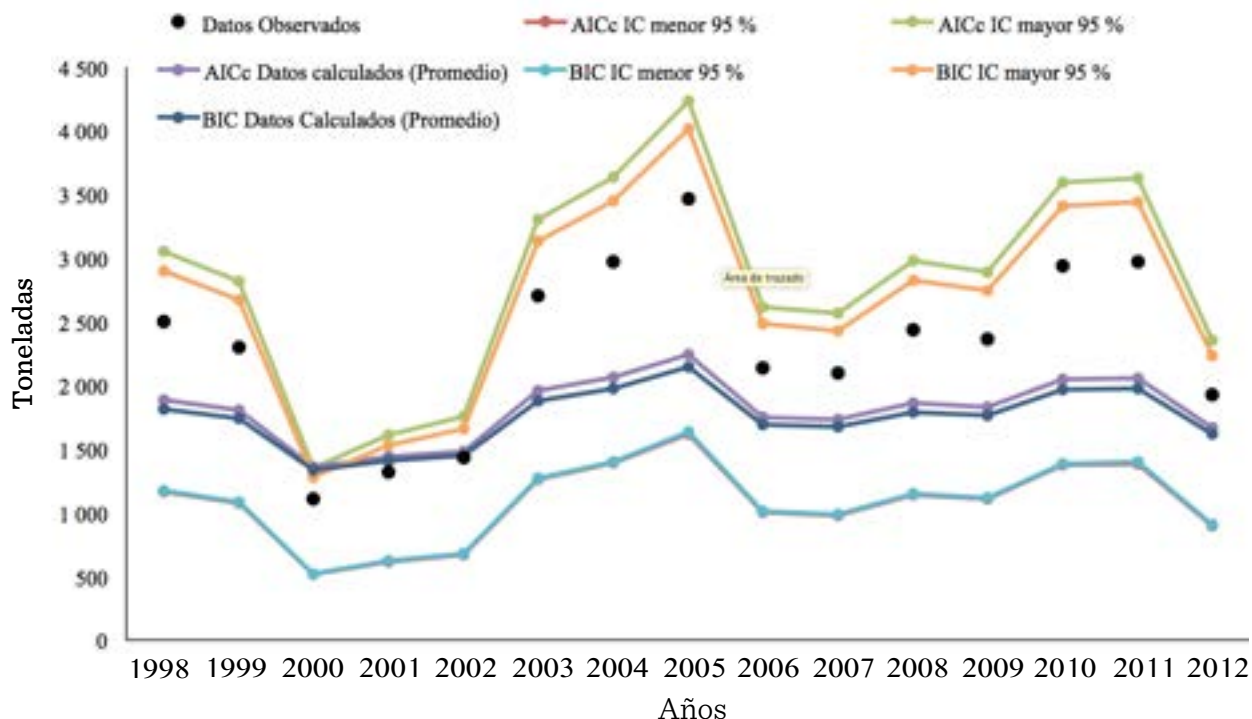
Modelo	K	Criterio de Información Akaike			Criterio de Información Bayesiano		
		Valores CIAc	Δ_i	w_i	Valores CIB	Δ_i	w_i
Lineal	3	1.64	9.515	0.002	2.656	2.656	0.067
Logarítmico	3	1.876	9.75	0.001	2.687	2.687	0.066
Inverso	3	2.348	10.222	0.001	2.75	2.75	0.064
Cuadrático	4	5.327	13.201	0	3.815	3.815	0.037
Cúbico	5	6.96	14.834	0	4.853	4.853	0.022
Compuesto	3	-7.874	0	0.182	1.387	1.387	0.126
Potencial	3	-7.514	0.36	0.152	1.435	1.435	0.123
Sigmoideo	3	-6.963	0.911	0.115	1.509	1.509	0.118
Crecimiento	3	-7.874	0	0.182	1.387	1.387	0.126
Exponencial	3	-7.874	0	0.182	1.387	1.387	0.126
Logístico	3	-7.874	0	0.182	1.387	1.387	0.126

K = número de parámetros; CIAc = valor Akaike corregido; Δ_i = Delta; w_i = peso Akaike o CIB. Nota: En el número de parámetros (K) de cada modelo candidato se incluye el parámetro de δ^2 , es decir $k + 1$. En negrita se indican los modelos con mayor valor de CIAc y CIB, menores valores Δ_i y mayores valores w_i ; y en negrita y cursiva se señalan los modelos que, además, también cumplieron con la significancia estadística en sus parámetros β_0 y β_1 .

bilidad, que indica soporte estadístico similar para los modelos que lo cumplan, los modelos que quedaron incluidos en este nivel fueron el compuesto, potencial, sigmoideo, crecimiento, exponencial y logístico, tanto para el criterio CIAC como el criterio CIB; por lo que dichos modelos fueron los que se utilizaron para aplicar el criterio de IMM. Estos seis modelos sumaron el 99.6 % de los w_i , de la totalidad de los 11 modelos utilizados inicialmente. La suma del w_i de los cuatro modelos que presentaron mejor ajuste (compuesto, crecimiento, exponencial y logístico) fue del 73 %. En consecuencia, es recomendable el nivel $\Delta_i < 2$ de plausibilidad

para incrementar el w_i y utilizar los modelos en el enfoque IMM.

En la Figura 1 se presentan las series de tiempo de la C de la JA de la LMT, con datos observados y datos calculados. Estos últimos incluyen los valores promedio, producto de la sumatoria de los valores ponderados de los parámetros de los modelos compuesto, potencial, sigmoideo, crecimiento, exponencial y logístico; y valores máximos y mínimos de los intervalos de confianza al 95 %, obtenidos al utilizar el procedimiento IMM, basado en la aplicación de los criterios de información CIAC y CIB, como criterios de selección de mode-



■ Figura 1. Modelización de la serie de tiempo de la captura de jaiba azul (*Callinectes sapidus*) en la Laguna Madre, Tamaulipas, México, durante el periodo 1998 a 2012. Se grafican los datos observados, los valores estimados promedios y valores menores y mayores de los intervalos de confianza al 95 %, obtenidos por el procedimiento Inferencia Multimodelo (IMM). Para este procedimiento se utilizaron los valores estimados por los modelos compuesto, potencial, sigmoideo, crecimiento, exponencial y logístico, que fueron elegidos por los Criterios de Información Akaike corregido (CIAC) y Schwarz (CIB).

Figure 1. Modelling time series catching blue crab (*Callinectes sapidus*) Laguna Madre, Tamaulipas, Mexico, during the period from 1998 to 2012. The observed data are plotted, the estimated values averages and lowest and highest values of confidence intervals 95 %, obtained by the Inference Multimodel (IMM). For this procedure, compound, potential, sigmoid, growth, exponential and logistic models were used, which were selected by the corrected Akaike Information Criterion (AICc) and Schwarz (BIC) values.

los. En la gráfica se aprecia que los valores promedio y de datos observados, quedan incluidos en los intervalos de confianza de los valores estimados, al aplicar ambos criterios de información, CIAC y CIB; lo que redundó en una robustez de la modelización de la tendencia de la captura de la JA en la LMT.

En la Tabla 4 se muestran los resultados del procedimiento IMM con base en CIAC y en la Tabla 5 se observan con base en CIB. En este procedimiento se reajustaron los modelos elegidos bajo el nivel $\Delta i < 2$ de plausibilidad, en ambos criterios (CIAC y CIB). Excepto los modelos potencial y sigmoideo, el total de los modelos (compuesto, crecimiento exponencial y logístico) presentaron valores

similares de los Criterios de Información para el caso CIAC, Δi y w_i (- 7.874, 0.000 y 0.183 respectivamente); y para el criterio CIB, Δi y w_i (1.387, 0.000 y 1.69 respectivamente). Sin embargo, los seis modelos quedaron incluidos en el rango de $\Delta i < 2$, por lo que se procedió nuevamente a estimar sus respectivos valores de β_0 y β_1 , calcular sus errores estándar (EE) y valores mayores y menores de sus intervalos de confianza al 95 %.

Los valores de β_0 (939 T y 952 T), de acuerdo a los criterios CIAC (Tabla 4) y CIB (Tabla 5) respectivamente, representan el promedio teórico de las capturas anuales de jaiba, asumiéndose la certeza de que en algún año no existiera captura. El valor se considera

■ **Tabla 4. Valores de CIAC, Δi , w_i ; y valores estimados, error estándar (EE) e intervalos de confianza (95 %) de los interceptos y coeficientes de regresión, dados de forma individual por modelo y en promedio, obtenidos de los modelos ajustados a la captura anual de jaiba azul (*Callinectes sapidus*), elegidos por dos criterios: mayores valores de w_i CIA, e intercepto y coeficiente de regresión estadísticamente diferente de cero.**

Table 4. Values of BIC, Δi , w_i ; and estimated values, standard error (SE) and confidence intervals (95 %) of the intercepts and regression coefficients, given individually by model and on average, obtained from the models adjusted annual catch of blue crab (*Callinectes sapidus*), chosen by two criteria: higher values of w_i AICc and statistical significance of the parameters of the regression models (regression coefficient and intercept).

Modelos	K	CIAC	Δi	w_i (%)	β_0				β_1			
					Valor	EE	IC menor (95 %)	IC mayor (95 %)	Valor	EE	IC menor (95 %)	IC mayor (95 %)
Compuesto	3	- 7.874	0	0.183	0.045	0.172	- 0.29	0.38	0.188	0.064	0.063	0.313
Potencial	3	-7.514	0.36	0.153	0.266	0.112	0.05	0.49	0.019	0.071	- 0.12	0.159
Sigmoideo	3	-6.963	0.911	0.116	0.096	0.104	- 0.11	0.3	- 0.018	0.058	- 0.132	0.097
Crecimiento	3	-7.874	0	0.183	0.105	0.162	- 0.21	0.42	0.005	0.086	- 0.165	0.174
Exponencial	3	-7.874	0	0.183	0.324	0.124	0.08	0.57	0.005	0.086	- 0.165	0.174
Logístico	3	- 7.874	0	0.183	0.103	0.162	- 0.21	0.42	0.178	0.065	0.051	0.304
Sumatoria					0.939	0.836	-0.70	2.58	0.377	0.431	- 0.467	1.222

K = cantidad de parámetros; CIAC = Valor Akaike corregido; Δi = Delta; w_i = peso Akaike; EE = Error Estándar; IC = intervalo de confianza; β_0 = intercepto; β_1 = coeficiente de regresión (pendiente).

teórico porque este escenario no es factible, excepto si se aplicara una veda. El coeficiente β_1 , con valores de 0.377 y 0.344 (es decir, 37.7 % y 34.4 %), según los criterios CIAC y CIB respectivamente, representan la tasa de cambio anual; es decir, que cada año la captura varía en promedio 377 T o 344 T de JA en la LMT. Los intervalos de confianza para β_0 fueron - 0.70 a 2.58 y - 0.71 a 2.61, y los correspondientes para β_1 fueron - 0.467 a 1.222 y - 0.471 a 1.158, de acuerdo a los criterios CIAC y CIB respectivamente. Bajo el marco de la incertidumbre estadística, a menor EE mayor precisión de estimadores obtenidos. En este caso, no tiene sentido ubicar el menor EE de los parámetros de la regresión, dado que se contraponen con los w_i :

a menor EE menor w_i ; y esto ocurre porque el presente análisis es bajo el enfoque IMM que sopesa a cada modelo y genera las bases para una sumatoria de valores, más que la individualización de cada uno.

Es recomendable el uso de criterios de información, en particular CIAC y CIB, dado que ofrecen las ventajas de que pueden ordenar jerárquicamente a los modelos según su ajuste a los datos, y la obtención de sus parámetros promedio. La ordenación jerárquica de los modelos se da en función de los valores CIAC y/o CIB; comparando este valor entre los modelos, y aquel que resulta con el valor más bajo (también reflejado en el menor valor de Δ_i y en el mayor valor del

■ **Tabla 5.** Valores de CIB, Δ_i , w_i ; y valores estimados, error estándar (EE) e intervalos de confianza (95 %) de los interceptos y coeficientes de regresión, dados de forma individual por modelo y en promedio, obtenidos de los modelos ajustados a la captura anual de jaiba azul (*Callinectes sapidus*), elegidos por dos criterios: mayores valores de w_i CIB y la significancia estadística de los parámetros de los modelos de regresión (intercepto y coeficiente de regresión).

Table 5. Values of BIC, Δ_i , w_i ; and estimated values, standard error (SE) and confidence intervals (95 %) of the intercepts and regression coefficients, given individually by model and on average, obtained from the models adjusted annual catch of blue crab (*Callinectes sapidus*), chosen by two criteria: higher values of w_i BIC and statistical significance of the parameters of the regression models (regression coefficient and intercept).

Modelos	K	CIB	Δ_i	w_i (%)	β_0				β_1			
					Valor	EE	IC menor (95 %)	IC mayor (95 %)	Valor	EE	IC menor (95 %)	IC mayor (95 %)
Compuesto	3	1.387	0	0.169	0.042	0.161	- 0.27	0.36	0.174	0.057	0.062	0.286
Potencial	3	1.435	0.048	0.165	0.287	0.12	0.05	0.52	0.021	0.073	- 0.121	0.163
Sigmoideo	3	1.509	0.121	0.159	0.131	0.14	- 0.14	0.41	-0.024	0.077	- 0.175	0.126
Crecimiento	3	1.387	0	0.169	0.097	0.153	- 0.2	0.4	0.005	0.076	- 0.144	0.153
Exponencial	3	1.387	0	0.169	0.299	0.121	0.06	0.54	0.005	0.076	- 0.144	0.153
Logístico	3	1.387	0	0.169	0.095	0.153	- 0.2	0.39	0.164	0.058	0.051	0.278
Sumatoria					0.952	0.848	- 0.71	2.61	0.344	0.416	- 0.471	1.158

K = cantidad de parámetros; CIAC = Valor Akaike corregido; Δ_i = Delta; w_i = peso Akaike; EE = Error Estándar; IC = intervalo de confianza; β_0 = intercepto; β_1 = coeficiente de regresión (pendiente).

