

Para El Niño 1992-1993 se presenta una anomalía positiva de $+0.8^{\circ}\text{C}$, siendo éste evento, El Niño que más ha influenciado a las series de tiempo de la TSM. De ahí en adelante la anomalía de temperatura permanece ligeramente positiva en todo el Mar Caribe, con una excepción de la primavera de 1994, donde los puntos A1 y A11 alcanzan un valor ligeramente negativo de -0.2°C . Esto corresponde mayormente a un evento asociado con la Oscilación del Pacífico del Norte, ya que este evento causa variabilidad climática a escalas de tiempo interanuales (Wolter, 1987). La NPO (NOI) fue registrada con mediciones directas en la Región Norte del Golfo de California (RNGC) y en otras zonas costeras del Pacífico Mexicano por Palacios-Hernández, (2001), Lavín *et al.*, (2003) y Palacios y Beier, (2015).

El Mar Caribe responde a eventos de escala global como El Niño de 1997, con un aumento anómalo de SST en promedio de 0.7°C , pero para La Niña del 2000, el MC no registra comportamiento anómalo.

Sutton *et al.*, (2000), ha indicado que el Atlántico tropical no es dominado por una sola señal de variabilidad climática, sino por la múltiple influencia de señales de comparable importancia, como lo son además del ENOS, el dipolo del Atlántico, donde el dipolo es el promedio de TSM a lo largo de la región norte del Atlántico menos la TSM a lo largo de la región del Atlántico sur, la NAO y las anomalías del Atlántico ecuatorial.

Como parte de la variabilidad atmosférica interna la NAO es inducida por la inestabilidad del flujo atmosférico. Las anomalías del flujo de calor en la superficie que se elevan en asociación con la NAO, inducen cambios en la TSM del Atlántico Norte tropical (Cayan, 1992). Esos cambios en la TSM pueden retroalimentar la fuerza de la NAO. Sin embargo Rodwell *et al.*, 1999; Sutton *et al.*, 2000 indican que cualquier retroalimentación es muy débil, al menos en el invierno boreal.

En contraste con la NAO, las fluctuaciones en la TSM juegan un rol fundamental en cada uno de los cuatro elementos de la variabilidad climática que han sido considerados. El primero de ellos, el ENOS, es un modo océano-atmosférico de variabilidad, que exhibe preferentemente una escala de tiempo interanual y su existencia recae en un mecanismo establecido de retroalimentación positiva que genera cambios en el océano y la atmósfera. Esta respuesta se lleva a cabo por teleconexiones atmosféricas, pero se ha notado que esas señales atmosféricas provocan cambios en el océano Atlántico. Las anomalías en la TSM, subsecuentemente, desarrollan un nuevo forzamiento en la atmósfera (Sutton *et al.*, 2000).

Han existido sugerencias (p. ej., Chang *et al.*, 1997) de que el dipolo del Atlántico puede también ser visto como un modo de variabilidad océano-atmosférico. Este estudio sugiere que es mejor percibirlo simplemente como una sensibilidad en las fluctuaciones atmosféricas a lo largo del ecuador en el gradiente de la TSM. En primer plano, las anomalías en la TSM al sur y al norte del ecuador no están significativamente anti-correlacionadas y existe una pequeña evidencia de una preferible escala de tiempo (Houghton y Tourre 1992; Mehta 1998). Segundo y contrario a lo sugerido por Chang *et al.*, (1997), Sutton *et al.*, (2000) indica que la respuesta atmosférica a este gradiente de la TSM se retroalimenta dentro del océano de tal modo que lo refuerza. Las anomalías en el flujo de calor latente sugieren una retroalimentación negativa.

Si la retroalimentación océano-atmosférica no refuerza significativamente el gradiente en la TSM a lo largo del ecuador, entonces otros procesos pueden ser la respuesta a las fluctuaciones en el gradiente. Es probable que procesos diferentes manipulen en el rango de escalas de tiempo planteados. Se ha discutido por ejemplo cómo la respuesta remota del ENOS pueda forzar la curva máxima al norte del dipolo. Las ondas oceánicas de Rossby forzadas por fluctuaciones en el aire pueden también modular la TSM del dipolo cambiando la profundidad de la termoclina, y una advección oceánica anómala (geostrofica y de

Ekman) es probable que se sea importante también. Por último ha sido propuesto por Yang (1999), que cambios en la convección profunda del Atlántico Norte podría forzar cambios en el dipolo del Atlántico tropical vía volcamientos (cambios en la dirección de los giros) de la circulación meridional.

El último elemento considerado fue ENOS Atlántico como un modo descrito por Zebiak (1993). Un mecanismo de retroalimentación positiva el cual es fundamental para el ENOS del Pacífico y que también puede operar en el Atlántico. Se encontró que esta retroalimentación probablemente puede afectar en el verano y otoño boreales (Zebiak 1993; Latif y Groumlñer 2000). Así es probablemente apropiado ver el ENOS Atlántico como un modo de variabilidad océano-atmosférico. Estos resultados sugieren que el ENOS Atlántico sea significativamente influenciado por (y en ocasiones suprimido por) otros elementos en la variabilidad climática del Atlántico norte. De manera particular, se ha encontrado que la respuesta del dipolo Atlántico puede incluir una zona ecuatorial significativa con anomalías en el viento especialmente en primavera boreal. Se espera que esas anomalías en el viento provoquen ondas ecuatoriales en el océano elevando la posibilidad de interacciones entre las fluctuaciones en la TSM en el dipolo Atlántico y las fluctuaciones en el ENOS Atlántico (Sutton *et al.*, 2000).

CONCLUSIONES

Las imágenes de satélite infrarrojas del MC de enero de 1983 hasta diciembre de 2000 fueron utilizadas para describir las anomalías interanuales de la temperatura superficial del mar. Las anomalías negativas más notorias son debidas a EN, especialmente el de 1982-1983, con variaciones de hasta -1.3°C fuera del comportamiento climatológico estacional y contrario a lo esperado en el punto A1. En el punto A6 la temperatura mínima alcanzada fue de -0.5°C en enero de 1985 y diciembre de 1992, y por último en el punto A11 fue de -1.1°C en diciembre de 1991. La anomalía positiva más importante se relaciona con EN y es para el punto A11 con valor de $+0.9^{\circ}\text{C}$ en el verano de 1998. Los eventos más intensos fueron los de 1986-1987 y 1998 donde se presentaron valores positivos en la TSM para esas fechas. Se sugiere la existencia de un evento interanual además de EN/LN que afectan de manera circunstancial al MC. Este evento es la NPO (NOI). Cabe mencionar que el MC responde principalmente al índice MEI, de manera muy especial para el punto A6 que se encuentra en el centro del MC, y donde Centro América es más angosto, por lo que el Océano Pacífico tiene mayor influencia. También se encontró que cada EN/LN se comporta de manera diferente en el MC. En los últimos cinco eventos ENOS se comprobó que las altas temperaturas del mar en el Pacífico Ecuatorial se vieron reflejadas también en aguas del MC, pero con menor intensidad. También se encontró que existe una tele-conexión entre EN/LN y la NPO (NOI) con un desfase aproximado de 4-5 meses. Los efectos locales pueden causar algunas de las anomalías, especialmente aquellas en la región centro del Mar Caribe. El origen de muchas de las anomalías permanece aún desconocido.

Los resultados expuestos deben de tomarse con cautela ya que los datos de la TSM corresponden a promedios mensuales en cuadrículas de $18\text{ km} \times 18\text{ km}$, un estudio más detallado requiere una serie de tiempo más amplia en conjunto con estudios multidisciplinarios para probar modelos predictivos que revelen relaciones entre las variaciones climáticas a largo plazo o de baja frecuencia con mayor resolución espacial. Sin embargo los datos analizados permitieron obtener la climatología de la TSM de todo el MC, en particular la influencia de los principales fenómenos globales interanuales. Además, este trabajo contribuye con la primera regionalización del MC en base al análisis de la TSM.

LITERATURA CITADA

- Barnett, T. y R. Preisendorfer, 1987. Origins and levels of monthly and seasonal forecast skill for US surface in air temperature determine by Canonical Correlation Analysis. *Monthly Weather Review*, 115, 1825-1850.
- Cayan, D. R., 1992. Latent and sensible heat-flux anomalies over the northern oceans-driving the sea-surface temperature. *Journal of Physical Oceanography*, 22, 859-881.
- Chang, P., L. Ji, y H. Li, 1997. A decadal climate variation in the tropical Atlantic Ocean from thermodynamic air-sea interactions. *Nature*, 385, 516-518.
- Chuvieco-Salineró, E., 1996. Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones Rialph, 453 pp.
- Dow, R. L., 1980. The clawed lobster fisheries. En: J. S. Cobb and B. F. Phillips (eds.). The biology and management of lobsters. Vol. II. Ecology and management. Academic Press, New York, 265-316 pp.
- Enfield, D. B., 1996. Relationships of inter-American rainfall to tropical Atlantic and Pacific SST variability. *Geophysical Research Letters*, 23, 3505-3508.
- Enfield, D. B. y M. A. Mayer, 1997. Tropical Atlantic SST variability and its relation to "El Niño/Southern Oscillation". *Journal of Geophysical Research*, 102, 929-945.
- Fratantoni, D.M., 2001. North Atlantic surface circulation during the 1990's observed with satellite-tracked drifters. *Journal of Geophysical Research*, 106, 22067-22093.
- Godin, G., 1988. *Tides*. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California, México. 290 pp.
- Gordon, A. L., 1967. Circulation of the Caribbean Sea. *Journal of Geophysical Research*, 72, 6207-6223.
- Gray, W. M., C. W. Landsea, P. W. Mielke y K. Berri, 1993. Predicting Atlantic seasonal hurricane activity 6-11 month in advance. *Weather Forecast*, 7, 440-455.
- Gyory, J., A. J. Mariano y E. H. Ryan, 2005. The Caribbean Current. *Ocean Surface Current*. <http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/Caribbean/Caribbean.html>
- Hastenrath, S., M. C. Wu y P. S. Chu, 1984. Towards the monitoring and prediction of north-east Brasil droughts. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 110, 411-425.
- Hernández, B., 2002. Variabilidad interanual de las anomalías de la temperatura superficial del mar en aguas cubanas y su relación con eventos El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). *Investigaciones Marinas Valparaíso*, 30, 21-31.
- Hernández-Guerra, A., y T. M. Joyce, 2000. Water masses and circulation in the surface layers of the Caribbean at 66°W. *Geophysical Research Letters*, 27, 3497-3500.
- Houghton, R. W. y Y. M. Tourre, 1992. Characteristics of low-frequency sea surface temperature fluctuations in the tropical Atlantic. *Journal of Climate*, 5, 765-771.
- Hurrell, J. W., 1995. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science*, 269, 676-679.
- Johns, W.E., T.L. Townsend, D.M. Fratantoni, y W.d. Wilson, 2002. On the Atlantic inflow to the Caribbean Sea. *Deep Sea Research*, 95, 211-243
- Kinder, T.H., 1983. Shallow currents in the Caribbean Sea and Gulf of Mexico as observed with satellite-tracked drifters. *Bulletin of Marine Science*, 33, 239-246.
- Klein, S. A., B. J. Soden y N. C. Lau, 1999. Remote sea surface variations during ENSO: evidence for a tropical atmospheric bridge. *Journal of Climate*, 12, 917-932.
- Latif, M. y T. P. Barnett, 1994. Causes of Decadal Climate Variability over the North Pacific and North America. *Science*, 266, 634-637.
- Latif, M. y A. Groumlñer, 2000. The equatorial Atlantic oscillation and its response to ENSO. *Climate Dynamics*, 16, 213-218.
- Lavín, M. F., E. Palacios-Hernández y C. Cabrera, 2003. Sea surface temperature anomalies in the Gulf of California. *Geofísica Internacional*, 42, 363-375.

- Mehta, V., 1998. Variability of the tropical ocean surface temperatures at decadal-multidecadal timescales. Part I: The Atlantic Ocean. *Journal of Climate*, 11, 2351-2375.
- Palacios E. y E. Beier, 2015. Circulación estacional de la Región Norte del Golfo de California, PUBLICIA, OmniScriptum GmbH & Co. KG. Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbtücken, Deutschland-Alemaia, ISBN: 978-3-639-55306-2. 128 pp.
- Palacios-Hernández, E., 2001. Circulación de la Región del Golfo de California: estacional y anomalías. Tesis Doctoral, Departamento de Oceanografía Física, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, México, 42 pp.
- Ripa, P. M., 2002. Least Squares Data Fitting. *Ciencias Marinas*, 28, 79-105.
- Roemich, D., 1981. Circulation in the Caribbean Sea: A well-resolved inverse problem. *Journal of Geophysical Research*, 86, 7993-8005.
- Rodwell, M. J., D. P. Rowell y C. K. Folland, 1999. Oceanic forcing of the winter North Atlantic oscillation and European climate. *Nature*, 398, 320-323.
- Roger, J. C., 1984. The association between the North Atlantic Oscillation and the Southern oscillation in the North Hemisphere. *Monthly Weather Review*, 112, 1999-2015.
- Ropelewski, C. F. y M. S. Halpert, 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the "El Niño/Southern Oscillation". *Monthly Weather Review*, 115, 1606-1626.
- Schwing, F. B., T. Murphee y P. Green, 2001. A climate index for the North Pacific, Cambridge, University Press, New York, 29, 525-582.
- Sutton, R. T., S. P. Jewson y D. P. Rowell, 2000. The Elements of Climate Variability in the Tropical Atlantic Region. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 13, 3261-3284.
- Tokioka, T., 1983. Influence of the ocean on the atmospheric global circulations and shortage climatic fluctuations. En: G. D. Sharp and J. Csirke (eds.). Proceeding of the Expert Consultation to Examine Change in Abundance and Species of Neritic Fish Resources. San José de Costa Rica. *FAO Fisheries Report*, 291, 557-585.
- Trenberth, K. E. y J. W. Hurrell, 1994. Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific. *Climate Dynamics*, 9, 303-319.
- Walker, G. T., 1923. Correlation in Seasonal Variations of Weather. VIII A preliminary study of world weather. *Memoirs of the India Meteorological Department*, 24, 75-131.
- Walker, G. T. y E. W. Bliss, 1932. World Weather. V. *Memoirs of the Royal meteorological Society*, Documents DJF and JJA Variability. 4, 53-84.
- Wang, C. y D. B. Enfield, 2001. The tropical Western Hemisphere warm pool, *Geophysical Research Letters*, 28, 1635-1638.
- Wolter, K., 1987. The Southern Oscillation in surface circulation and climate over the tropical Atlantic, Eastern Pacific, and Indian Oceans as capture by cluster analysis. *Journal of Climate Applications Meteorological*, 26, 540-558.
- Wolter, K. y M. S. Timlin, 1993. Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. *Proc. Of the 17th Climate Diagnostics Workshop*, Norman, OK, NOAA/N MC/CAC, NSSL; Oklahoma climate Survey, CIMMS and the School of Meteorology, University of Oklahoma, 52-57 pp.
- Wust, G., 1964. Stratification and circulation in the Antillean-Caribbean Basis. *Columbia University Press*, Palisades, NY, 201 pp.
- Yang, J., 1999. A linkage between decadal climate variations in the Labrador Sea and the tropical Atlantic Ocean. *Geophysical Research Letters*, 26, 1023-1026.
- Zebiak, S. E., 1993. Air-sea interaction in the equatorial Atlantic region. *Journal of Climate*, 6, 1567-1586.

AGRADECIMIENTOS

CONACyT proyectos ciencia básica: 3209-T9207; 000000000104884 y 44870F.

SÍNTESIS CURRICULAR

Emilio Palacios Hernández

Doctor en Ciencias en Oceanografía Física por el CICESE, Profesor e Investigador titular C, del Depto. de física de la Universidad de Guadalajara. Ha escrito: varios artículos científicos en revistas de prestigio internacional, capítulos de libro y un libro, también ha dirigido tesis de licenciatura y maestría, actualmente es perfil PRODEP y miembro del SNI 1, ha participado en más de 50 congresos nacionales e internacionales, así como proyectos de investigación oceanográfica. Correo electrónico: emilio6x111@yahoo.com

Laura Carrillo

Doctorado en Oceanografía Física en Universidad de Gales Bangor. Postdoctorado en el Instituto Oceanográfico de Scripps. En los últimos 10 años la investigación se ha enfocado en aspectos oceanográficos de diversas escalas espacio-temporales vinculados con la distribución de larvas de peces, así como variabilidad en sistemas tropicales, zonas arrecifales, circulación y fenómenos de mesoescala de las regiones Golfo de México y Caribe. Otros estudios realizados se enfocan en el análisis de anomalías de temperaturas superficiales del mar que contribuyan a entender las anomalías en estos tipos de sistemas. Muchos de estos trabajos son el resultado de la colaboración con NOAA y ECOSUR con la finalidad de entender procesos de conectividad biológica de larvas de peces entre el Golfo de México y el Caribe, estos representan los primeros trabajos de la zona del Caribe Occidental con aspectos oceanográficos. Correo electrónico: lc_oceanografa@yahoo.com.mx

Salvador Iván Meza Romero

M. en C. por parte de la Universidad de Guadalajara, actualmente en la escuela Ignacio L. Vallarta, impartiendo matemáticas. Correo electrónico: ivan9meza@yahoo.com.mx

David Ávalos Cueva

Doctor en Ciencias del Mar y Limnología por la UNAM. Profesor-investigador titular en el Instituto Tecnológico Superior de Arandas (ITS de Arandas). Presidente del Comité de Investigación de ITS de Arandas, líder de la línea de investigación de modelación climática, registrada en Tecnológico Nacional de México. Ha sido autor de varios artículos en revistas indexadas sobre variabilidad climática y modelación hidrodinámica del Lago de Chapala; así como colaborador de un capítulo de libro en la misma área de investigación. También ha dirigido tesis de licenciatura e ingeniería. Correo electrónico: david.avalos@tecarandas.edu.mx.



UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS NUMÉRICAS PARA ENTENDER LA DINAMICA EN BAHÍAS, CASO DE ESTUDIO BAHIA CHETUMAL, QUINTANA ROO

NUMERICAL MODELS AS TOOLS TO UNDERSTAND THE DYNAMICS IN BAYS: CASE OF STUDY CHETUMAL BAY, QUINTANA ROO

David Avalos-Cueva^{1,2}; Emilio Palacios-Hernández³; Laura Carrillo⁴ y Luis A. González-Vivanco²

¹ Universidad de Guadalajara, Depto. de Ingeniería Civil y Topografía. ² Instituto Tecnológico Superior de Arandas. ³ Depto. de Física, Universidad de Guadalajara. ⁴ El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal.

RESUMEN

En este estudio se realizó la simulación de corrientes generadas por el viento en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo mediante el uso de un modelo estacionario de aguas someras. Se utilizó un viento climático homogéneo para toda la bahía, con una velocidad de $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, y con las direcciones Norte, Sur, Noreste, Noroeste, Este, Sureste, Suroeste y Oeste. Los resultados muestran una dinámica bastante compleja en la bahía de Chetumal, observándose circulación fuertemente asociada a los cambios batimétricos, principalmente en las zonas profundas donde se encuentran las pozas, con velocidades que alcanzan hasta los $13\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$.

Palabras clave: Modelo de aguas someras, corrientes, viento, simulación numérica.

SUMMARY

In this study performed the simulation of currents generated by the wind on the Bay of Chetumal, Quintana Roo through the use of a stationary shallow-water model. A homogeneous climatic wind was used for the entire Bay, with a velocity of $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, and directions North, South, Northeast, Northwest, East, Southeast, Southwest and West. The results showed a rather complex dynamics in Chetumal Bay, in which important turns were observed in deep areas, with speeds reaching up to $13\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$.

Key words: Shallow water model, currents, wind, numerical simulation.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha extendido el interés sobre el deterioro del medio ambiente en el planeta por el efecto de fenómenos naturales, así como de origen antropogénico. El desarrollo de la población se ha realizado fuertemente alrededor de los cuerpos de agua, por lo que es fundamental contar con estudios, tales como los hidrodinámicos. Para esto es necesario el desarrollo de herramientas que permitan tener un mejor entendimiento de los mismos y con ello generar escenarios que coadyuven a la planeación y la toma de decisiones.

El análisis y la descripción de los procesos hidrodinámicos de océano, lagunas y lagos, mediante observaciones implica un gran esfuerzo; esto es debido a que se tienen que realizar experimentos en áreas específicas y con instrumentos especiales de investigación oceanográfica (por lo regular de alto costo) y un gran número de especialistas en el área para la planeación y ejecución de los muestreos in situ.

El uso de modelos numéricos hidrodinámicos ha permitido tener una primera aproximación al conocimiento de los procesos oceánicos y lacustres, lo cual proporciona una visión general y permite mejorar las actividades de planificación para posteriores muestreos. Por otro lado, los costos asociados al desarrollo de modelos numéricos es mucho menor al relacionado con campañas de muestreo. La

aplicación de modelos numéricos nos permitan resolver las ecuaciones de conservación de masa y las ecuaciones de movimiento, entre otras. Cabe destacar que las observaciones de campo son esenciales para calibración y validación de los modelos numéricos.

La bahía de Chetumal ha sido objeto de diferentes estudios en cuanto a su diversidad biológica (Axis Arroyo, 1996; Salazar-Vallejo *et al.*, 1991; Gasca y Castellanos, 1993; Gasca *et al.*, 1994; Mendoza-Franco, 2000; Espinoza-Ávalos, 2009, Ruíz-Pineda *et al.*, 2016), contaminación (Noreña-Barroso *et al.*, 2007; Álvarez-Legorreta, 2009; Díaz-López *et al.*, 2016).

Actualmente, son pocos los estudios hidrodinámicos reportados para la bahía Chetumal. Así mismo, estos han sido abordados de manera indirecta tal es el caso de Morales-Vela *et al.*, (1996), quienes midieron las corrientes superficiales y de fondo para analizar las trayectorias y distribución de los manatíes; reportando que la velocidad media de la corriente superficial y de fondo de $12 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ y $9 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$, respectivamente. También, Sánchez *et al.*, (2008), infirió el transporte en la bahía, al comparar las características texturales de sedimentos. Otros estudios relacionando con el comportamiento estacional de la estructura termohalina han sido realizados por Carrillo *et al.*, (2009b, 2009c)

El conjunto de estos estudios muestra una interesante perspectiva sobre la bahía; sin embargo, los estudios sobre la hidrodinámica de la misma no han sido a la fecha reportados de forma central. El presente trabajo pretende contribuir como una primera aproximación al estudio de la circulación en la bahía de Chetumal, Quintana Roo, utilizando un modelo de circulación barotrópica para aguas someras, ya que la bahía de Chetumal es poco profunda a excepción de algunas pozas (zonas de hasta 35 m de profundidad, Carrillo *et al.*, 2009b, 2009c). El modelo mencionado es una variante del usado por Avalos-Cueva, (2003) y Lara-Aguayo, (2003), el cual fue adaptado para la bahía de Chetumal.

Área de estudio

La bahía de Chetumal está localizada en el extremo sureste del estado de Quintana Roo, sobre la península de Yucatán a una latitud entre $18^\circ 21'$ y $18^\circ 52'$ N y $87^\circ 54'$ y $88^\circ 23'$ W de longitud. Presenta una profundidad promedio de 4 m, con una longitud máxima de 67 Km por 20 Km de ancho y una temperatura promedio anual de 25.96°C (Chavira, 1989; Carrillo *et al.*, 2009b), tiene un área de aproximadamente $1,100 \text{ km}^2$ (Figura 1).

La boca de la bahía que tiene comunicación hacia el océano está localizada al sureste, donde termina la laguna y el Río Hondo, los cuales fluyen a lo largo del margen de Belice y México (sirviendo este a su vez como frontera entre dichos países) donde se origina la región montañosa de Guatemala descargando en la bahía. Este río tiene un flujo aproximado de 220 metros cúbicos por segundo durante la temporada de lluvias (SARH-CNA, 1987) y un flujo aproximado de 20 metros cúbicos por segundo durante la temporada seca (T. Alvarez-Legorreta, comunicación personal).

Las aguas de la bahía Chetumal presenta características de un estuario, donde estas presentan un rango de salinidad de 3-22 UPS (Carrillo *et al.*, 2009c). La productividad del sistema es lento (Gasca y Castellanos, 1993). Carrillo *et al.*, (2009a) describe que los movimientos del agua están determinados principalmente por vientos del este y sureste, con un promedio anual de velocidad de $3.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. También muestra que la bahía presenta un clima cálido húmedo con lluvias en verano y una temperatura promedio anual mayor a los 26.5°C (Carrillo *et al.*, (2009b).

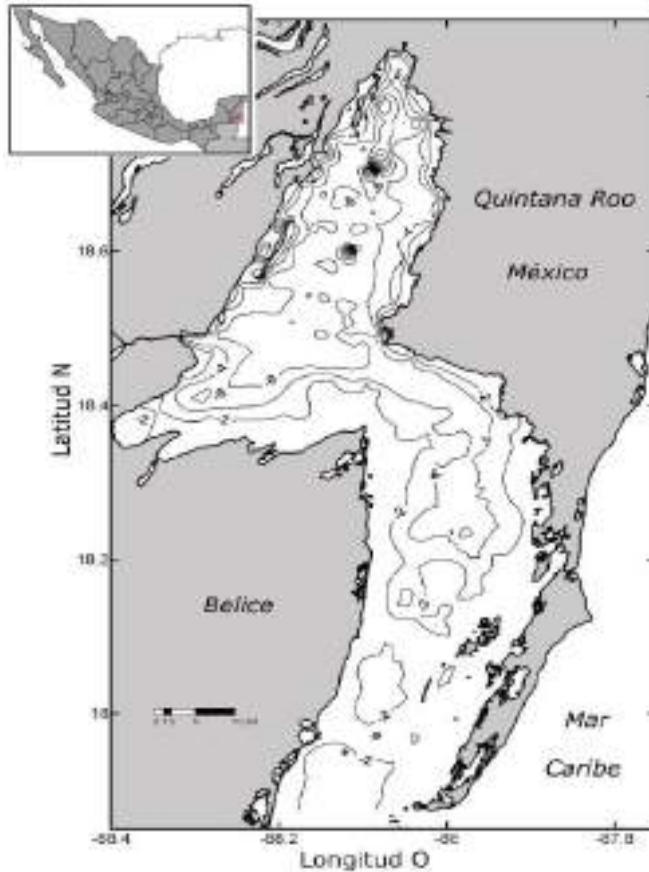


Figura 1. Localización y batimetría de la bahía de Chetumal, Quintana Roo (Tomada de Carrillo *et al.*, 2009a).

En relación a los vientos, los vientos dominantes son los alisios. Los "nortes" llegan a la península después de haberse iniciado en Canadá y hacer un recorrido con dirección Norte-Sur, trayendo como consecuencia vientos y marejadas de gran intensidad desde el norte hasta el sureste. Los huracanes o ciclones que generalmente aparecen a fines de junio y predominan en agosto, son generados en la porción atlántica oriental, provocando vientos con trayectorias circulares que se levantan en forma de torbellinos adquiriendo de esta forma velocidad y potencia. La probabilidad del desarrollo de huracanes y tormentas tropicales es elevada durante el verano, dado que la energía necesaria para su existencia proviene de la energía térmica acumulada en las aguas oceánicas superficiales tropicales durante el verano, suele presentarse hacia finales de esta estación y con mayor frecuencia en el mes de septiembre (Merino y Otero, 1991).

La bahía Chetumal alberga una gran diversidad de especies, entre las que destaca el Manatí (*Trichechus manatus*) (Morales-Vela *et al.*, 2000), especie carismática y protegida, es además un área de crianza de diversas especies de peces de importancia comercial y ecológica. El área de la bahía es una zona de influencia donde se encuentran diversos ecosistemas interdependientes, principalmente: arrecifes de coral, humedales, lagunas costeras, playas y selva, en buen estado de conservación y que son susceptibles

de ser aprovechados de manera sustentable por actividades económicas alternativas que beneficien a las comunidades asentadas en la zona.

