

Hidrodinámica de la Bahía de Guaymas

P. Rosales-Grano^{1*}, J. A. Dworak-Robinson², J.C. Méndez-Pacheco³, A. Acevedo-Cervantes⁴
J. Enríquez-Flores⁵, C. A. González-García⁶

Resumen—Se aplica en la Bahía de Guaymas un modelo numérico bidimensional integrado en la coordenada vertical que predice en tiempo y espacio la variación del nivel del mar y las componentes horizontales de la velocidad generadas por la onda de marea. Las ecuaciones del modelo se resuelven sobre una malla numérica de 100 x 100 m de resolución. El modelo se calibra mediante variaciones del coeficiente de fricción y se valida al comparar con mediciones de campo. Los resultados numéricos muestran una alta correlación con las mediciones. El modelo calibrado queda en condiciones de utilizarse como base de modelos de calidad del agua, transporte de partículas como sedimentos en suspensión y otras aplicaciones.

Palabras claves— Corrientes, Guaymas, hidrodinámica, mareas.

Abstract— A two-dimensional numerical model integrated in the vertical coordinate that predicts in time and space the variation of the sea level and the horizontal components of the velocity vector generated by the tidal wave is applied in the Guaymas Bay. The equations of the model are solved on a numerical mesh of 100 x 100 m resolution. The model is calibrated by variations of the friction coefficient and validated when compared with field measurements. The numerical results show a high correlation with the measurements. The calibrated model can be used as a basis for water quality models, transport of particles such as suspended sediments and other applications.

Keywords— Currents, Guaymas, hydrodynamic, tides.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las actividades industriales y el crecimiento urbano alrededor de las lagunas costeras, genera efectos adversos en la estructura y función de estos ecosistemas y en consecuencia en su permanencia en el tiempo y en los beneficios ecológicos y económicos que ellas proveen [1]. La Bahía de Guaymas (BG) es una laguna costera impactada por actividades antropogénicas, tiene diversificados sus usos. El crecimiento urbano y las

actividades industriales en torno a la BG han afectado la calidad de su agua y modificado su geomorfología, estas modificaciones han provocado alteraciones en el campo vectorial de velocidad de la masa de agua generado por el viento y la marea.

En la literatura científica se han reportado pocos estudios físicos en la BG, entre ellos está el trabajo desarrollado por [2] quienes a partir de perfiles de velocidad y de densidad registrados al final de la primavera y el invierno, documentan los patrones de circulación en la entrada de la BG, encuentran que a finales de la primavera la circulación está regida por gradientes de densidad, pues la evaporación excede la precipitación y la laguna se comporta como un estuario inverso, mientras que a finales del invierno la circulación está regulada por el esfuerzo del viento. En el trabajo realizado por [3] estudian la estructura vertical de los flujos de marea a partir de 144 días de observaciones realizadas con un perfilador doppler. Mediante métodos de análisis armónico aplicado a las series de tiempo de velocidad y variación del nivel del mar obtienen los parámetros que describen las elipses de marea y calculan las amplitudes y fases de la onda de marea.

Ninguno de los estudios publicados ha abordado el problema de modelar numéricamente el campo de velocidades generado por la onda de marea. Por lo que no existe en la literatura científica un modelo que prediga la hidrodinámica de la BG en las condiciones actuales y mediante el cual se puedan evaluar los efectos en el movimiento del agua como consecuencia de obras de ingeniería como son las obras de dragado, rellenos para ganar terrenos al mar, construcción o ampliación de muelles y plataformas.

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Guaymas, Carretera al Varadero Nacional km 4, Sector las Playitas, C.P. 85480, Guaymas, Sonora, México.

² OCEANUS Supervisión y Proyectos, S. A. de C.V., Ave. 1 entre calle 1 y 2 # 6, Col. San Vicente, C. P. 85465.

* pedrorosalesgrano@gmail.com

A. Área de estudio

La BG es una laguna costera semiárida comunicada con el Golfo de California por una boca de 1.2 km de ancho, la profundidad promedio de la BG es de 2.5 m, con un canal principal que tiene una profundidad promedio de 15 m, el canal es utilizado para la navegación de grandes embarcaciones que transportan combustible y otras mercancías al puerto de Guaymas, el canal se draga con frecuencia para mantener una profundidad adecuada que permita la navegación de los buques. El área de la laguna es de 33.6 km². La Figura 1 muestra que la BG está formada por tres cuerpos de agua, al oeste la Laguna de Guaymas, al noreste la Laguna de Empalme, al norte de ésta se ubica un cuerpo de agua somero, el Estero el Rancho.

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

En esta sección se describe la metodología utilizada para la obtención de: la topografía y batimetría, las componentes principales de la marea utilizadas para forzar el modelo, las mediciones de corrientes y variación del nivel del mar y se describe el modelo hidrodinámico.

A. Topografía y batimetría

A partir de información recabada en diferentes dependencias y la obtenida de mediciones de campo, se generó una base de datos (x, y, z) en coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) región 12N. Las mediciones de campo se realizaron en zonas donde el número de fijas era escaso como el Estero el Rancho. Se preparó un plan de navegación con transectos equidistantes a cada 200 m hasta cubrir un área total de 200 has. Para el levantamiento se empleó una ecosonda de doble frecuencia marca Syqwest modelo Bathy500-DF y receptores GPS marca Trimble, modelo R6 y R8, con capacidad para corrección en tiempo-real (RTK) y precisión inferior a 1 cm en su posición en planta. La ecosonda se calibró con un escandallo metálico y por temperatura y salinidad, la coordenada vertical se corrigió por variación del nivel del mar por la marea y por profundidad de instalación del transductor correspondiente.