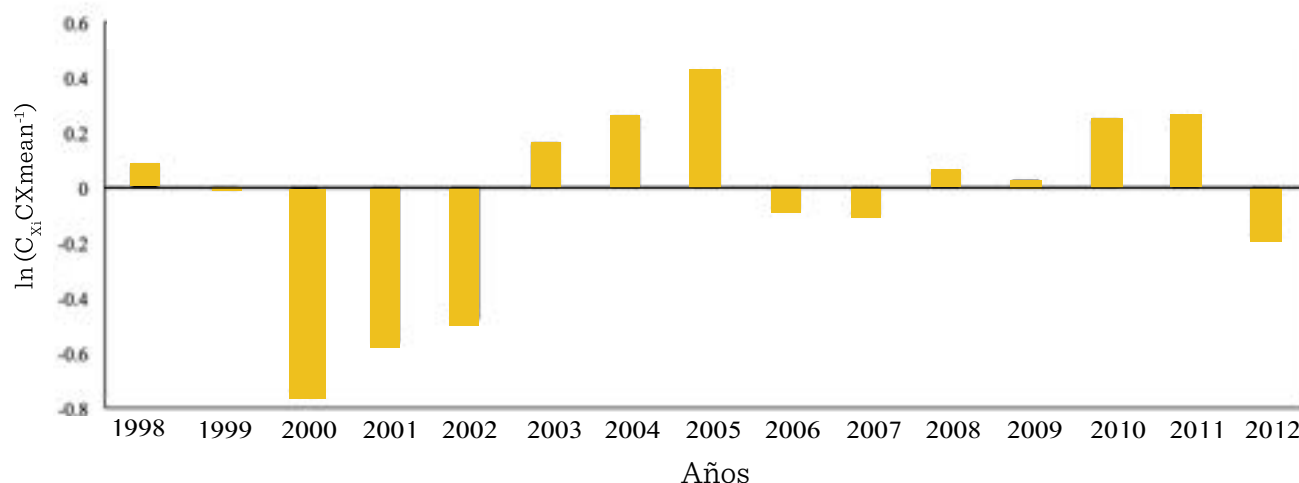
w_i) se considera el mejor modelo (Cailliet, y col., 2006; Romine y col., 2006 y Griffiths y col., 2010). Cabe señalar que la estimación del o los parámetros promedios deseados se estiman obteniendo la ponderación Akaike y Schwarz (Burnham y Anderson, 2002). Esto significa que la contribución de cada parámetro es ponderada antes de obtener el promedio de los parámetros deseados. En este caso, la estimación de β_0 y β_1 y promedios, siguiendo el enfoque IMM, fue de 0.939 según CIAc y 0.952 de acuerdo a CIB, pero no corresponde a un promedio aritmético de los β_0 y β_1 de todos los modelos. En su lugar, es la sumatoria de cada β_0 y β_1 multiplicada por la ponderación (w_i %), y con esto se otorga el peso de cada modelo a la estimación de β_0 y β_1 promedio. Es importante indicar que el uso de R^2 , ajustada o no, y la suma de cuadrados (SRC), no toma en cuenta la estructura del modelo que mejor se ajusta a los datos, sino que la decisión de seleccionarlo se basa en la complejidad del mismo (Aragón-Noriega, 2013). De hecho, R^2 ajustada o no, y la suma de cuadrados, tienden a seleccionar el modelo más complejo (Zhu y col., 2009). Por el contrario, el CIAc se rige bajo el principio de parsimonia y selecciona el modelo más simple, porque penaliza la adición de más parámetros al modelo (Burnham y Anderson, 2002), lo mismo ocurre con el CIB. En este sentido, Burnham y Anderson (2002), expresan que R^2 es una medida de la descripción y de la variación del ajuste del modelo, sin embargo, no es un criterio útil para seleccionar un modelo que compita por describir los datos observados. En el presente estudio se mostró esta tendencia: el mejor modelo, de acuerdo a R^2 fue el modelo cúbico ($R^2 = 0.262$), pero fue el que presentó una mayor cantidad de parámetros (5), por el contrario: los que fueron incluidos en el enfoque IMM fueron los modelos con solo tres parámetros (Tabla 2).

Es importante indicar que en este estudio se utilizó la varianza residual, obtenida por el cociente de la suma de las diferencias cua-

dráticas (SSQ), entre el número de datos, en la aplicación de los criterios de información CIAc y CIB. Al utilizar este criterio [uso de la varianza residual en sustitución de la técnica de máxima verosimilitud (MV)] a cada uno de los modelos, además β_0 y β_1 , se le sumó otro parámetro, por considerar a la varianza residual ($\hat{\sigma}^2$), como un parámetro más del modelo, según lo recomendado por Katsanevakis (2006), Katsanevakis y col. (2007) y Katsanevakis y Marvelias (2008). Se ha observado que el procedimiento de MV tiende a seleccionar el modelo con el mayor número de parámetros, al incrementar el tamaño de muestra; además, requiere que los modelos comparados estén anidados, es decir, un modelo reducido de una versión completa (Gelfand y Dey, 1994, citado por Domínguez-Viveros y col., 2009). Los criterios de CIAc y CIB incurren en el valor de la función de MV, tomando en cuenta el número de parámetros y la cantidad de información; el mejor modelo es aquel que presenta el menor valor. En particular, el criterio CIA permite la comparación entre modelos no anidados; mientras que el criterio CIB no tiende a seleccionar el modelo más parametrizado, cuando el tamaño de muestra aumenta. El criterio CIB tiende a seleccionar modelos más simples que los que seleccionaría CIA (Gelfand y Dey 1994; Zucchini, 2000).

Índice de Sustentabilidad Pesquera

En el periodo de análisis (1998 a 2012) la producción pesquera de la JA en la LMT, fluctuó entre 1 104 T y 3 462 T, con un promedio anual de 2 310 T (Figura 2). En la serie de tiempo revisada, y de acuerdo al ISP, se identificaron seis periodos de 1998 a 1999, 2000 a 2002, 2003 a 2005, 2006 a 2007, 2008 a 2011, y el año 2012; y los promedios de cada uno de ellos fueron: 2 400 T, 1 285 T, 3 044 T, 2 259 T, 2 954 T y 1 927 T, respectivamente. Las tasas de cambio entre periodos fueron de la forma siguiente: 1° y 2° = - 46 %; 2° y 3° = 137 %; 3° y 4° = - 26 %; 4° y 5° = 31 %; y, 5° y 6° = - 35 %. Se observa



Fuente: Modificado a partir de datos de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura del Gobierno del Estado de Tamaulipas.

■ **Figura 2. Índice de Sustentabilidad Pesquera de la captura de la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) en la Laguna Madre, Tamaulipas, en el periodo 1998 a 2012.**

Figure 2. Sustainable fishing index of the Blue crab (*Callinectes sapidus*) capture in the Laguna Madre, Tamaulipas, in the period from 1998 to 2012.

que el cambio positivo más grande ocurre entre los periodos 2° y 3°, y el negativo se dio entre los periodos 1° y 2°, y que los cambios que se registran, tanto positivos como negativos, revelan una disminución en su magnitud en la medida que avanza la temporalidad. El ISP es relativamente reciente y permite revisar una panorámica clara y rápida sobre la evolución de la pesquería que se trate.

En términos de evaluación de un recurso pesquero, el análisis de la tendencia de una serie de tiempo, tradicionalmente se recurre a la biomasa de la pesquería, entre otros parámetros, cuando los datos se disponen, y se llegan a expresar puntos de referencia pesqueros en función de los niveles de la biomasa (Cadima, 2003). Sin embargo, también la captura de algunas pesquerías en el mundo ha sido objeto de análisis bajo el enfoque de la tendencia y la identificación de las fases de las pesquerías (Grainger y García, 1996; Froese y Kesner-Reyes, 2002; 2009; FAO, 2010; Froese y Pauly, 2003; Worm y col., 2006; 2007; Pauly y col., 2008; Zeller y col., 2009; Kleis-

ner y Pauly, 2011; Garibaldi, 2012). En particular, estos autores han analizado los datos globales de captura para obtener información sobre el estado de las pesquerías mundiales, revelando por ejemplo, un aumento en los stocks (volumen de biomasa de las poblaciones pesqueras) colapsados y una disminución de nuevos stocks.

Fases de la pesquería

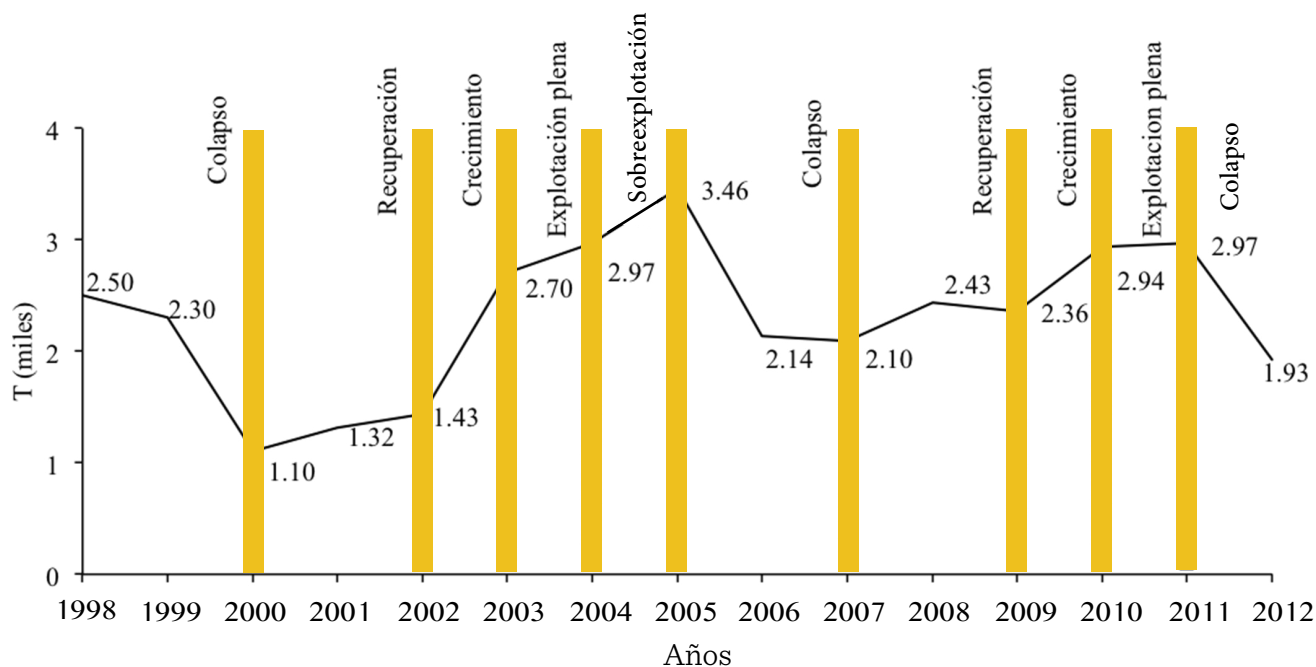
Al aplicar la propuesta de caracterización de la vida de una pesquería de Csirke (1984), a la serie de tiempo de la captura de la JA en la LMT, durante el periodo 1998 a 2012, pero omitiendo la tendencia de la abundancia, se identificaron con sus respectivos periodos, las fases siguientes: fase de colapso: 1998 a 2000; fase de recuperación: 2000 a 2002; fase de crecimiento: 2002 a 2003; fase de explotación plena: 2003 a 2004; fase de sobreexplotación: 2004 a 2005; fase de colapso: 2005 a 2007; fase de recuperación: 2007 a 2009; fase de crecimiento: 2009 a 2010; fase de explotación plena: 2010 a 2011 y fase de colapso: 2011 a 2012 (Figura 3).

De igual forma, y de acuerdo al modelo de las fases de una pesquería, propuesto por Caddy (1984), en la pesquería de la JA en la LMT, durante el periodo 1998 a 2012, se identifican las fases en los periodos siguientes: fase IV decadencia: periodo 1998 a 2000; fase I sin desarrollo: periodo 2000 a 2002; fase II en desarrollo: periodo 2002 a 2003; fase III de madurez: periodo 2003 a 2005; fase IV de decadencia: periodo 2005 a 2007; fase I sin desarrollo: periodo 2007 a 2009; fase II en desarrollo: periodo 2009 a 2011; y fase IV de decadencia: periodo 2011 a 2012 (Figura 4).

La amplitud de la serie de datos y la misma tendencia, permiten registrar dos ciclos de vida de la pesquería de acuerdo a estos modelos, que incluyen las fases de recuperación, crecimiento, explotación plena, sobreexplotación y colapso, en el caso del modelo de Csirke (1984) y las fases de sin desarro-

llo, en desarrollo, madurez y decadencia, incluidas en el modelo de Caddy (1984).

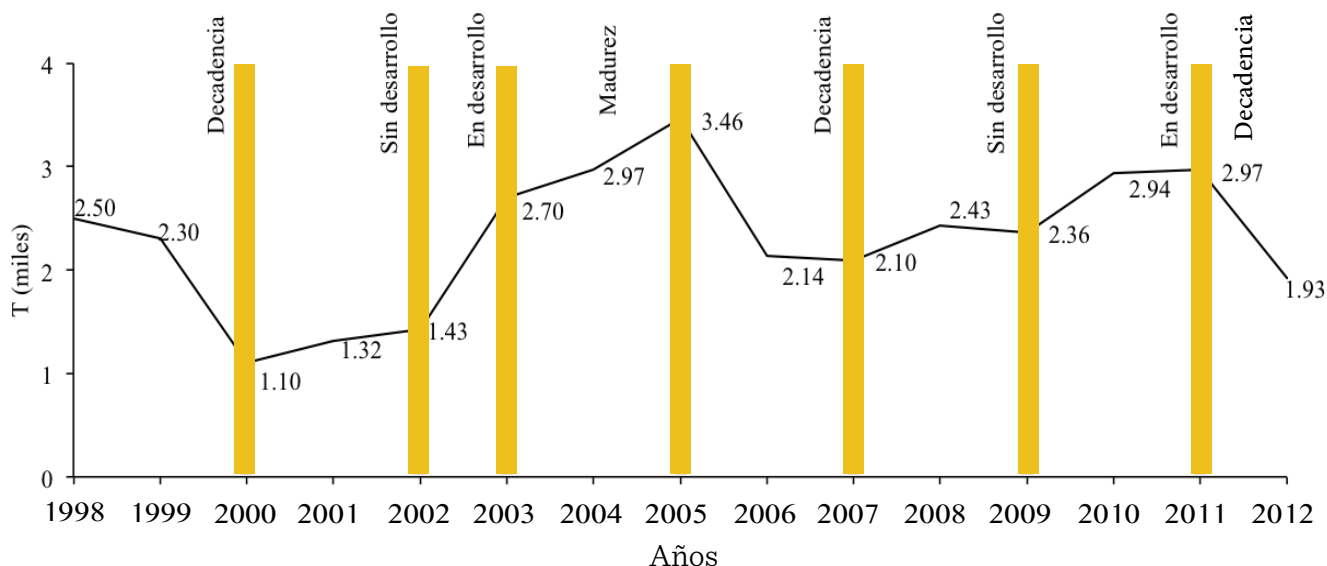
Un diagnóstico de una pesquería, basado solamente en la captura total, dispone de mayor representatividad a mayor longitud de la serie de datos. Según han señalado Grainger y García (1996) y la FAO (1999), cuando existe una serie histórica suficientemente larga y han ocurrido cambios significativos en la pesquería, el modelo generalizado discutido con anterioridad permite un diagnóstico del estado actual de la pesquería, a partir de la observación de la fase de desarrollo alcanzada. Sin embargo, la serie de datos aquí utilizada, contabiliza más de una década de años, por lo que representa un claro indicio de la posible evolución de la pesquería en cuestión en el periodo de estudio, e incluye la totalidad de las fases de desarrollo que caracterizan a una pesquería.