Los arrecifes de coral albergan una gran diversidad de especies, algunas de ellas de importancia comercial como el caracol rosado (*Strombus gigas*) y la langosta (*Panulirus argus*). Todos los ecosistemas de esta zona son altamente productivos con gran diversidad, constituyendo el hábitat de diversas especies animales y vegetales, algunas de las cuales están incluidas en la *NOM-059-SEMARNAT-2001*.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Se realizó la simulación numérica con un modelo barotrópico de aguas someras, implementado con la batimetría y viento climático característico para la bahía (en las direcciones N, NE, NW, S, SE, SW, E, W y con módulo de $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

Descripción del modelo

En la hidrodinámica de cuerpos de agua someros, el flujo se da predominantemente en un plano horizontal. Aún cuando se trate de corrientes generadas por viento se ha encontrado que en la mayoría de los casos, la aceleración en la dirección vertical es muy pequeña y despreciable comparada con la gravedad (Simpson, 1994). Se estudia la dinámica del agua poco profunda, que tiene un fluido homogéneo incompresible e inviscido en rotación. Se considera que los resultados de degradación geostrofica puedan ser tratados directamente, sin considerar de manera simultánea las complejidades de la termodinámica de un fluido estratificado.

El viento se desarrolla, en primer lugar, como consecuencia de diferencias espaciales en la presión atmosférica. Estas diferencias de presión, normalmente son causadas por una diferente absorción de la radiación solar. En un plano horizontal, el viento fluye de las zonas de alta presión a zonas de baja presión y verticalmente de zonas de baja presión a zonas de alta presión. La velocidad del viento es proporcional al cambio de presión por unidad de distancia o gradiente de presión.

Un segundo factor que afecta al movimiento del aire es la fuerza de Coriolis, debida a la rotación terrestre. La magnitud de la fuerza de Coriolis varía según la latitud, de modo que es nula en el ecuador y máxima en los polos. En tercer lugar puede aparecer una aceleración centrípeta, cuando el viento gira en torno a un centro. Por último, aparece la fricción debida al desplazamiento del aire. Los vientos influenciados por el gradiente de presión y la fuerza de Coriolis se denominan vientos geostroficos.

Como primer paso se ilustrará la aproximación geostrofica, que puede valerse sistemáticamente para producir una dinámica determinística en un marco de investigación adecuada de movimientos de escalas grandes de espacio-tiempo; generalizando al estudio de fluidos activos termodinamicamente; tales como, lagos y bahías (Pedlosky, 1982).

Modelo barotrópico para aguas someras

La manera en que se repasa el modelo, es considerando una superficie de fluido de densidad uniforme y constante, como se muestra en la *Figura 2*. El nivel de referencia para la altura $z = 0$ es $h(x, y, t)$. Para la bahía, se modela la fuerza de cuerpo incrementado desde el potencial Φ como un vector \mathbf{g} ,

dirigido perpendicularmente a la superficie $z = 0$. El eje de rotación del fluido se hace coincidir con el eje z en el modelo, es decir, $\Omega = k\Omega$, así que en este caso el parámetro de Coriolis f es simplemente 2Ω . El fondo rígido está definido por la superficie $z = h_B(x, y)$, mientras que los componentes de velocidad u, v , y w paralelos a los ejes x, y y z respectivamente.

También, se considera un fluido inviscido y con presión constante. Aunque la profundidad del fluido, $h - h_B$, varíe en espacio y tiempo, se supone que puede elegirse un valor característico para la profundidad; al cuál se denomina D , como el promedio de la profundidad de la capa, además suponemos que caracteriza la escala de movimiento. De manera análoga se supone que existe una escala de longitud horizontal característica por el movimiento, que se denomina L . La condición paramétrica fundamental que caracteriza la teoría de aguas someras es:

$$\delta = \frac{D}{L} \ll 1 \tag{1}$$

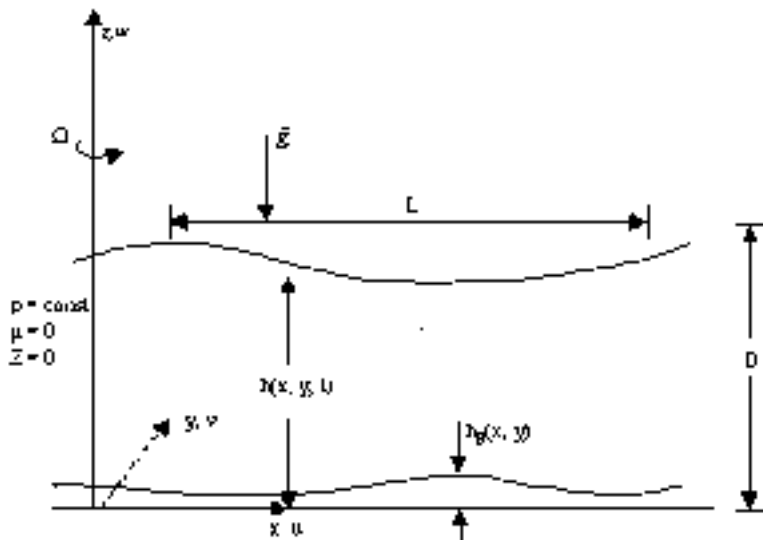


Figura 2. El sistema de coordenadas y variables usadas en el modelo de aguas someras.

A pesar de las suposiciones expuestas el modelo para aguas someras describe algunas de las características dinámicas importantes de la atmósfera y el agua. El fluido está rotando, para que la fuerza de Coriolis pueda ser importante y la proporción de movimiento horizontal con respecto a la vertical sea pequeña. La capa del fluido es, sin embargo, un plano en lugar de ser una superficie curva, pero esto no propone un problema fundamental para la aplicación del modelo. La mayor deficiencia física del modelo es la ausencia de la estratificación de densidad en el agua (Longuet-Higgins, 1964).

Ecuaciones hidrodinámicas y de transporte

La descripción de incompresibilidad y densidad constante separan inmediatamente la dinámica de la termodinámica y simplifica la ecuación de conservación de masa a la condición de incompresibilidad la cual se expresa como sigue:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

El orden de cada término de (2) es $O(U/L)$ donde U es una escala característica de la velocidad horizontal, W es la escala de velocidad vertical, por consiguiente W/D tiene que ser más pequeño que $O(U/L)$, es decir,

$$W \leq O(\delta U). \quad (3)$$

Si se anulan $\partial u / \partial x$ y $\partial v / \partial y$ la velocidad vertical puede ser más pequeña que la estimación (3), para que la misma represente un límite superior en W .

Ahora se estima el orden de magnitud de los componentes en la ecuación de *momentum*

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \left[u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right] - fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \left[u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right] + fu = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}, \quad (5)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z}, \quad (6)$$

$$\frac{W}{T} \frac{UW}{L} \frac{UW}{L} \frac{WW}{D} = \frac{P}{\rho D}$$

Donde el orden de magnitud de cada termino es escrito debajo de el en términos de escalas características. Observe que T es una escala característica de tiempo, es decir, la escala apropiada para el incremento de tiempo, mientras P es la escala para el campo de presión variable, es decir, la presión total P , es escrita como sigue:

$$p(x, y, z, t) = -\rho g z + \tilde{p}(x, y, z, t), \tag{7}$$

El primer término, anula la fuerza gravitacional constante por unidad de masa en el fluido; a partir de (3),

$$\frac{UW}{D} = O\left[\frac{U^2}{L}\right], \tag{8}$$

de (4) de (5) se observa que la escala de la presión está dada por

$$P = \rho U \left[\frac{L}{T}, U, fL \right]_{\max}, \tag{9}$$

el orden del gradiente de presión horizontal se introduce como un término de forzamiento en el equilibrio horizontal de *momentum*, por otra parte el flujo no podría acelerarse. Esto implica que la relación de los términos en el lado izquierdo de (6) para el gradiente de presión vertical está limitado por la longitud de

$$\frac{\rho(W/T, WU/L)}{P/D} = O\left[\rho \frac{dw/dt}{\partial \tilde{p} / \partial z}\right], \tag{10}$$

o de (9)

$$\rho \frac{dw/dt}{\partial \tilde{p} / \partial z} = \frac{\delta^2 (1/T, U/L)_{\max}}{(1/T, U/L, f)_{\max}}, \tag{11}$$

De lo anterior surgen dos casos de interés. El primero es si el número de Rossby, U/fL , es $O(1)$ o mayor, la estimación en (11) produce una relación de $O(\delta^2)$. Mientras que el segundo es si el número de Rossby es pequeño, entonces la relación es $O(\delta^2 [1/fT, U/fL]_{\max})$, incluso para un número de Rossby más pequeño que $O(\delta^2)$, (Rossby, 1945). Como la hipótesis describe que $\delta^2 \ll 1$, entonces se obtiene que por lo menos $O(\delta^2) \partial \tilde{p} / \partial z$ es despreciable, o más brevemente, en términos de la presión total:

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g + O(\delta^2), \tag{12}$$

conocida como aproximación hidrostática. Se puede apreciar de nuevo que el argumento correcto de escala no compara la aceleración vertical con g . Más bien la aceleración vertical es pequeña debido a (3); es decir, al movimiento esto debe compararse con el gradiente de presión vertical. Desde otro punto de vista (12) se puede tomar como la definición del modelo de un fluido somero.

Es posible introducir (12) y obtener

$$p = -\rho gz + A(x, y, t). \quad (13)$$

La condición del límite

$$p(x, y, h) = p_0, \quad (14)$$

donde P_0 es una constante, implicando

$$p = -\rho g(h - z) + p_0, \quad (15)$$

Así que la presión P_0 en cualquier punto es igual al peso de la columna de fluido sobre el punto a ese instante.

Observe que el gradiente de la presión horizontal es independiente de Z , es decir,

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \rho g \frac{\partial h}{\partial x}, \quad (16a)$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} = \rho g \frac{\partial h}{\partial y}, \quad (16b)$$

de modo que la aceleración horizontal debe ser independiente de Z . Por consiguiente se asume que las velocidades horizontales permanecen independientes de Z , si lo son inicialmente. Se debe realizar sólo con la suposición de un número de Rossby pequeño del teorema Taylor-Proudman (Taylor, 1923), aplicándolo a este fluido homogéneo, y requerirá que las velocidades sean independientes de Z .

La ecuación de *momentum* se reduce a

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv = -g \frac{\partial h}{\partial x}, \quad (17a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu = -g \frac{\partial h}{\partial y}, \quad (17b)$$

La condición de que u y v son independientes de Z permite ahora que (2) sea integrado en Z para producir

$$w(x, y, z, t) = -z \left[\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \varpi(x, y, t), \quad (18)$$

la condición de no flujo normal en la superficie rígida $Z = h_B$ requiere que

$$w(x, y, h_B, t) = u \frac{\partial h_B}{\partial x} + v \frac{\partial h_B}{\partial y}. \quad (19)$$

Conjuntamente

$$\varpi(x, y, t) = u \frac{\partial h_B}{\partial x} + v \frac{\partial h_B}{\partial y} + h_B \left[\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right], \quad (20)$$

de manera que

$$w(x, y, z, t) = (h_B - z) \left[\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right] + u \frac{\partial h_B}{\partial x} + v \frac{\partial h_B}{\partial y}. \quad (21)$$

La condición correspondiente cinemática en la superficie $z = h$ es

$$w = \frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y}, \quad z = h(x, y, t), \quad (22)$$

asociando con (21), se obtiene

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \{ (h - h_B)u \} + \frac{\partial}{\partial y} \{ (h - h_B)v \} = 0. \quad (23)$$

Especificando la profundidad total

$$H = h - h_B, \quad (24)$$

en términos de la ecuación de conservación de masa (23) se transforma en

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (uH) + \frac{\partial}{\partial y} (vH) = 0, \quad (25a)$$

o similarmente

$$\frac{\partial H}{\partial t} + H \left[\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right] = 0. \quad (25b)$$

La primera de estas ecuaciones, (25a), establece que si la divergencia horizontal local de volumen $\nabla \cdot (u_H H)$, es positiva, se debe equilibrar por una disminución del espesor de la capa debido a una dispersión en la superficie libre. La segunda ecuación, (25b), que es similar a la primera, sigue al fluido, conforme la sección transversal A de la columna de fluido se incrementa a razón de

$$\frac{1}{A} \frac{dA}{dt} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}, \quad (26)$$

el espesor total debe disminuir de forma que

$$\frac{1}{H} \frac{dH}{dt} + \frac{1}{A} \frac{dA}{dt} = 0, \quad (27)$$

de manera que el volumen HA permanezca constante.

Las ecuaciones de aguas someras son (17a,b) y (25a) o su equivalente a (25b). Distinga que los resultados de la condición $\delta \ll 1$ han reducido el número de ecuaciones dinámicas en uno, también ha reducido el número de variables dependientes en uno (eliminando W explícitamente de la dinámica), y ha reducido el número de variables independientes en uno (como Z vuelve a aparecer explícitamente en la ecuación dinámica). Las variables restantes son u, v y h , y están en función de x, y , y t solamente.

La claridad de que W sea una función lineal simple de Z , tiene una relevante aplicación más adelante. Utilizando (25b) o eliminando $\partial u / \partial x + \partial v / \partial y$ de (21), se obtiene

$$w \equiv \frac{dz}{dt} = \frac{z - h_B}{H} \frac{dH}{dt} + u \frac{\partial h_B}{\partial x} + v \frac{\partial h_B}{\partial y}, \quad (28)$$

que implica lo siguiente

$$\frac{d}{dt} \left\{ \frac{z - h_B}{H} \right\} = 0. \quad (29)$$

De tal forma que la función $(z - h_B) / H$ se conserva siguiendo el movimiento de cada elemento fluido. Ahora la altura del fondo $(z - h_B) / H$ es relativa de cada elemento del fluido: es decir, su valor, el cual cambia de cero en el fondo a uno en la superficie libre. Durante el movimiento del fluido como un conjunto de columnas orientadas paralelas al eje Z . La condición (29) absolutamente establece que durante el estrechamiento o contracción de cada columna, la posición relativa de un elemento en el fluido de la columna no cambiara.

La hidrodinámica de fluidos geofísicos, considera el flujo en un plano horizontal. Incluso considerando corrientes generadas por el esfuerzo del viento se ha observado que la aceleración en dirección vertical es muy pequeña y despreciable comparada con la gravedad. Intrínsecamente las condiciones homogéneas y asumiendo aceleraciones cuasi-estacionarias, las ecuaciones de movimiento y continuidad pueden describir el flujo con el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales parciales, las cuales integramos en la vertical

$$\begin{aligned} U(x, y, t) &= \int u(x, y, z, t) dz \\ V(x, y, t) &= \int v(x, y, z, t) dz \end{aligned} \quad (30)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} = -gH \frac{\partial \zeta}{\partial x} + fV - \frac{\tau_{bx}}{\rho} + \frac{\tau_{sy}}{\rho} \quad (31)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} = -gH \frac{\partial \zeta}{\partial y} - fU - \frac{\tau_{by}}{\rho} + \frac{\tau_{sy}}{\rho} \quad (32)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = -\frac{\partial U}{\partial x} - \frac{\partial V}{\partial y} \quad (33)$$

donde t es el tiempo, (x, y) son las coordenadas horizontales, (U, V) son las componentes de velocidad correspondientes de la corriente integrada en la vertical, ζ es el desplazamiento de superficie libre de la bahía, H es la profundidad de la bahía, $h = H(x, y)$; g es la fuerza de gravedad, f es el parámetro de Coriolis, ρ es la densidad del agua, τ_b es el esfuerzo del fondo y τ_s es el esfuerzo del viento.

La ecuación (32) es la ecuación de continuidad, mientras que las ecuaciones (30) y (31) son las ecuaciones dinámicas, de cantidad de movimiento o *momentum*, en las direcciones x y y , respectivamente.

El problema estacionario

La fricción del fondo tiene gran efecto en los movimientos de cuerpos de agua poco profundos. Así, cuando un viento empieza a soplar sobre la bahía, las corrientes alcanzarán un estado de equilibrio rápidamente. Por consiguiente, se supone que la circulación del agua no cambia con respecto al tiempo, entonces los términos dependientes del tiempo pueden despreciarse. Esto implica que los términos del lado izquierdo de las ecuaciones (31) a (33) se aproximan a cero; por consiguiente se pueden describir como sigue:

$$gH \frac{\partial \zeta}{\partial x} - fV = -\frac{\tau_{bx}}{\rho} + \frac{\tau_{sx}}{\rho} \quad (34)$$

$$gH \frac{\partial \zeta}{\partial y} + fU = -\frac{\tau_{by}}{\rho} + \frac{\tau_{sy}}{\rho} \quad (35)$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} = -\frac{\partial V}{\partial y} \quad (36)$$

Suponemos que por la profundidad tan pequeña a excepción de las pozas el agua se comporta de manera homogénea, es decir la densidad $\rho = \text{const.} = 1 \text{ g/cm}^3$ (Filonov, 2002). También se puede imaginar que el coeficiente de fricción en el fondo es constante $b = 75 \text{ cm}^2/\text{s}$, posteriormente se describirán las razones.

Los cálculos del coeficiente son empíricos; no se tiene suficiente analogía para su cálculo, solo se conoce que este coeficiente aumenta con respecto a la profundidad. Una ecuación empírica para el cálculo del coeficiente de fricción es (Felzenbaum, 1960)

$$A_k = \frac{\gamma^2 W^2}{\Omega \rho^2 k^2} s, \quad (37)$$

donde

$$s = \frac{(\alpha H)^2 (\cosh(2\alpha H) - \cos(2\alpha H)) + 4\alpha H (\sinh(\alpha H) \cos(\alpha H) - \cosh(\alpha H) \sin(\alpha H))}{(\alpha H)^2 (\cosh(2\alpha H) + \cos(2\alpha H)) - \alpha H (\sin(2\alpha H) + \sinh(2\alpha H)) + \frac{1}{2} (\cosh(2\alpha H) - \cos(2\alpha H))} + \frac{2\alpha H (-\sinh(2\alpha H) + \sin(2\alpha H)) - 8 \cosh(\alpha H) + 2 (\cosh(2\alpha H) + \cos(2\alpha H)) + 4}{(\alpha H)^2 (\cosh(2\alpha H) + \cos(2\alpha H)) - \alpha H (\sin(2\alpha H) + \sinh(2\alpha H)) + \frac{1}{2} (\cosh(2\alpha H) - \cos(2\alpha H))}.$$

Para el caso de bahías someras, el cálculo del coeficiente de fricción es complicado; porque $\alpha H \rightarrow 0$ y en este caso S se encuentra indeterminado; pero esto se puede resolver mediante cálculos trigonométricos y utilizando expansión de series exponenciales de *Fourier* excluyendo los términos que se consideran de menor orden y en este caso el cálculo del coeficiente de fricción se reduce a

$$A_k = \frac{\gamma}{4 \rho k} W H, \quad (38)$$

donde $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$, γ es una constante experimental con las mismas dimensiones que la densidad, H es la profundidad y W es la rapidez de viento horizontal. Mediante este análisis se tomó la decisión de utilizar los cálculos realizados por Felzenbaum (1960) para el coeficiente de fricción de fondo, en el cual realizo una serie de cálculos con condiciones similares de velocidad y profundidad a los realizados en el presente trabajo.

Por consiguiente se usara $b = 75 \text{ cm}^2 / \text{s}$, por ser un valor típico para cuerpos de agua someros, ya que a mayor profundidad mayor será el coeficiente de fricción (Filonov, 2002).

Así, describimos el esfuerzo del viento como

$$\tau_{bx} = \frac{b\rho}{H^2} U, \quad \tau_{by} = \frac{b\rho}{H^2} V, \quad (39)$$

entonces las ecuaciones (1.34) y (1.35) quedan como sigue

$$g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{1}{H} fV + \frac{b}{H^3} U = \frac{\tau_{sx}}{H\rho}, \quad (40)$$

$$g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{1}{H} fU + \frac{b}{H^3} V = \frac{\tau_{sy}}{H\rho}. \quad (41)$$

Introduciendo la función Φ (llamada función de flujos totales o función corriente la cual se relaciona con la velocidad promedio en la vertical) descrita de la forma

$$U = -\frac{\partial\Phi}{\partial y}, V = \frac{\partial\Phi}{\partial x}, \tag{42}$$

Si sustituimos las igualdades de (42) en las ecuaciones (40) y (41) entonces obtenemos

$$g \frac{\partial\zeta}{\partial x} - \frac{f}{H} \frac{\partial\Phi}{\partial x} - \frac{b}{H^3} \frac{\partial\Phi}{\partial y} = \frac{\tau_{sx}}{H\rho}, \tag{43}$$

$$g \frac{\partial\zeta}{\partial y} - \frac{f}{H} \frac{\partial\Phi}{\partial y} - \frac{b}{H^3} \frac{\partial\Phi}{\partial x} = \frac{\tau_{sy}}{H\rho}. \tag{44}$$

Diferenciando la ecuación (43) con respecto a y y la ecuación (44) con respecto a x y restando la primera de la segunda, cancelamos los términos $\frac{\partial\zeta}{\partial x}$, $\frac{\partial\zeta}{\partial y}$ y obtenemos:

$$\frac{f}{H^2} \frac{\partial H}{\partial y} \frac{\partial\Phi}{\partial x} - \frac{f}{H} \frac{\partial^2\Phi}{\partial x\partial y} + \frac{b}{H^4} \frac{\partial H}{\partial y} \frac{\partial\Phi}{\partial y} - \frac{b}{H^3} \frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2} = -\frac{\tau_{sx}}{H^2\rho} \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{1}{H\rho} \frac{\partial\tau_{sx}}{\partial y}, \tag{45}$$

$$\frac{f}{H^2} \frac{\partial H}{\partial x} \frac{\partial\Phi}{\partial y} - \frac{f}{H} \frac{\partial^2\Phi}{\partial x\partial y} - \frac{b}{H^4} \frac{\partial H}{\partial x} \frac{\partial\Phi}{\partial x} + \frac{b}{H^3} \frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2} = -\frac{\tau_{sy}}{H^2\rho} \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{1}{H\rho} \frac{\partial\tau_{sy}}{\partial x}. \tag{46}$$

Agrupando los términos con respecto a sus mismas derivadas tenemos

$$\begin{aligned} \frac{\partial\Phi}{\partial x} \left[\frac{f}{H} \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{b}{H^3} \frac{\partial H}{\partial x} \right] + \frac{\partial\Phi}{\partial y} \left[\frac{b}{H^3} \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{f}{H} \frac{\partial H}{\partial x} \right] - \frac{b}{H^2} \nabla^2\Phi = \\ -\frac{1}{H\rho} \left[\tau_{sx} \frac{\partial H}{\partial y} - \tau_{sy} \frac{\partial H}{\partial x} \right] + \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial\tau_{sx}}{\partial y} - \frac{\partial\tau_{sy}}{\partial x} \right] \end{aligned} \tag{47}$$

normalizando la ecuación (47) con $\frac{b}{H^2}$ recibimos

$$\nabla^2\Phi - A(x, y) \frac{\partial\Phi}{\partial x} - B(x, y) \frac{\partial\Phi}{\partial y} = C(x, y) - D(x, y) \tag{48}$$

Donde

$$A(x, y) = \left[\frac{fH}{b} \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{3}{H} \frac{\partial H}{\partial x} \right], \tag{49}$$

$$B(x, y) = \left[\frac{3}{H} \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{fH}{b} \frac{\partial H}{\partial x} \right], \tag{50}$$

$$C(x, y) = \frac{H}{\rho b} \left[\tau_{sx} \frac{\partial H}{\partial y} - \tau_{sy} \frac{\partial H}{\partial x} \right], \tag{51}$$

$$D(x, y) = \frac{H^2}{\rho b} \left[\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial y} - \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial x} \right]. \quad (52)$$

Considerando que la velocidad del viento es homogénea entonces $D(x, y) = 0$. Por consiguiente las ecuaciones (49) a (52) se observa que la velocidad del viento es constante por eso los términos de tensión del viento τ_{xx}, τ_{yy} son constantes; es decir $D(x, y) = 0$, por lo tanto la función Φ sólo depende del relieve del fondo $H = H(x, y)$.

Si el fondo de la bahía es plano $H = \text{constante}$ entonces la ecuación (48) queda como la ecuación de *Poisson*

$$\nabla^2 \Phi = -D(x, y) \quad (53)$$

o si consideramos al viento constante entonces queda como la ecuación de *Laplace*

$$(54)$$

en consecuencia la solución de la ecuación (54) sólo dependería de la forma de la orilla de la bahía.

Condiciones de frontera

El modelo para aguas someras de completa con las condiciones de frontera para una bahía semi-cerrada, para la función de flujos totales Φ

$$(\Phi)_L = 0 \quad (\nabla^2 \Phi)_L = 0 \quad (55)$$

y la frontera sur se considerará permeable, esto se realizará aumentando el tamaño de la malla batimétrica en el esquema numérico. También se consideró la condición de deslizamiento por el contorno de la frontera para la entrada del río Hondo por medio del gasto.

Solución numérica

Tradicionalmente, la solución numérica de ecuaciones diferenciales parciales es realizada vía métodos de diferencias finitas, elemento finito y volumen finito. Estos métodos tienen en común que requieren de una malla que da el soporte a la solución numérica con un orden de convergencia algebraico. Se conoce que el método de diferencias finitas es una clásica aproximación para encontrar la solución numérica de las ecuaciones que gobiernan el modelo matemático de un sistema continuo.

En modelo barotrópico de aguas someras utilizaremos el esquema de diferencias finitas el cual se aplicó en la Bahía de Banderas (Suárez, 1995), el Lago de Chapala (Avalos-Cueva, 2003, Lara-Aguayo, 2003) y la Laguna de Cajititlán (Ramírez, 2004); por este esquema los términos de la ecuación (48) se describen en la ecuación siguiente

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} &= \frac{(\Phi_4 - \Phi_0)}{\Delta x^2} - \frac{(\Phi_0 - \Phi_2)}{\Delta x^2} = \frac{(\Phi_4 - 2\Phi_0 + \Phi_2)}{\Delta x^2} \\ \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} &= \frac{(\Phi_3 - 2\Phi_0 + \Phi_1)}{\Delta y^2} \\ \frac{\partial \Phi}{\partial x} &= \frac{(\Phi_4 - \Phi_0) + (\Phi_0 - \Phi_2)}{\Delta x} = \frac{(\Phi_4 - \Phi_2)}{\Delta x} \\ \frac{\partial \Phi}{\partial y} &= \frac{(\Phi_3 - \Phi_1)}{\Delta y} \end{aligned} \tag{56}$$

se utiliza una malla en el eje (x, y) marcando el paso de los cálculos con l . Luego sustituyendo (56) en (48) obtenemos:

$$\frac{1}{l^2} (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 - 4\Phi_0) - \frac{A_0}{2l} (\Phi_4 - \Phi_2) - \frac{B_0}{2l} (\Phi_3 - \Phi_1) = C_0 - D_0 \tag{57}$$

despejando, la ecuación (57) para calcular la función de flujo total en el punto inicial 0, se obtiene

$$\Phi_0 = \left(\frac{1}{4} + \frac{B_0 l}{8}\right) \Phi_1 + \left(\frac{1}{4} + \frac{A_0 l}{8}\right) \Phi_2 + \left(\frac{1}{4} - \frac{B_0 l}{8}\right) \Phi_3 + \left(\frac{1}{4} + \frac{A_0 l}{8}\right) \Phi_4 - \frac{C_0 l^2}{4} - \frac{D_0 l^2}{4} \tag{58}$$

El esquema numérico utilizado en el modelo se presenta en la *Figura 3*.