Fuente: Modificado a partir de datos de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura del Gobierno del Estado de Tamaulipas.

■ **Figura 3.** Fases de desarrollo de la pesquería de la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) en la Laguna Madre, Tamaulipas, durante el periodo 1998 a 2012, de acuerdo al modelo de Csirke (1984).

Figure 3. Stages of development of the fishery for the blue crab (*Callinectes sapidus*) in the Laguna Madre, Tamaulipas, México, during the period from 1998 to 2012, according to the model of Csirke (1984).



Fuente: Modificado a partir de datos de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura del Gobierno del Estado de Tamaulipas.

■ **Figura 4. Fases de desarrollo de la pesquería de la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) en la Laguna Madre, Tamaulipas, durante el periodo 1998 a 2012, de acuerdo al modelo de Caddy (1984).**

Figure 4. Stages of development of the fishery for the blue crab (*Callinectes sapidus*) in the Laguna Madre, Tamaulipas, Mexico, during the period from 1998 to 2012, according to the model of Caddy (1984).

Una de las características comunes a muchas series de tiempo es la presencia simultánea de una tendencia de largo plazo y una componente cíclica estacional con un periodo fijo (Velásquez y Franco, 2012). La serie de tiempo analizada en este estudio incluyó dos ciclos de “vida” de una pesquería, de acuerdo a los modelos de Csirke (1984) y de Caddy (1984), donde el primero incluyó cinco fases y el segundo cuatro en un periodo de 14 años. Cabe señalar que el concepto de ciclo no tiene una periodicidad fija, y además es un término inapropiado matemáticamente, pero es utilizado porque es el que mejor correspondencia tiene con el uso popular de la palabra “ciclo” (Caddy, 1984).

CONCLUSIONES

Los modelos compuesto, crecimiento, exponencial y logístico, presentaron el mejor ajuste a los datos analizados, de acuerdo a los Criterios de Información Akaike y Bayesiano, los cuales fueron utilizados para estimar el mo-

delo promedio, según el procedimiento de la inferencia multimodelo. Bajo el enfoque de selección de modelos, los mejores modelos para representar la tendencia de la captura de la jaiba azul en la Laguna Madre de Tamaulipas fueron los modelos compuesto y logístico. El índice de sustentabilidad pesquera reveló seis periodos de la serie de tiempo de captura de la jaiba azul de la Laguna Madre Tamaulipas, durante el periodo 1998 a 2012; y una tendencia a la disminución de la magnitud de los cambios de la captura. Durante el periodo 1998 a 2012 se identificaron dos ciclos de vida para esta pesquería. Es importante destacar, que los modelos utilizados señalaron, que en el último año del periodo de estudio (2012), la pesquería de la jaiba se encontraba en una etapa de colapso y en decadencia, por lo que se requiere mantener en estudio la evolución de la pesquería para mantener la sustentabilidad de la actividad económica.

REFERENCIAS

- Akaike, H. (1973). Maximum likelihood identification of Gaussian autoregressive moving average models. *Biometrika*. 60(2): 255-265.
- Aragón-Noriega, E. A. (2013). Modelación del crecimiento individual del callo de hacha *Atrina maura* (Bivalvia: Pinnidae) a partir de la inferencia multi-modelo. *Revista de Biología Tropical*. 61(3): 1167-1174.
- Arreguín-Sánchez, F. y Arcos-Huitrón, E. (2011). La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica*. 21(3): 431-462.
- Bello, L. D. y Martínez, S. (2007). Una metodología de series de tiempo para el área de la salud; caso práctico. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. 25(2): 118-122.
- Burnham, K. P. and Anderson, D. R. (2002). *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information Theoretic Approach*. New York: Springer. 488 Pp.
- Burnham, K. P. and Anderson, D. R. (2004). Multimodel inference understanding AIC and BIC in model selection. *Sociological methods & research*. 33(2): 261-304.
- Caddy, J. F. (1984). An alternative to equilibrium theory for management of fisheries. Food and Agricultural Organization (FAO), in *Papers presented at the Expert Consultation on the regulation of Fishing Effort (fishing mortality)*. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-ac749e/AC749E15.htm>. Fecha de consulta: 25 de mayo de 2014.
- Cadima, E. L. (2003). Manual de evaluación de recursos pesqueros. *FAO Documento Técnico de Pesca*. No. 393. Roma: FAO. 162 Pp.
- Cailliet, G. M., Smith, W. D., Mollet, H. F., and Goldman, K. J. (2006). Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environmental Biology of Fishes*. 77: 211-228.
- Csirke, J. (1984). Report of the working Group on fisheries management, implications and interactions, in *FAO Fisheries Report, Food and Agriculture Organization of the United Nations*. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/x6849e/X6849E06.htm#ch5>. Fecha de consulta: 9 de septiembre de 2015.
- Domínguez-Viveros, J., Rodríguez-Almeida, F. A., Ortega-Gutiérrez, J. A. y Flores-Mariñelarena, A. (2009). Selección de modelos, parámetros genéticos y tendencias genéticas en las evaluaciones genéticas nacionales de bovinos Brangus y Salers. *Agrociencia*. 43(2): 107-117.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (1999). La ordenación pesquera. *FAO orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable*. 4(1): 1-12.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010). The State of World Fisheries and Aquaculture 2010. *A Report of the Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma. FAO Fisheries and Aquaculture Department. 197 Pp.
- Froese, R. and Kesner-Reyes, K. (2002). Impact of fishing on the abundance of marine species. Council Meetings Report. *International Council for the Exploration of the Sea*. Copenhagen, Denmark. [En línea]. Disponible en: <http://www.ices.dk/sites/pub/CM%20Documents/2002/L/L1202.pdf>. Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2015.
- Froese, R. and Kesner-Reyes, K. (2009). Out of new stocks in 2020: a comment on “Not all fisheries will be collapsed in 2048”. *Marine Policy*. 33(1): 180-181.
- Froese, R. and Pauly, D. (2003). Dynamik der Überfischung. In J. I. Lozan, E. Rachor, K. Reise, J. Sündermann, and H. V. Westernhagen (Eds.), *Warnsignale aus Nordsee and Wattenmeer – Eine aktuelle Umweltbilanz* (pp. 288-295). Auswertungen, Hamburg: Geo, Wissenschaftliche.
- Garibaldi, L. (2012). The FAO global capture production database: a six-decade effort to catch the trend. *Marine Policy*. 36(3): 760-768.
- Gelfand, A. E. and Dey, D. K. (1994). Bayesian model choice: asymptotic and exact calculations. *Journal of the Royal Statistical Society*. 56(3): 501-514.
- Grainger, R. J. R. and Garcia, S. M. (1996). *Chronicles of marine fishery landings (1950-1994): trend analysis and fisheries potential* Rome: FAO. 51 Pp.
- Griffiths, S. P., Fry, G. C., Manson, F. J., and Loü, D. C. (2010). Age and growth of long tail tuna (*Thunnus tonggol*) in tropical and temperate waters of the central Indo-Pacific. *ICES Journal of Marine Science*. 67(1): 125-134.
- Gulland, J. A. (1971). *Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces*. Zaragoza, España: Acribia. 271 Pp.

- Guzmán-Castellanos, A. B., Morales-Bojórquez, E. y Balart, E. F. (2014). Estimación del crecimiento individual en elasmobranchios: la inferencia con modelos múltiples. *Hidrobiológica*. 24(2): 137-150.
- Katsanevakis, S. (2006). Modelling fish growth: Model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. *Fisheries Research*. 81(2): 229-235.
- Katsanevakis, S. and Maravelias, C. D. (2008). Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and Fisheries*. 9(2): 178-187.
- Katsanevakis, S., Thessalou-Legaki, M., Karlou-Riga, S., Lefkaditou, E. Dimitriou, E., and Verriopoulos, G. (2007). Information-theory approach to allometric growth of marine organisms. *Marine biology*. 151(3): 949-959.
- Kleisner, K. and Pauly, D. (2011). Stock-catch status plots of fisheries for Regional Seas. In The state of biodiversity and fisheries in Regional Seas. *Fisheries Centre Research Report*. 19(3): 37-40.
- Pauly, D., Alder, J., Booth, S., Cheung, W. W. L., Christensen, V., Close, A., and Wood, L. (2008). Fisheries in large marine ecosystems: descriptions and diagnoses. The UNEP Large Marine Ecosystem Report: a Perspective on Changing Conditions in LMEs of the World's Regional Seas. *UNEP Regional Seas Reports and Studies*. (182):23-40.
- Ponce, D. G., Arreguín, F., Beltrán, L. F., Beltrán, M. L. F., Urciaga, J. y Ortega, A. (2006). Indicadores de sustentabilidad y pesca: casos en Baja California Sur, México. En L. F. Beltrán-Morales, J. Urciaga-García y A. Ortega-Rubio (Eds.), *Desarrollo sustentable: ¿Mito o realidad?*. (pp. 183-272). La Paz. B.C.S., México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
- Rodríguez-Castro, J. H., Adame-Garza, J. A. y Olmeda-de-la-Fuente, S. E. (2010). La actividad pesquera en Tamaulipas: Ejemplo Nacional. *CienciaUAT*. 4(4):28-35.
- Romine, J. G., Grubbs, R. D., and Müsick, J. A. (2006). Age and growth of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, in Hawaiian waters through vertebral analysis. *Environmental Biology of Fishes*. 77(3-4): 229-239.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2012). Acuerdo por el que se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera, en *Diario Oficial de la Federación*. [En línea]. Disponible en: <http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/CARTA%20NACIONAL%20PESQUERA/24082012%20SAGARPA.pdf>. Fecha de consulta: 22 de mayo de 2014.
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The annals of statistics*. 6(2): 461-464.
- Velásquez, J. D. y Franco, C. J. (2012). Pronóstico de series de tiempo con tendencia y ciclo estacional usando el modelo airline y redes neuronales artificiales. *Ingeniería y Ciencia*. 8(15):171-189.
- Wagenmakers, E. J. and Farrell, S. (2004). AIC model selection using Akaike weights. *Psychonomic bulletin & review*. 11(1): 192-196.
- Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., ..., and Watson, R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*. 314(5800): 787-790.
- Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., ..., and Watson, R. (2007). Response to comments on "Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services". *Science*. 316(5829): 1285d-1285d.
- Zeller, D., Cheung, W., Close, C., and Pauly, D. (2009). Trends in global marine fisheries a critical view. In Fisheries, trade and development. *Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry, Stockholm*. 87-107 Pp.
- Zucchini, W. (2000). An introduction to model selection. *Journal of mathematical psychology*. 44(1): 41-61.
- Zhu, L., Li, L., and Liang, Z. (2009). Comparison of six statistical approaches in the selection of appropriate fish growth models. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. 27(3): 457-467.



Fotografía elaborada por: Ocean. Rubén Trejo Igueravide

Evaluación de los cultivos acuícolas en Tamaulipas, México

Evaluation of aquaculture farming in Tamaulipas, Mexico

Rubén Trejo-Igueravide

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Victoria, edificio Centro de Excelencia, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87149.

Correspondencia:

oceanologo9@yahoo.com

Fecha de recepción:

28 de mayo de 2015

Fecha de aceptación:

28 de noviembre de 2016

RESUMEN

El desarrollo acuícola en Tamaulipas se ha basado en experiencias de otros estados con cultivos acuícolas de las mismas especies, y ha estado supeditado a las estrategias y a los programas de apoyo del gobierno mexicano. El objetivo del presente estudio fue determinar la viabilidad económica y financiera de los cultivos de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*), tilapia (*Oreochromis* spp.), bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) y ostión americano (*Crassostrea virginica*) a pequeña y mediana escala, y su posible sinergia con los programas de gobierno, orientados a apoyar la acuicultura en México. Se realizaron análisis financieros para los cultivos mencionados con base en estadísticas proporcionadas por CONAPESCA. Para el caso de camarón y bagre, los análisis se ajustaron utilizando los resultados de encuestas

a productores de estas especies; a través de entrevistas se identificaron las posibles fuentes de financiamiento de los programas gubernamentales. Se determinó que parte de las estrategias gubernamentales buscan apoyar actividades de microescala, beneficiando a personas con niveles de ingreso menores a cinco salarios mínimos y de activos por debajo de los US\$ 10 000. Sin embargo, los resultados no parecen ser adecuados, ya que a la fecha no se tienen registros de producción acuícola de ninguna microempresa de dicho estrato socioeconómico. Además, se encontró que los apoyos son exclusivamente para las inversiones en activos fijos a cultivos con altas necesidades de capital de trabajo, propiciando inoperancia por falta de recursos en el sector socioeconómico más vulnerable. Con las técnicas de cultivo analizadas en este

trabajo, el cultivo de ostión representa una opción adecuada para los sectores socioeconómicos bajo y medio (pequeño escalamien-to) en el estado, mientras que para el sector socioeconómico alto, además del cultivo de os-tión, se pueden considerar los cultivos de ba-gre y camarón que requieren mayores inver-siones en capital de trabajo.

PALABRAS CLAVE: camarón, bagre, tilapia, ostión, Tamaulipas.

ABSTRACT

Aquaculture development in Tamaulipas has been based on aquaculture farming experien-ces of other Mexican states and has been sub-ject to Mexican government programs and strategies aimed at supporting farmers. The main objective of this study was to determine the economic and financial feasibility of small and medium scale Pacific white shrimp (*Lito-penaeus vannamei*), tilapia (*Oreochromis* spp.), channel catfish (*Ictalurus punctatus*) and ame-rican oyster (*Crassostrea virginica*) products as well as possible synergies with govern-ment programs aimed at supporting Mexican aquaculture. Based on statistics developed by CONAPESCA, financial analyses for such products were carried out. In regards to the shrimp and catfish, their analyses were ad-justed taking into consideration survey da-ta from farmers of these species. In addition to this, interview data were used to identify possible sources of funding from government programs. It was determined that one por-tion of government strategies are focused on micro-scale activities, benefitting people with incomes below five times the minimum wage in Mexico, and who have assets of below US\$ 10 000. However, the results have not been positive and to date there is no aqua-culture production on record for any micro-scale business from the aforementioned socio-economic segment. Furthermore, it was found that this support would be exclusively gran-ted towards supporting investments in fixed assets for aquaculture farms with high wor-king capital needs, promoting the develop-

ment of farms that cannot be operated due to lack of resources in this vulnerable socioe-conomic segment. With the culture techniques analyzed in this study, oyster farming could be an appropriate option for the development of aquaculture in the state's low and medium socioeconomic segments, while shrimp, catfish and oyster farming could be successful options for the high socioeconomic segment.

KEYWORDS: shrimp, catfish, tilapia, oyster, Ta-maulipas.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura en México se realiza en sis-temas extensivos (aguas naturales continen-tales o áreas semi-cerradas, como lagunas), se-miintensivos (áreas cerradas bajo condiciones y factores productivos controlados) e inten-sivos (condiciones similares al semi-inten-sivo, pero usando altas densidades de siem-bra y recambio de agua), pero no se utili-zan los hiperintensivos, que requieren ma-yor intercambio de agua y densidades de población (Del-Río-Salas y col., 2016). Los sistemas acuícolas también se pueden clasi-ficar por su tecnología de cultivo en: estan-ques rústicos, sistemas acuícolas integrados, sistemas de recirculación de agua (cerrados) y cultivos en cajas flotantes o suspendidas (Funge-Smith y Phillips, 2001). Se ha pro-puesto el uso de policultivos combinando ca-marón blanco del Pacífico y tilapia roja, co-mo una alternativa económica viable de ma-yor rentabilidad, pero los estudios preelimi-nares no se han escalado a nivel comercial para determinar su factibilidad económica de-finitiva (Hernández-Barraza, 2011).

El estado de Tamaulipas se ha caracterizado por apoyar tres tipos de cultivos de acuicul-tura: camarón blanco del pacífico (*Litopenaeus vannamei*; Boone, 1931), bagre de canal (*Ictalurus punctatus*; Rafinesque, 1818) y tilapia (*Oreo-chromis* spp.), con una diversidad de técnicas de cultivo, que incluyen: la estanquería rús-tica, el cultivo en jaulas flotantes y estanques circulares, entre otras. En general, estos culti-

vos demandan una fuerte inversión en infraestructura y capital de trabajo, un manejo técnico adecuado de la calidad del agua y del suministro de alimentos, así como conocimientos en materia de administración de negocios (Hernández-Barraza y col., 2009). En el estado no se ha planteado una estrategia de apoyo al cultivo para una especie en particular, con base en las características de los inversionistas, sino más bien, se actúa en respuesta de las solicitudes de apoyo y las especies prioritarias para el cultivo acuícola que señala la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA), la cual no hace algún distingo entre la capacidad económica de los inversionistas y el tipo de cultivos (Blanco, 2015).

El cultivo de camarón se inició en Tamaulipas con la construcción de granjas, mediante el apoyo del Gobierno Federal. Sin embargo, al poco tiempo las granjas dejaron de operar porque no eran rentables y/o no se contaba con recursos para operarlas. En los 90's, empresarios del sur del estado descubrieron el potencial del cultivo de camarón e invirtieron en su desarrollo, dado que contaban con conocimientos administrativos adecuados y la capacidad económica para operar unidades productivas de este tipo, se dio inicio a la camaronicultura rentable en Tamaulipas. En el mismo periodo, se construyeron e iniciaron operaciones los laboratorios de producción de postlarva de camarón en la Unidad Marina y Vista Hermosa, en el municipio de Soto la Marina (Morquecho, 2015).

Según la FAO (2015a), el ostión del Pacífico u ostión japonés (*Crassostrea gigas*) ha sido elegido preferentemente como especie de cultivo, debido a su rápido crecimiento y su gran tolerancia a las condiciones ambientales. Fue introducido en Estados Unidos de América en la década de los 20's. El cultivo de ostión del Pacífico puede ser suspendido o flotante, la tecnología que se utilice dependerá de la fuente de alimento, condiciones ambientales y tipo de producto que se quiere vender (FAO, 2015a). En

Tamaulipas no existen antecedentes del cultivo de ostión, sin embargo, este organismo se colecta de las poblaciones naturales (banco de *Crassostrea virginica*). Se han otorgado apoyos a plantas de depuración de ostión americano, pero no se cuenta con datos de la producción de estas plantas, ya que aparentemente están fuera de operación (Blanco, 2015).

El objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad de los cultivos de camarón, tilapia, bagre y ostión, mediante un análisis de factibilidad económica y financiera, que contempla la complejidad técnica y administrativa, bajo los esquemas de apoyo gubernamentales más significativos, para los sectores de baja, mediana y alta capacidad económica de inversión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos sobre producción acuícola durante 2004 a 2013 se obtuvieron de las estadísticas proporcionadas por CONAPESCA. Para analizar las estrategias gubernamentales en la materia, se solicitó información y se entrevistó a personal de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura del Gobierno del Estado de Tamaulipas, México, del Departamento de Acuicultura, para obtener datos de los recursos otorgados durante los últimos 10 años, y establecer cuáles han sido los principales cultivos que se han apoyado.

Se realizaron análisis financieros para cultivos de camarón, tilapia y bagre bajo dos escenarios de inversión y de acuerdo a los sistemas de producción que se suelen utilizar en Tamaulipas, para cada una de esas especies. También se llevaron a cabo análisis financieros para el cultivo de ostión, del cual no hay antecedente en el estado. Se establecieron dos niveles de inversión, uno para proyectos principalmente dirigidos a personas con niveles de ingreso menores a cinco salarios mínimos y de activos por debajo de los US\$ 10 000, y otro para inversionistas con

■ **Tabla 1. Análisis estadístico de las inversiones fijas.**
 Table 1. Statistical analysis of fixed investments.

	Primer análisis	Segundo análisis
Media	US \$ 58 696	US\$ 108 597
Desviación estándar	US\$ 2 073	US\$ 919
Mínimo	US\$ 56 115	US\$ 107 697
Máximo	US\$ 61 664	US\$ 110 104

mayor capacidad de inversión. En el primer caso y para que los análisis fueran comparables, se fijó una inversión en activos fijos (infraestructura y equipamiento) de US\$ 58 696 con una desviación estándar de US\$ 2 073 (Tabla 1). Se utilizó como base, la inversión en activos fijos, dado que los principales programas de apoyo gubernamentales solo aportan recursos para ese rubro. Para ajustar los insumos, rendimientos y valor del producto, en los análisis financieros, se elaboraron dos tipos de encuestas: la primera dirigida a productores de camarón y la segunda a productores de bagre, en las que se incluyeron preguntas relacionadas con: la experiencia en el cultivo, grado de escolaridad, tamaño de las granjas, producción, rendimientos, costos y principales proveedores. Se aplicaron durante el 2011 a 10 productores de camarón, quienes, en el periodo evaluado, aportaron el 90 % del volumen total estatal de esta especie; y a cuatro productores de bagre durante el 2014, quienes aportaron una producción equivalente al 64 % del total estatal.

No se elaboraron encuestas para productores de tilapia y ostión, debido que solo se tenía conocimiento de dos empresas productoras de tilapia en operación y de ninguna de ostión. Por último, se compararon las necesidades de inversión, las fuentes de financiamiento de acuerdo a los programas de apoyo del gobierno, las utilidades potenciales y otros indicadores financieros.

Para el segundo escenario, se estableció una inversión en activos fijos de US\$ 108 597, con una

desviación estándar de US\$ 919 (Tabla 1), para determinar como afecta un incremento significativo en la inversión a los resultados.

Se calculó el valor actual neto (VAN), también conocido como Valor Presente Neto (VPN) para conocer el aporte económico del proyecto a los inversionistas. Para ello, se tiene que contemplar la tasa de descuento, que son los rendimientos esperados por inversiones similares en el mercado de capitales (Brealey y col., 2010).

El VAN se estimó con la siguiente fórmula:

$$VAN = C_0 + VP = C_0 + \sum \frac{C_t}{(1 + r_t)^t}$$

Donde:

C_t = flujos de caja en cada periodo t.

C₀ = valor del desembolso inicial de la inversión.

r = tipo de interés.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se utilizó como una medida de los rendimientos futuros esperados en una inversión. Según Brealey y col. (2010), la TIR se define como la tasa de descuento, a la cual VAN = 0, se calcula con la siguiente fórmula (método de prueba y error):

$$VAN = C_0 + \frac{C_1}{1+TIR} + \frac{C_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{C_T}{(1+TIR)^T} = 0$$

Donde:

C₀ = valor del desembolso inicial de la inversión.

C₁, C₂, C_T = flujos de caja en cada periodo.

Para todos los cálculos y estimaciones se utilizó el tipo de cambio de \$ 17.80 pesos por dólar.

Para determinar la probabilidad de alcanzar los resultados arrojados por los análisis financieros, se realizó una estimación de la complejidad técnica y administrativa, y de las posibles amenazas externas, en la que se contemplaron los siguientes factores: manejo de la calidad del agua, monitoreo de la calidad del agua, control sanitario, manejo administrativo, alimentación de los organismos, control de enfermedades y estrés, y la amenaza de fenómenos naturales.

■ **Tabla 2. Producción acuícola en Tamaulipas.**
Table 2. Aquaculture production in Tamaulipas.

Producción acuícola (T)				
Año	Bagre	Camarón	Tilapia	Total
2004	1 001	1 858	**Sin datos	2 859
2005	781	1 222	*9	2 012
2006	300	1 885	Sin estimación	2 185
2007	445	1 647	Sin estimación	2 092
2008	470	1 787	Sin estimación	2 257
2009	198	1 256	Sin estimación	1 454
2010	707	1 966	Sin estimación	2 673
2011	680	2 068	Sin estimación	2 748
2012	790	2 394	Sin estimación	3 184
2013	575	2 615	*99	3 289
Diferencia	- 426	757	90	421

Fuente: CONAPESCA (2005 a 2014). *La producción de tilapia del 2005 y 2013 se calculó directamente de la base de datos del Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca de la Conapesca, ya que el anuario no diferencia entre la tilapia de captura y la de acuicultura. **No está disponible la base de datos del 2004.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Derivado del análisis de la producción acuícola de los últimos 10 años (CONAPESCA, 2005; 2006; 2007; 2008; 2009; 2010; 2011; 2012; 2013; 2014), se encontró que en el periodo de 2004 a 2013 la acuicultura en Tamaulipas no ha crecido de manera significativa, con un incremento apenas superior a las 400 T (Tabla 2). Según datos del Departamento de Acuicultura de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura en el estado, durante el periodo de 2005 a 2010 se otorgaron apoyos a fondo perdido por más de MMUS\$ 1.77 (millones de dólares) para el cultivo de bagre, en un esquema que usualmente representaba un 50 % de la inversión total en infraestructura y equipamiento, por lo que la inversión total fue superior a los MMUS\$ 3.54. Durante el periodo de 2011 a 2014 se apoyaron proyectos para todos los cultivos acuícolas por más de MMUS\$ 1.46, bajo el mismo esquema de los años anteriores, por lo que la inversión total en ese lapso fue de MMUS\$ 2.92. Entonces, de 2005 a 2014 se

inviertieron MMUS\$ 6.46, de los cuales, la mitad fueron apoyos a fondo perdido y el resto fue inversión de los propios productores (Blanco, 2015). Durante el periodo de 2005 a 2010, no se contemplaron inversiones en cultivos de camarón y tilapia, ni programas estratégicos o programas directamente aplicados por la CONAPESCA, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA) u otras dependencias. Tampoco se contemplaron los apoyos para investigaciones, estudios y asistencia técnica (Blanco, 2015).

Según datos de la CONAPESCA (2014), la producción pesquera y acuícola en Tamaulipas fue de 30 744 T durante el 2013, 40.81 % menor que durante el 2004, cuando este sector alcanzó las 51 943 T. Con un capital humano superior a las 10 000 personas, en 2013 Tamaulipas ocupó el décimo tercer lugar nacional por volumen de producción y el noveno por valor de la misma (MMUS\$ 43.7). Ese mismo año, en el segmento acuícola, se registraron 39 unidades productoras, con un valor de producción estimado en los MMUS\$ 9, generando cerca de 1 000 empleos directos (CONAPESCA, 2014).

Los principales cultivos que han sido apoyados en Tamaulipas durante el periodo de 2005 a 2013 fueron: camarón, bagre y tilapia.

Cultivo de camarón

De acuerdo con los resultados de las encuestas, los productores de camarón de acuicultura en Tamaulipas poseen un adecuado nivel de estudios y experiencia suficiente en acuicultura; son propietarios en promedio de 55 ha de espejo de agua y utilizan el cultivo semi-intensivo; siembran a una densidad de 22 camarones por m² y obtienen rendimientos anuales de 4 T/ha, con ventas de US\$ 702 000 en promedio.

Las encuestas también revelaron que la principal fuente de conocimiento es la empírica, lo que implica que han ido aprendiendo a través del tiempo con aciertos y errores,

por lo que sus primeras experiencias fueron de bajas producciones y han venido mejorando. Además, se encontró como fuentes importantes de conocimiento a los foros, congresos, artículos especializados y talleres; y a la transmisión de conocimiento y experiencias entre los productores. Cabe señalar, que la mayoría de ellos no expresaron como una fuente de conocimientos a instituciones de investigación o profesionistas en la materia. La falta de interacción del sector acuícola con el sector académico, para la construcción de redes de conocimiento más profundas, ha sido reportada previamente y limita el desarrollo de este sector productivo (Casas-Guerrero, 2009; Dettmer González, 2009).

El camarón que se cultiva en Tamaulipas, es el blanco del Pacífico. Este se siembra en estanques rústicos de tierra, con y sin tecnificación (uso de aireadores para la oxigenación mecánica del agua).