La simulación del modelo se llevó a cabo utilizando el campo batimétrico de la bahía y el viento climático característico en la misma. El viento utilizado fue en dirección de los ocho rumbos (N, NE, NW, S, SE, SW, E y W) con una magnitud de $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

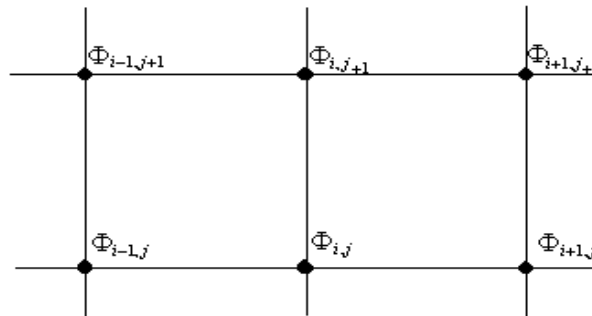


Figura 3. Esquema numérico usado en el modelo barotrópico de aguas someras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los cálculos de la circulación se introdujo el efecto del viento en el flujo, como una fuerza generadora de corrientes. La velocidad del flujo en la superficie libre es del orden del dos por ciento de la velocidad del viento, por lo que en general las velocidades en el cuerpo de agua son relativamente pequeñas (Benqué *et al.*, 1982).

Los resultados preliminares del modelo como se describió en la metodología, arroja la solución para la función de flujos totales, la cual se integra en la vertical para obtener las componentes de la corriente. Los gradientes de la función corriente, aunque son de uno o más ordenes de magnitud menor que los otros términos en balance, son importantes para la descripción de los vórtices.

La *Figuras 4-11* muestran los resultados de los flujos integrados en la vertical para la bahía de Chetumal. Se observa que para un viento con dirección Norte; es decir 0° , (*Figura 4*) las corrientes más fuertes se localizan en las zonas más profundas cercanas a las pozas; la poza central, que es la más profunda, presenta corrientes que alcanzan los $15 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$, se muestra que la dirección de las mismas es de Oeste a Este, intensificándose en la parte central de la bahía, de ahí sigue el contorno del fondo de la bahía en dirección Sur bifurcándose e incrementando se velocidad en las fronteras de la poza central. Mientras que en la zona Suroeste, donde se localiza la segunda poza, las corrientes generadas también alcanzan velocidades de la misma magnitud que en la poza central. En la *Figura 8*, donde el modelo se forzó con un viento con dirección Sur; es decir 180° , la respuesta de la bahía muestra una circulación inversa pero con un patrón similar a los resultados de la simulación con viento en dirección Norte.

La *Figura 6* corresponde al forzamiento con un viento en dirección Este, es decir 90° ; la cual muestra la intensificación de las corrientes en ambas pozas, en la poza central en sentido anticiclónico. Los resultados para el viento en dirección Sureste, 135° ; mostrado en la *Figura 7*, presenta una circulación general hacia el Norte bifurcándose en la poza Central siguiendo su contorno.

Las *Figuras 8 y 9* muestra la circulación generada por un viento con dirección Sur y Suroeste, respectivamente, observándose una circulación ciclónica en la zona Noreste alcanzando la poza central, mientras que en el Sur sigue el perímetro de costa hasta llegar a la poza Este circulando hacia el Norte.

Los resultados de la simulación con un viento en dirección Oeste se presentan en la *Figura 10*, la cual muestra un patrón de mayor complejidad que los anteriores resultados; en ésta se observa una circulación ciclónica que comienza en la zona Norte de la bahía que influye hasta la zona central de la misma, esta corriente converge con corrientes procedentes de la poza central la cual tiene su propia circulación ciclónica, en consecuencia las corrientes en la zona Norte se bifurcan hacia la costa Este.

Mientras que en la poza localizada al Este se generan corrientes con direcciones hacia las fronteras Este-Oeste, con velocidades que rebasan los $10 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ para esa zona.

La *Figura 11* corresponde a la simulación con un viento de dirección Noroeste, se observa una circulación anticiclónico circulando hacia el interior de la bahía prolongándose hasta la poza central donde cambia el sentido de circulación rodeando la poza y extendiéndose hasta la poza Este.

Es de esperarse que los procesos hidrodinámicos en la bahía por esfuerzo de los vientos obedecen a las características morfológicas. En particular, la complejidad en los patrones de circulación está íntimamente ligada a las zonas profundas (relacionadas con las pozas), en estas se muestra un aumento en las magnitudes de las corrientes generadas por el modelo debido a los gradientes de profundidad. De igual manera, Palacios-Hernández (1996), realizó simulaciones en la bahía Sebastián Vizcaíno, mediante el uso de un modelo barotrópico bidimensional con fondo plano encontrando giros ciclónico para la bahía; en consecuencia se infiere que el principal generador de una circulación compleja es la batimetría de la bahía Chetumal.

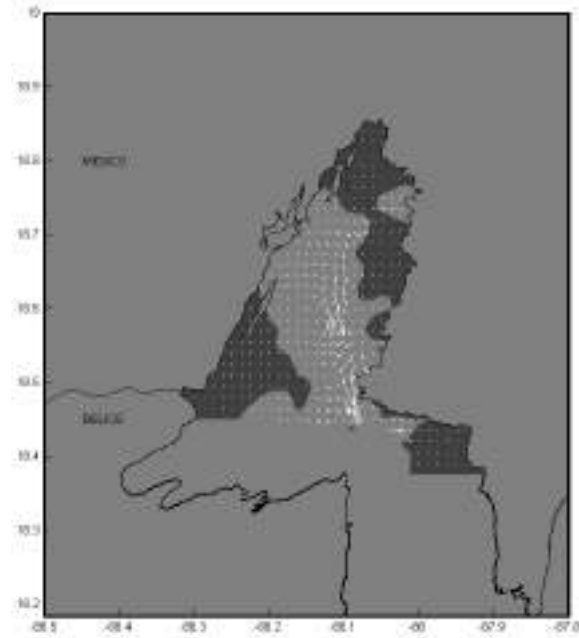


Figura 4. Corrientes generadas por la aplicación del modelo barotrópico para aguas someras producidas por un viento climático con rapidez de 3cm^{-1} en la dirección Norte 0° .

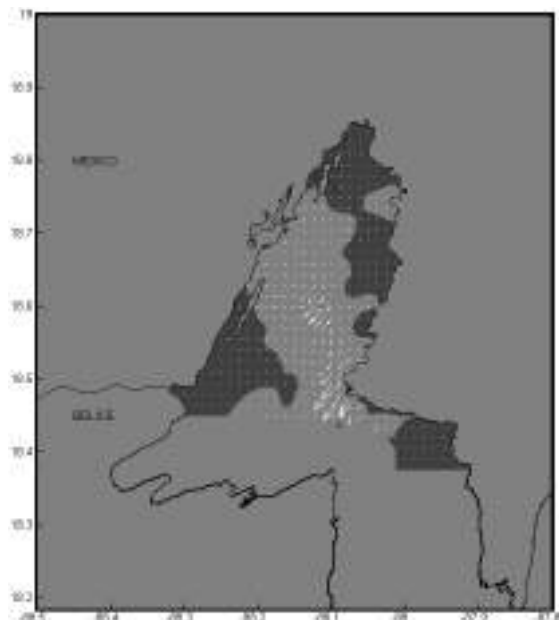


Figura 5. Corrientes generadas por la aplicación del modelo barotrópico para aguas someras producidas por un viento climático con rapidez de 3cm^{-1} en dirección Noreste 45° .

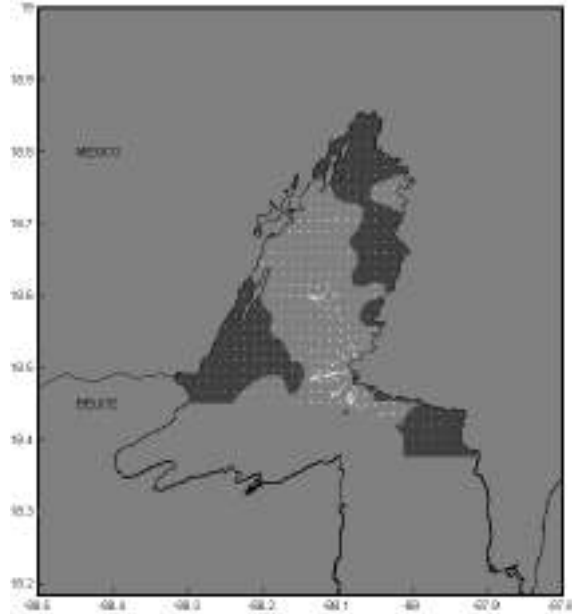


Figura 6. Corrientes generadas por la aplicación del modelo barotrópico para aguas someras producidas por un viento climático con rapidez de 3cm^{-1} en dirección Este 90° .

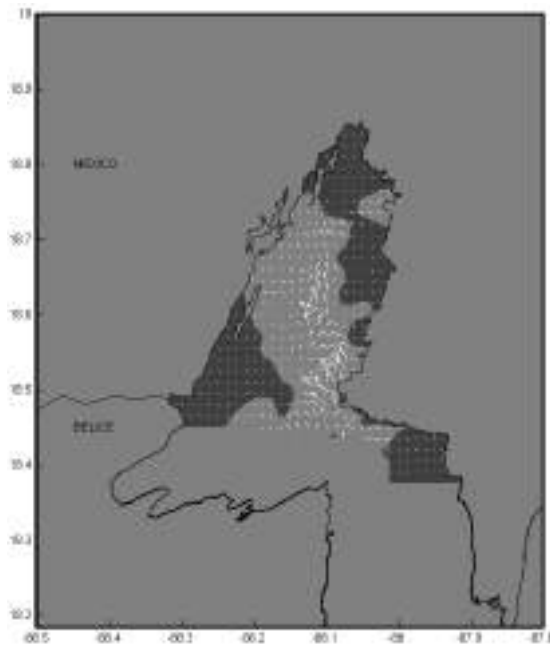


Figura 7. Corrientes generadas por la aplicación del modelo barotrópico para aguas someras producidas por un viento climático con rapidez de 3cm^{-1} en dirección Sureste 135° .

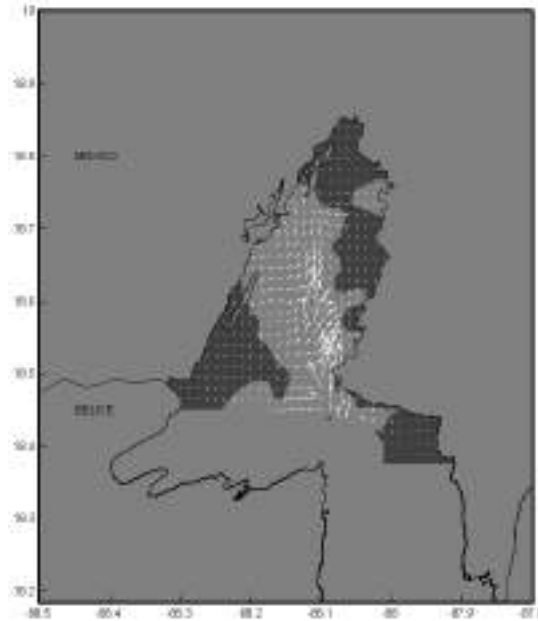


Figura 8. Corrientes generadas por la aplicación del modelo barotrópico para aguas someras producidas por un viento climático con rapidez de 3cm^{-1} en dirección Sur 180° .

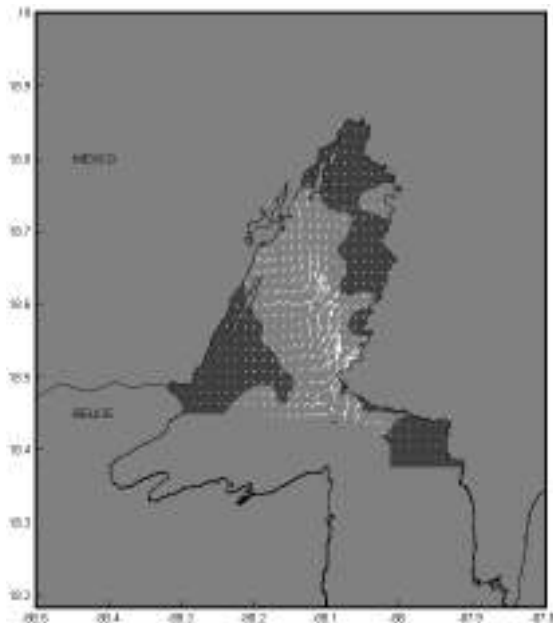


Figura 9. Corrientes generadas por la aplicación del modelo barotrópico para aguas someras producidas por un viento climático con rapidez de 3cm^{-1} en dirección Suroeste 225° .

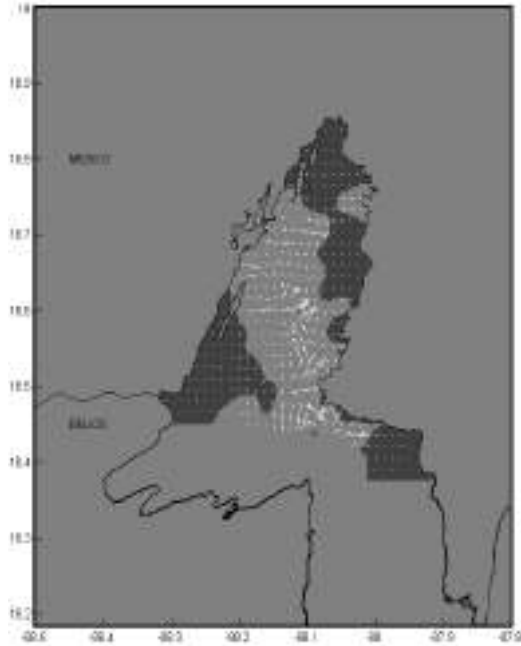


Figura 10. Corrientes generadas por la aplicación del modelo barotrópico para aguas someras producidas por un viento climático con rapidez de 3cm^{-1} en dirección Oeste 270° .

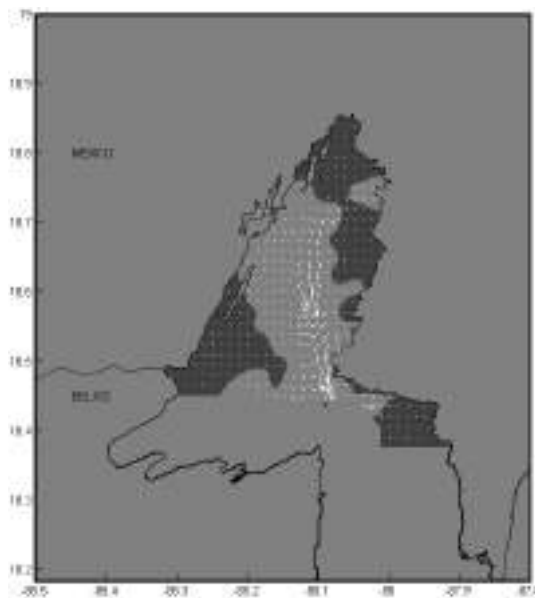


Figura 11. Corrientes generadas por la aplicación del modelo barotrópico para aguas someras producidas por un viento climático con rapidez de 3cm^{-1} en dirección Noroeste 315° .

Así mismo, Sánchez *et al.*, (2008) concluye mediante la inferencia de transporte a partir del análisis de las tendencias texturales, coincidiendo con los muestreos de corrientes superficiales y de fondo a lo largo de un año, realizadas por Morales-Vela *et al.*, (1996), quienes concluyen que las corrientes registran una dirección S-SE y S-SO. Lo cual se ajusta a las simulaciones numéricas realizadas en el presente trabajo, forzando el modelo con viento en las direcciones Norte, Noreste, Noroeste, Este y Oeste.

Este trabajo es el primer ejercicio de modelación numérica hidrodinámica para la bahía de Chetumal, y los resultados servirán para identificar puntos en los cuales la circulación tiene un complejo comportamiento, y analizar esta mediante mediciones *in situ* y comparar con simulaciones con modelos baroclínicos.

CONCLUSIONES

Los resultados de las simulaciones numéricas mediante un modelo barotrópico forzado por un viento en 8 rumbos muestran una gran complejidad en la bahía de Chetumal, observándose corrientes relativamente más intensas en las áreas más profundas de la bahía donde se localizan las pozas. En la poza central se presentan las mayores magnitudes de corrientes influenciando la circulación de gran parte de la bahía.

La circulación ciclónica observada en las simulaciones se debe principalmente a la topografía de la bahía. Los procesos dinámicos en la bahía y sus áreas vecinas varían en tiempo y espacio, y estos parecen estar gobernados por procesos sinópticos locales y estacionales tales como Nortes, así como el paso de fenómenos meteorológicos extremos como son tormentas tropicales y huracanes.

Se conoce por Avalos-Cueva, 2003; Lara-Aguayo, 2003 y Ramírez, 2004; que el modelo tiene gran eficiencia cualitativa en otros sitios; el siguiente paso es comprobar los resultados del modelo con mediciones *in situ*, y estudiar procesos físicos, químicos y biológicos asociados a las pozas. Una vez validado el modelo con mediciones *in situ*, entonces se podrá pronosticar diferentes eventos tales como: circulación, dispersión de contaminantes, dispersión de larvas y peces, tiempos de renovación, circulación termohalina, desarrollo de hábitat de diferentes especies, etc.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Legorreta, T. (2009). Contaminación acuática. El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del mar Caribe, J. Espinoza-Ávalos, GA Islebe y HA Hernández-Arana (eds.). El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo, 205-217.
- Ávalos-Cueva, D. (2003). Circulación de la Brisa y su influencia a la Estructura Térmica del Lago de Chapala, México. Tesis de Maestría, Universidad de Guadalajara, Posgrado en Ciencias de la Tierra; Departamento de Física. 60 p.
- Axis Arroyo, J. (1996). Análisis de las variables que determinan el uso de hábitat del manatí del caribe (*Trichechus manatus manatus*), en la costa oeste de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. Tesis de Maestría, CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida. Mérida, Yucatán, 88 p.
- Benqué, J., Hauguel, A. And Viollet, P. (1982). Engineering Applications of Computational Hydraulics, Vol. II. Numerical Models in Enviromental Fluid Mechanics, Pitman Publishers, Boston London, pp. 99-110.

- Carrillo Bibriezca, L. E., Yescas Corona, M. A., Ramírez Manguilar, A. M., y Palacios- Hernández, E. (2009a). Observaciones y modelación numérica de la hidrodinámica de Bahía de Chetumal, Q. R. Informe Técnico Final. CONACYT-SEP. 66 p.
- Carrillo L., Palacios-Hernández E., Ramírez A.M., Morales-Vela J.B. (2009b). Características hidrometeorológicas y batimétricas. En: Espinoza-Ávalos J., Islebe G.A., Hernández-Arana H.A. (Eds.). El sistema ecológico de la bahía de Chetumal / Corozal: costa occidental del Mar Caribe. ECOSUR. Chetumal, Quintana Roo, México. 252 p. pp. 12-20.
- Carrillo, L., Palacios-Hernández, E., Yescas, M., y Ramírez-Manguilar, A. M. (2009c). Spatial and seasonal patterns of salinity in a large and shallow tropical estuary of the Western Caribbean. *Estuaries and Coasts*, 32(5), 906-916.
- Chavira, D. (1989). Resultados preliminares del estudio de calidad del agua en la Bahía de Chetumal, Q. Roo. SEDUE, Chetumal, México. 25p.
- Díaz-López, C., Carrión Jiménez, J. M., y González Bucio, J. L. (2006). Estudio de la contaminación por Hg, Pb, Cd y Zn en la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 72(1), 19-31.
- Espinoza-Ávalos, J., Islebe, G. A., y Hernández-Arana, H. A. (2009). El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del Mar Caribe. ECOSUR, México.
- Felzenbaum, A. (1960). Fundamentos teóricos y métodos de cálculo de corrientes marinas estacionarias. Ed. Academia de Ciencias de la URSS, pp. 127.
- Filonov, A. E. (2002). On the dynamical response of Lake Chapala, México to lake breeze forcing. *Hydrologia* 467: 141-157, *Advances in Mexican Limnology: Basic and Applied Aspects*.
- Gasca, R. y Castellanos, I. (1993). Zooplancton de la Bahía de Chetumal, Mar Caribe, México. *Revista Biología Tropical*, 41(3): 619-625.
- Gasca, R., Suarez-Morales, E. y Vásquez-Yeomans, L. (1994). Estudio comparativo del zooplancton (biomasa y composición) en dos Bahías del Mar Caribe Mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 42 (3):595-604.
- Lara-Aguayo, A. E. (2003). Modelación numérica de la circulación producida por el viento en el Lago de Chapala. Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara, Departamento de Matemáticas.
- Longuet-Higgins, M. S. (1964). On group velocity and energy flux in planetary wave motions. *Deep Sea Research*, 11, 35-42.
- Mendoza-Franco, E., Vidal Martínez, V., Aguirre-Macedo, V., Rodríguez Canul, R. y Scholz, T. (2000). Species of *Sciadicleithrum* (Dactylogyridae: Ancyrocephalinae) of cichlid fishes from southeastern Mexico and Guatemala: new morphological data and host and geographical records. *Comparative Parasitology*, 67(1):85-91.
- Merino, M. y Otero, L. (1991). Atlas Ambiental Costero. Puerto Morelos - Quintana Roo. CONACYT, UNAM y CIQRO. 80 pp. + 1 Carta.
- Morales-Vela, B., Olivera-Gómez, D. y Ramírez-García, P. (1996). Conservación de los manatíes en la región del Caribe de México y Belice: El Colegio de la Frontera Sur-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Informe técnico, 131 p.
- Morales-Vela, B., D. Olivera-Gómez, J.E. Reynolds III, and G.B. Rathbun. (2000). Distribution and habitat use by manatees (*Trichechus manatus manatus*) in Belize and Chetumal Bay, Mexico. *Biological Conservation* 95: 67–75.
- NOM-059-ECOL-2001 (2001). NORMA Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. SEMARNAT.
- Noreña-Barroso, E., Gold-Bouchot, G., y Ceja-Moreno, V. (2007). Temporal variation of persistent organic pollutant (POP) residue concentrations in sediments from the Bay of Chetumal, Mexico. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 79(2), 141-146.

- Palacios-Hernández, E., Espinosa, M. A., Buenrostro, A. A., y Peraza, M. M. (2009). Simulación de la circulación barotrópica inducida por viento en Bahía Sebastián Vizcaíno, BC. *Atmósfera*, 9(3).
- Ramírez, A. G. (2004). Análisis de la variabilidad climática en las Lagunas someras de Chapala y Cajititlán, Jalisco, México. Tesis de Maestría, Universidad de Guadalajara, Posgrado en Ciencias de la Tierra; Departamento de Física. 97 p.
- Ruiz-Pineda, C., Suárez-Morales, E., y Gasca, R. (2016). Copépodos planctónicos de la Bahía de Chetumal, Caribe Mexicano: variaciones estacionales durante un ciclo anual. *Revista de biología marina y oceanografía*, 51(2), 301-316.
- Salazar-Vallejo, S. I., Jiménez, S., Oliva J. J. y González, N. E. (1991). Fauna Béntica. In *Estudios Ecológicos Preliminares de la Zona Sur de Quintana Roo*, eds. T. Camarena-Luhrs y S.I. Salazar-Vallejo 117-134 CIQRO, Chetumal, Q.R.
- Sánchez, A., Álvarez-Legorreta, T., Sáenz-Morales, R., Ortiz-Hernández, M., López-Ortiz, B. E., y Aguiñiga, S. (2008). Distribución de parámetros texturales de los sedimentos superficiales en la Bahía de Chetumal: Implicaciones en la inferencia de transporte. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 25(3), 523-532.
- SARH-CNA. (1987). Sinopsis geohidrológica del Estado de Quintana Roo. México: Secretaría de Recursos Hidráulicos.
- Suárez F. M. (1995). Fundamentos teóricos del cálculo de las corrientes estacionarias en un mar profundo y modelación de la circulación de Bahía Banderas, Tesis de Maestría, Universidad de Guadalajara, Departamento de Matemáticas.
- Simpson, J. E. (1994). *Sea breeze and local wind*. Cambridge University Press, 234 pp.
- Taylor, G. I. (1923). Experiments on the motion of solid bodies in rotating fluids. *Proc. Roy. Soc. A* 104, 213-218.
- Pedlosky, J. (1982). *Geophysical Fluid Dynamics*. Springer-Verlag, New York-Heidelberg, Berlin, 710 pp.
- Vásquez-Yeomans, L. y A. M. González-Vera. (1994). Ictioplancton de la Bahía de Chetumal. En *Estudio Integral de la Frontera México-Belice*. Recursos Naturales, ed. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, 133-142. Quintana Roo, México: CIQRO
- Wyatt, D. J. (1985). Movement of the Caribbean Plate and its importance for biogeography in the Caribbean. *Geology*. Vol. 13, p. 123-125.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos al Colegio de la Frontera Sur-ECOSUR, Unidad Chetumal, por la información que proporciono sobre la batimetría de la bahía de Chetumal, Quintana Roo.

SÍNTESIS CURRICULAR

David Avalos Cueva

Doctor en Ciencias del Mar y Limnología por la UNAM. Profesor-investigador titular en el Instituto Tecnológico Superior de Arandas (ITS de Arandas). Presidente del Comité de Investigación de ITS de Arandas, líder de la línea de investigación de modelación climática, registrada en Tecnológico Nacional de México. Ha sido autor de varios artículos en revistas indexadas sobre variabilidad climática y modelación hidrodinámica del Lago de Chapala; así como colaborador de un capítulo de libro en la misma área de investigación. También ha dirigido tesis de licenciatura e ingeniería. Correo electrónico: avalos.cueva@gmail.com y david.avalos@tecarandas.edu.mx.

Emilio Palacios Hernández

Doctor en Ciencias en Oceanografía Física por el CICESE, Profesor e Investigador titular C, del Depto. de física de la Universidad de Guadalajara. Ha escrito: varios artículos científicos es revistas de prestigio internacional, capítulos de libro y un libro, también ha dirigido tesis de licenciatura y maestría, actualmente es perfil PRODEP y miembro del SNI 1, ha participado en más de 50 congresos nacionales e internacionales, así como proyectos de investigación oceanográfica. Correo electrónico: emilio6x111@yahoo.com

Laura E. Carrillo Bibrizca

Doctorado en Oceanografía Física en Universidad de Gales Bangor. Postdoctorado en el Instituto Oceanográfico de Scripps. En los últimos 10 años la investigación se ha enfocado en aspectos oceanográficos de diversas escalas espacio-temporales vinculados con la distribución de larvas de peces, así como variabilidad en sistemas tropicales, zonas arrecifales, circulación y fenómenos de mesoescala de las regiones Golfo de México y Caribe. Otros estudios realizados se enfocan en el análisis de anomalías de temperaturas superficiales del mar que contribuyan a entender las anomalías en estos tipos de sistemas. Muchos de estos trabajos son el resultado de la colaboración con NOAA y ECOSUR con la finalidad de entender procesos de conectividad biológica de larvas de peces entre el Golfo de México y el Caribe, estos representan los primeros trabajos de la zona del Caribe Occidental con aspectos oceanográficos. Correo electrónico: lc_oceanografa@yahoo.com.mx

Luis A. González Vivanco

M. en C. por parte de la Universidad de Guadalajara, actualmente trabaja como profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico Superior de Arandas, impartiendo matemáticas. Correo electrónico: luis.vivanco@tecarandas.edu.mx



OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE PROCESO EN DESESTIBADORA Y EN LLENADORA

PROCESS TIME OPTIMIZATION IN DEPOSITOR AND FILLER

Jesús Iván Ruíz-Ibarra¹; Alberto Ramírez-Leyva²; Karina Luna-Soto³; José Alberto Estrada-Beltrán⁴ y Oscar Javier Soto-Rivera⁵

^{1,2,3,4} PTC, TecNM/Instituto Tecnológico de Los Mochis Departamento de Ingeniería Industrial, México; ⁵Estudiante de Maestría en Ingeniería Industrial de TecNM/ Instituto Tecnológico de Los Mochis. Responsable: Jesús Iván Ruíz Ibarra, Boulevard Juan de Dios Bátiz y 20 de noviembre, Colonia El Parque S/N, Los Mochis, Sinaloa, C.P. 81200. Tel. 6681 094170, correo electrónico: jesus_ruizi@hotmail.com.