La camaronicultura es una actividad que involucra costos de compra de postlarva, alimentos balanceados e insumos como cal, fertilizantes, probióticos, mano de obra, diésel y energía eléctrica. En Tamaulipas, los costos promedio ascienden a US\$ 478 266 por unidad de producción.

Cultivo de bagre y tilapia

Se agrupó el cultivo de bagre y tilapia por tener técnicas de producción y valor de venta similar. Aunado a esto, algunos de los productores que cultivan bagre también cultivan tilapia. Tamaulipas se ha destacado a nivel nacional por la producción de bagre de canal, aunque injustificadamente, ya que la producción de esta especie es muy baja y su valor no representa ni el 3 % del valor de las pesquerías tamaulipecas. Según los datos del Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2013, la producción acuícola de bagre en ese año fue de 575 T, el 57.4 % de lo producido en el 2004 (Tabla 2). En tanto que la producción de tilapia de acuicultura fue de solo 99 T, mucho menor a la de bagre (CONAPESCA, 2014).

Los cultivos de bagre y tilapia se han desarrollado en Tamaulipas en estanques rústicos, jaulas y tanques de geomembrana. La tecnología a emplear depende del objetivo del cultivo (reproducción, alevinaje y engorda). También se puede usar una mezcla de los métodos en una misma granja para hacer más eficiente la producción.

Cultivo en estanques

El cultivo en estanques rústicos se lleva a cabo en estanques de no menos de 1 000 m² de espejo de agua y no más de 2 ha (20 000 m²), sembrando alevines (previamente reversados, transformados en machos por medio de hormonas) de al menos una pulgada, lo que garantiza un control de los depredadores, de la calidad del agua y del alimento durante sus primeros días (Zúñiga, 2015).

Los estanques rústicos son sistemas generalmente extensivos, con recambio moderado del agua, la mayoría de las veces solo ingresa agua para mantener los niveles perdidos por filtraciones y evaporación. En Tamaulipas, los rendimientos anuales para estas dos especies suelen ser de entre 1 T/ha y 3 T/ha; aunque éstos pueden superar las 10 T anuales en sistemas intensivos o súper intensivos, en los que se incrementa el recambio y/o se oxigena el agua por medio de aireadores, lo que a su vez incrementa la complejidad del sistema y el riesgo de las inversiones (Zúñiga, 2015).

El cultivo en estanques tiene la ventaja de disminuir el factor de conversión alimenticia, lo que reduce costos de alimentación, sin embargo, se requieren de extensiones relativamente grandes de tierra, e implica costos elevados de infraestructura, monitoreo y manejo de la calidad del agua, en comparación con las jaulas flotantes.

Cultivo en jaulas

Para la engorda de bagre y tilapia, la técnica más sencilla y económicamente más atractiva, son las jaulas flotantes, las cuales, son estructuras

con una malla usualmente de acero inoxidable cubierto por PVC que se colocan dentro de un cuerpo de agua. Estas cuentan con algún tipo de sistema de flotación. En el estado de Tamaulipas casi el total de las jaulas son de 7 m³, con una estructura de ángulo y una luz de malla de entre media pulgada y una pulgada (Gojón, 2015). La ventaja de este sistema es que no requiere ningún esfuerzo para el control de la calidad del agua y que el cultivo es intensivo, con rendimientos de hasta 250 kg/m³. Es fácil y de rápido acceso para alimentar. Las inversiones en infraestructura son pequeñas en relación a los rendimientos, no se requiere de concesión de uso de agua, y los métodos de selección y cosecha de los organismos son más sencillos que otros organismos, de acuerdo a los comentarios de los productores de bagre encuestados en 2014. Por otro lado, se tiene la desventaja que los alevines tienen que ser sembrados con una talla mayor a 10 cm, lo que incrementa sustancialmente el costo de las crías, y que en este cultivo los organismos se alimentan en un 100 % de alimento balanceado, incrementando el factor de conversión alimenticia. Aunado a esto, se requiere obtener una concesión de acuicultura comercial para aprovechar un espacio en aguas de jurisdicción federal (Gojón, 2015).

Cultivo en tanques

El cultivo en tanques, canaletas y canales rápidos es el más complicado de todos los cultivos. Para este tipo de cultivos, se suelen usar tanques circulares de geomembrana con diámetros de entre 3 m y 12 m y profundidad de 1.2 m. Los recambios van de un 10 % a un 300 % diario, inclusive más. Algunos de ellos son en circuitos cerrados, donde el agua se emplea bajo un sistema de recirculación. Sin embargo, los excrementos de los peces (desechos nitrogenados) se convierten en amonio, el cual es muy tóxico para la mayoría de los organismos, por lo que se requiere un sistema de biofiltración, un filtro de bacterias nitrificantes que convierten el amonio en nitritos y este en nitratos. Estos sistemas requieren de una mayor inversión, cui-

dado y mantenimiento. Por otro lado, los sistemas abiertos necesitan grandes volúmenes de agua, por lo que usualmente se usan solo para producción de alevines o especies de alto valor comercial. Los sistemas de producción acuícola intensivos requieren además de un monitoreo constante de la calidad del agua, ya que alteraciones en los parámetros fisicoquímicos del agua en el cultivo pueden provocar una mortandad total en cuestión de minutos. Se sugieren este tipo de sistemas para productores que cuenten con técnicos y personal capacitados las 24 h (Hernández, 2015).

Cultivo de ostión

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONAPO, 2012), en el Proyecto de Plan de Manejo del Área Natural de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo, considera que la acuicultura en cuerpos de agua costeros estaría permitida únicamente para especies nativas, por lo que para la mayor parte de la costa tamaulipeca, el único cultivo comercial con una tecnología bien desarrollada con el que se podría trabajar es el ostión americano.

Para el desarrollo de cualquier cultivo de ostión se requiere de una fuente de semilla, la cual puede ser del medio natural o provenir de laboratorios de producción especializados de la misma. Cabe señalar, que la Universidad Tecnológica del Mar, ubicada en Soto la Marina, Tamaulipas, cuenta con las instalaciones y el equipamiento de un laboratorio con la capacidad de producir hasta 4 000 000 de semillas de ostión americano mensualmente. Sin embargo, no se producen por falta de demanda (Gojón, 2015).

Para el cultivo de ostión americano se utilizan las mismas tecnologías de cultivo que para el ostión japonés (*C. gigas*), pero la técnica más empleada en Estados Unidos es el arrojar semillas sobre bancos de ostión, para que estas alcancen su talla comercial naturalmente (FAO, 2015b).

Es importante destacar que los moluscos bivalvos son organismos filtradores, que concentran cualquier tipo de contaminante presente en el agua, por lo que es indispensable que se clasifique el sitio donde se quiera llevar a cabo el cultivo (Tabla 3), para ello es necesario seguir la normatividad planteada en el Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos, mediante la Guía Técnica para el Control Sanitario de Moluscos Bivalvos (COFEPRIS, 2015).

Primer análisis financiero

Descripción técnica y financiera de los cultivos acuícolas

Se detallan los aspectos económicos para el cultivo de camarón, tilapia, bagre y ostión, dirigidos principalmente a personas con ni-

veles de ingreso menores a cinco salarios mínimos y de activos por debajo de los US\$ 10 000).

Con un promedio de inversión de US\$ 58 696 y una desviación estándar de US\$ 2 073 (Tabla 1), se establecieron inversiones en activos fijos de acuerdo a la siguiente lista:

1. Camarón. Dos estanques rústicos de 2 ha cada uno (4 ha de cultivo), compuertas, canales de distribución y descarga de agua, dormitorio, comedor, bodega y equipo de cultivo, siembra y cosecha, con un costo total de US\$ 61 664 (solo la inversión en activos fijos).
2. Tilapia. Doce estanques rústicos, de media hectárea cada uno (6 ha de cultivo), canales,

■ **Tabla 3. Descripción técnica de los cultivos de camarón, tilapia, bagre y ostión para el análisis financiero de este estudio.**

Table 3. Technical description of shrimp, tilapia, catfish and oyster cultures for the financial analysis of this study.

Técnica de los cultivos	Camarón	Tilapia	Bagre	Ostión
Sistema de cultivo	Estanques rústicos	Estanques rústicos	Jaulas flotantes	Cestas o costales suspendidos
Ciclo	Un ciclo largo de 26 semanas	Un solo ciclo al año de 23 semanas	Dos ciclos al año de 26 semanas (no todas las jaulas alcanzan el segundo ciclo)	Continuo
Precosechas	12 g y 18 g	Sin precosechas	No aplica Solo desdobles	No aplica Solo desdobles
Densidad de siembra	22 organismos/m ²	8 000 organismos/ha	285 organismos/m ³	Un costal por cada 3 m ² 3 200 costales/ha
Rendimiento anual	3.98 T/ha	3.46 T/ha	141 kg/m ³	240 000 ostiones/ha
Peso a la cosecha	25 g	Peso inicial: 22 g Peso final: 509 g	Peso inicial: 22 g Peso final: 597g	Talla inicial: 3 cm Talla final: 7 cm a 9 cm
Factor de conversión alimenticia (FCA)	1.67	1.59	1.93	–

tubería y válvulas de carga y descarga de agua, dormitorio, comedor, bodega, equipo de cultivo, siembra y cosecha, con un costo total de US\$ 59 410.

3. Bagre. Cuarenta y cinco jaulas de 7 m³ cada una (315 m³ de cultivo), estructuras de anclaje, muelle, dormitorio, comedor, bodega, equipo de cultivo, siembra y cosecha, con un costo total de US\$ 57 596.

4. Ostión. Mil seiscientos costales de cultivo, postes y cable para la suspensión de los costales, equipo de cultivo, plancha de concreto, bodega, dormitorio y comedor, con un costo total de US\$ 56 115.

Para la inversión en activos fijos, es factible que los beneficiarios puedan encontrar un apoyo económico a fondo perdido en algún programa de la SAGARPA-CONAPESCA (Programa de Concurrencia con las Entidades Federativas y Programa de Fomento a la Productividad Pesquera y Acuícola) de entre el 50 % y 100 % del valor total de esta inversión. Por ejemplo, en el esquema del Programa de Concurrencia con Entidades Federativas 2016, para apoyos a productores preferentemente de bajos ingresos y ubicados en zonas de alta y muy alta marginación (actividades de micro-escala), sin rebasar los US\$ 14 045 del monto de apoyo (para alcanzar el máximo apoyo posible, el proyecto puede ser subdividido en proyectos de menor tamaño), hasta por el 80 % del valor total de la inversión (solo se otorgan recursos para adquirir infraestructura y equipamiento), pudiendo realizar la aportación complementaria con capital de trabajo (SAGARPA, 2016). Para recibir dicho apoyo, y para cumplir con toda la normatividad que regula esta actividad, los beneficiarios deben contar con un proyecto de factibilidad técnica, económica y financiera, un resolutive de impacto ambiental favorable, que les permita llevar a cabo las obras y operaciones que se pretenden, y en su caso, concesión de aprovechamiento de agua por la cantidad de metros cúbicos requeridos

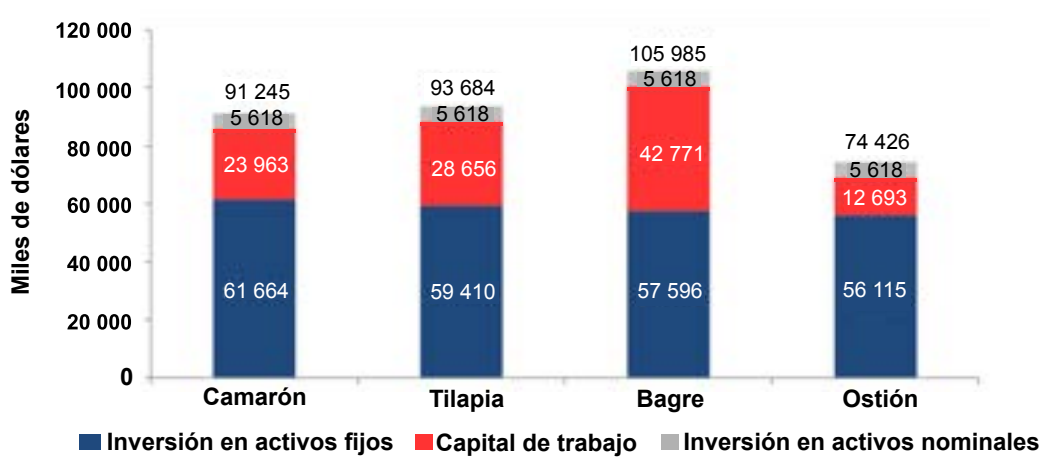
en el proyecto, y concesión de zona federal y/o acuicultura comercial para la construcción de canales, estanques o la instalación de infraestructura de cultivo dentro del agua (SAGARPA, 2016).

Todos los cultivos acuícolas requieren de un Manifiesto de Impacto Ambiental, el cual deberá ser evaluado y aprobado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Congreso de la Unión, 2000). En caso de ubicarse dentro de un cuerpo de agua de jurisdicción nacional, deberán contar con una concesión de acuicultura comercial, o bien, si es el caso, de acuicultura de fomento (Congreso de la Unión, 2007).

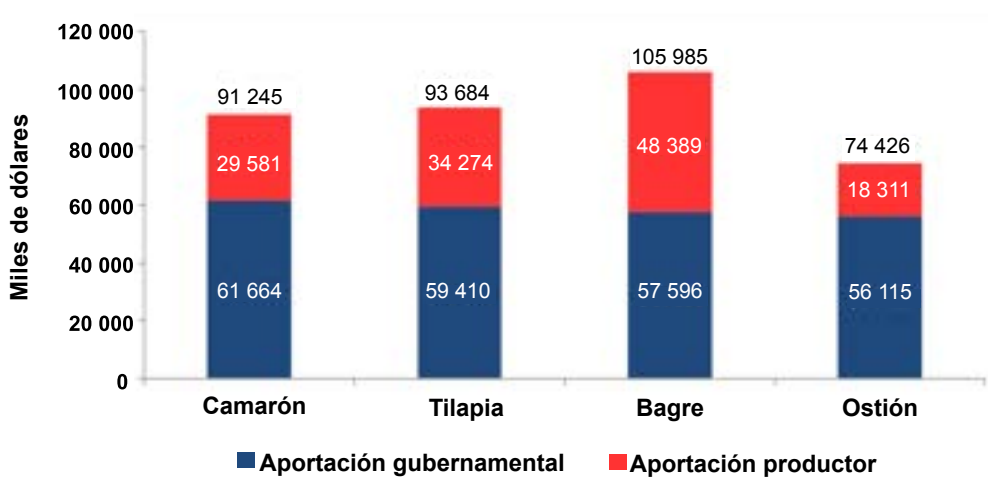
Una vez que ya se tienen los permisos (inversión en activos nominales) y se han hecho las obras necesarias para operar, es necesario contar con los recursos económicos (capital de trabajo) para comprar el alimento, las post-larvas, alevines o semillas, el pago de combustibles, electricidad, sueldos, entre otros.

De acuerdo a las inversiones en infraestructura, equipamiento, proyecto, manifiesto de impacto ambiental, permisos y concesiones, establecidas para cada uno de los cultivos, se requieren inversiones iniciales totales (inversión en activos fijos, inversiones en activos nominales y capital de trabajo) de: US\$ 91 245, US\$ 93 684, US\$ 105 985, y US\$ 74 426 para camarón, tilapia, bagre y ostión, respectivamente (Figura 1).

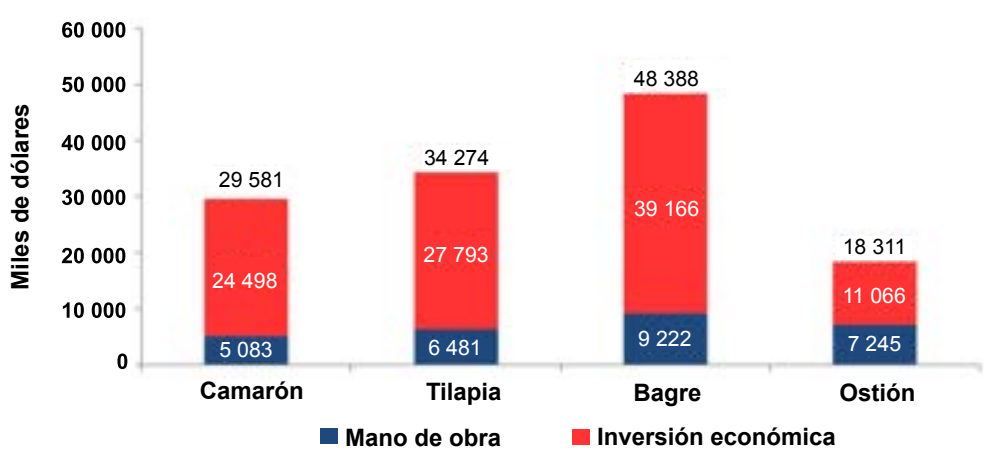
Dado que en todos los cultivos estudiados la inversión en activos fijos es menor al 80 % del monto total a invertir, el 100 % de la inversión en activos fijos se puede originar de algún programa de apoyo, y el 100 % de la inversión en capital de trabajo y activos nominales debe ser aportada por los propios productores. Esta última asciende a US\$ 29 581, US\$ 34 274, US\$ 48 389 y US\$ 18 311 para los cultivos de camarón, tilapia, bagre y ostión, respectivamente (Figura 2). A pesar de que las inversiones en infraestructura y equipamiento son similares,



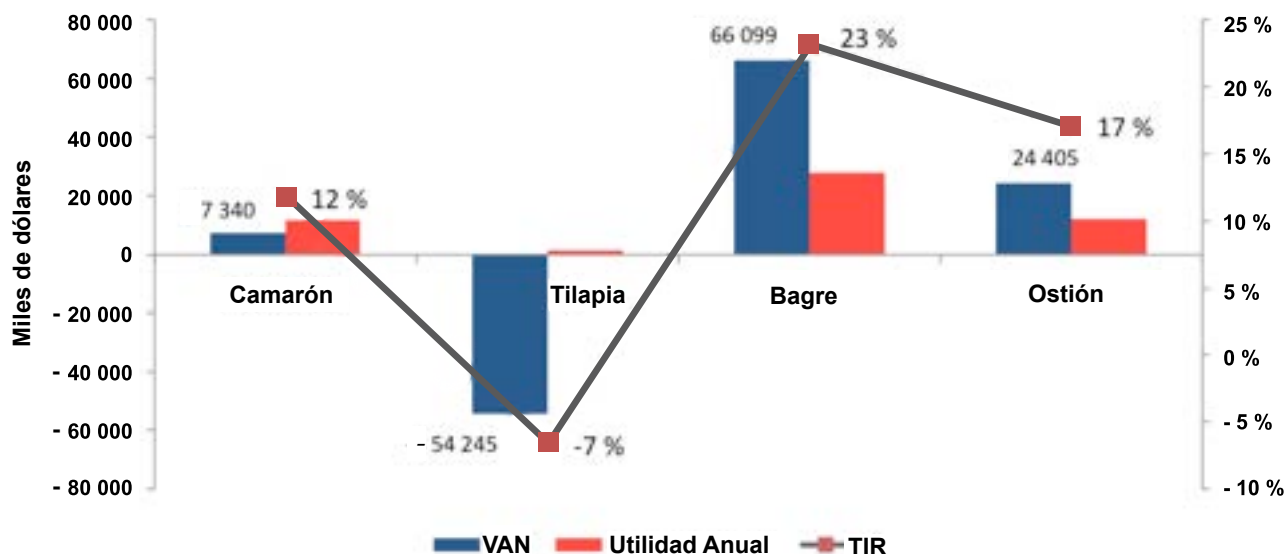
■ Figura 1. Inversión total para el primer análisis financiero.
 Figure 1. Total investment for the first financial analysis.



■ Figura 2. Fuentes de financiamiento de la inversión inicial para el primer análisis financiero.
 Figure 2. Initial investment financial sources for the first financial analysis.



■ Figura 3. Desglose de la inversión de los productores para el primer análisis financiero.
 Figure 3. Breakdown of the producer's investment for the first financial analysis.



■ **Figura 4. Indicadores de rentabilidad para el primer análisis financiero.**
 Figure 4. Profitability indicators for the first financial analysis.

la inversión requerida para operar cada uno de los cultivos varía ampliamente, siendo el bagre el cultivo que requiere una mayor inversión del productor, lo anterior ligado a la fuerte inversión que se debe de hacer en capital de trabajo (US\$ 42 771) (Figura 1). El cultivo de ostión es el que requiere de una menor inversión en capital de trabajo (US\$ 12 693).

Para analizar más a detalle la aportación de los productores, ésta se dividió en dos rubros; mano de obra e inversión económica. Los montos de la inversión económica se estiman en US\$ 24 498, US\$ 27 793, US\$ 39 166 y US\$ 11 066 para los cultivos de camarón, tilapia, bagre y ostión respectivamente (Figura 3). Estos montos son la limitante más importante para inversionistas que disponen de poco capital o crédito.

Por último, se obtuvieron algunos indicadores de la rentabilidad de estas inversiones. Para los tres indicadores: la TIR, el VAN y las utilidades antes de impuestos de cada uno de los proyectos, el cultivo de bagre registró mejores resultados (Figura 4), seguido del de ostión, camarón y tilapia.

En la Tabla 4 se muestran los resúmenes de las inversiones, los ingresos, los egresos y los indicadores financieros de los cultivos de camarón, tilapia, bagre y ostión. Los resultados sugieren que el cultivo de bagre, con las tecnologías mencionadas, es el más rentable, ya que tiene un periodo de recuperación de la inversión y un punto de equilibrio menor a los de los otros cultivos. Sin embargo, es poco viable para el sector económico de bajos ingresos tamaulipeco, ya que se requieren de inversiones económicas propias relativamente grandes. Por otra parte, el cultivo de ostión, con indicadores de rentabilidad menos atractivos que los del cultivo de bagre, parece ser financieramente más viable, dado que la aportación económica de los productores es 72 % menor.

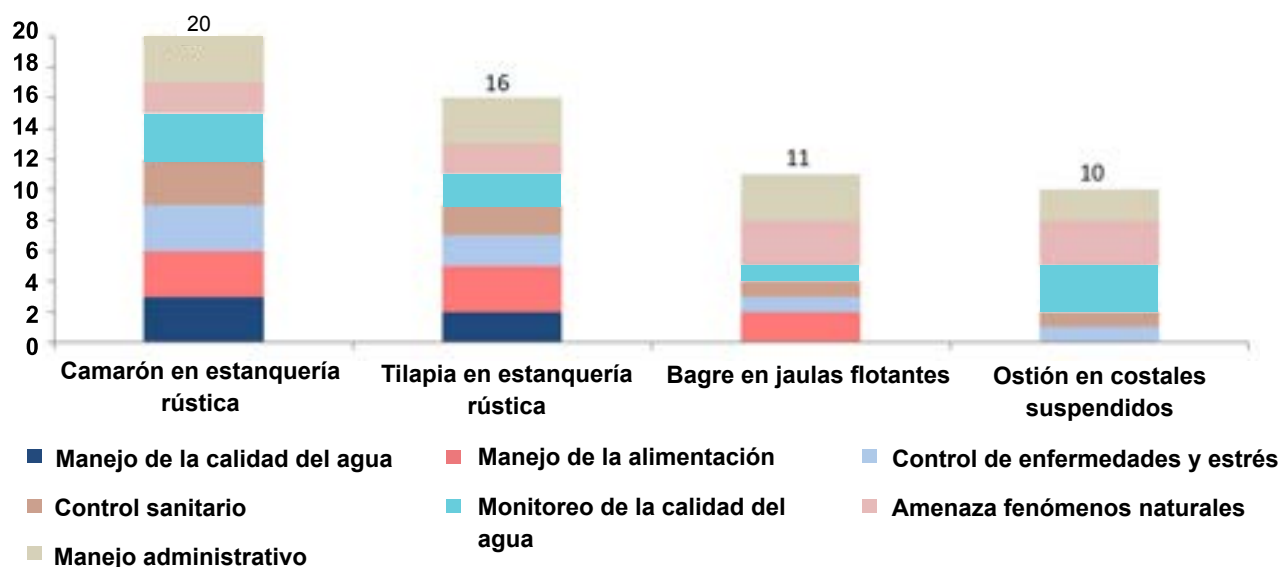
Aspectos técnicos y administrativos

En la Figura 5 se estima la complejidad de cada cultivo, de acuerdo a la viabilidad técnica, administrativa y a las posibles amenazas externas. En total se evalúan siete factores, a cada uno de ellos se les otorgó una puntuación de cero a tres, siendo cero el menos complejo y tres el más complejo. El cultivo de camarón, con 20 puntos, de 21 posibles, resultó el

■ **Tabla 4. Resumen del primer análisis financiero para los cultivos de camarón, tilapia, bagre y ostión.**
 Table 4. Summary of the first financial year for farmed shrimp, tilapia, catfish and oyster.

Inversiones	Monto US\$			
	Camarón	Tilapia	Bagre	Ostión
Infraestructura	\$ 33 427	\$ 45 916	\$ 44 101	\$ 52 461
Equipos e implementos	\$ 28 237	\$ 13 494	\$ 13 494	\$ 3 654
Inversión en Activos Fijos	\$ 61 664	\$ 59 410	\$ 57 596	\$ 56 115
Impacto ambiental, proyecto ejecutivo, permisos y concesiones	\$ 5 618	\$ 5 618	\$ 5 618	\$ 5 618
Inversión en Activos Nominales	\$ 5 618	\$ 5 618	\$ 5 618	\$ 5 618
Capital de Trabajo*	\$ 23 963	\$ 28 656	\$ 42 771	\$ 12 693
Inversión Inicial Total	\$ 91 245	\$ 93 684	\$ 105 985	\$ 74 426
Alimento balanceado	\$ 14 705	\$ 15 268	\$ 63 098	\$ -
Postlarva, alevines o semillas	\$ 4 079	\$ 4 004	\$ 12 135	\$ 695
Combustibles y lubricantes	\$ 1 236	\$ 955	\$ 337	\$ 1 348
Sueldos	\$ 8 577	\$ 8 642	\$ 18 445	\$ 12 420
Otros insumos	\$ 4 127	\$ 1 910	\$ 2 903	\$ 1 551
Teléfono	\$ 449	\$ 562	\$ 674	\$ 331
Combustible y mantenimiento de equipo de transporte	\$ 871	\$ 674	\$ 1 517	\$ 539
Alimentación del personal	\$ 1 315	\$ 360	\$ 921	\$ 1 348
Asesoría	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Varios	\$ 2 521	\$ 2 803	\$ 3 371	\$ 4 045
Costos Operacionales	\$ 37 879	\$ 35 178	\$ 103 402	\$ 22 278
Ingresos				
Volumen	15.92 T	20.79 T	71.35 T	120 000 Piezas
Venta de producto	\$ 56 189	\$ 42 042	\$ 136 293	\$ 40 449
Egresos				
Costos Operacionales	\$ 37 879	\$ 35 178	\$ 103 402	\$ 22 278
Depreciación y amortizaciones	\$ 6 429	\$ 5 276	\$ 5 185	\$ 5 892
Total	\$ 44 308	\$ 40 454	\$ 108 586	\$ 28 170
Utilidad antes de Impuesto				
Ingresos - Egresos	\$ 11 881	\$ 1 589	\$ 27 707	\$ 12 279
Indicadores Financieros				
Punto de equilibrio**	47 %	85 %	30 %	46 %
TIR	12 %	-7 %	23 %	17 %
VAN	\$ 7 340	-\$ 54 245	\$ 66 099	\$ 24 405
Periodo de recuperación (Años)	3.8	9.0	2.0	3.5

*El capital de trabajo está incluido en los costos de operación (es el capital necesario para operar la granja hasta el mes en que las ventas son mayores a los costos de operación). **Determinado como porcentaje de la producción o ventas totales.



■ **Figura 5. Complejidad técnica y administrativa de los cultivos acuícolas.**
Figure 5. Technical and administrative complexity of aquaculture systems.

más complejo, seguido de los cultivos de tilapia en estanquería rústica, bagre en jaulas flotantes y ostión en costales suspendidos, con 16, 11 y 10 puntos, respectivamente.

Considerando que un proyecto con apoyo de hasta el 80 % va dirigido preferentemente a productores de bajos ingresos, en zonas de alta y muy alta marginación, por lo general con una preparación escolar moderada y sin conocimientos acuícolas, y que para la base de cálculo de los sueldos se propone un técnico acuícola recién egresado, los costos y los niveles de producción estimados son difíciles de alcanzar para los cultivos más complejos, como el camarón y la tilapia, por lo que la utilidad podría disminuir, e inclusive convertirse en pérdida. Una opción sería la contratación de un gerente técnico con experiencia en el cultivo, no obstante se estima un costo superior a los US\$ 13 000 anuales, lo que disminuiría la utilidad considerablemente.