RESUMEN

Como en cualquier industria, en la manufactura refresquera la demanda, servicio al cliente y producción tiene una gran importancia lo que obliga a esta producción a tener sus equipos y maquinaria de producción en óptimas condiciones para que el producto esté en manos del consumidor sin retrasos, por lo tanto, es importante tener los tiempos establecidos de cada proceso, desde que es elaborado el jarabe, envasado, distribuido, hasta que es comprado por el consumidor.

Después de un análisis de cronómetro se conocen las fallas más comunes en cada proceso analizado. En máquina llenadora las fallas más frecuentes son: acumulación de botellas en los procesos posteriores y anteriores a llenadora, que por lo general la causa del acumulamiento de botellas es por fallas en los demás equipos de la línea de producción. En el proceso de desestibado las fallas más comunes son: cajas atoradas en tope volteador y en arreador (empuje de cajas); cajas caídas en rodillos y transportador de tarimas. De acuerdo a lo observado en cada máquina, se plantean las acciones a seguir para dar solución a los problemas que surgen.

Se presenta la descripción de la metodología que se sigue para obtener resultados, analizarlos y tomar decisiones. Primeramente se hace un análisis de operaciones para conocer cada máquina, apoyado de los manuales de máquinas y los propios operadores, se realiza un estudio de tiempos con cronómetro para determinar el tiempo estándar del proceso, donde también se presentan las fallas más comunes, posteriormente se realizan observaciones en las máquinas según el tamaño de muestra determinado, obteniendo así la información necesaria para tomar medidas y hacer el estudio de optimización de los procesos de producción. Se realiza también un análisis de los tiempos predeterminados del proceso mediante los métodos de MTM y análisis de tiempos MOST.

Los resultados de operadores con MTM son:

Llenadora con fallas = 0.846 minutos, Llenadora sin fallas = 0.61 minutos, Desestibadora con fallas = 0.74 minutos y Desestibadora sin fallas = 0.45 minutos.

Los resultados de operadores con MOST son:

Llenadora con fallas = 2.58 minutos, Llenadora sin fallas = 2.35 minutos, Desestibadora con fallas = 2.15 minutos, Desestibadora sin fallas = 1.68 minutos.

Se concluye que el análisis de tiempo es una herramienta adecuada para determinar el tiempo de los procesos y hacer las recomendaciones de mejora, para minimizar o evitar el tiempo perdido y optimizar las condiciones de operación en el proceso.

Palabras clave: MTM, MOST, Tiempos y movimientos, embotelladora, productividad.

SUMMARY

As in any industry, in soft drink manufacturing demand, customer service and production is of great importance that forces this production to have their equipment and production machines in optimal conditions for the product to be in the hands of the consumer without delays, therefore it is important to have the established times of each process, since the syrup is elaborated, packaged, distributed, until it is purchased by the consumer.

After a chronometer analysis, the most common faults were detected in each analyzed process. In the filler machine the most frequent faults are: accumulation of bottles in the subsequent and previous processes to filling process, which in general the cause of the collection of bottles is due to failures in the other equipment of the production line. In the process of unloading the most common faults are: boxes jammed in bump and pusher (pushing boxes); boxes fallen in rollers and platforms transporter. According to observations in each machine, the actions to be followed are presented to solve the problems that arise.

Also described the methodology to obtain results, to data analyze and decisions. Firstly an analysis of operations is done to know each machine, supported by the manuals of the machines and the operators themselves a study of times is done by chronometer to determine the standard time of the process where also they present the most common faults, then observations are made on the machines according to the determined sample size, thus obtaining the information necessary to take measurements and to make the study of optimization of the production processes. An analysis of the

predetermined process times is also performed by the MTM methods and the MOST time analysis.

The results of operators with MTM:

Fault Filler = 0.846 minutes, Faultless Filler = 0.61 minutes, Fault Breaker = 0.74 minutes and Fault Flasher = 0.45 minutes.

The results of MOST operators are:

Fault Filler = 2.58 minutes, Filler Fails = 2.35 minutes, Failure Breaker = 2.15 minutes, Failure Breaker = 1.68 minutes.

It concludes that the time analysis is an adequate tool to determine the time of the processes and to make recommendations of the improvement, to minimize the lost time and to optimize the conditions of the operation in the process.

Key words: MTM, MOST, Times and movements, bottling, productivity.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto se elaboró en una empresa refresquera en la ciudad de Los Mochis, Sinaloa, industria en la cual se embotella una gran variedad de refrescos en envases de plástico pet y de vidrio, también embotellan agua natural de garrafón y de galón. Este trabajo trata de optimizar los tiempos de proceso de las máquinas para desestibadora y llenadora que son parte de una línea de producción. En la llenadora las fallas más frecuentes fueron: acumulación de botellas en los procesos posteriores y anteriores a ella, que por lo general la causa de este problema es por fallas en los demás equipos de la línea de producción. En desestiba de cajas las fallas más comunes fueron: cajas atoradas en tope volteador y en arreador; cajas caídas en rodillos y transportador de tarimas. De acuerdo a estas fallas y las observaciones realizadas en cada máquina, se plantean los objetivos a seguir para dar solución a los problemas que surgen en el análisis de operaciones y que repercuten con tiempos de retraso. Se realizaron observaciones en las máquinas determinando un tamaño de muestra para hacer más confiable el estudio de tiempos con cronómetro, obteniendo así la información necesaria para tomar medidas y hacer el estudio de optimización de los procesos de producción.

Se realizó también un análisis de los tiempos predeterminados del proceso mediante las técnicas de MTM y análisis de tiempos MOST. El objetivo de esta investigación es desarrollar un análisis de operaciones para determinar el origen de las fallas con mayor impacto que generan un tiempo improductivo en los procesos de desestibadora y llenadora para lograr la optimización de tiempos en la línea de producción y sus instalaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se utiliza cronómetro para el estudio de tiempos reales en las máquinas, computadora donde se utiliza Microsoft office Word y Excel para la captura de información, calculadora de bolsillo para determinar resultados totales de inspección, pluma para anotar, hojas blancas para imprimir los reportes y formatos de inspección en MTM (*Cuadro 1*) y MOST (*Cuadro 2*), folder para archivar los reportes de inspección.

Cuadro 1. Formato para desarrollar el método de tiempos y movimientos MTM

Mano izquierda	F	Símbolo	TMU	Símbolo	F	Mano derecha

Cuadro 2. Formato para desarrollar método de tiempos predeterminados MOST

	Calculo MOST		Tabla		
	PRODUCTO/AREA:		Fecha:		
	OPERACIÓN:		Analista:		
		Proceso:			
Proceso: Condiciones: Operario:					
Nº	Descripción del Método	S	Modelos de Secuencia	F	TMU

Método de análisis de la operación

Los diez enfoques primarios del análisis de la operación según (López, 2014):

1. Finalidad de la operación
2. Diseño de la pieza
3. Tolerancias y especificaciones
4. Materiales
5. Manejo de materiales
6. Preparación de herramientas
7. Proceso de manufactura
8. Distribución del equipo en la planta
9. Condiciones de trabajo
10. Principios de la economía de movimientos

Mediante este proceso se hace un análisis muy detallado que extiende a la investigación y la hace más completa poniendo atención a cada uno de los puntos o enfoques anteriormente mencionados.

Estudio de tiempos con cronómetro

Niebel (2009), afirma que el equipo mínimo requerido para llevar a cabo un estudio de tiempos comprende básicamente un cronómetro, un tablero o paleta y una calculadora. Sin embargo, la utilización de herramientas más sofisticadas como las máquinas registradoras de tiempo, las cámaras de video y cinematográficas en combinación con equipo y programas computacionales, se emplean con éxito manteniendo algunas ventajas con respecto al cronómetro.

En el estudio de tiempos con cronómetro, primero se determina el tamaño de muestra resultando 456 observaciones de las cuales se planean hacer 5, ellas en cada inspección, por lo tanto se hacen 4 inspecciones por día en cada máquina resultando un tiempo de 23 días de recopilación de datos.

Estudio de tiempos MTM

MTM es un procedimiento que permite el análisis de todo método manual descomponiéndolo en los movimientos básicos requeridos y asignando a cada movimiento un tiempo standard predeterminado basado en la naturaleza del movimiento y en las condiciones en las que es realizado. Cuando es aplicable y cuando se usa apropiadamente, el MTM proporciona resultados consistentes que están dentro de los límites de lo que es una precisión más que aceptable. Sus aplicaciones varían desde la producción en serie de artículos hasta las operaciones de taller ejecutadas solo para unos cuantos artículos. Por lo tanto se aplica en esta investigación para minimizar los tiempos de proceso en cada máquina dando detalle de los movimientos que los operadores ejecutan.

De acuerdo al análisis de operaciones hay un punto muy importante que se refiere al principio de la economía de movimientos por lo tanto se hizo un análisis de cronometro para conocer los estándares de tiempos reales con los que trabaja la compañía, al tener los resultados reales es necesario hacer una comparación de análisis de acuerdo al tiempo estándar de los movimientos utilizando el método MTM que son estándares de tiempo ya establecidos de los movimientos de acuerdo a su naturaleza.

Estudio de tiempos MOST

Con esta técnica se utilizan tres tipos de secuencias de actividad que son fundamentales para medir el trabajo manual, más un cuarto tipo para medir los movimientos de objetos con grúas manuales:

- La secuencia de mover general (para movimiento espacial de un objeto que está libremente por el aire).
- La secuencia de mover controlado (para el movimiento de un objeto cuando queda en contacto con una superficie o se junta a otro objeto durante el movimiento).
- La secuencia de utilización de herramientas (para el uso de herramientas manuales comunes).

La secuencia de MOST básico

Por mover general se entiende el mover objetos con las manos de un lugar a otro a través del aire. Se compone de cuatro sub actividades que cubren diferentes situaciones:

- A Distancia de acción (principalmente horizontal).
- B Movimiento del cuerpo (principalmente vertical).
- G Obtener control.
- P Poner.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una serie de actividades para analizar los resultados de las herramientas utilizadas y propuestas de mejora en los procesos.

1. Se realizaron inspecciones en máquinas donde se tomaron anotaciones de tiempos de operación (*Cuadro 3 – Cuadro 6 y Figura 1 – Figura 4*).
2. Se capturó la información recopilada de tiempos del proceso en cada inspección diariamente.
3. Se hizo un estudio de la información recopilada para analizar las fallas de mayor impacto que provocaron paro de operación o tiempo improductivo.

4. Se hizo un análisis de operaciones, de tiempos y movimientos utilizando las técnicas MTM y MOST.
5. Se procesó información de las herramientas utilizadas para la optimización y se analizaron los resultados.

A continuación del *Cuadro 3* al *Cuadro 6* se muestran los datos recopilados en el estudio de cronómetro: tiempo de fallas, frecuencias, tiempo de mantenimiento correctivo y tiempo ocioso de operador.

Cuadro 3. Máquina desestibadora de cajas

Falla	Frecuencia	Tiempo de paro (minutos)
Acumulamiento de botellas en línea	140	169.7
Cajas atoradas en tope volteador	50	24.6
Cajas caídas en tarima, antes de desestibar	6	9.6
Cajas atoradas en Arreador (empujador)	7	7.07
Basura en máquina	2	1.17

Cuadro 4. Máquina llenadora

Falla	Frecuencia	Tiempo de paro (Minutos)
Acumulamiento de botella en empacadora	19	70.25
Falta de botellas (huecos)	6	19
Operativa (paro de línea)	12	16.2
Ajustes en máquina	10	15.05

Cuadro 5. Tiempo inactivo del operador

Máquinas	Tiempo ocioso	Tiempo de análisis (Minutos)
Desestibador de caja	48.05 Min	2760
Llenadora	12.5 Min.	2760

Cuadro 6. Mantenimiento correctivo

Máquina	Frecuencia	Tiempo de mantenimiento (Minutos)
En desestibador	22	45.66
En llenadora	10	12.8

De la *Figura 1* a la *Figura 4* se interpreta la información recopilada en tiempos con el cronómetro.

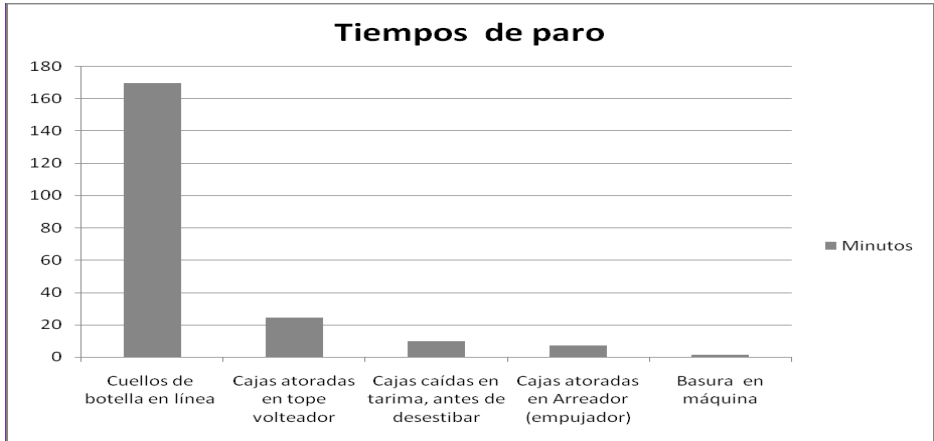


Figura 1. Tiempos de paro por falla en proceso de desestibado (minutos acumulados por falla).

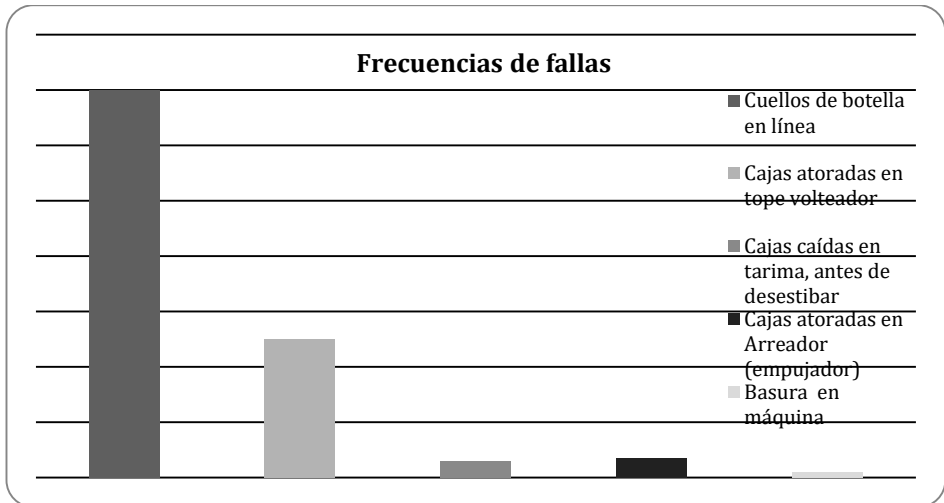


Figura 2. Gráfica de frecuencias de fallas en proceso de desestibado P.A.I.

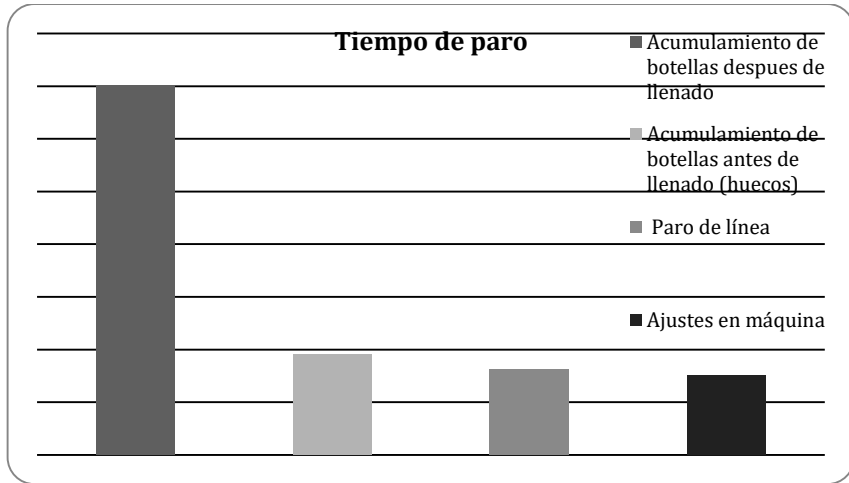


Figura 3. Gráfica de tiempos de paro por falla en proceso de llenado (minutos acumulados por falla).

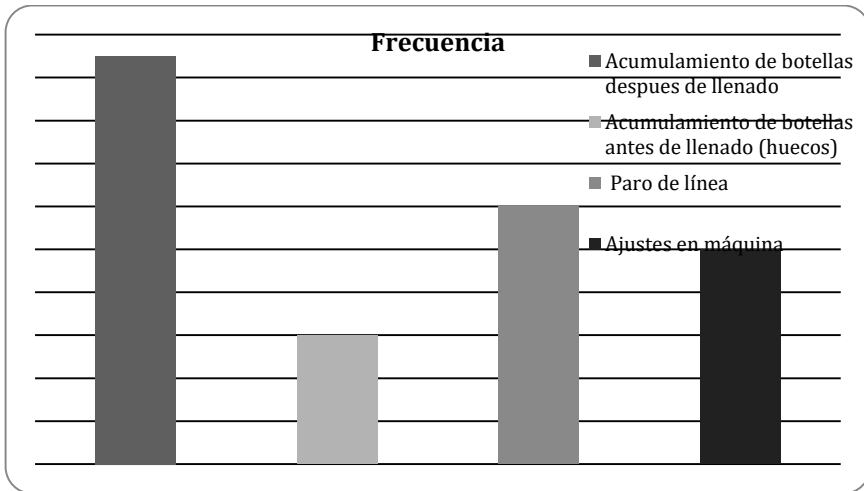


Figura 4. Frecuencias de fallas en proceso de llenado.

Se llevó a cabo un estudio de tiempos predeterminados que describe cada movimiento que el operador realiza en la máquina, donde se toma en cuenta el tiempo de acuerdo a la naturaleza de sus movimientos MTM (Methods Time Measurement - Método de Medición de Tiempos), y para reforzar esta investigación también se emplea el análisis de tiempos por la técnica MOST, métodos de los cuales se hace un análisis de resultados para la obtención de tiempos óptimos del desempeño de cada operador.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de operador con cronómetro fueron:

Llenadora con falla = 1.0 minutos, llenadora sin falla = 0.22 minutos, desestiba con falla = 1.15 minutos, desestiba sin falla = 0.45 minutos.

Los resultados del operador con técnica MTM fueron:

Llenadora con fallas = 0.846 minutos, Llenadora sin fallas = 0.61 minutos, desestiba con fallas = 0.74 minutos y desestiba sin fallas = 0.45 minutos.

Los resultados del operador con técnica MOST fueron:

Llenadora con fallas = 2.58 minutos, llenadora sin fallas = 2.35 minutos, desestiba con fallas = 2.15 minutos, desestiba sin fallas = 1.68 minutos.

Con los resultados obtenidos se analizan los tiempos acordes a cada método empleado, lo que nos indica tomar medidas para trabajar con el tiempo óptimo y buscar la manera adecuada de lograrlo, para ello se estudia una serie de recomendaciones o mejoras en el proceso para lograr obtener el tiempo óptimo.

Se observa que el tiempo real del proceso no varía mucho con los resultados del estudio de tiempos MTM, por lo tanto, la compañía mantiene un constante estudio de análisis en los tiempos de proceso.

El análisis de operaciones es de gran importancia en esta investigación pues de él se desglosan los demás métodos utilizados de análisis de tiempos

Se concluye que el análisis de tiempo es una herramienta adecuada para determinar el tiempo de los procesos y hacer las recomendaciones de mejora, para minimizar o evitar el tiempo perdido y optimizar las condiciones de operación en el proceso.

LITERATURA CITADA

- López, J.; Alarcón, E.; y M. Rocha (2014) *Estudio del trabajo, una nueva visión*. México. Patria.
- Niebel, B. y A. Freivalds (2009) *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño de trabajo*. Duodécima edición. Mc. Graw Hill
- Dounce, E. *La Productividad en el Mantenimiento Industrial*. Segunda edición, novena reimpresión. México. Patria
- Robert, C. (1995) *Manual de Mantenimiento Industrial*. Rosaler, R. Mc. Graw Hill
- Compañía Embotelladora del Fuerte. *Manual de operación de llenadora*. Compañía Embotelladora del Fuerte.
- Compañía Embotelladora del Fuerte. *Manual de operación de Desestibadora*. Compañía Embotelladora del Fuerte.



PROPUESTA DE REDISEÑO ERGONÓMICO EN EL ÁREA DE LIMPIEZA MANUAL DE
SEMILLA Y ÁREA DE RECEPCIÓN Y DESHOJADO DE MAZORCA

PROPOSAL FOR ERGONOMIC REDESIGN IN THE SEED MANUAL CLEANING AREA AND CORN RECEPTION
AND MISSING AREA

Karina Luna-Soto¹; Jesús Iván Ruiz-Ibarra²; Alberto Ramirez-Leyva³; Zenia Isabel Castro-Borunda⁴ y Laura Patricia Jiménez-Montiel⁵

^{1,2,3} PTC, TecNM/Instituto Tecnológico de Los Mochis Departamento de Ingeniería Industrial, México; ⁴ PTC, TecNM/Instituto Tecnológico de Los Mochis Departamento de Económico Administrativo, México ⁵Estudiante de Licenciatura en Ingeniería Industrial de TecNM/ Instituto Tecnológico de Los Mochis. Responsable: Karina Luna Soto, Boulevard Juan de Dios Bátiz y 20 de noviembre, Colonia El Parque S/N, Los Mochis, Sinaloa, C.P. 81200. Tel.+521 668 111 4355, correo electrónico: karinaluna1@hotmail.com

RESUMEN

El proyecto que se presenta se realizó en una planta de Semillas en la región de Los Mochis, Sinaloa, con propósito de dar propuestas de mejoras, a través de diferentes estudios, con el fin de encontrar soluciones óptimas para que los trabajadores tengan un mejor desempeño al momento de realizar las actividades correspondientes.

En la empresa es necesario tener un área de trabajo en la que el operador se encuentre cómodo, también para proteger la salud, y para aumentar la productividad del mismo. Por este motivo se realizó el estudio para conocer los problemas que se podrían generar por una inadecuada estación de trabajo, con el fin de obtener una mejora y tener la información adecuada de cómo realizar el trabajo sin riesgo.

En el desarrollo de este estudio se aplicaron diferentes técnicas de evaluación ergonómica como lo fue Yoshitake, 4 puntos de luke y Mapeo Corlet & Bishop para el análisis de fatiga y posibles DTA's (Desorden de Trauma Acumulativo), una vez analizado se procedió a tomar medidas antropométricas para el rediseño de la estación de trabajo, enfocándose principalmente en el asiento del trabajador

Palabras clave: Evaluación ergonómica, Desorden de Trauma Acumulado (DTA), lesiones, fatiga, Yoshitake.

SUMMARY

The project is presented at a Seeds plant in the region of Los Mochis, Sinaloa, with the purpose of giving proposals for improvements, through different studies, in order to find optimal solutions for workers with better performance time to carry out the corresponding activities.

In the company it is necessary to have a work area in which the operator is comfortable, also to protect the health, and to increase the productivity of the same one. For this reason the study was conducted to know the problems that are generated by an inadequate workstation, in order to obtain a better quality and to have the adequate information on how to do the work without risk.

In the development of this study, different techniques of ergonomic evaluation were applied, such as Yoshitake, 4 luke points and Corlet & Bishop Mapping for the analysis of fatigue and possible CTD (Cumulative Trauma Disorders). Once analyzed, proceeded to take anthropometric measures for the redesign of the workstation, focusing mainly on the seat of workers.

Key words: Ergonomic assessment, Cumulative Trauma Disorders (CTD'S), injury, fatigue, Yoshitake.

INTRODUCCIÓN

Cuidar la salud de las personas debe de ser un aspecto primordial para toda la humanidad. Al formar parte de la población económicamente activa se encuentra un vínculo estrecho con las empresas y áreas de trabajo. De este modo, las compañías de transformación y servicio llegan a ser un espacio en que se pasa un gran tiempo de la existencia humana. Por lo antes mencionado, es de vital importancia realizar acciones que permitan mantener el bienestar físico y mental de las personas que diariamente laboran en sus áreas de trabajo. Aplicando este punto como premisa, se decidió realizar una evaluación ergonómica

a los trabajadores y propuestas de mejora a las áreas de trabajo en una empresa de semillas de la ciudad de Los Mochis, que permita desarrollar las labores propias del puesto de una forma más segura y eficiente.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Por su alcance esta investigación es exploratoria ya que con este tipo de investigación se pretende dar una visión general, de tipo aproximativo, respecto a una determinada realidad, que en este caso en particular lo es el rediseño ergonómico en el área de limpieza manual de semilla y área de recepción y deshojado de mazorca; por su método, la investigación es deductiva partiendo de la aplicación de una regla a un caso particular (parte de lo general para realizar inferencias específicas) y se proceden a la descripción de las actividades del área de limpieza manual de semilla, así como la técnica de encuesta y su correspondiente instrumento el cuestionario.

La línea 3, se encuentra ubicada en la bodega 2, en donde se separan las unidades inaceptables, es decir, la semilla que no cumple con las normas de calidad, la operadora se encarga de separar el desecho, el cual lo depositan en bolsas que cada operadora tiene a un costado, por otro lado, el producto conforme se introduce en maxi bolsas ubicada al final de la banda. En esta línea (*Figura1*) se encuentran instalados 8 bancos de cada lado de la banda, en los cuales siempre hay operadores encargados de la limpieza de semilla. Cuentan con lámparas fluorescentes, dos gabinetes de 2x60 y uno de 2x30 y la última de 13 watts a lo largo de la línea. Cada trabajador debe portar los respectivos equipos de protección.

El equipo de uso personal para su seguridad es:

- Casco contra impactos
- Lentes de protección
- Calzado de seguridad

La tarea se realiza con las manos, no se utilizan herramientas. Se encuentran sentadas la mayor parte del tiempo, también tienen actividades como la limpieza del área de trabajo.



Figura 1. Área de limpieza manual de semilla.

Área de recepción y deshojado de mazorca

En esta área (*Figura 2*) se recibe la materia prima (mazorca de maíz), la cual es descargada y dirigida a las máquinas deshojadoras, en donde se le quita la hoja y se selecciona dependiendo de sus características. Se reciben alrededor de 3000 toneladas de mazorca al año en temporadas de cosecha de maíz, se cuenta con personal que en temporada alta alcanza los 25 empleados, por cada turno, que en temporada alta son dos turnos. La Superficie construida es de 250 m², el material que se procesa es mazorca de maíz, pasando a través de diferentes máquinas deshojadoras y posteriormente pasa por bandas donde el personal selecciona la mazorca que se encuentra en óptimas condiciones para que pase al siguiente proceso, en caso de ser producto no conforme los separan, y si la mazorca todavía tiene hoja, la operadora se encarga de retirarla. En esa área las trabajadoras no manipulan dispositivos ni controles.

Equipo de protección:

- Casco contra impactos
- Lentes de protección
- Calzado de seguridad
- Capucha tipo legionario
- Mascarilla para polvos y partículas
- Guantes de látex
- Tapones auditivos
- Guantes de poliuretano



Figura 2. Área de deshojado.

Descripción de las actividades

Después de haber analizado los conceptos ergonómicos y los pasos para llevar a cabo el estudio y diseño del área de trabajo, se describe paso a paso las actividades realizadas.

• Propuesta de rediseño ergonómico en el área de limpieza manual de semilla y área de recepción y deshojado de mazorca

- Identificar si en algunas de las dos estaciones de trabajo existe riesgo ergonómico (área de limpieza manual de semilla y área de recepción y deshojado de mazorca):

El primer paso fue realizar una lista de chequeo para evaluación simplificada del riesgo de lesión musculoesquelética y posteriormente lista de verificación del ambiente de trabajo. Es importante conocer las medidas corporales, por lo que se realizó una cedula antropométrica del trabajador y se tomaron también medidas del área de trabajo. Posteriormente se creó el perfil de usuario de las trabajadoras, en donde se indicó el nombre de la empresa, edad, puesto de trabajo, días laborados, turno, jornada laboral, tiempo de almuerzo, y si laboran horas extras.

Área de limpieza manual de semilla

Evaluación del ambiente laboral en el área de limpieza manual de semilla

Con ayuda de listas de verificación, se evaluó el ambiente laboral, como es el ambiente térmico, ambiente acústico, e iluminación, así como también el asiento del trabajador. Para conocer si existe algún tipo de riesgo de fatiga o daño al trabajador.

Medidas antropométricas

Para el diseño del área de trabajo fue necesario tomar medidas de 50 mujeres, las cuales fueron concentradas en una cedula antropométrica, las mujeres tienen un rango de 18 a 65 años de edad, ya que para el puesto existe mucha variabilidad de edad. Se tomaron en consideración sólo aquellas medidas de acuerdo a las actividades que realizan, en posición sedente.

- Largo del brazo con respecto a la pared
- Altura de asiento a ojos
- Altura del asiento a la cabeza
- Altura de asiento al muslo
- Altura del asiento al hombro
- Altura del asiento al codo a 90°
- Altura de la cabeza al suelo sentado
- Distancia sacro-poplíteo
- Altura suelo a parte posterior de rodilla
- Longitud de codo a dedo medio
- Ancho de cadera sentado
- Distancia sacro-rótula
- Altura de suelo a rodilla (sentado)
- Ancho de espalda con brazos extendidos al frente
- Ancho de muslos con rodillas juntas
- De codo a codo con brazos flexionados
- Altura Codo a 90° al piso
- Altura Sentaderas a piso

También se tomaron medidas de la estación de trabajo (área de limpieza manual de semilla):

- Ancho del asiento
- Altura de asiento
- Largo de la base de la banda
- Ancho de la base
- Altura de la banda

- Largo de la banda
- Ancho de la banda.

Yoshitake

Se aplicó el estudio de Yoshitake durante una semana laboral, el cual es utilizado para realizar un análisis subjetivo de fatiga.

Se aplicaron 30 preguntas las cuales determinan la frecuencia de fatiga a la que está expuesto el trabajador. En donde los participantes respondieron “sí o no” al momento de la entrevista. Este cuestionario se divide en tres grupos de preguntas, los cuales constan de 10 preguntas cada uno. El primero es relacionado con síntomas de somnolencia y monotonía, el segundo son síntomas de dificultad de concentración y el tercero es relacionado a síntomas corporales o proyección de daño físico.

4 Puntos de Luke

También se aplicó el método de 4 puntos de Luke, en donde se les preguntó al inicio y al finalizar la jornada el nivel de cansancio que sufre el trabajador.

Mapeo de Corlett & Bishop

Se realizó una evaluación en donde las trabajadoras señalaban en un esquema general del cuerpo humano las partes en donde sentía molestia o dolor con el fin de identificar problemas o lesiones, llenando un formato de Mapeo de Corlett & Bishop.

Área de recepción y deshojado de mazorca

Evaluación del ambiente laboral en el área de recepción y deshojado de mazorca

Con ayuda de listas de verificación, se evaluó el ambiente laboral, como es el ambiente térmico, ambiente acústico, e iluminación, así como también el asiento del trabajador. Para conocer si existe algún riesgo de fatiga o daño al trabajador.

Medidas antropométricas

También se tomaron medidas de la estación de trabajo (área de recepción y deshojado de mazorca):

- Ancho del asiento
- Altura de asiento
- Largo de la base de la banda
- Ancho de la base
- Altura de la banda
- Largo de la banda
- Ancho de la banda.

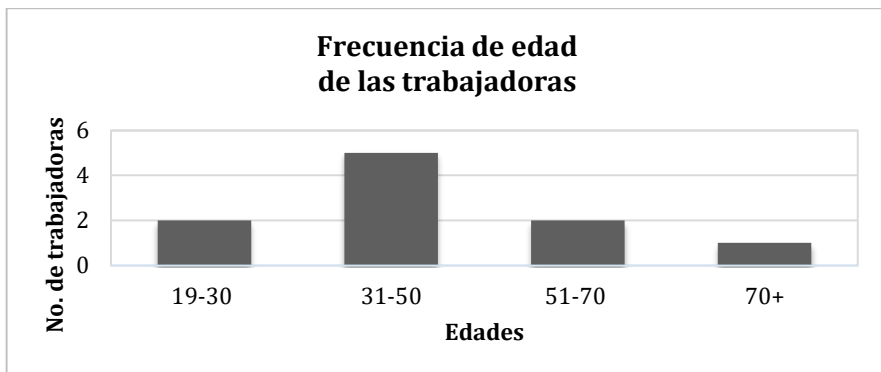
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El primer paso fue crear el perfil de usuario, el cual quedó conformado como se indica en el *Cuadro 1*.

Cuadro 1. Perfil de usuario de las trabajadoras

Empresa:	XXX S.A. de C.V.
Edad:	19-65 años de edad
Puesto de trabajo:	Asistente de campo
Días laborados:	Lunes-sábado
Turno:	Rotativo
Jornada laboral:	8:00 am- 05:00 pm y 3:00 pm-11:00pm
Tiempo de almuerzo:	30 minutos
Horas extras:	Dependiendo de la cantidad de trabajo, pueden llegar a ser hasta 8 horas extras.

Durante las primeras semanas se realizó una encuesta a las mujeres que laboran en la empresa. En donde se menciona, nombre, edad, ubicación de residencia, estado civil, ocupaciones, etc. Al momento de realizar la encuesta, se les mencionó que todas las preguntas y respuestas son de carácter confidencial, para el trabajador y la empresa. Todas las trabajadoras viven en la zona Industrial. Por lo que no es necesario un transporte. El rango de edades predominante fue entre 31y 50 años (*Figura 3*), lo cual representa el 50% de las mujeres entrevistadas. Por otro lado, el menor rango fue del 10%, mujeres de 70 años y más.

**Figura 3.** Frecuencia de edad de las trabajadoras.

Mientras que el resultado del estado civil de las entrevistadas, el 100% de las mujeres son casadas, y amas de casa, luego de laborar en la empresa. El puesto en el que laboran tiene el nombre de personal de selección. Laboran 6 días a la semana, y su horario es de 9 horas, con 30 minutos para la comida. Y el turno es rotativo. Matutino, vespertino y diurno, en temporadas altas.

Área de limpieza manual de semilla

Evaluación del ambiente laboral

A partir de los resultados de la evaluación simplificada del riesgo de lesión musculoesquelética se concluyó que en el área existe riesgo muy elevado, puesto que la silla no cuenta con espacio suficiente para acomodar las piernas (*Figura 4*), lo cual provoca daños a las rodillas, y por lo tanto provoca una postura incorrecta. La tarea que se realiza en esta área requiere de precisión, por lo que las trabajadoras suelen acercarse a la zona de trabajo inclinando el tronco y flexionando el cuello, con lo que aumenta la carga postural en las zonas dorsal y cervical.

El cuerpo no trabaja en el eje vertical natural, o en un ángulo de 100° entre rodillas y el tronco, lo cual puede conducir a daños en espalda y cuello (*Figura 4*).



Figura 4. Área de limpieza manual de semilla.

De acuerdo a la lista de verificación para evaluar la silla, en donde se encuentran laborando, todas las preguntas dieron respuesta negativa, por lo que es necesario realizar el cambio del asiento, ya que este no se encuentra dentro de los parámetros normales de una silla correcta, de acuerdo a Benjamin W. Niebel. (2009).

Para evaluar la fatiga se realizaron los estudios de método Yoshitake, mapeo de Corlette & Bishop y 4 puntos de Luke para ver el daño causado por el área de trabajo y se identificaron las molestias y dolores musculares de las trabajadoras, así como la fatiga.

A partir de los resultados del método Yoshitake se concluyó que el 98.58% de las trabajadoras no se sienten fatigadas al iniciar la jornada, pero al final de la jornada este porcentaje baja al 63.25%. El número de respuestas afirmativas aumentó en todos los parámetros, específicamente en “síntomas de somnolencia” y “daño físico”. En donde se obtuvieron más respuestas afirmativas fue en las siguientes preguntas: ¿Tiene cansancio en las piernas o las siente pesadas?

¿Tiene cansancio en su cuerpo?

¿Siente tensión en hombros?

¿Siente dolor de espalda?

4 Puntos de Luke

También se aplicó el método de 4 puntos de Luke, en donde se les preguntó al inicio y al finalizar la jornada, el nivel de cansancio que sufre el trabajador. Los resultados demostraron que al finalizar la jornada, el porcentaje de fatiga aumenta. El dolor en rodillas, sentaderas y espalda tiene una alta frecuencia de quejas. El trabajo se presenta con monotonía

Gracias al método **Ergotec** se identificó que el puesto de trabajo es susceptible a presentar problemas de salud en las trabajadoras, en donde muestra que el riesgo que presenta en ejecución del trabajo es tabulación baja, aunque cabe recalcar que se deben eliminar todas aquellas respuestas “siempre”, en donde se comprobó que estas provocan un mayor problema, en específico en el diseño de la silla, la cual no se encuentra en condiciones adecuadas para trabajar.

En riesgo de lesión por DTA’s resultó una tabulación mediana, en donde fatiga por encorvarse, inclinar el torso, así como el espacio insuficiente para las piernas, resultaron con respuesta “siempre”. Por lo que es urgente modificar esa área. Mientras que la superficie de trabajo, resultó no estar a la altura adecuada, y tiene un ángulo el cual no permite una posición neutral.

Por lo que se propone escalones de cada lado de la banda, de tal forma que las trabajadoras, puedan trabajar de pie y colocar tapetes anti-fatiga de 90x90 cm (ó 60 x 60cm). Con un barandal para mayor seguridad de las trabajadoras, como se establece en la NOM-001-STPS el cual debe ser continuo, liso, y pulido y debe tener una altura de 90 cm \pm 10 cm.

En la banda debe haber 7 lugares para las trabajadoras, por cada lado.

Según las medidas antropométricas (de codo a codo con brazos flexionados), con espacio mínimo para cada persona de 85 cm. De acuerdo a las medidas de la banda, primero se colocaran dos sillas semi-sentado. Posteriormente los escalones como se muestra en la *Figura 5* y *6*.

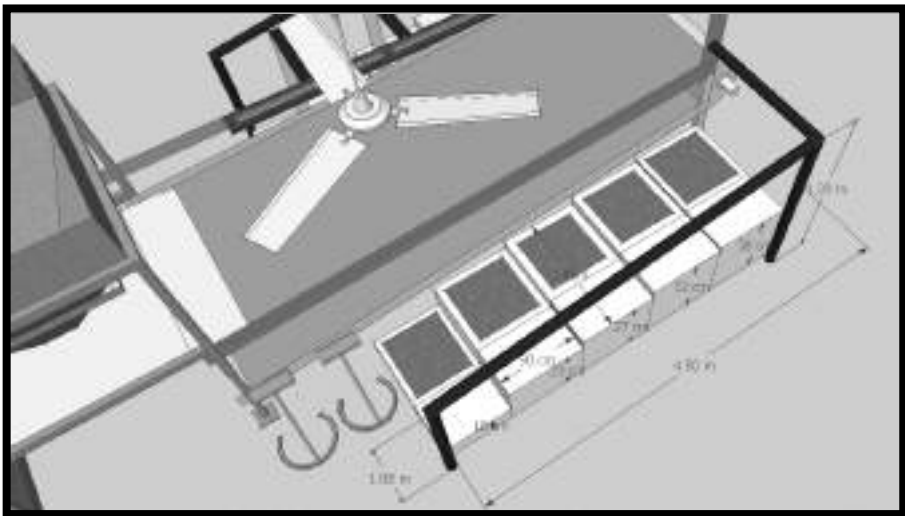


Figura 5. Propuesta de diseño.

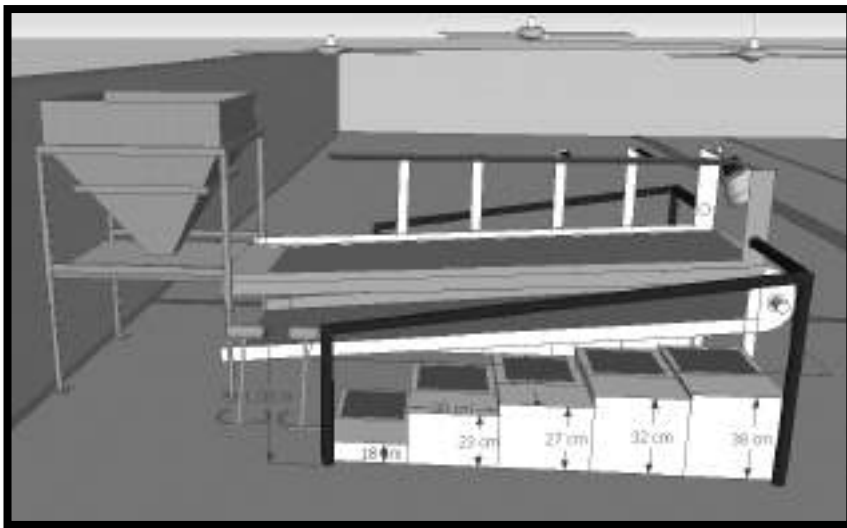


Figura 6. Propuesta de diseño.

Estructura del asiento semi-sentado

Para esta área es recomendable un asiento semi-sentado, porque el área de trabajo es alta y no tienen espacio suficiente para acomodar las piernas, por lo que la altura del asiento debe ser regulable con un mínimo de 38 cm y un máximo de 68.31 cm. Como se muestra en la *Figura 7*. Propuesta del banco semi-sentado.



Figura 7. Propuesta semi-sentado (vista frontal).

- Propuesta de rediseño ergonómico en el área de limpieza manual de semilla y área de recepción y deshojado de mazorca



Figura 8. Propuesta semi-sentado (vista lateral).

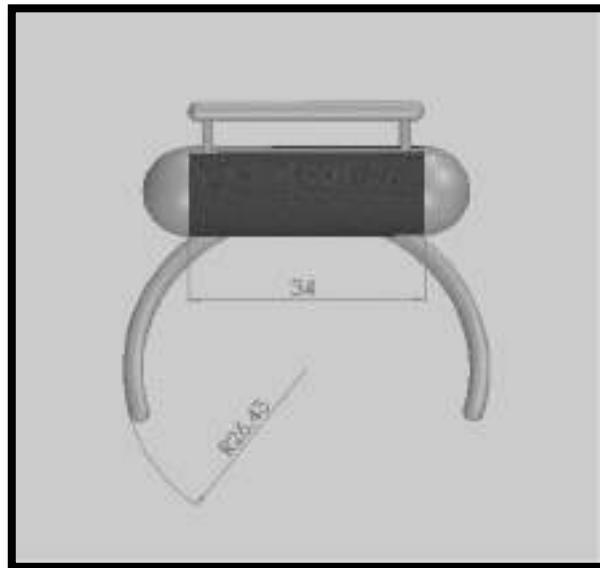


Figura 9. Propuesta semi-sentado (vista aérea).

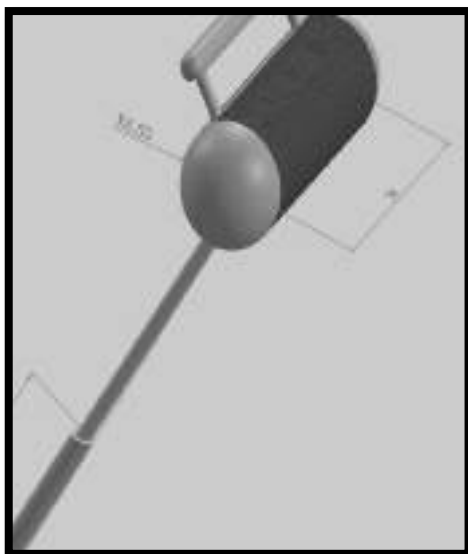


Figura 10. Propuesta semi-sentado (isométrico).

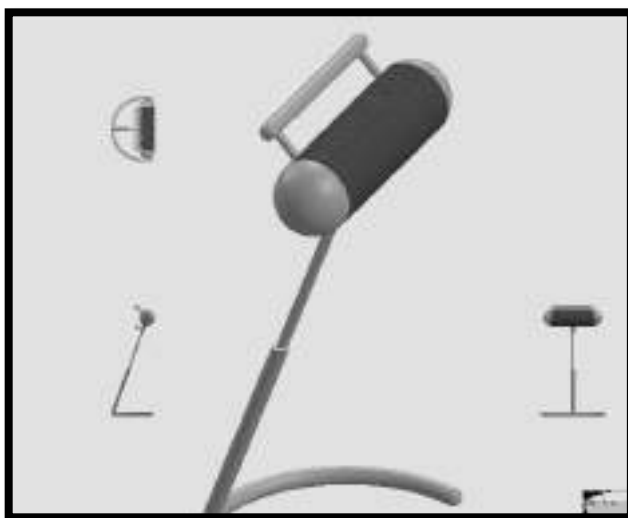


Figura 11. Propuesta semi-sentado (todas las vistas).

Ambiente térmico

Se tomaron medidas de la temperatura y humedad, las cuales indicaron que la temperatura y la humedad son muy altas en tiempo de calor, de acuerdo a la ordenanza general de Seguridad e higiene en el trabajo fija los valores según la intensidad del trabajo. Por lo que se recomienda instalar 4 abanicos a lo largo de la banda a por lo menos 3.048 metros de altura sobre el suelo (*Figura 12*).

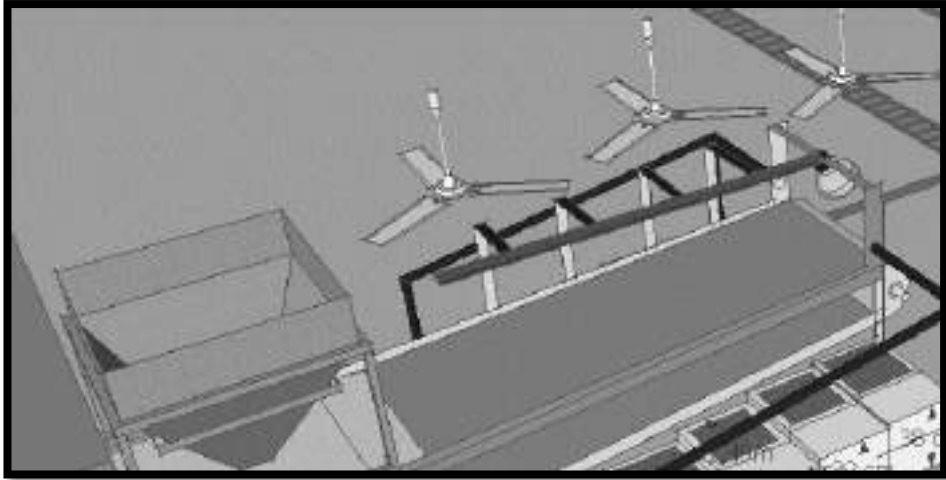


Figura 12. Abanicos.

Iluminación

El estudio mostró que los niveles de iluminación se encuentran dentro de los parámetros normales según IESNA para las tareas que requieran el reconocimiento de los colores, es recomendable utilizar lámparas fluorescentes. Aunque ya se cuenta con lámparas fluorescentes, estas para que funcionen con más eficacia luminosa y duración que las bombillas. Se deberían cambiar cada 100 horas de uso porque pierden hasta el 70% de su iluminación. La iluminación localizada se debe instalar sobre un soporte rígido aislado y no sobre máquinas sometidas a vibraciones.

Ambiente acústico

Se realizaron estudios del ruido con ayuda de un sonómetro para comprobar si se encontraban bajo condiciones normales, por lo que se llegó a la conclusión de que se encuentran trabajando dentro de los parámetros normales, menores de 90 dBA.

Área de recepción y deshojado

Evaluación del ambiente laboral

A partir de los resultados de la evaluación simplificada del riesgo de lesión musculo esquelética, se concluyó que en el área existe riesgo elevado, a pesar de que la silla cuenta con espacio suficiente para el libre movimiento de las piernas, el asiento se encuentra a una altura elevada, ya que el área de trabajo así lo requiere y no cuenta con sistema de regulación, lo que provoca que las trabajadoras de menor estatura queden con los pies colgando de la silla, lo cual ocasiona problemas de circulación. Como se muestra en la *Figura 13*.



Figura 13. Área de recepción y deshojado de mazorca.

Se recomienda colocar un reposapiés, el cual puede ser un tubo PTR con medidas de largo 3.60 m, 10 cm de distancia de la base y una altura de 10 cm sobre la base (*Figura 14*), esto con el propósito de que las personas con menor estatura, no tengan los pies colgando, ya que esto afecta la circulación de las piernas, y podría ser perjudicial para las trabajadoras.

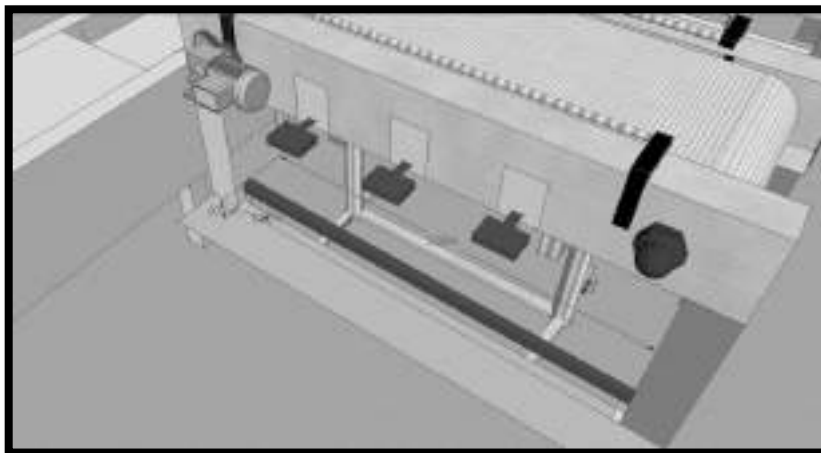


Figura 14. Reposapiés.

Se observa en la *Figura 15*. Las personas de estatura alta, no tiene espacio suficiente para acomodar correctamente el pie sobre la base, ya que este es muy reducido.

- Propuesta de rediseño ergonómico en el área de limpieza manual de semilla y área de recepción y deshojado de mazorca



Figura 15. Área de recepción y deshojado de mazorca.

Por lo que se recomienda ampliar la base hacia al frente al menos 10 cm, ya que los pies, no se encuentran estables al momento de colocar las piernas a 90°. Como se muestra en la *Figura 16*.

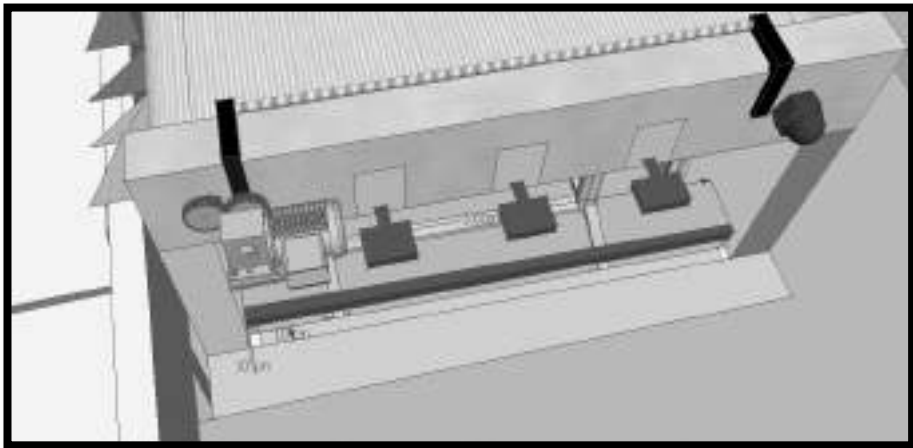


Figura 16. Propuesta de base.

Se recomiendan tapetes anti-fatiga para las mujeres que estén realizando la actividad de pie, por lo que la medida para los tapetes es de 60x60 cm. Un tapete liso para que sea de fácil limpieza.

Estructura de asiento

A ser posible el asiento debe ser regulable en alturas comprendidas, por lo que se propone fabricar una silla. La altura dependerá de las medidas de las personas pero se recomienda una altura de 61 cm para la actividad, esto con el fin de que los codos queden a una posición de 90° respecto al área de trabajo. Los pies deben tener un apoyo por lo que se recomienda un reposapiés a una altura de 17 cm.

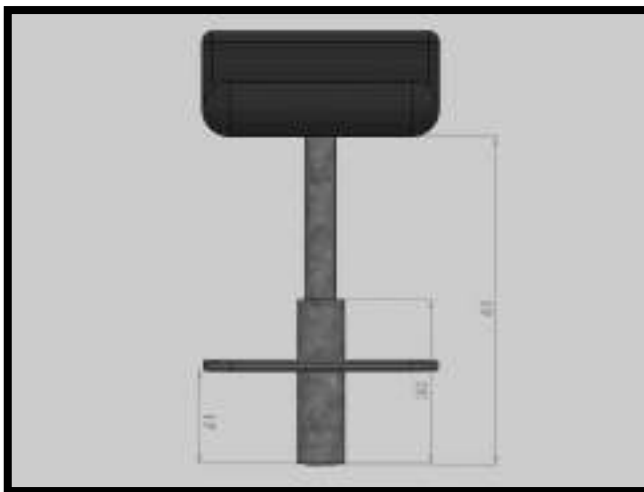


Figura 17. Propuesta silla.

Para el reposapiés se recomiendan medidas de 21 x 42.5 cm (*Figura 18*).

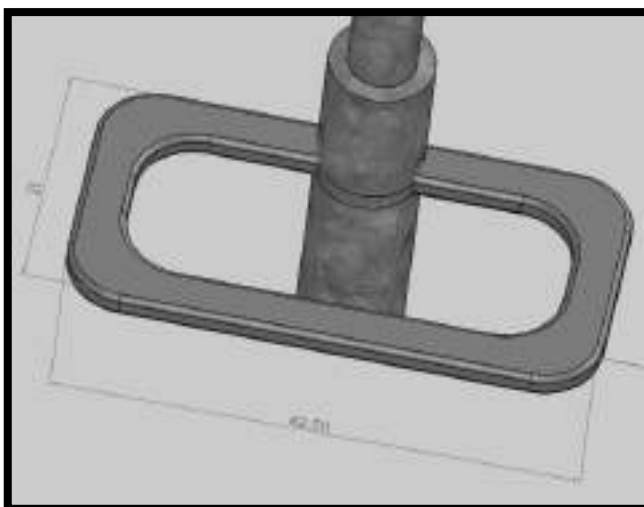


Figura 18. Propuesta reposapiés.

Profundidad y anchura del asiento

El asiento actual es muy pequeño por lo que se recomienda un asiento en donde la profundidad viene determinada por los mínimos de la longitud sacro-poplítea entre 43 y 47 cm, y la anchura por los máximos de la anchura de cadera, entre 40 y 47 cm.

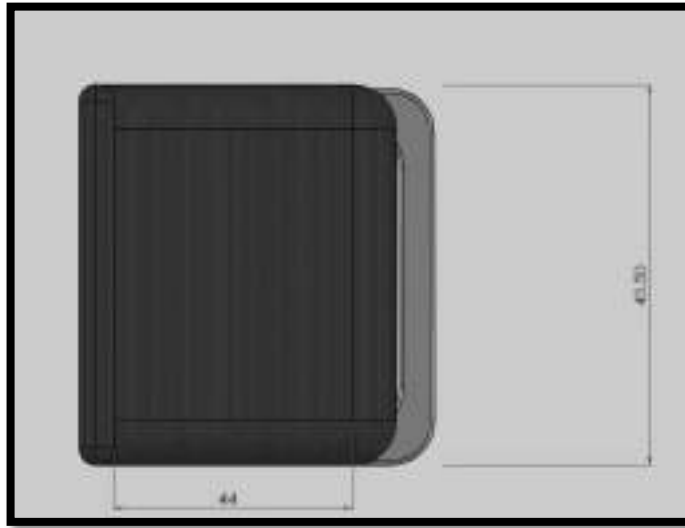


Figura 18. Propuesta de asiento.