Segundo análisis financiero

Descripción técnica y financiera de los cultivos acuícolas

Se detallan los aspectos económicos para el cultivo de camarón, tilapia, bagre y ostión,

dirigidos principalmente a productores con mayor capacidad de inversión.

Con un promedio de inversión de US\$ 108 597 y una desviación estándar de US\$ 919 (Tabla 1), se establecieron inversiones en activos fijos de acuerdo a la siguiente lista:

1. Camarón. Cinco estanques rústicos de 2 ha cada uno (10 ha de cultivo), compuertas, canales de distribución y descarga de agua, dormitorios, comedor, bodega y equipo de cultivo, siembra y cosecha con un costo total de US\$ 108 057 (solo la inversión en activos fijos).
2. Tilapia. Treinta y seis estanques rústicos de media hectárea cada uno (18 ha de cultivo), canales, tubería y válvulas de carga y descarga de agua, dormitorios, comedor, bodega, equipo de cultivo, siembra y cosecha con un costo total de US\$ 108 531.
3. Bagre. Ciento siete jaulas de 7 m³ cada una (749 m³ de cultivo), estructuras de anclaje, muelle, dormitorios, comedor, bodega, equipo de cultivo, siembra y cosecha con un costo total de US\$ 107 697.

4. Ostión. Tres mil seiscientos costales de cultivo, postes y cable para la suspensión de los costales, equipo de cultivo, plancha de concreto, bodega, dormitorios y comedor con un costo total de US\$110 104.

De acuerdo a las inversiones en infraestructura, equipamiento, proyecto, manifiesto de impacto ambiental, permisos y concesiones, establecidas para cada uno de los cultivos, se requieren inversiones iniciales totales (inversión en activos fijos, inversiones en activos nominales y capital de trabajo) de: US\$ 162 777, US\$ 179 548, US\$ 210 138, y US\$ 135 984 para camarón, tilapia, bagre y ostión respectivamente (Figura 6).

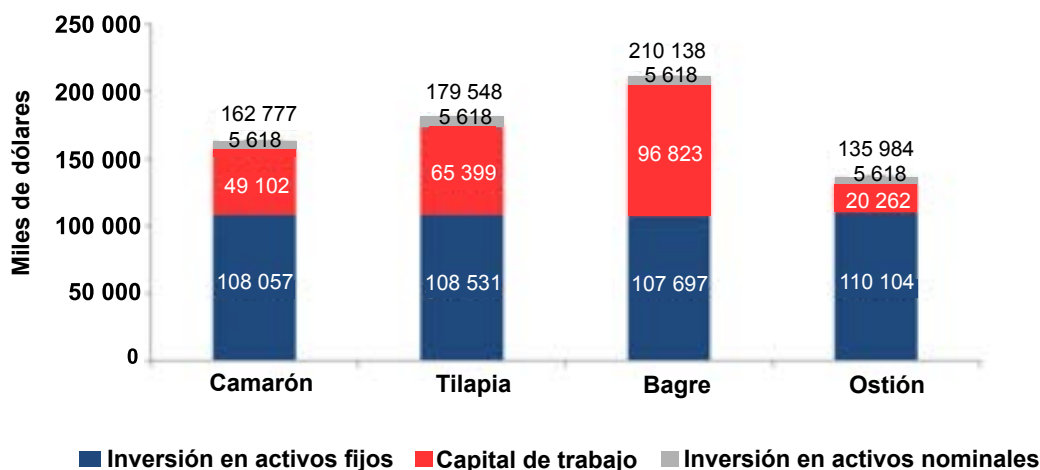
A diferencia del origen de las inversiones para el primer análisis financiero con inversiones en activos fijos significativamente menores (46 % menores). El máximo apoyo que es posible recibir por los programas federales y de concurrencia con las entidades federativas para este segundo análisis financiero es del 50 % de la inversión total en activos fijos. Por lo que en los análisis financieros, a todos los cultivos se les otorgó el 50 % de la inversión en activos fijos, y el resto, más el 100 % de la inversión en capital de trabajo y activos nominales, debe ser aportada por los propios pro-

ductores. Esta última asciende a US\$ 108 749, US\$ 125 282, US\$ 156 289 y US\$ 80 932, para los cultivos de camarón, tilapia, bagre y ostión, respectivamente (Figura 7). Los resultados coinciden con el primer análisis, el cultivo de bagre requiere una mayor inversión del productor, lo anterior ligado a una mayor inversión en capital de trabajo, y el cultivo de ostión es el que requiere de una menor inversión en capital de trabajo.

Los montos de la inversión económica requerida para los productores se estiman en US\$ 100 843, US\$ 114 151, US\$ 140 303 y US\$ 68 953 para los cultivos de camarón, tilapia, bagre y ostión, respectivamente (Figura 8).

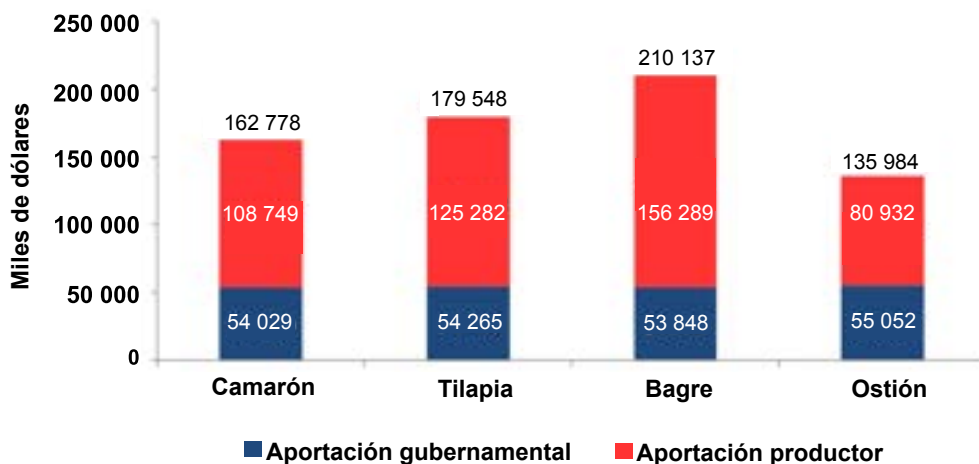
En la Figura 9 se observan algunos indicadores de la rentabilidad de estas inversiones. En todos ellos el cultivo de bagre mostró mejores resultados. Para el caso de la VAN y las utilidades, el cultivo de camarón aparece en segundo lugar y el ostión en tercero, sin embargo, el cultivo de ostión arrojó una TIR superior a la del cultivo de camarón. En los tres indicadores, el cultivo de tilapia presentó los resultados menos sobresalientes o alentadores.

En la Tabla 5 se muestran los resúmenes de los análisis financieros de los cuatro cultivos, los

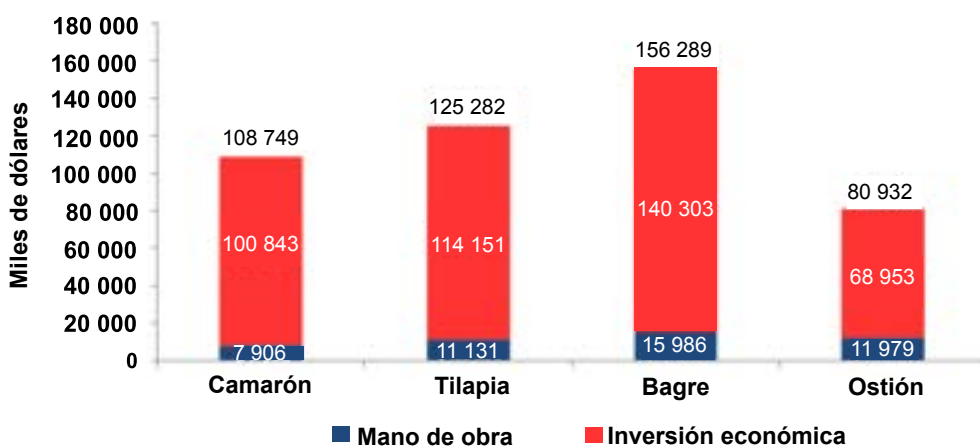


■ Figura 6. Inversión total para el segundo análisis financiero.

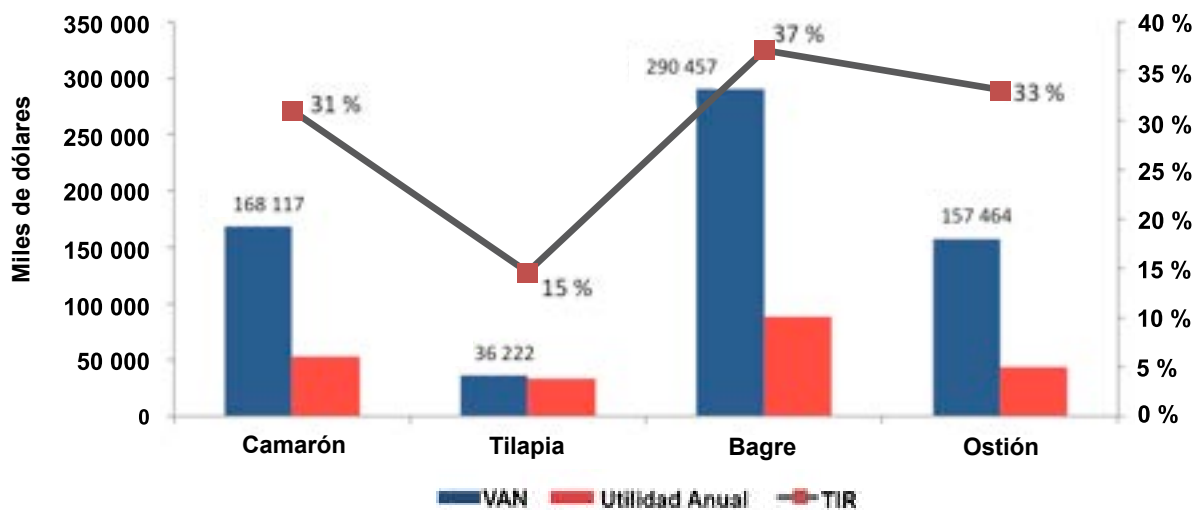
Figure 6. Total investment for the second financial analysis.



■ Figura 7. Fuentes de financiamiento de la inversión inicial para el segundo análisis financiero.
 Figure 7. Initial investment financial sources for the second financial analysis.



■ Figura 8. Desglose de la inversión de los productores para el segundo análisis financiero.
 Figure 8. Breakdown of the producer's investment for the second financial analysis.



■ Figura 9. Indicadores de rentabilidad para el segundo análisis financiero.
 Figure 9. Profitability indicators for the second financial analysis.

■ **Tabla 5. Resumen del segundo análisis financiero para los cultivos de camarón, tilapia, bagre y ostión.**
 Table 5. Summary of the second financial year for farmed shrimp, tilapia, catfish and oyster.

Inversiones	Monto US\$			
	Camarón	Tilapia	Bagre	Ostión
Infraestructura	\$ 73 596	\$ 95 037	\$ 91 798	\$ 106 449
Equipos e implementos	\$ 34 462	\$ 13 494	\$ 15 899	\$ 3 654
Inversión en Activos Fijos	\$ 108 057	\$ 108 531	\$ 107 697	\$ 110 104
Impacto ambiental proyecto ejecutivo, permisos y concesiones	\$ 5 618	\$ 5 618	\$ 5 618	\$ 5 618
Inversión en Activos Nominales	\$ 5 618	\$ 5 618	\$ 5 618	\$ 5 618
Capital de Trabajo*	\$ 49 102	\$ 65 399	\$ 96 823	\$ 20 262
Inversión Inicial Total	\$ 162 777	\$ 179 548	\$ 210 138	\$ 135 984
Alimento balanceado	\$ 37 038	\$ 45 809	\$ 154 230	\$ -
Postlarva, alevines o semillas	\$ 10 197	\$ 12 013	\$ 29 663	\$ 1 564
Combustibles y lubricantes	\$ 1 236	\$ 1 742	\$ 1 348	\$ 2 697
Sueldos	\$ 13 342	\$ 14 841	\$ 31 971	\$ 20 535
Otros insumos	\$ 8 186	\$ 3 820	\$ 7 596	\$ 3 236
Teléfono	\$ 449	\$ 562	\$ 1 348	\$ 674
Combustible y mantenimiento de equipo de transporte	\$ 871	\$ 674	\$ 3 371	\$ 1 348
Alimentación del Personal	\$ 1 315	\$ 719	\$ 1,483	\$ 1 685
Asesoría	\$ -	\$ -	\$ -	
Varios	\$ 4 533	\$ 5 010	\$ 5 393	\$ 4 045
Costos Operacionales	\$ 77 166	\$ 85 191	\$ 236 404	\$ 35 785
Ingresos				
Volumen	39.79 T	62.36 T	174.42 T	270 000 piezas
Venta de producto	\$ 140 473	\$ 126 127	\$ 333 161	\$ 91 011
Egresos				
Costos Operacionales	\$ 77 166	\$ 85 191	\$ 236 404	\$ 35 785
Depreciación y amortizaciones	\$ 9 860	\$ 7 732	\$ 8 051	\$ 11 291
Total	\$ 87 027	\$ 92 22	\$ 244 455	\$ 47 076
Utilidad antes de impuesto				
Ingresos - Egresos	\$ 53 446	\$ 33 205	\$ 88 706	\$ 43 935
Indicadores financieros				
Punto de equilibrio**	21 %	28 %	18 %	30 %
TIR	31 %	15 %	37 %	33 %
VAN	\$ 168 117	\$ 36 222	\$ 290 457	\$ 157 464
Periodo de recuperación (Años)	2.0	3.08	1.32	2.31

*El capital de trabajo está incluido en los costos de operación (es el capital necesario para operar la granja hasta el mes en que las ventas son mayores a los costos de operación). **Determinado como porcentaje de la producción o ventas totales.

cuales sugieren, al igual que en el primer análisis financiero, que el cultivo de bagre, con las tecnologías mencionadas, es el más rentable; aunque el tamaño de su inversión es mayor, por lo que se proponen inversionistas con mayor capacidad económica. Los cultivos de camarón y ostión arrojan resultados similares, y ambos son viables para este segmento económico de la población. En el caso de la tilapia, con la tecnología de producción proyectada en este trabajo, presenta resultados muy por debajo de los otros cultivos, por lo que no parece una buena opción de inversión.