Soporte

El soporte del asiento deberá ser estable y absorber la energía de impacto al sentarse.

El asiento debe tener una curva hacia abajo en la parte de adelante del cojín, con el fin de evitar presionar la parte posterior de la rodilla. Como se muestra en la *Figura 19*.



Figura 19. Asiento.

El material para el asiento es tapizado con Piel sintética. La piel sintética es un material textil modificado que simula la piel de animal natural; su función anti-bacterial, la maleabilidad y su capacidad antiderrapante; entre las ventajas de la piel artificial están:

- La ligereza
- Los tejidos duraderos
- La impermeabilidad
- Son cálidos
- Permite la transpiración natural corporal.

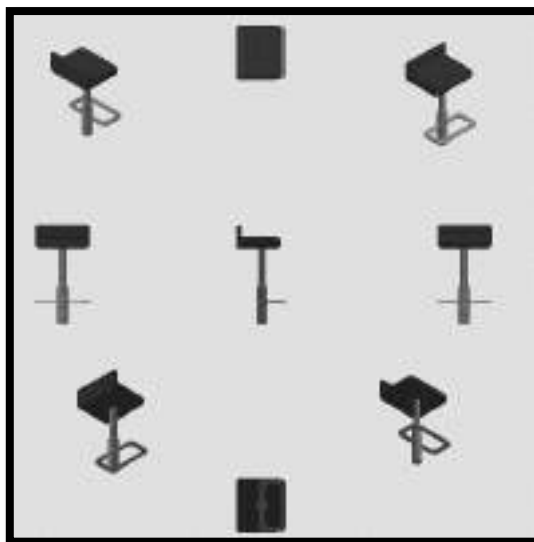


Figura 20. Asientos.

En la *Figura 21* se muestra un asiento, el cual puede llegar a ser incómodo y no tan necesario para la ejecución de la tarea, sólo se toman muestras de la mazorca. Por lo que es recomendable que el operador realice la tarea de pie. Cabe mencionar que el operador no se encuentra laborando todo el tiempo en ese lugar. La recomendación es colocar dos tapetes antifatiga de 60x60 cm. Ya que, en algunas ocasiones, cuando es mucho el trabajo, algunas trabajadoras, se ubican en esa parte para devolver la mazorca que no cumple con los estándares de calidad.



Figura 21. Asiento.



Figura 22. Área de recepción y deshojado de mazorca.

Ambiente térmico

Las temperaturas en el área resultaron ser muy altas y con demasiada humedad, se concluyó que no se encuentran en condiciones adecuadas de confort térmico, lo cual puede causar reducciones de rendimiento físico, irritabilidad, distracciones o incomodidad por sudar, disminución del ritmo cardiaco, e incluso la muerte, lo cual no es suficiente con abanicos. De acuerdo con La ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo es recomendable controlar el calor, aislando las bandas en un local de aproximadamente 13 x 2.3 x 3.6 m, aplicando ventilación artificial para condiciones de confort adecuadas, además estarán aisladas del ruido, por lo que se podrán evitar gastos como los tapones auditivos, estudios de audiometría anual, y además de reducir en un porcentaje significativo los sueros; actualmente se utilizan lentes de seguridad, pero las trabajadoras siguen presentando problemas, esto porque la mazorca suelta tamo, y se les mete por los ojos. Por lo que se propone lentes con goma para adherirse a la cara.

CONCLUSIONES

A través del estudio de las áreas de trabajo, se identificaron los factores de fatiga y riesgos asociados al puesto de trabajo, de manera que se concluyó que en su mayoría se trata de factores ergonómicos, y ambientales. Se encontraron condiciones inseguras, que con el paso del tiempo generan problemas de fatiga, lo que se traduce en daños al trabajador. Esto puede llegar a provocar ausencias laborales, y por lo regular el trabajador no se encuentra consciente de los daños que la actividad laboral le va causando. Por lo que se propusieron diseños para mejorar la situación actual, de acuerdo a algunas normas y reglamentos.

Es importante tener en cuenta que la ergonomía, es una inversión que debe aplicarse y aunque es costosa, con el paso del tiempo este puede llegar a tener beneficios, y sobre todo una mayor productividad, y en cambio el daño producido a los trabajadores genera gastos conforme pasa el tiempo si no se corrige el error desde la raíz.

LITERATURA CITADA

- Expansión y Empleo. (2013). La importancia de la ergonomía en el entorno laboral. 2015, de Expansión y Empleo.com Sitio web:
<http://archivo.expansionyempleo.com/2006/08/24/opinion/977957.html>
- Asociación Española de Ergonomía. (2013) ¿Qué es la ergonomía?. 2014, de Asociación Española de Ergonomía Sitio web: <http://www.ergonomos.es/ergonomia.php>
- Benjamin W. Niebel. (2009). INGENIERÍA INDUSTRIAL. México, DF: Mc Graw Hill.
- Psicopreven. (2015). Contenido teórico del método RULA. 2015, de CAEB Sitio web:
<http://www.psicopreven.com/caeb/mod/resource/view.php?id=2>
- M.C. Gilberto Orrantia. (2003). Trabajo, fatiga, calidad y productividad. 2003, de IZT Sitio web:
<http://www.izt.uam.mx/sotraem/Documentos/Documentos/Amet2003/templates/res/tema%209/GILBERTO%20ORRANTIA-ENRIQUE%20DE%20LA%20VEGA.pdf>
- Manuel Jesús Falagán Rojo. (2000). Manual Básico de prevención de riesgos laborales. México: Imprenta Firma.
http://salud.discapnet.es/Castellano/Salud/Prevencion_Riesgos/Enfermedades/Paginas/Trastornosdetraumaaacumulativo.aspx
- Ergonomía 1 Fundamentos/ Pedro R. Mondelo - Enrique Gregori - Pedro Barrau
<https://osha.europa.eu/es/themes/musculoskeletal-disorders>
- http://www.atexga.com/prevencion/es/guia/riesgos-especificos/riesgos-ciertos-procesos_2.php

SÍNTESIS CURRICULAR

Karina Luna Soto

Ingeniero Industrial y Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial, por el Instituto Tecnológico de Hermosillo. Docente del área de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Los Mochis. Miembro Activo de la Red de Investigación en Ergonomía del Noroeste (RIENO) Miembro de la Sociedad de Ergonomistas de México Asociación Civil (SEMAC) Miembro Activo del Colegio de Ingenieros Industriales de Los Mochis (CIILM). Correo electrónico: karinaluna1@yahoo.com

Jesús Iván Ruiz Ibarra

Ingeniero Industrial y Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial, por el Instituto Tecnológico de Hermosillo. Docente del área de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Los Mochis. Miembro Activo de la Red de Investigación en Ergonomía del Noroeste (RIENO) Miembro de la Sociedad de Ergonomistas de México Asociación Civil (SEMAC) Vocal Suplente del Colegio de Ingenieros Industriales de Los Mochis (CIILM). Correo electrónico: jesus_ruizi@hotmail.com

Alberto Ramírez Leyva

Ingeniero Industrial y Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial, por el Instituto Tecnológico de Hermosillo. Docente del área de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Los Mochis. Miembro Activo de la Red de Investigación en Ergonomía del Noroeste (RIENO) Miembro de la Sociedad de

Ergonomistas de México Asociación Civil (SEMAC) Miembro Activo del Colegio de Ingenieros Industriales de Los Mochis (CIILM). Correo electrónico: Alberto_ramirez_leyva@yahoo.com

Zenia Isabel Castro Borunda

Estudió el Doctorado en Ciencias Administrativas, Maestría en Ciencias de la Educación y Licenciatura en Administración de Empresas. Docente del Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Los Mochis en materias de Investigación, Finanzas, Evaluación de Proyectos de Inversión y Plan de Negocios. Es asesora y jurado en concursos locales, regionales y nacionales relacionados con la innovación y el emprendedurismo a nivel local, regional y nacional; ha dictado cursos a docentes y empresas, conferencias y ponencias en Congresos y Universidades; también, realizado investigaciones y publicado artículos científicos indexados.



ANÁLISIS DE LOS PECES DE ACOMPAÑAMIENTO DEL CAMARÓN (PAC) CAPTURADOS
CON CHURUPA, EN EL SISTEMA LAGUNAR DE TOPOLOBAMPO, SINALOA, MÉXICO

ANALYSIS OF THE FISH ACCOMPANYING OF SHRIMP (FAS) CAUGHT WITH CHURUPA NET IN THE
LAGOON SYSTEM TOPOLOBAMPO, SINALOA, MEXICO

Pedro Estrella-Inzunza¹ y Jesús Manuel Díaz-Gaxiola²

¹Biólogo de la carrera de Lic. en Biología en el ITLM, ²Docente de la Academia de Biología. Depto. de Ing. Química y Bioquímica. Instituto Tecnológico de Los Mochis. Blvd. Juan de Dios Bátiz y 20 de Noviembre S/N A.P. 766 Los Mochis, Sinaloa, C.P. 81250

RESUMEN

De septiembre a diciembre de 2013 se realizó un análisis de los peces de acompañamiento del camarón en el sistema Lagunar de Topolobampo, capturados con el arte de pesca churupa por tres embarcaciones, registrándose una riqueza de 14 especies. Se identificaron taxonómicamente los diferentes peces destacando los órdenes Clupeiformes, Scorpaeniformes, Perciformes, Pleuronectiformes y Tetradontiformes conteniendo a las familias Engraulidae, Scorpaenidae, Serranidae, Gerreidae, Haemulidae, Sciaenidae, Chaetodontidae, Achiridae, Cynoglossidae, Balistidae, y Tetraodontidae. Las especies mayormente capturadas por las tres embarcaciones son *Diapterus peruvianus*, *Sphoeroides annulatus*, *Balistes polylepis*, *Anchovia macrolepidota* y *Etropus crossotus*. Los parámetros biométricos (longitud, altura, y peso promedio) de las especies capturadas no presentaron diferencias significativas. *A. mazatlanus* (lenguado negro) presentó el menor peso promedio (1.70 g), mientras que la sardina (*A. macrolepidota*) obtuvo el mayor registro con 38.57 g. La mayor importancia pesquera recae en el lenguado gris (*E. crossotus*), la mojarra aleta amarilla (*D. peruvianus*) y la sardina (*A. macrolepidota*) tanto por su alta biomasa como su distribución espacio-temporal. En la captura por unidad de esfuerzo, la mojarra aleta amarilla (*D. peruvianus*), el cochi (*Balistes polylepis*), el lenguado gris, botete (*S. annulatus*) y sardina obtuvieron valores de 1.058 a 1.525 organismos por hora. Se destacan las tallas y pesos muy bajos, por lo cual es urgente la regulación de las artes de pesca, seleccionando una luz de malla apropiada, permitiendo que las capturas sean comerciales y productivas desde la visión económica, social y ambiental.

Palabras clave: Churupa, juveniles, regulación, artes de pesca.

SUMMARY

From September to December 2013 we carry out an analysis of fish accompanying of shrimp in the lagoon system Topolobampo, captured with the net of fishing churupa assisted by three vessels, a richness of 14 species was recorded. They were identified taxonomically highlighting the orders Clupeiformes, Scorpaeniformes, Perciformes, Pleuronectiformes and Tetradontiformes containing families like Engraulidae, Scorpaenidae, Serranidae, Gerreidae, Haemulidae, Sciaenidae, Chaetodontidae, Achiridae, Cynoglossidae, Balistidae, and Tetraodontidae. The species mostly captured by the three ships are *Diapterus peruvianus*, *Sphoeroides annulatus*, *Balistes polylepis*, *Anchovia macrolepidota* and *Etropus crossotus*. Biometric parameters (length, height, and weight average) of harvested species showed no significant differences. *A. mazatlanus* (black sole) had the lowest average weight (1.70 g), while the sardine (*A. macrolepidota*) obtained the highest record with 38.57 g. Most fishing importance lies in the gray sole (*E. crossotus*), the crappie yellowfin (*D. peruvianus*) and sardine (*A. macrolepidota*) both for its high biomass and spatio-temporal distribution. In catch per unit effort, crappie yellowfin (*D. peruvianus*), the cochi (*Balistes polylepis*), gray sole, puffer fish (*S. annulatus*) and sardines obtained values from 1.058 to 1.525 organisms per hour. Sizes and weights stand very low, so it is urgent regulation of fishing gear, selecting a suitable mesh light, allowing catches are commercial and productive from an economic, social and environmental vision.

Key words: Churupa, youth, regulation, fishing gear.

INTRODUCCIÓN

La actividad pesquera tiene gran importancia en las costas de Sinaloa, ocupa el primer lugar en el país en cuanto al valor de su producción, genera cerca de 40,000 empleos y aporta el 12% de la producción pesquera nacional, destacando la sardina, el camarón y el atún como recursos pesqueros masivos con

volúmenes de captura mayores al 40% de la captura nacional (Flores-Campaña *et al*, 2003). Los recursos pesqueros son recursos renovables muy dinámicos y diversos, su uso responsable representa retos para la investigación y la administración. La visión global de desarrollo y promoción que los consideraba como inagotables, se ha modificado por una visión de uso sustentable. La capacidad excesiva de pesca y la sobrecapitalización mundial de la industria pesquera han propiciado el desarrollo de medidas de control tendientes a la ordenación de las actividades. Esto resultó en la adopción, en 1995, del Código de Conducta para la Pesca Responsable, del cual México es uno de los principales impulsores. La estabilización de las capturas comerciales de recursos pesqueros es indicativa de que es necesario reforzar las medidas de administración y fomentar el uso racional de nuestros recursos (SAGARPA, 2012).

Los peces representan el grupo más diverso de los vertebrados vivos con aproximadamente 24,000 especies descritas. En nuestro país se ha estimado que existen poco más de 2,000 especies. Para la región del noroeste de la República mexicana, particularmente en el Golfo de California, cuyas aguas bordean el estado de Sinaloa, cifras conservadoras permiten estimar una riqueza íctica cercana a las 900 especies (de la Cruz Agüero, 2002). La pesca comercial de camarón en el Golfo de California tiene una enorme importancia económica, política y social. La problemática ambiental de esta pesquería determina, en gran medida, el contexto de las relaciones entre el sector pesquero industrial y las organizaciones civiles de conservación marina (Bourlillon y Torre, 2012).

Esta pesca está asociada también a la sobrepesca, la captura de peces jóvenes de especies valiosas a nivel económico y ecológico, la degradación de los hábitats costeros, la pesca de arrastre ilegal, la destrucción de los fondos de praderas marinas y conflictos entre la pesca artesanal y la industrial. Con un enfoque preventivo y respetuoso con el ecosistema es posible mitigar muchos de los problemas causados por la pesca del camarón. Se puede gestionar adecuadamente esta pesca, incluso la de arrastre. Para asegurar su futuro es crucial promover una gestión sostenible de la pesca del camarón, reducir la capacidad pesquera y solucionar la cuestión del libre acceso. El enfoque también está motivado por un mayor entendimiento de las interacciones entre las actividades de pesca y el ecosistema y por el pobre desempeño de la ordenación pesquera convencional (FAO, 2010).

Las bases ecológicas que se consideran primarias para fundamentar la evaluación de los recursos, deben centrarse en el conocimiento de la diversidad de especies en las comunidades multiespecíficas, la distribución de los recursos y sus patrones ecológicos de variación espacial y temporal, la abundancia numérica y en peso del recurso y cambios ante la variabilidad del ecosistema para precisar la estabilidad y persistencia de las poblaciones explotables (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988).

Es posible clasificar las especies de peces presentes en la FAC de la siguiente manera: a) peces de tallas comerciales mayores de 20 cm (talla ración) que generalmente se consume a nivel doméstico por las tripulaciones camarонерas. Aproximadamente constituyen el 5-10 % de total de los peces que componen la FAC, b) peces de tallas chicas de 15 cm de longitud promedio sin importancia comercial que poseen suficiente carne y además por su morfología son susceptibles de decapsulado mecánico. Estas especies se presentan aproximadamente en un 35-45% del volumen total de peces y c) peces demasiado chicos, menores de 5 cm y con demasiadas espinas y tóxicos en algunos casos. Este grupo representa aproximadamente en 5% de los peces presentes en la FAC (Grande y Díaz, 1981).

La pesquería industrial de camarón es una de las más importantes en el Golfo de California, debido a que es una fuente significativa de ingresos y empleos para las comunidades a lo largo del golfo (López-Martínez *et al*, 2001); a pesar de esto, esta pesquería es también una de las que más contribuye con la problemática de las capturas incidentales en México, generando alrededor de 114 000 t de peces,

crustáceos y moluscos descartados al año, con una biomasa total estimada en $(90\pm 45)\times 10^3$ t (Madrid-Vera *et al.*, 2007).

Dentro de la fauna de acompañamiento del camarón (FAC), el grupo que mayor abundancia presenta son los peces (Bojórquez, 1998). En general, los peces son el grupo más numeroso dentro de los vertebrados, en México se cuenta con una amplia diversidad del grupo que no ha sido evaluada adecuadamente (Grainer & García 1996). Adicionalmente, los inventarios ictiofaunísticos son fundamentales para el conocimiento de la biodiversidad, evaluación de impacto ambiental, estudios biogeográficos y son una herramienta esencial para la administración de las pesquerías con enfoque ecosistémico, ya que provee de criterios en la toma de decisiones para el manejo sustentable de los ecosistemas (Aguilar-Palomino *et al.* 1996). Los recursos de camarones peneideos y los peces demersales, coexisten en comunidades de alta diversidad en las costas tropicales (Yáñez y Sánchez, 1985).

Por lo anterior se planteó como objetivo primario realizar un análisis de la fauna de acompañamiento de camarón con el arte de pesca churupa en el sistema lagunar Topolobampo, Sinaloa, México; en el periodo agosto-diciembre de 2013 y con ello analizar las variaciones espaciales y temporales de los peces capturados con esta red; además de caracterizar la ictiofauna capturada con red churupa con base en sus parámetros biométricos (talla, longitud total, peso promedio con vísceras, peso total, altura del cuerpo) y con ello estimar el grado de presión que sufren estos recursos pesqueros a través de esta captura mediante los índices de captura por unidad de esfuerzo (c.p.u.e.) y el índice de importancia pesquera (I.I.P.).

En 2001 se reunieron en Reykjavik, Islandia, 59 países para conjuntar y examinar los mejores conocimientos disponibles sobre las cuestiones relativas al ecosistema marino, a fin de conocer la manera de incluir los aspectos relativos al ecosistema en la ordenación de la pesca de captura y determinar las dificultades futuras y las estrategias correspondientes (FAO, 2001). Y tuvo como objetivos sugerir un manejo de las especies y el ecosistema considerando los límites ecológicos basados en investigación científica y tecnológica. Por otro lado, a nivel nacional la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable (Conapesca, 2014) *tiene como objeto regular, fomentar y administrar el aprovechamiento de los recursos pesqueros con la finalidad de propiciar el desarrollo integral y sustentable de la pesca en el territorio nacional, considerando los aspectos sociales, tecnológicos, productivos, biológicos y ambientales para el mejoramiento de la calidad de vida de los pescadores.*

La Carta Nacional Pesquera (SAGARPA, 2012) señala que *“los recursos pesqueros son recursos renovables muy dinámicos y diversos, su uso responsable representa retos para la investigación y la administración. La visión global de desarrollo y promoción que los consideraba como inagotables, se ha modificado por una visión de uso sustentable”*. La Secretaría de Pesca (1994) estableció la NOM-009-PESC-1993, en la cual se *“especifica el procedimiento para determinar oportunamente las épocas y zonas de veda para la captura de las diferentes especies de la flora y fauna acuáticas, en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos, a efecto de garantizar la conservación, la preservación y el aprovechamiento racional de los recursos pesqueros”*.

Por otro lado, resulta interesante que esta ordenación también se plantea dentro de los cuatro Planes de Acción Internacionales formulados de conformidad con el Código de Conducta para la Pesca Responsable (FAO, 1995), a saber, 1) los planes para la ordenación de la capacidad pesquera, 2) para la conservación y ordenación de la pesca del tiburón, 3) para reducir las capturas incidentales de aves marinas en la pesca con palangre y 4) para prevenir, desalentar y eliminar la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (FAO, 2001). Asimismo nos compromete la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982, la cual establece los derechos y obligaciones de los Estados con respecto a la utilización y

conservación de los océanos y sus recursos, incluida la conservación y ordenación de los recursos marinos vivos (FAO, 2001).

México posee una extensión territorial de 1, 964,375 km², con una superficie continental de 1, 959,248 km² y una insular de 5,127 km². También ostenta gran variedad de sistemas costeros y marinos dentro de sus aguas territoriales: 12,500 km² de superficie de lagunas costeras y esteros y 6,500 km² de aguas interiores como lagos, lagunas, represas y ríos. Además de la extensión de sus litorales: 629,925 hectáreas al litoral del Pacífico y 647,979 hectáreas al litoral del Golfo de México y el Mar Caribe, lo que le confiere un gran potencial pesquero (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2006). A nivel mundial en 2004, según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, México se colocó en el lugar 16 como pescador marítimo y en el lugar 28 como productor acuícola, en tanto que en el plano regional México se sitúa en el segundo lugar como pescador marítimo sólo después de Perú. Este año la producción nacional alcanzó un volumen de 1.45 millones de toneladas en pesca marítima y 89 mil toneladas en producción acuícola, equivalente al 7.74% del volumen de producción pesquera en Latinoamérica y 1.1% respecto al volumen de pesca mundial (Estrella, 2011).

Debido a la composición y evolución demográfica de nuestro país la actividad pesquera enfrenta grandes retos de cara hacia el futuro. Los asentamientos de comunidades humanas y las crisis económicas que han acentuado el problema de la insuficiencia de generación de empleos han propiciado presión sobre los litorales de los mares mexicanos y de los cuerpos de aguas interiores. Así, la caída de la producción en muchas especies comerciales es consecuencia de la sobreexplotación, el mal manejo, el incremento de los esfuerzos pesqueros, y la baja calidad del stock de larvas, huevos y cultivos de los centros acuícolas que resultan en tamaños de producto más pequeños y la existencia de hibridación (INP, 2006).

Diversos autores en el pasado han estudiado a la FAC. Penchaszadeh y Salaya (1985) en Venezuela reportan un 63.5% de broza (principalmente peces juveniles capturados con el camarón); van der Heiden, (1985) en su estudio sobre la taxonomía, biología y evaluación de la ictiofauna demersal del Golfo de California, reporta un total de 46 familias, 94 géneros y 187 especies de peces demersales que aparecen con cierta frecuencia en la fauna de acompañamiento en el Golfo de California. Por otro lado, Pérez Mellado y Findley, (1985) evaluaron a la ictiofauna acompañante del camarón capturado en las costas de Sonora y Norte de Sinaloa, México. Logrando identificar cerca de 105 especies de peces (representando alrededor de 52 familias) de las cuales 16 presentaron frecuencias relativas superiores al 45% y en donde alrededor del 92% de esta ictiofauna estuvo constituida por peces cuyo peso máximo por individuo fue aproximadamente 50 g.

Balart, *et al.*, 1992, determinaron la ictiofauna de las bahías de Ohuira, Topolobampo y Santa María, Sinaloa, México, registrando un total de 109 especies y 76 géneros pertenecientes a 45 familias, siendo las mejor representadas: Sciaenidae (10 spp), Haemulidae (10 spp), Carangidae (9 spp), Gerreidae (8 spp), Paralichthyidae (7 spp), Lutjanidae (6 spp) y Engraulidae (5 spp).

MATERIALES Y MÉTODOS

De agosto a diciembre de 2013 se realizaron 10 muestreos semanales de las pesquerías de camarón en el complejo lagunar de Topolobampo, Sinaloa, México (*Figura 1*).



Figura 1. Ubicación de la zona de colecta en la bahía de Topolobampo, Sinaloa, México (Tomado de Google Earth, 2016).

Los organismos fueron colectados con el apoyo de tres lanchas de 75 HP y una eslora de 7 m para la operación del arte de pesca churupa (*Figura 2, 3 y 4*) la cual presenta las siguientes características: Consta de dos atarrayas suríperas de tres copos cada una, con sistema de construcción combinada, piezas cuadradas y piezas de corte en AB. Nylon monofilamento número 0.27. Luz de malla: 23mm. Fuerza hundimiento: 5184 gramos fuerza. Encabalgado (relingado): 30%. Especies capturadas: Camarón y 15 especies de ictiofauna de acompañamiento. Número de pescadores: 1-2 personas. Lugar de pesca: Sistema Lagunar de Topolobampo, Ahome, Sinaloa, México. Observaciones: Opera con la fuerza del motor, para no esperar a que haya las corrientes adecuadas o viento, por lo que se elimina la vela como en el caso de la tangoneada que se utiliza con vela y corrientes marinas. Se puede decir de manera general que este arte de pesca supera en gran parte la eficacia de capturas lograda por las atarrayas tradicionales, aunque la flora y fauna marina es dañada con este tipo de pesca. Por la altura o caída esta atarraya se usa en aguas de poca profundidad.



Figura 2. Falda de la atarraya.



Figura 3. Gorros o copos.

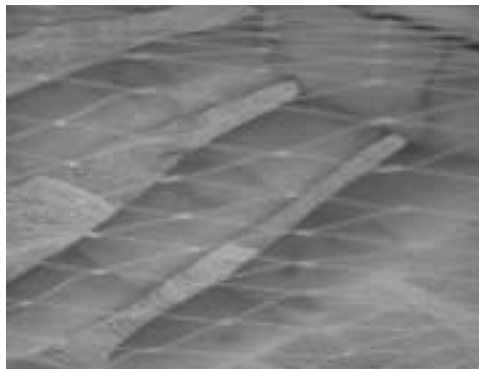


Figura 4. Luz de malla.

Se identificaron taxonómicamente todos los ejemplares en el laboratorio de ecología del Instituto Tecnológico de Los Mochis, utilizando las guías de Fisher *et al*, 1995. Cada ejemplar obtenido fue medido (cm) con un vernier en su longitud total y altura del cuerpo y se pesaron (g) con vísceras y sin vísceras en una báscula y para las evisceraciones se utilizó un equipo de disección. Cada uno de los datos se capturó en una matriz para su posterior análisis. Se realizó un análisis de varianza para buscar diferencias entre captura, longitud, altura y peso de los organismos capturados por las tres lanchas, para ello se usó el programa PAST 3.07 (Hammer, Harper y Ryan, 2001). Se calcularon los índices de importancia pesquera (i.i.p) para las especies colectadas por lancha, así como la captura por unidad de esfuerzo (c.p.u.e.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Especies capturadas

La clasificación de los peces sigue el arreglo de Nelson (2006). Se colectaron 14 especies de peces contenidas en 11 familias y 5 órdenes (*Cuadro 1*). De las especies colectadas en este estudio, Amezcua *et al.*, (2006) reportan a tres especies (*Eucinostomus entomelas*, *Sphaeroides annulatus*, y *Diapterus peruvianus*) como las más abundantes en La Reforma, Sinaloa, coincidiendo este calificativo para la

segunda especie en el caso de nuestro estudio. Por otra parte Pérez-Mellado y Findley (1985) también registran a las familias Engraulidae, Gerridae, Chaetodontidae, Scorpaenidae, Cynoglossidae, Balistidae y Tetraodontidae como ictiofauna de acompañamiento del camarón en el norte de Sinaloa y sur de Sonora.

La Carta Nacional Pesquera (2012) incluye a la familia Scorpaenidae y a un grupo denominado "Pelágicos menores" que contiene a las sardinas y anchovetas. Todas las demás especies/familias no tienen su ficha en esta carta que establece el diagnóstico y evaluación de la actividad pesquera y dicta instrumentos y medidas de conservación y control del esfuerzo pesquero para un mejor aprovechamiento de los recursos acuáticos.

Por otro lado, Amezcua- Linares (2009) señala a algunos recursos pesqueros capturados con redes camaroneras en las costas del pacífico mexicano, obteniendo 60 familias con 183 especies (20 de ellas de interés alimenticio), mientras que en el presente estudio 11 especies colectadas son de importancia comercial, pero debido a que las tallas capturadas son de poca biomasa (mayoritariamente individuos juveniles) no se les considera aptas para consumo humano. López-Martínez *et al*, (2010) encontraron 241 especies de peces como parte de la fauna ictiológica en las capturas de camarón en el Golfo de California, mientras que para este estudio en la bahía de Topolobampo solo 11 familias (Engraulidae, Scorpaenidae, Serranidae, Gerridae, Haemulidae, Scianidae, Chaetodontidae, Cynoglossidae, Achiridae, Balistidae y Tetraodontidae) coinciden con aquellas capturadas por los autores anteriores, aunque el arte de pesca utilizado fue diferente. La especie *Achirus mazatlanus* (lenguado negro) tuvo una longitud promedio de 5.57 cm en las capturas de Topolobampo y considerando que Amezcua Linares (2008) señala que la talla de primera madurez sexual es de 14-16 cm de longitud, lo que indica que este pez está siendo capturado sin haber presentado su primera madurez sexual. Corripio-Cadena (1985) encontró 14 especies de peces de FAC con valores mínimos de longitud de 6.5 y máximos de 51 cm. Por su parte Campos (1983) demostró que los peces capturados como fauna de acompañamiento del camarón en Costa Rica no sobrepasan los 15 cm. De esta manera los peces del presente estudio registraron valores por debajo de 16 cm de longitud y menos de 39 g.

Cuadro 1. Composición específica de las capturas con las especies y nombre común, número de peces por especie, captura total y peso promedio en gramos, longitud total y altura corporal en centímetros. Se muestran valores mínimos-máximos, promedio (μ) y desviación estándar (DE) para cada variable registrada

Especie	Nombre común	Número de organismos (n)	Número de peces (n)	Captura total (g)	Peso promedio (g)	Longitud total (cm)	Altura corporal (cm)
Clase Actinopterygii							
División Teleostei							
Superorden Clupeomorpha							
Orden Clupeiformes							
Familia Engraulidae							
<i>Anchovia macrolepidota</i>	Sardina anchoveta	970	11-79 $\mu= 35.93$ DE ± 19.51	422.4-3081 $\mu= 1381.34$ DE ± 740.99	36-40.2 $\mu= 38.57$ DE ± 1.17	11.2-17.8 $\mu= 15.61$ DE ± 1.55	0-4.2 $\mu=3.50$ DE ± 0.774
Orden Scorpaeniformes							
Familia Scorpaenidae							
<i>Scorpaena mystes</i>	Lupón	482	12-47 $\mu= 20.08$ DE ± 8.68	436-1748.4 $\mu= 730.93$ DE ± 333.41	34.9-38.7 $\mu= 36.18$ DE ± 0.8604	12.6-16.9 $\mu= 14.96$ DE ± 1.43	3.1-3.9 $\mu=3.53$ DE ± 0.255
<i>Scorpaena sonorae</i>	Salmoncito o vaquita	524	11-43 $\mu= 21.83$ DE ± 7.597	314.6-1118 $\mu= 606.69$ DE ± 200.93	26-29.2 $\mu= 27.92$ DE ± 0.88	9.5-13.3 $\mu= 11.46$ DE ± 0.97	2.3-3.2 $\mu=2.68$ DE ± 0.27
Orden Perciformes							
Suborden Percoidei							
Familia Serranidae							
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	Cabrilla	301	3-28 $\mu= 16.72$ DE ± 6.73	93-896 $\mu= 536.94$ DE ± 214.83	31-33.2 $\mu= 32.09$ DE ± 0.64	10.3-14.5 $\mu=12.77$ DE ± 1.28	2.8-3.7 $\mu=3.27$ DE ± 0.295
Familia Gerreidae							
<i>Diapterus peruvianus</i>	Mojarra aleta amarilla	917	15-52 $\mu= 31.62$ DE ± 11.69	226.5-816.4 $\mu= 461.33$ DE ± 174.39	13.1-15.8 $\mu= 14.58$ DE ± 0.821	8.6-12.8 $\mu= 10.68$ DE ± 1.34	2.9-3.8 $\mu=3.31$ DE ± 0.265
<i>Eucinostomus entomelas</i>	Mojarra plateada	652	11-70 $\mu= 21.73$ DE ± 12.12	175.2-938 $\mu= 331.78$ DE ± 170.55	13.4-17 $\mu= 15.43$ DE ± 0.91	9.2-12.9 $\mu= 10.98$ DE ± 0.989	2.4-3.5 $\mu=3.02$ DE ± 0.2579
Familia Haemulidae							
<i>Haemulon scudderii</i>	Roncacho pecoso o canelo	279	5-31 $\mu= 17.44$ DE ± 7.43	60-393.7 $\mu= 225.72$ DE ± 96.97	11.2-14.6 $\mu= 12.92$ DE ± 0.874	6-9.6 $\mu= 7.84$ DE ± 0.93	2-2.9 $\mu=2.53$ DE = 0.235

Familia Sciaenidae							
<i>Bairdiella icistia</i>	Chabeco o curvina	370	5-28 $\mu= 18.5$ DE \pm 5.44	134-744.8 $\mu= 490.88$ DE \pm 146.04	25.2-27.5 $\mu= 26.52$ DE \pm 0.655	10.3-13.4 $\mu= 11.91$ DE \pm 0.98	2.7-3.6 $\mu=3.21$ DE \pm 0.287
Familia Chaetodontidae							
<i>Chaetodon humeralis</i>	Chopa	145	1-17 $\mu= 8.53$ DE \pm 5.50	36.6-622.2 $\mu= 296.99$ DE \pm 193.83	30-37.2 $\mu= 34.99$ DE \pm 2.26	6.2-11.1 $\mu= 9.16$ DE \pm 1.26	4.1-6.2 $\mu=5.35$ DE \pm 0.549
Orden Pleuronectiformes							
Suborden Pleuronectoidei							
Familia Achiridae							
<i>Etropus crossotus</i>	Lenguado gris o lenguado ribete	1422	17-82 $\mu= 47.4$ DE \pm 15.41	27.2-201.6 $\mu= 113.53$ DE \pm 49.43	1.3-3.6 $\mu= 2.38$ DE \pm 0.69	3.6-10.8 $\mu= 8.07$ DE \pm 1.654	2.1-4.7 $\mu=4.07$ DE \pm 0.461
<i>Achyros mazatlanus</i>	Lenguado negro o comalito	535	11-42 $\mu= 20.58$ DE \pm 6.95	9.5-67.2 $\mu= 34.28$ DE \pm 15.6	0.5-2.8 $\mu= 1.70$ DE \pm 0.61	2.9-7.5 $\mu= 5.57$ DE \pm 1.13	1.8-4.1 $\mu=3.36$ DE \pm 0.491
Familia Cynoglossidae							
<i>Symphurus elongatus</i>	Lengüita	599	10-35 $\mu= 23.04$ DE \pm 7.27	244-875 $\mu= 557.7$ DE \pm 186.24	21.4-26.2 $\mu= 24.09$ DE \pm 0.957	13.8-17.7 $\mu= 15.82$ DE \pm 1.06	4-5.1 $\mu=4.52$ DE \pm 0.293
Orden Tetraodontiformes							
Familia Balistidae							
<i>Balistes polylepis</i>	Cochi o pez pistola	1436	20-72 $\mu= 47.87$ DE \pm 13.07	610-2232 $\mu= 1464.91$ DE \pm 423.44	28.9-39.5 $\mu= 30.51$ DE \pm 1.86	8.8-12.9 $\mu= 11.18$ DE \pm 1.04	4.2-5.6 $\mu=4.97$ DE \pm 0.277
Familia Tetraodontidae							
<i>Spherooides annulatus</i>	Botete o tamborillo	1486	21-74 $\mu= 51.24$ DE \pm 14.21	487.2-1746.4 $\mu= 1234.76$ DE \pm 337.74	23.1-25.3 $\mu= 24.12$ DE \pm 0.671	9.7-13.1 $\mu= 11.65$ DE \pm 0.95	1.7-2.7 $\mu=2.214$ DE \pm 0.282

Análisis de arrastres

Se capturaron un total de 10,118 individuos contenidos en 14 especies de peces durante los 10 muestreos, los cuales se distribuyen en 1486 botetes (14.69% de las capturas); 1436 cochis (14.19%); 1422 lenguados gris (14.05%); 970 sardinas (9.59%); 917 mojarras aleta amarilla (9.06%); 652 mojarras plateadas (6.44%); 599 lengüitas (5.92%); 535 lenguados negros (5.29%); 524 vaquitas o salmoncitos (5.18%); 482 lupones (4.76%); 370 curvinas (3.66%); 301 cabrillas (2.97%); 279 roncachos canelo (2.76%); y 145 chopas (1.43%) (Cuadro 1). No se encontraron diferencias entre lanchas con respecto a los organismos por especie ($F=0.6525$, $P>0.05$).

De acuerdo con van der Heiden (1985), se estima que por cada temporada se capturan en el Golfo de California alrededor de 192,000 toneladas de FAC, incluyendo aproximadamente 135,000 toneladas de peces demersales, los cuales son arrojados de vuelta al mar casi en su totalidad. En dicho estudio se discuten los tamaños de estos individuos, por ejemplo para la familia Serranidae se registran valores de longitud promedio que oscilan desde 9.4 hasta 50 cm y pesos promedio de 18.7 a 74.4 g. Por otro lado, con referencia al peso total capturado en el presente estudio se obtuvo un peso total de 219.426 kg de ictiofauna de las tres lanchas, siendo las especies colectadas las que se muestran en el Cuadro 1, las cuales de igual manera son arrojadas casi en su totalidad ya muertos al mar. Si se considera que laboran en el Sistema Lagunar de Topolobampo más de 100 lanchas con esta misma arte de pesca de captura, se estima que estas pueden ser causantes de un daño ecológico irreversible para las comunidades de peces. Se ha demostrado que se pierden anualmente miles de toneladas métricas de peces, los cuales podrían suplir verdaderamente las deficiencias proteicas del pueblo (Álvarez-León, 1985). En el presente estudio se demuestra cómo es que los peces de importancia comercial están siendo capturadas en tamaños muy pequeños y por lo tanto desaprovechadas para el consumo humano y lo más grave es que no están permitiendo que se reproduzcan y sigan sustentando su captura. Van der Heiden (1985) y López-Martínez *et al*, (2012) encontraron que la relación camarón: FAC es altamente variable por zona geográfica y por estaciones del año.

Los peces de mayor importancia comercial son *Eucinostomus entomelas*, *Haemulon scudderi*, *Diapterus peruvianus*, *Balistes polylepis*, *Etropus crossotus*, *Achyrus mazatlanus* y *Sphoeroides annulatus*. Las especies antes señaladas se consideran como algunos de los peces más demandados por la industria pesquera cuando alcanzan un tamaño redituable. En este sentido, Amezcua-Linares (1985) señala a especies como *Sphoeroides* spp y *Eucinostomus* spp como especies potenciales para su aprovechamiento, mientras que Morrisey (1985) establece que los productos de la FAC pueden ser aprovechados de manera enlatada, como producto seco y productos congelados. Lo importante sería que dichos recursos pesqueros sean capturados sin dañar los ciclos naturales de reproducción y crianza.

Composición de especies por lancha

Se aprecian diferencias significativas entre las capturas por lancha ($F= 4.144$, $P< 0.05$), destacándose la lancha 1 sobre las otras dos. Se registró a la especie *Chaetodon humeralis* como la de menor abundancia durante el muestreo 5 en la lancha 2; el valor máximo de abundancia lo obtuvo *Etropus crossotus* con 82 organismos (tercer muestreo, lancha 1).

Cuadro 2. Porcentaje de composición específica por lancha

ESPECIE	Lancha 1	Lancha 2	Lancha 3
<i>Anchovia macrolepidota</i>	11.59	10.58	5.97
<i>Scorpaena mystes</i>	4.30	4.72	5.41
<i>Scorpaena sonora</i>	5.58	5.64	4.19
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	3.30	2.61	2.93
<i>Diapterus peruvianus</i>	9.75	8.79	8.47
<i>Eucinostomus entomelas</i>	6.47	5.26	7.65
<i>Haemulon scudderii</i>	2.20	3.18	3.03
<i>Bairdiella icistia</i>	2.74	3.87	4.61
<i>Chaetodon humeralis</i>	1.48	1.51	1.29
<i>Etropus crossotus</i>	14.04	14.61	13.48
<i>Achirus mazatlanus</i>	6.32	5.20	4.05
<i>Symphurus elongatus</i>	6.37	6.14	5.11
<i>Balistes polylepis</i>	12.56	14.11	16.38
<i>Sphoeroides annulatus</i>	13.30	13.76	17.44

Se muestra en el Cuadro 2 que el lenguado negro en la lancha (L) 1 y 2 tuvo mayor representatividad durante las capturas, seguidas por el botete (L1) y cochi (L2), y en tercer lugar el cochi (L1) y botete (L2). Por su parte, la chopo siempre se presentó en el último lugar (en las tres lanchas) en cuanto a representación de capturas.

Análisis de peso promedio

El análisis estadístico no muestra diferencia significativa ($F=0.0579$, $P>0.05$) entre los pesos promedio presentados por los peces en cada lancha. Dicho pesos quedan de la siguiente manera: el lenguado negro registró un peso de 1.70 g; el lenguado gris 2.38 g; el roncacho canelo 21.22 g; la mojarra aleta amarilla 14.58 g; la mojarra plateada 15.43 g; la lengüita 24.09 g; el botete 24.12; la curvina 26.52; el salmoncito 27.92; el cochi 30.51; la cabrilla 32.04; la chopo 34.99; el lupón 36.18 y la sardina de 38.57 g.

El menor peso promedio obtenido fue para la especie *Achirus mazatlanus* con un valor de 0.5 g (muestreo 5, lancha 3), mientras que el mayor peso promedio fue obtenido por *Anchovia macrolepidota* con 40.2 g (muestreo 4, lancha 3). En este sentido, se observa que en el rango de 1 a 5 gramos siempre estuvo presente el lenguado gris y lenguado negro; en el rango de 10 a 15 gramos se presentó el roncacho canelo y la mojarra aleta amarilla; de los 15 a 20 gramos se registró a la mojarra plateada. Se observa que en el rango de 20 a 25 gramos sólo aparecen la lengüita y el botete, mientras que en el rango de 25 a 30 gramos solo aparecieron la curvina y el salmoncito; de los 30 a 35 gramos comprendió al cochi y a la cabrilla y los del rango de 35 a 40 gramos aparecen el lupón, la sardina y la chopo. El rango de peso durante todo el estudio, osciló desde 1.72 a 38.45 gramos.

Achirus mazatlanus (lenguado negro) alcanzó un peso promedio de 1.72 g, colocándose como la especie con menor peso. La sardina fue el pez con mayor peso, registrando 38.31 g, siendo la única especie con un peso considerable para su consumo, aunque no se considera útil para la alimentación. De acuerdo a Morrisey (1985) la especie *Eucinostomus spp* obtuvo un peso promedio de 20.75 g, *Balistes polylepis* alcanzó un peso de 1021 g, *Etropus spp* 105.06 g, *Scorpaena spp* 274.66 g, *Paralabrax maculatofasciatus*

obtuvo un peso de 76.59 g. Para el presente estudio los pesos promedios en comparación de aquel autor son los siguientes; *Eucinostomus entomelas* alcanzó un peso promedio de 15.43 g, *Balistes polylepis* obtuvo 30.51 g, *Etropus crossotus* 2.53 g, *Scorpaena sonorae* alcanzó un peso promedio de 27.94 g, *Scorpaena mystes* 36.22 g, *Paralabrax maculatofasciatus* alcanzó un peso de 32.09 g., *Achirus mazatlanus* con un peso de 1.72 g, *Shymphurus elongatus* con 24.07 g, *Bairdiella icistia* con 26.59 g, *Sphoeroides annulatus* alcanzó a tener un peso promedio de 24.11 g, *Anchovia macrolepidota* obtuvo un peso de 38.57 g y *Chaetodon humeralis* registró un peso promedio de 35.01 g. Ninguna de los pesos se iguala con los pesos reportados por Morrisey (1985) ya que son pesos superiores del 50% de los obtenidos en este estudio, influyendo tal vez el arte de pesca (red de arrastre) o la zona de pesca (altamar vs bahía).

Análisis de longitud total promedio

No se observan diferencias estadísticas ($F= 0.2424$, $P>0.05$) entre las longitudes promedio de los peces capturados por las tres lanchas. La menor longitud total promedio la obtuvo *Achirus mazatlanus* con 2.9 cm (muestreo 5, lancha 3) y la mayor longitud total promedio fue obtenida por *Anchovia macrolepidota* con un valor de 17.8 cm (muestreo 9, lancha 2), seguida por *Symphurus elongatus* con 17.7 cm (muestreo 5, lancha 2). Los valores mínimos y máximos registrados fueron de 5.57 a 15.84 cm. En el rango de 5 a 8 cm de longitud siempre estuvieron presentes el lenguado gris, lenguado negro, roncacho canelo y chopo. Por otro lado, en el rango de 8 a 11 cm se registraron la mojarra plateada, la mojarra aleta amarilla, el cochi, el salmoncito, la curvina, el botete y la cabrilla. Por último, los más largos fueron del rango de 14 a 17 cm que incluyó a la lengüita, la sardina y el lupón. Los promedios de longitud total fueron los siguientes: el lenguado negro alcanzó los 5.57 cm, el lenguado gris 7.57, el roncacho canelo 7.73, la chopo 9.36, la mojarra aleta amarilla 10.82, la mojarra plateada 11.02, el cochi 11.31, el salmoncito 11.66, el botete 11.67, la curvina 12.3, la cabrilla 12.98, la sardina 12.98 y la lengüita una talla de 15.96 cm.

Las especies *Haemulon scudderii* y *Achirus mazatlanus* obtuvieron en promedio un rango de 5 a 8 cm de longitud, y tal como lo indica Amezcua (2008) que *H. scudderii* logra tener una talla máxima de hasta 35 cm de longitud, lo cual equivale que la talla máxima observada en este estudio es de tan solo el 22.85% de aquella que pudo llegar a tener esta especie, mientras que para *A. mazatlanus* el autor antes señalado dice que llega a alcanzar una longitud máxima de 20 cm, lo que indica que esta especie en el estudio alcanzó una talla máxima en promedio de tan solo el 40%.

Las especies *Etropus crossotus*, *Chaetodon humeralis*, *Eucinostomus entomelas*, y *Diapterus peruvianus* obtuvieron en promedio un rango de 8 a 11 cm de longitud, considerando que Amezcua (2008) señala que *Etropus crossotus* logra tener una talla máxima de hasta 22 cm de longitud (50% de la que pudo llegar a tener) y para *Chaetodon humeralis* llega a alcanzar una talla máxima de 26 cm (logrando tan solo el 42.30% de la longitud máxima), mientras que para *Eucinostomus entomelas* establece una talla máxima de 24 cm (alcanzando el 45.83% de su longitud), y para *Diapterus peruvianus* se reporta una talla máxima de 38 cm (alcanzando en este estudio en promedio el 28.94% de su longitud máxima).

Las especies *Balistes polylepis*, *Scorpaena sonorae*, *Bairdiella icistia*, *Sphoeroides annulatus* y *Paralabrax maculatofasciatus* obtuvieron en promedio un rango de 11 a 14 cm de longitud, en este sentido Amezcua (2008) indica que *B. polylepis* alcanza una talla máxima de 80 cm (logrando en este estudio sólo un 17.5 % de dicha medida); para *S. sonorae* se reporta una talla máxima de hasta 18 cm (registrándose aquí solo el 77.77 % de longitud). Por su parte *B. icistia* alcanza una talla máxima de 30 cm y en este estudio solo alcanzó el 46.66% de su talla máxima, Froese y Pauly (2016) señalan que *S. annulatus* logra alcanzar una talla máxima de hasta 44 cm (registrando el 29.77 % en la presente investigación) dado que es una talla comercial y es una de las especies más importantes a cuanto al comercio en México, y finalmente Froese

y Pauly (2016) para *P. maculatofasciatus* indican que llega a obtener una talla máxima de 60 cm logrando apenas el 24.17 % de su talla en este estudio.

Las especies *Scorpaena mystes*, *Anchovia macrolepidota* y *Symphurus elongatus* estuvieron en promedio dentro del rango de 14 a 17 cm de longitud. Froese y Pauly (2016) indican que *S. mystes* logra una talla máxima de hasta 45.7 cm (obteniéndose aquí cerca del 40% de su tamaño máximo), esto mismos autores indican que *A. macrolepidota* obtiene una talla máxima de 25 cm (logrando aquí sólo el 71%) y que *S. elongatus* puede llegar a medir hasta 17 cm, observándose que esta especie es la única que alcanzó el 100 % de su talla máxima aunque no es usada para su consumo.

Van der- Heiden (1985) registró biometrías (longitud total promedio y talla máxima) de especies de la familia Serranidae frecuentemente encontradas en la FAC en el Golfo de California; el menor peso promedio obtenido fue de 16.5 g para *Pomadasys panamensis* y el mayor peso promedio fue de 654 g para *Trachinotus paitensis* y esta misma tuvo la menor longitud total promedio que fue de 8.9 cm y la mayor longitud total promedio la obtuvo *Paralabrax maculatofasciatus* con 71 cm. Todas las biometrías anteriores son de alguna manera consistentes con los valores encontrados en peces capturados con churupa en este estudio, pero aun así preocupante por su alta presencia en biomasa y distribución espacio-temporal. Campos (1983) encontró promedios de longitud para géneros similares de peces capturados como parte de la FAC en Costa Rica: *Eucinostomus sp* con 14.36 cm, *Scorpaena sp* con 8.82 cm y *Diplectrum sp* con 13.36 cm, resultados muy similares a los encontrados en este trabajo en el sistema lagunar de Topolobampo.

El análisis complementario que se realizó muestra un resultado que identifica a 14 especies de ictiofauna de importancia comercial con longitudes mínimas de hasta 2.9 cm como en el caso de *Achirus mazatlanus*, cuando Amezcua- Linares (1985) dice que este organismo alcanza una talla máxima de hasta 20 cm de longitud total y que la talla de su primera madurez sexual es de 14 a 16 cm de longitud total. Lo anterior evidencia el impacto ecológico en las poblaciones que son capturadas en tallas inmaduras.

Análisis de la altura promedio

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre los valores de altura corporal entre los organismos colectados por las tres lanchas ($F=0.0629$, $P>0.05$). La menor altura corporal la presentó *Spherooides annulatus* con 1.7 cm (muestreo 7, lancha 1) y la máxima fue para *Chaetodon humeralis* con 6.2 cm (muestreo 10, lancha 1). En el rango de 2 a 3 cm de altura siempre estuvieron presentes el roncacho canelo, salmoncito y botete; en el rango de 3 a 4 cm aparecieron siempre la mojarra plateada, la mojarra aleta amarilla, la curvina, el lenguado negro, el lupón, la sardina y la cabrilla, mientras que en el rango de 4 a 5 cm se incluyeron el lenguado gris, la lengüita y el cochi y por último el que presentó la altura corporal más alta fue la chopa dentro del rango de 5 a 6 cm.

El botete alcanzó una altura corporal promedio de 2.14 cm; seguido por el roncacho canelo con 2.36 cm; el salmoncito 2.64 cm; la mojarra plateada 2.95 cm; la curvina 3.05 cm; la cabrilla 3.21 cm; la mojarra aleta amarilla 3.23 cm; lenguado negro alcanzó una altura de 3.31 cm; la sardina 3.55; el lenguado gris 4.11; el cochi 4.97; la chopa 5.36 y la lengüita 4.51 cm.

FAO (2005) establece que el arte de pesca ideal debe cumplir 3 criterios: *a) altamente selectivo de las tallas y especies objeto de la pesca, con impacto directo o indirecto mínimo sobre tallas, hábitats y especies no objeto de la pesca, b) que sea efectivo, produciendo altas capturas de especies objeto de la pesca al menor costo posible y c) orientado hacia la calidad, produciendo capturas de alta calidad.* Por lo anterior,

se puede apreciar basándose en las capturas para este estudio, que no cumple con criterios de un arte de pesca ideal. Por lo señalado y dada las características de los organismos capturados con la red churupa, se observa que la altura corporal (con valores mayores a 2 cm) es superior a la de la luz de malla utilizada (2.2 cm).

Otro aspecto que se puede destacar de las tallas de altura promedio, es que tal vez las zonas utilizadas para operar dicha arte de pesca son zonas consideradas como hábitats de juveniles que posteriormente se integrarán a la zona o stocks de pesca de los adultos, tal como lo señalan González-Sansón *et al*, 2014. Cerdaneres-Ladrón de Guevara *et al*, 2012, establecen que la captura de organismos pequeños puede obedecer a dos explicaciones posibles: una alta selectividad del arte de pesca a dichas tallas y a la existencia de segregación por sexos y tallas en áreas de pesca. Por su parte Nevárez-Martínez *et al*, 2008 concuerdan sobre la selectividad de tallas indicando que las trampas de malla grande son más selectivas que aquellas de malla más pequeña.

Análisis del peso total

No existieron diferencias significativas entre las capturas totales ($F=1.64$, $P>0.05$) realizadas por las diferentes lanchas. Las capturas de algunas de las especies de mayor importancia comercial se presentaron con un alto peso total. En la lancha 1 se capturó a *Achirus mazatlanus* que tuvo una captura total de 381.3 g; *Etropus crossotus* (lenguado gris) obtuvo 1302.4 g y de *Sphoeroides annulatus* (botete) se capturaron 12450.2 g.

Dentro de las capturas realizadas por la lancha 2 se presentan los siguientes valores: el lenguado negro alcanzó un peso total de 265.6 g; del lenguado gris se colectaron 1016.4 g; el ronchacho canelo con 1310.9 g; la chopa con 1651.2 g; la mojarra aleta amarilla con 4005.6 g; la mojarra plateada 2583.3 g; del cochi se obtuvieron 13403 g; el salmoncito 5015 g; el botete 10446.3 g; la curvina 3253.3 g; la cabrilla 2651.8 g; la sardina 13037.5 g y la lengüita con 4672.4 g.

Para la lancha 3 destacan las siguientes: el lenguado negro tuvo una captura total de 244.3 g; el lenguado gris 1087.1 g; el ronchacho canelo 1232.1 g; la chopa 1401.6 g; la mojarra aleta amarilla 3872.6 g; la mojarra plateada 3676.3 g; el cochi 15254.5 g; el salmoncito 3571.5 g; el botete 12911.5 g; la curvina 3770.7 g; la cabrilla 2890.6 g; la sardina 7005.5 g y la lengüita con 3779.9 g.

Pérez-Mellado y Findley (1985) realizaron un estudio de la evaluación de la ictiofauna acompañante del camarón capturado en las costas de Sonora y Norte de Sinaloa, México, en el cual la longitud total promedio mínima para el lenguado *Pleuronichthys verticalis* fue de 8.27 cm, y una talla máxima de 65 cm para un espécimen de tiburón martillo. En esta investigación la especie con menor longitud total promedio la obtuvo el lenguado *Achirus mazatlanus* (2.9 cm) y la talla máxima obtenida fue la sardina archoveta *A. macrolepidota* (17.8 cm), sin embargo es importante hacer notar que todos los ejemplares colectados presentan tallas muy pequeñas.