Es importante recalcar que para los cultivos de camarón, tilapia y bagre, se seleccionaron las tecnologías de cultivo en base a los sistemas que se utilizan tradicionalmente en Tamaulipas, no obstante, el previo conocimiento de que el cultivo de tilapia se puede llevar a cabo en jaulas flotantes, o con una combinación de técnicas (tanques, estanques rústicos y jaulas), esperando resultados más alentadores que bajo el sistema de producción proyectado en este trabajo (estanques rústicos). Por otro lado, difícilmente alcanzaría los mismos rendimientos que el cultivo de bagre, dado que las temperaturas en invierno en el estado no son las adecuadas para el crecimiento de este organismo, e inclusive pueden provocar su muerte, por lo que el cultivo de bagre es más adecuado para esta zona. La temperatura óptima de crecimiento de la mayoría de las especies de tilapia, al ser peces tropicales, se encuentra entre los 25 °C y los 28 °C, reduciendo la tasa de crecimiento al disminuir la temperatura (Nitzan y col., 2016). La intolerancia de la tilapia a las bajas temperaturas es una seria restricción al cultivo comercial en regiones templadas. La temperatura mínima letal que soportan todas las especies es de entre 10 °C y 11 °C, aunque se han reportado temperaturas de letalidad por debajo de los 6 °C, dependiendo del nivel de salinidad del agua (He y col., 2016). Su alimentación se frena cuando la temperatura cae por debajo de los 17 °C y la mortandad aso-

ciada al manejo de los organismos con temperaturas por debajo de los 18 °C es un gran impedimento (Popma y Masser, 1999). Por otra parte, el bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) es una especie ectotérmica (animales de sangre fría), por lo que puede regular su metabolismo, mediante la expresión de diferentes genes, para adaptarse a la temperatura fría (Ju y col., 2002). Se podría optar por un policultivo de bagre y tilapia, dedicando los meses más fríos exclusivamente al cultivo de bagre.

Para el cultivo de ostión, se planteó su producción exclusivamente en cestas o costales suspendidos. Según Quayle y Newkirk (1989), las cestas, charolas o costales han sido utilizadas por mucho tiempo, pero no de manera extensiva, debido al gran número de cestas que se requieren para producir grandes cantidades de ostiones. Sin embargo, se puede usar un sistema combinado en el que la siembra se realice directamente en los bancos de ostión, y en una etapa final (no mayor de un mes), los organismos se coloquen en cestas o costales, con una inversión significativamente menor en infraestructura y con el mismo nivel de producción. Es importante su traslado a las cestas o costales suspendidos para eliminar detritus del estómago de los organismos y darle un mejor sabor y textura, y para facilitar la programación de las cosechas. Quayle y Newkirk (1989), mencionaron que, el cultivo suspendido de ostiones produce carne de mayor calidad y mejor sabor. Los ostiones producidos mediante la implementación de técnicas de cultivo en suspensión, son vendidos en los mercados de primera calidad del 'half-shell oyster'. En contraste, con los ostiones producidos directamente en el fondo en grandes cantidades que usualmente acceden a mercados con precios menores. Generalmente son vendidos por peso o volumen y se usan principalmente para desconchar. Los ostiones cultivados en suspensión requieren inversiones significativas en tiempo, mano de obra y dinero, pero tienen el potencial de poder proveer a un mercado constante de primera calidad (Walton y col., 2013).

En los resúmenes de los análisis financieros de las Tablas 4 y 5 para los cultivos de camarón, tilapia y bagre, se puede apreciar que para el primer análisis, el principal insumo de estos tres cultivos es el alimento, con 39 %, 43 % y 61 % de los costos, respectivamente, mientras que para el segundo esta proporción aumenta a 48 %, 54 % y 65 %, respectivamente. Lo anterior se debe principalmente a que la rentabilidad de los cultivos aumenta con el tamaño de las unidades de producción.

Los resultados que se han obtenido en este trabajo coinciden con los de algunos autores, como Bador (1998), quien mencionó que en lo general, el alimento balanceado es el mayor costo de producción en una granja camaronera; y Ng y Romano (2013), concluyeron que el alimento es el principal insumo en las granjas de tilapia modernas (organismos con una dieta de alimentos balanceados).

En los resúmenes de los análisis financieros para el cultivo de ostión (Tablas 3 y 4), se observó que al no haber costos por alimentación, el principal insumo es la mano de obra, la cual representa un 56 % y 57 % de los costos de operación para el primer y segundo análisis financiero respectivamente. Este resultado es similar al reportado por Kallen y col. (2001), en un análisis del cultivo de ostión a microescala en la bahía de Chesapeake, Estados Unidos, donde estiman que para la producción de 120 000 unidades por ciclo de ostión, con una tasa de mortalidad del 25 %, la mano de obra equivale al 60 % de sus costos de operación totales.

El cultivo de ostión involucra un costo adicional para certificar el área de cultivo, el cual va depender de la superficie que se considere y el número de puntos de muestreo que fije la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Este tipo de certificaciones ya se han efectuado exitosamente en dos sitios en Tamaulipas. Sin embargo, no se aprovechó la certificación y se dejaron de hacer los muestreos, lo que con-

dujo a la pérdida de las certificaciones (Gójón, 2015).

Aspectos técnicos y administrativos

La complejidad de los cultivos no varía de acuerdo al tamaño del cultivo, sino más bien a las tecnologías empleadas. Por lo que al igual que en el primer caso, el cultivo de camarón fue el más complejo, seguido de los cultivos de tilapia, bagre y ostión, considerando las tecnologías de cultivo planteadas en este trabajo, para cada una de las especies. A diferencia del primer análisis financiero, para este caso, se puede considerar que los inversionistas y/o técnicos responsables de la granja cuentan con una preparación adecuada para poder alcanzar las estimaciones económicas proyectadas en este documento.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio revelaron que la estrategia gubernamental de fomento acuícola en Tamaulipas no ha funcionado, al registrarse aumentos prácticamente nulos en la producción durante los últimos 10 años. Únicamente las empresas engordadoras de camarón en el sur del estado y algunos productores de bagre y tilapia han tenido éxito. No existe una sola empresa en el estado que esté produciendo alguna de las especies acuícolas en el sector de bajos ingresos, lo anterior derivado de una falta de conocimiento y recursos para operar este tipo de proyectos. Los cultivos que tradicionalmente se han venido apoyando, requieren de inversiones relativamente altas en capital de trabajo, mientras que los apoyos solo van dirigidos a la adquisición y construcción de activos fijos. También, algunos de los cultivos que se han promovido demandan conocimientos técnicos y administrativos que no se observan en este segmento socioeconómico. Los análisis financieros y de la complejidad técnica y administrativa, sugieren, que para el estado de Tamaulipas y bajo las tecnologías planteadas en este estudio, el cultivo de ostión representa una alternativa viable para los segmentos socioeconómicos de

bajo y medio ingreso y los cultivos de camarón, bagre y ostión para empresarios con alta capacidad de inversión. El sistema de cultivo de estanques rústicos de tilapia fue

el menos atractivo. Aunque, se presume que con la implementación de otras técnicas de cultivo o una combinación de ellas, sus resultados pudieran mejorar significativamente.

REFERENCIAS

- Bador, R. F. (1998). Uso de charolas de alimentación para el cultivo de camarón en Sudamérica. *Avances en Nutrición Acuícola*. 4(540): 15-18.
- Blanco, H. (2015). Jefe del Departamento de Acuicultura de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, comunicación personal, 11 de mayo, 2015.
- Brealey, R. A., Myers, S. C., Allen, F., Deras-Quiñones, A. y Tinoco-Zermeño, M. Á. (2010). Principios de finanzas corporativas (Novena edición). México, D.F: McGraw-Hill. 1066 Pp.
- Casas-Guerrero, R. (2009). Redes y flujos de conocimiento en la acuicultura en el Noroeste de México. *REDES- Revista hispana para el análisis de redes sociales*. 17(6): 137-162.
- COFEPRIS, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (2015). Guía Técnica para el Control Sanitario de Moluscos Bivalvos. [En línea]. Disponible en: www.cofepris.gob.mx/az/documents/guiapmsmb2009.pdf. Fecha de consulta: 8 de abril de 2015.
- CONAPESCA, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (2005). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2004. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2015.
- CONAPESCA, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (2006). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2005. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2015.
- CONAPESCA, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (2007). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2006. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2015.
- CONAPESCA, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (2008). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2007. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2015.
- CONAPESCA, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (2009). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2008. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2015.
- CONAPESCA, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (2010). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2009. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2015.
- CONAPESCA, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (2011). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2010. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2015.
- CONAPESCA, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (2012). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2011. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2015.
- CONAPESCA, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (2013). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2015.
- CONAPESCA, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (2014). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2013. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2015.
- CONAPO, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2012). Proyecto de Plan de Manejo del Área Natural de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo. [En línea]. Disponible en: http://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/PROYECTO_LM_FIN%20Febrero%202012.pdf. Fecha de consulta: 8 de abril de 2015.
- Congreso de la Unión (2000). Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. [En línea]. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf. Fecha de consulta: 30 de mayo de 2015.
- Congreso de la Unión (2007). Ley General de Pesca

- y Acuicultura Sustentables. [En línea]. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPAS_040615.pdf. Fecha de consulta: 25 de mayo de 2015.
- Del-Río-Salas, M., Martínez-Durazo, M. y Enrique, J. M. M. (2016). La acuicultura y su impacto en la zona costera del Golfo de California. *Biotecnia*. 18(3): 37-46.
- Dettmer-González, J. (2009). La construcción de capital social en la acuicultura: el caso de la Región Noroeste de México. *Territorios*. 20-21: 53-86.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2015a). Programa de información de especies acuáticas. *Crassostrea gigas*. Texto de Helm, M. M, en *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO*. [En línea]. Disponible en: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea_gigas/es. Fecha de consulta: 12 de mayo de 2015.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2015b). Programa de información de especies acuáticas. *Crassostrea virginica*. Texto de Kennedy, V. S., en *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO*. [En línea]. Disponible en: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea_virginica/es. Fecha de consulta: 12 de mayo de 2015.
- Funge-Smith, S. and Phillips, M. J. (2001). Aquaculture systems and species. In R. P. Subasinghe, P. Bueno, M. J. Phillips, C. Hough, S. E. McGladdery, and J. R. Arthur (Eds.), *Aquaculture in the Third Millennium. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium, Bangkok, Thailand* (pp. 129-135). Rome. NACA, Bangkok and FAO.
- Gojón, B. H. (2015). Biólogo marino, profesor de la Universidad Tecnológica del Mar y Presidente de la Integradora de Bagre de Tamaulipas, 22 de abril, 2015.
- He, Y. F., Wang, L. M., Zhu, W. B., Dong, Z. J., and Liu, N. (2017). Effects of salinity on cold tolerance of Malaysian red tilapia. *Aquaculture International*. 25(2): 777-792.
- Hernández-Barraza, C. A. (2011). Evaluación del crecimiento de camarón blanco del pacífico (*Litopenaeus vannamei*) en policultivo con tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) bajo un sistema de recirculación de agua. *CienciaUAT*. 5(3): 41-45.
- Hernández-Barraza, C. A., Aguirre-Guzmán, G. y López-Cantú, D. (2009). Sistemas de producción de Acuicultura con recirculación de agua para la Región Norte, Noreste y Noroeste de México. *Revista Mexicana de Agrogocios*. 25: 117-128.
- Hernández, C. (2015). Biólogo propietario de la granja de cultivo de tilapia en sistema cerrado Productores Acuícolas el Arco, comunicación personal, 14 de mayo, 2015.
- Ju, Z., Dunham, R., and Liu, Z. (2002). Differential gene expression in the brain of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) in response to cold acclimation. *Molecular Genetics and Genomics*. 268(1): 87-95.
- Kallen, R., Morse, K., Grosse, D., and Leonard, D. (2001). Small-Scale Oyster Farming for Chesapeake Watermen: A Sustainable Business Marketing Plan. TerraAqua Environmental Science and Policy, LLC. [En línea]. Disponible en: http://www.terraqua.org/SL_oyster_biz_plan.pdf. Fecha de consulta: 15 de marzo de 2015.
- Morquecho, J. (2015). Jefe del Departamento de Acuicultura de la Dirección General de Pesca y Acuicultura en Tamaulipas de 2004-2010, 16 de febrero, 2015.
- Ng, W. and Romano, N. (2013). A review of the nutrition and feeding management of farmed tilapia throughout the culture cycle. *Reviews in Aquaculture*. 5(4):220-254.
- Nitzan, T., Slosman, T., Gutkovich, D., Weller, J. I., Hulata, G., Zak, T., ..., and Cnaani, A. (2016). Maternal effects in the inheritance of cold tolerance in blue tilapia (*Oreochromis aureus*). *Environmental Biology of Fishes*. 99(12): 975-981.
- Popma, T. and Masser, M. (1999). *Tilapia life history and biology*. MSU, Mississippi, USA: SRAC Southern Regional Aquaculture Center Publication No. 283. 4 Pp.
- Quayle, D. B. and Newkirk, G. F. (1989). *Farming bivalve molluscs: methods for study and development*. Baton Rouge, L.A.: World Aquaculture Society in association with the International Development Research Centre. 294 Pp.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2016). Acuerdo por el que se dan a conocer las Reglas de Operación de los Programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación para el ejercicio fiscal 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44530/Reglas-Operacion-2016-sagarpa.pdf>. Fecha de consulta: 5 de abril de 2016.
- Walton, W. C., Davis, J. E., and Supan, J. E. (2013). Off-bottom culture of oysters in the Gulf of Mexico. SRAC Publication - Southern Regional Aquaculture Center. [En línea]. Disponible en: <http://shellfish.ifas.ufl.edu/wp-content/uploads/Off-Bottom-Culture-of-Oysters-in-the-GoM-SRAC-4308.pdf>. Fecha de consulta: 20 de abril de 2015.
- Zúñiga, A. (2015). Oceanólogo propietario de la granja de cultivo de tilapia y bagre Criadores Acuícolas de Tamaulipas y gerente de la Integradora de Bagre de Tamaulipas, 23 de enero, 2015.