En el estudio de los peces más comunes en la fauna de acompañamiento de camarón en el Golfo de California presentada por Morrissey (1985) se encuentran también especies que fueron colectadas en este estudio en el puerto de Topolobampo, las cuales son: *Eucinostomus spp*, *Bairdiella icistia*, *Paralabrax maculatofasciatus*, *Scorpaena spp*, *Balistes polylepis*, lo que evidencia un problema ecológico de captura de especies de alta importancia comercial en las industrias pesqueras, ya que los tamaños son muy pequeños para poder ser explotados o comercializados para consumo humano. En este sentido tal como lo señala la Declaración de Reykjavik (FAO 2001) “se reconoce que la ordenación sostenible de la pesca

con la incorporación de aspectos relativos al ecosistema obliga a tener en cuenta las repercusiones de la pesca en el ecosistema marino y los efectos del ecosistema marino en la pesca”, y esto se aprecia en que los pescadores locales no aplican este principio, ya que se utilizan artes y equipos de pesca que arrastran y obtienen todos los recursos pesqueros y de todas las tallas (incluyendo aquellas que no tienen valor económico o de mercado). Villaseñor-Talavera (2012) establece que la pesca de camarón con redes de arrastre ha sido cuestionada por la baja selectividad de dichas redes, por sus efectos en otras especies y sobre los fondos marinos, dichos efectos pueden ser positivos y negativos y se clasifican en: a) efectos sobre los organismos vivos (efectos biológicos sobre especies objetivo y sobre las otras especies de la fauna acompañante) y b) efectos sobre los fondos marinos (efectos físicos y químicos).

“La utilización sostenible de los recursos marinos vivos contribuye sustancialmente tanto a la seguridad alimentaria humana como a la variedad de la alimentación, proporciona medios de subsistencia a millones de personas y es uno de los pilares fundamentales de muchas economías nacionales, especialmente de países de bajos ingresos y con déficit de alimentos y pequeños Estados insulares en desarrollo” (FAO 2001), lo que ya se está viendo reflejado por el mal uso de las artes de pesca que causan mucho impacto en la fauna de acompañamiento y las temporadas de pesca han ido cambiando de más a menos lo que afecta la economía del pescador, en este sentido Villaseñor-Talavera (2012) señala que la relación camarón: FAC ha oscilado desde 1955 a 2005 con valores de 1:10 con máxima de 1:36 en 1984, lo que sin duda se ha manifestado en los volúmenes de captura para aquellas especies de interés comercial.

La abundancia del recurso pesquero se ha ido afectando con el uso del arte de pesca churupa, ya que la captura por unidad de esfuerzo es muy baja hacia especies de importancia comercial como el botete, cochi y lenguado entre otros, lo que ha provocado que se trabaje muchas horas por muy poca pesca. De esta manera FAO (2001) a través de la declaración de Reykjavik, el Código de Conducta para la Pesca Responsable (FAO, 1995) y la NOM-009-PESC-1993 establecen que *“es clara la necesidad de introducir inmediatamente planes de ordenación con incentivos que fomenten la pesca responsable y la utilización sostenible de los ecosistemas marinos, incluidos mecanismos para reducir el esfuerzo excesivo de pesca a niveles sostenibles, basándose en la base científica para incorporar consideraciones relativas al ecosistema, basándose en los conocimientos científicos disponibles presentes y futuros”*. Por ello, en este estudio se puede observar que el seguimiento de las capturas incidentales es algo que se está realizando a medias, porque este impacto ya tiene años provocándose y no se ha visto respuesta favorable a lo que establece la legislación en ese aspecto, ya sea por intereses de los comerciantes/pescadores o descuido o ineficacia de las autoridades competentes.

La NOM-002-PESC-2006 señala muy claro que *“El equipo de pesca autorizado para la captura de las diferentes especies de camarón en los sistemas lagunarios estuarios y bahías, es la “atarraya”. Cualquier otro arte de pesca requerirá para su autorización el dictamen técnico del Instituto Nacional de la Pesca”*. Por otro lado se ve que la red de arrastre churupa ha provocado disminución de abundancia de algunas especies como el botete, que tiene varios años sin haber capturas. Durante más de 20 años esta ha sido la forma de pesca de la churupa y lo único que ha perfeccionado son técnicas para capturar más camarón sin importar que sea de un tamaño muy pequeño, siendo así afectado el objetivo principal y también la fauna que lo acompaña. El pescador tiene como única meta capturar recursos y con base en eso elige su número de luz de malla, aunque así afecte especies que no son de su importancia en ese momento como se ha presentado en el presente estudio realizado con la fauna de acompañamiento del camarón. En un primer momento no importa lo desperdiciado y a un futuro es afectada la misma población y comunidad, ya que es su principal fuente de alimento y economía, debido también a que la vigilancia es mínima o mal aplicada. Y tal como lo establece FAO (2001) *“El derecho a pescar lleva consigo la obligación de hacerlo de forma responsable a fin de asegurar la conservación de los recursos acuáticos vivos”*.

Los estados deberían evitar la sobreexplotación y el exceso de capacidad de pesca y deberían aplicar medidas de ordenación con el fin de asegurar de que el esfuerzo de pesca sea proporcional a la capacidad de producción de los recursos pesqueros, perfeccionándose y aplicándose artes de pesca selectiva y ambientalmente seguras para mantener la biodiversidad (FAO, 2001). Los resultados del estudio denotan un esfuerzo pesquero muy alto por muy poca captura, lo que hace ver que es urgente controlar este tipo de impacto pesquero que se está ocasionando.

Índice de importancia pesquera

El Anava señala que no existen diferencias significativas con el índice de importancia pesquera entre las lanchas ($F=0.5954$, $P>0.05$). La mayor importancia pesquera recae en el botete, cochi y lenguado gris principalmente, tanto por su alta biomasa como su distribución espacio-temporal. La mojarra aleta amarilla, sardina y mojarra plateada presentan una importancia pesquera media, En las capturas de la lancha 1 destacan el lenguado gris con 549 ejemplares, el botete con 520, el cochi con 491, la sardina con 453 y la mojarra aleta amarilla con 381 ejemplares. Las especies más abundantes de las capturas en la lancha dos son el lenguado gris con 464 ejemplares, seguido por el cochi con 448, el botete con 437, la sardina con 336 y la mojarra aleta amarilla con 279 organismos. Por otro lado, la captura de la lancha tres destaca al botete con 529 ejemplares, el cochi con 497, el lenguado gris con 409 y la mojarra aleta amarilla con 257 ejemplares.

El índice de importancia pesquera destaca lo siguiente: para la lancha uno y dos la mayor importancia pesquera recae en el lenguado gris, cochi, botete y sardina tanto por su biomasa por su distribución espacio-temporal. Para la lancha tres se invierten la importancia de los recursos, ya que se ubica en primer lugar el botete, seguido por el cochi y el lenguado gris. Y las especies que tuvieron los menores índices de importancia pesquera para las tres lanchas fueron la cabrilla, curvina, ronchacho y chopá.

En el Cuadro 3 se observa que la mojarra plateada, el lenguado gris y el cochi se capturaron durante los 10 muestreos en las tres lanchas y con la misma frecuencia la mojarra aleta amarilla y el botete pero sólo por dos lanchas. La sardina anchoveta, el lenguado negro y la lengüita aparecieron en todos los muestreos pero sólo capturados por una lancha.

Cuadro 3. Frecuencia de aparición de peces por muestreo en cada lancha

ESPECIE	Lancha 1	Lancha 2	Lancha 3
<i>Anchovia macrolepidota</i>	9	10	8
<i>Scorpaena mystes</i>	8	9	7
<i>Scorpaena sonorae</i>	9	8	7
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	6	6	6
<i>Diapterus peruvianus</i>	10	10	9
<i>Eucinostomus entomelas</i>	10	10	10
<i>Haemulon scudderi</i>	5	6	5
<i>Bairdiella icistia</i>	7	6	7
<i>Chaetodon humeralis</i>	6	6	5
<i>Etropus crossotus</i>	10	10	10
<i>Achyris mazatlanus</i>	10	9	7
<i>Symphurus elongatus</i>	10	8	8
<i>Balistes polylepis</i>	10	10	10
<i>Spherooides annulatus</i>	9	10	10

Captura por unidad de esfuerzo

Los valores del análisis estadístico indican que no existen diferencias en la captura por unidad de esfuerzo entre lanchas ($F=0.6651$, $P>0.05$). La mojarra aleta amarilla, el cochi, el lenguado gris, el botete y la sardina tienen un rango de valor de 1.058 a 1.525 individuos por hora. La mojarra plateada, el ronchacho canelo, el lenguado negro, la lengüita, el salmoncito, la curvina, la cabrilla y la chopo tienen un rango de valor desde 0.01085 a 0.9333 individuos por hora. La pesca puede alterar no sólo las características de las especies (estructura de edades), sino también la composición de las poblaciones, y ejerce efectos no sólo sobre las poblaciones objetivo, sino también sobre el no objetivo y potencialmente sobre los ecosistemas como un todo. En general, se supone que la mayor parte de los efectos son consecuencia de la sobrepesca (mortalidad por pesca mayor que la mortalidad natural) (Escobar-Ramírez, 2001).

CONCLUSIONES

Se identificaron taxonómicamente las 14 especies capturadas, destacando los siguientes órdenes: Clupeiformes, Scorpaeniformes, Perciformes, Pleuronectiformes y Tetradontiformes conteniendo a las siguientes familias: Engraulidae, Scorpaenidae, Serranidae, Gerreidae, Haemulidae, Sciaenidae, Chaetodontidae, Achiridae, Cynoglossidae, Balistidae, y Tetraodontidae. En términos de capturas, la lancha 1 se diferenció de las otras dos. La mayor importancia pesquera la tuvieron el lenguado gris, la mojarra aleta amarilla y la sardina tanto por su alta biomasa como su distribución espacio-temporal, ya que se colectaron durante las diez semanas de muestreo, así mismo, aunque las capturas de la cabrilla y el cochi solo tuvieron la ausencia durante un muestreo se les considera altamente importante.

Los parámetros biométricos de las especies capturadas no presentan diferencias significativas, ya que las medidas de longitud, altura, y peso promedio de cada una de las especies se comportaron de manera similar para las tres embarcaciones durante el tiempo de muestreo. Se muestra que la churupa no es una arte de pesca selectiva en cuanto a las especies pero sí lo es para los tamaños pequeños.

Se muestran especies con pesos muy bajos a comparación del peso de edad adulta, *Achirus mazatlanus* (lenguado negro) tuvo un peso promedio de 1.70 g, lo que la colocó como la especie con menor peso. Mientras que la sardina fue la especie que obtuvo el mayor registro con 38.57 g, representando una talla comercial, pero siendo desperdiciada por el mercado local.

El grado de presión recae finalmente en todas las especies, no importando tanto su valor económico sino más bien las tallas a las cuales se están capturando y su papel dentro del ecosistema. Dentro de estas especies el lenguado gris, la mojarra aleta amarilla, la sardina, la cabrilla y el cochi son de los más capturados y los que presentan una importancia económica factible, sin embargo, todas las especies están siendo capturadas por esta arte de pesca que no es selectiva a tamaños de mercado ni a especies comerciales.

LITERATURA CITADA

Aguilar-Palomino, B., R.J. Mariscal, S.G. González. & I.L.E. Rodríguez. 1996. Lista sistemática de la ictiofauna demersal de fondos blandos de la plataforma continental de Jalisco y Colima México, durante mayo y junio de 1995. Cien. Mar. 22: 469-481.

- Álvarez-León, (1985) Evaluación de los Recursos Demersales del Caribe y Pacífico Colombiano, Cap. 11: 511-570. In: Yañez-Arancibia, A. (Ed.) Recursos pesqueros potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. Progr. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México D.F. 748 p.
- Amezcu-Linares, F. (1985) Recursos Potenciales de Peces Capturados con Redes Camaroneras en la Costa del Pacífico de México, Cap. 2: 39-94. In: Yañez-Arancibia, A. (Ed.) Recursos pesqueros potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. Progr. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México D.F. 748 p.
- Amezcu, F., Madrid-Vera, J.; Aguirre-Villaseñor, H. 2006. Efecto de la pesca artesanal de camarón sobre la ictiofauna en el sistema lagunar de Santa María, la Reforma, suroeste del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 32(1B): 97–109
- Amezcu-Linares, F. (2009) Peces Demersales del Pacífico de Mexicano, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, primera edición, 2009. 281p.p
- Balart E.F., Castro-Aguirre, J.I., Torres-Orozco, R. (1992) Ictiofauna de las Bahías de Ohuira, Topolobampo y Santa María, Sinaloa, México. *Inv. Mar.CICIMAR Vol. 7 Núm 2.* 91-103
- Bojórquez, L.F. 1998. Bycatch utilization in Mexico, *In Report and Proceedings on the FAO/DFID Expert Consultation on Bycatch Utilization in Tropical Fisheries*, Beijing, September 1998. Rome, FAO. p. 21-28.
- Bourillón, L. y J. Torre. 2012. Áreas marinas protegidas del Golfo de California para mitigar los efectos de la pesca de arrastre en la biodiversidad: Limitaciones y propuesta de nuevo enfoque. En: López-Martínez J. y E. Morales-Bojórquez (Eds.). *Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Fundación Produce Sonora, México, 399-411. p.p.
- Campos, J. A. (1983) Talla de los peces descartados de la fauna de acompañamiento del camarón como un indicador de su posible utilización. Centro de Investigación de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica. Cap 31. 209-212.
- Cerdenares-Ladrón de Guevara G., Morales-Bojórquez, E., Ramos-Carrillo, S., González-Medina, G. (2012). Variabilidad de la abundancia relativa y talla promedio del pez vela *Istiophorus platypterus* capturado por la flota artesanal en el golfo de Tehuantepec, México. *Ciencias Marinas* vol. 38. 551-562 p.p.
- Conapesca. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.2014. Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables. Diario Oficial de la Federación (DOF). Texto vigente. Última modificación 04 06 2015
- Corripio-Cadena, E. (1985) Fauna de Acompañamiento del Camarón y su Aprovechamiento en la Plataforma Continental de Tamaulipas, Golfo De México, Cap. 16: 677-692. In: Yañez-Arancibia, A. (Ed.) Recursos pesqueros potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. Progr. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México D.F. 748 p.
- De la Cruz-Agüero, J. 2002. Peces marinos de Sinaloa: historia, distribución y diversidad. En: Atlas de la diversidad de Sinaloa. Eds Cifuentes-Lemus, J.L. y Gaxiola-López, J. El Colegio de Sinaloa. 442 p.
- Estrella-Arizpe C. (2011) Análisis del marco jurídico aplicable a la creación de medidas de adaptación al cambio climático en el estado de Baja California Sur. Caso: Abulón y langosta. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Ciencias Marinas y Costeras. 134 p.p.
- FAO. 1995. Código de Conducta para la Pesca responsable. Food and Agriculture Organization. 29 p.
- FAO. 2001. Declaración de Reykjavik de 1 al 4 de octubre de 2001. Reyjavik, Islandia. Food and Agriculture Organization.
- FAO, 2005. Guía de administración pesquero; medida de ordenación y su aplicación, documento técnico de pesca. Num 424. Roma FAO, 231 pp.

- FAO.2010. La ordenación pesquera. 2. El enfoque ecosistémico de la pesca 2.2 Dimensiones humanas del enfoque ecosistémico de la pesca. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. No 4, Supl. 2, Add. 2. Roma, FAO. 94p.
- Fischer. ; Krupp, F.; Schneider, W.; Sommer, C.; Carpenter, K.E.; Niem, V.H. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico Centro Oriental, Volumen 2. Vertebrados- parte 1. Roma, FAO, vol. 2: 647-1200 p.p.
- Fischer. ; Krupp, F.; Schneider, W.; Sommer, C.; Carpenter, K.E.; Niem, V.H. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico Centro Oriental, Volumen 3. Vertebrados- parte 1. Roma, FAO, vol. 3: 1201-1813 p.p.
- Flores-Campaña, L.M. , Chapa-Saldaña, H.; Arzola-González, J.F. y Ortiz-Arellano, M.A. 2003. La pesca y su contribución al desarrollo de Sinaloa. En: Atlas de los ecosistemas de Sinaloa. Eds Cifuentes-Lemus, J.L. y Gaxiola-López, J. El Colegio de Sinaloa. 481.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2016. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, (01/2016)
- González-Sansón, G.; Aguilar-Betancourt, C.; Kosonoy-Aceves, D.; Lucano-Ramírez, G.; Ruiz-Ramírez, S.; Flores-Ortega, J. R.; Hinojosa-Larios, Á.; de Asís Silva-Bátiz, F. (2014) Composición por especies y tallas de los peces en la laguna Barra de Navidad, Pacífico central Mexicano, Revista de Biología Tropical, vol. 62. 129-144 p.p.
- Grande-Vidal J. y M. Díaz-Lopez (1981) Situación actual y perspectivas de utilización de la fauna de acompañamiento del camarón en México. Ciencia Pesquera. Inst. Nal. Pesca. Depto. Pesca. México, I (2):43-55.
- Grainger, R.J.R. & S.M. Garcia. 1996. Chronicles of marine fishery landings (1950- 1994): trend analysis and fisheries potential. FAO Fish Tech. Paper 359: 51.
- Heiden, van der, A. M. (1985) Taxonomía, Biología y Evaluación de la Ictiofauna Demersal del Golfo de California, Cap. 4: 149-200. In: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.) Recursos pesqueros de México: La pesca acompañante del camarón. Progr. Univ. De Alimentos, Inst. Ciencias del Mar y Limnol., Inst. Nal. De Pesca. UNAM, México D.F. 748 P.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T. Ryan P.D. 2001. PAST Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Paleontologia Electronica (4)1: 9 pp.
- INAPESCA (Instituto Nacional de Pesca). 2006. Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo –Actualización 2001-2005, Instituto Nacional de la Pesca/Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México, 560 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática). 2006. Indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación por localidad. Baja California Sur. www.inegi.gob.
- López-Martínez, J., E. Morales-Bojórquez, F. Paredes Mallón, D. Lluch-Belda & C. Cervantes Valle. 2001. La pesquería de camarón de altamar en Sonora, p. 301-312. In D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay, S. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz. Centros de Actividad Biológica (BACs) en el Noroeste de México. CIBNOR-CICIMAR-CONACYT, La Paz, B.C.S., México.
- López-Martínez, J., E. Herrera-Valdivia, J. Rodríguez-Romero, y S. Hernández-Vázquez. (2010) Peces de la fauna de acompañamiento en la pesca industrial de camarón en el Golfo de California, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Guaymas, Sonora, México. Vol. 58. 925-942.
- López-Martínez, J., S. Hernández-Vázquez, R. Morales-Azpeitia, M. O. Nevárez-Martínez C. Cervantes-Valle y J. Padilla-Serrato. 2012. Variación de la relación camarón: fauna de acompañamiento en la pesquería de camarón industrial del Golfo de California. En: López-Martínez J. y E. Morales-Bojórquez (Eds.). Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Fundación Produce Sonora, México, pp. 27-47.
- Madrid-Vera, J., F. Amezcua & E. Morales-Bojórquez. 2007. An assessment approach to estimate biomass of fish communities from bycatch data in a tropical shrimp-trawl fishery. Fish. Res. 83: 81-89.

- Morrisey, M.T., (1985) El Uso de Fauna de Acompañamiento del Camarón para Alimentos Humanos, Cap. 15: 645-676. In: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.) Recursos pesqueros de México: La pesca acompañante del camarón. Progr. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México D.F. 748 P.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world. Wiley-Hoboken, Nueva Jersey, EEUU.
- Nevárez-Martínez, M.O., Balmori-Ramírez, A., Miranda-Mier, E., Santos-Molina, J.P., Méndez-Tenorio F.J. & Cervantes-Valle, C. (2008) Estructura de tallas, selectividad y composición específica de las capturas en trampas para peces marinos en el Golfo de California, Revista Biológica Tropical, vol. 56. 1403-1417p.p.
- Penchaszadeh, P. E. y J. J. Salaya, (1985) Estructura y Ecología Trófica de las Comunidades Demersales en el Golfo Triste, Venezuela, Cap. 12: 571-598. In: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.) Recursos pesqueros de México: La pesca acompañante del camarón. Progr. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México D.F. 748 P.
- Pérez-Mellado, J y L. T. Findley, (1985) Evaluación de la Ictiofauna Acompañante del Camarón Capturados en las Costas de Sonora y Norte de Sinaloa, México, Cap. 5: 201-254. In: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.) Recursos pesqueros de México: La pesca acompañante del camarón. Progr. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México D.F. 748 P.
- SAGARPA. 2012. Carta Nacional Pesquera. DOF Diario Oficial de la Federación el 24 DE AGOSTO DE 2012. 236 p.p.
- Secretaría de Pesca (1993) NOM-002-PESC-2006 para ordenar el aprovechamiento de las especies de camarón en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación 22 de diciembre de 1993. 21 p.
- Secretaría de Pesca (1994) NOM-009-PESC-1993 que establece el procedimiento para determinar las épocas y zonas de veda para la captura de las diferentes especies de la flora y fauna acuáticas, en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación 21 de febrero de 1994. 22 p.
- Villaseñor-Talavera, T. 2012. Pesca de camarón con sistema de arrastre y cambios tecnológicos implementados para mitigar sus efectos en el ecosistema. En: López-Martínez J. y E. Morales-Bojórquez (Eds.). Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Fundación Produce Sonora, México, pp. 281-313.
- Yáñez-Arancibia, A. y A. Sánchez-Gil. (1985) Los peces demersales de la plataforma continental del sur del Golfo de México. Caracterización ambiental, ecológica y evaluación de las especies, poblaciones y comunidades. 461 p.
- Yáñez-Arancibia, A. y A. Sánchez-Gil. (1988) Ecología de los recursos demersales marinos: Fundamentos en costas tropicales. AGT Editores. México D.F. 228 p.p.



CULTURA ORGANIZACIONAL DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LOS MOCHIS

ORGANIZATIONAL CULTURE OF THE INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LOS MOCHIS

María Guadalupe **Naranjo-Cantabrana**¹; Zenia Isabel **Castro-Borunda**² y Estrella Evelyn **Armenta-Verdugo**³

¹ Profesora en el Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Los Mochis. Boulevard Juan de Dios Bátiz y 20 de noviembre s/n. Código Postal 81200. Los Mochis, Sinaloa. Teléfono 01(668)815 03 26. Correo electrónico: lpta03@hotmail.com; ² Profesora en el Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Los Mochis. Los Mochis, Sinaloa. Correo electrónico: zenia.castro@gmail.com & ³ Profesora en el Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Tláhuac. Estanislao Ramírez 301 Colonia Ampliación Selene Delegación Tláhuac C.P. 13430 Ciudad de México, correo electrónico estrellaarmenta@ittlahuac.edu.mx

RESUMEN

Objetivo: analizar la cultura organizacional del Instituto Tecnológico de Los Mochis, la metodología desarrollada: es una investigación de nivel descriptivo, utilizando el método deductivo-inductivo y dialéctico, técnicas encuesta y entrevista e instrumentos el cuestionario aplicado al personal, contando con la colaboración para su aplicación de las jefaturas de Departamento, Centro y División y la guía de entrevista aplicada a los distintos Jefes de Departamento del Instituto.

Contribución. El presente documento aborda el desarrollo del concepto de cultura organizacional. Una de las dimensiones de análisis más importantes en las organizaciones. Para tal efecto se elaboró un diagnóstico organizacional con perspectiva de género (2015) con el propósito de conocer la situación laboral de mujeres y hombres que laboran en la Institución, respecto a plaza y puesto, para obtener indicadores de nivel de segregación horizontal o segregación ocupacional y nivel de segregación vertical, diferencia salarial promedio entre hombres y mujeres. Se obtuvieron datos cualitativos, a través del cual se conoció la percepción del personal sobre la discriminación, calidad de vida organizacional e igualdad de oportunidades, equidad de género y datos cuantitativos permitiendo conocer indicadores de nivel de segregación horizontal, vertical y la diferencia salarial entre hombres y mujeres.

Palabras clave: Cultura Organizacional, Perspectiva de género, calidad de vida organizacional, discriminación, igualdad de oportunidades.

SUMMARY

Objective: Analyze the organizational culture in the Instituto Tecnológico de Los Mochis

Methodology: This is a descriptive research based on a deductive-inductive and dialectical methodology, with survey and interview techniques and as instruments the questionnaire applied to the institute's staff, with support from all Heads of Department and the interview guide applied to the diverse Heads of Departments in the Institute.

Contribution. This document addresses the development of the concept of organizational culture, one of the most important analysis dimensions. For that purpose, an organizational diagnostic with gender perspective (2015) was elaborated with the purpose of knowing the labor situation of women and men who work in the Institution, with respect to the type of contract and position, to obtain indicators of level of horizontal segregation or occupational segregation and level of vertical segregation, wage difference between men and women.

Qualitative data was obtained, through which the perception of the personnel on discrimination, quality of organizational life and equality of opportunity, gender equity came to be known, and also quantitative data was obtained which allowed to know indicators of the level of horizontal and vertical segregation and the gender pay gap.

Key words: Analysis. Organizational culture. Gender equity.

INTRODUCCIÓN

Conforme al (Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018), una de las estrategias transversales es la perspectiva de género, por tal motivo en todas las dependencias del Gobierno Federal debe trabajarse con esa formalidad, con el propósito de generar condiciones de equidad entre servidores públicos. El Instituto Tecnológico de Los Mochis, elaboró el diagnóstico organizacional con perspectiva de género, con

el propósito de conocer la situación laboral de mujeres y hombres que laboran en la Institución, respecto a plaza y puesto, para obtener indicadores de nivel de segregación horizontal o segregación ocupacional y nivel de segregación vertical, diferencia salarial promedio entre hombres y mujeres.

El objetivo del diagnóstico organizacional con perspectiva de género es analizar la situación laboral de las mujeres y los hombres del Instituto Tecnológico de Los Mochis (ITLM), para determinar indicadores de segregación horizontal o segregación ocupacional y nivel de segregación vertical, que permita conocer la diferencia salarial promedio entre hombres y mujeres.

Los resultados de este trabajo son de interés para la Institución, porque los funcionarios docentes contarán con información que les permita una adecuada toma de decisiones, para favorecer un trato igual a hombres y mujeres que laboran en el Instituto, respecto a condiciones de trabajo y prestaciones; al Comité de Equidad de Género del ITLM le permitirá proponer las acciones afirmativas y a favor del personal necesarias e implementar plan y programa de trabajo, con el propósito de fortalecer una cultura de equidad de género entre el personal.

El diagnóstico consta de:

- Análisis cualitativo, a través del cual se conoce la percepción del personal respecto a discriminación, calidad de vida organizacional e igualdad de oportunidades y equidad de género.
- Análisis cuantitativo, el cual permite conocer los indicadores de nivel de segregación horizontal u ocupacional, nivel de segregación vertical, diferencia salarial promedio entre hombres y mujeres, grado y tipo de hostigamiento sexual presente en la Institución.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo el universo de estudio lo constituyen 347 personas, de las cuales 304 personas con la calidad de trabajadores y trabajadoras del Instituto, 26 personas que laboran en el Instituto en servicios subcontratados de limpieza y 17 personas más en servicios subcontratados de vigilancia. La encuesta se aplicó a las personas que tienen la calidad de trabajador o trabajadora en el Instituto. Atendieron la encuesta 91 hombres (49.18%) y 77 mujeres (64.70%).

La técnica utilizada fue la encuesta aplicada para el personal, contando con la colaboración para su aplicación de las jefaturas de Departamento, Centro y División. Además, se utilizó la técnica de la entrevista aplicada a la Jefa de Recursos Humanos, para obtener la distribución de plazas en el Instituto. También se hizo uso de la entrevista al Jefe de Planeación, Programación y Presupuestos, para obtener información de la matrícula escolar actual en el Instituto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Instituto Tecnológico de Los Mochis, está celebrando cuarenta años de su fundación, tiempo durante el cual ha contribuido en el noroeste del País, particularmente en el norte de Sinaloa y en el sur de Sonora a formar profesionistas que participen y coadyuven en el desarrollo tecnológico de nuestro país.