A partir de la base de datos resultante se efectuó una triangulación por el método de Delaunay y se calcularon las isobatas a una separación de 0.5 m. Los planos se elaboraron en el sistema de coordenadas UTM (Región 12N) y fueron referidos al nivel medio del mar (NMM).

B. Componentes principales de la marea

Las componentes de marea utilizadas para forzar el modelo hidrodinámico en la frontera abierta se obtuvieron del estudio realizado por [3]. Se utilizaron las amplitudes y las fases de las componentes de marea diurnas (O_1 y K_1) y semidiurnas (M_2 y S_2) con más energía.

C. Mediciones de corrientes y variación del nivel del mar

Las corrientes se midieron con correntómetros electromagnéticos que tienen incorporados un sensor de presión de alta resolución (Marca: INTEROCEAN, Modelo: S4DW), se obtuvieron series de tiempo de las componentes horizontales de la velocidad y de la variación del nivel del mar. Los instrumentos se programaron para que grabaran registros del promedio de ensamble de 2 minutos cada quince minutos, con un intervalo de muestreo de 2 hz durante un mes. En la Figura 1 se muestra la localización de los instrumentos etiquetados como E1 (Estación 1) y E2 (Estación 2) el primero se colocó en la entrada de la BG y el segundo en la Laguna de Empalme.

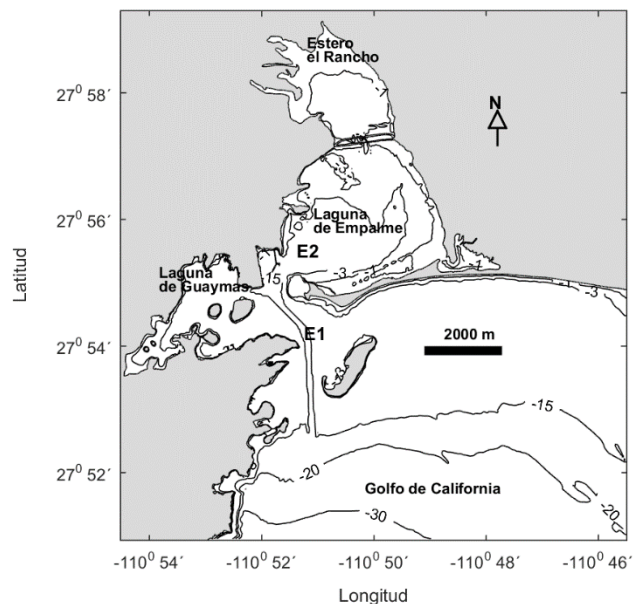


Figura 1 Localización geográfica de la Bahía de Guaymas, se muestran los 3 cuerpos de agua que la componen, la batimetría (curvas de nivel en m, referidas al NMM) y las estaciones de medición de corrientes y variación del nivel del mar (E1 y E2).

D. Modelo hidrodinámico

El modelo hidrodinámico utilizado fue el desarrollado por el instituto Deltares, se conoce como Delft-3DFM y fue desarrollado por [4], consiste de un sistema de módulos acoplados que analizan diferentes tópicos de la oceanografía dinámica costera como: predicción del flujo en aguas costeras producido por marea, viento y gradientes de densidad; dispersión de contaminantes; calidad del agua; transporte de sedimentos, cohesivos y no cohesivos; generación y propagación de olas; interacción ente olas y corrientes entre otros. En particular en este trabajo se utilizó el módulo hidrodinámico Delft3DFM-FLOW descrito por [5], el módulo tiene su base teórica en las ecuaciones de Navier-Stokes para la aproximación de aguas someras. Las

ecuaciones se resuelven por el método de diferencias finitas y el procedimiento de solución es incondicionalmente estable.

Aun cuando el módulo es tridimensional, se utilizó la versión bidimensional, pues las escalas de longitud horizontal son significativamente mayores que las escalas verticales en la BG, por lo que el campo de corrientes se puede considerar barotrópico.

Las ecuaciones se resolvieron sobre una malla numérica de cálculo cuadrada de 100 x 100 m, sobre ella se interpolan los datos de profundidad obtenidos de la base de datos x , y , z en coordenadas UTM R12N, como forzamiento se utilizaron las componentes de marea determinadas por [3], la condición inicial fue el nivel del mar en cero.

III. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de: la topografía y batimetría, las componentes principales de la marea utilizadas para forzar el modelo, las mediciones de corrientes y variación del nivel del mar y el modelo hidrodinámico.

A. Topografía y batimetría

La cobertura de fijas recopiladas en varias dependencias y medidas con ecosonda y GPS cubrieron adecuadamente la BG. La zona donde la cobertura es más densa es el canal de navegación y la zona portuaria pues en estas zonas se realizan con regularidad los levantamientos debido a que las maniobras que realizan las embarcaciones deben ser seguras. El Estero el Rancho es el que tuvo la menor cobertura, pues se trata de un cuerpo de agua muy somero en el que es difícil navegar aún para embarcaciones menores, el uso de la ecosonda no es viable, además de tener zonas fangosas con sedimentos muy finos como limos y arcillas, lo que dificulta la entrada a pie de la brigada de batimetría además del riesgo que representa.

La Figura 1 muestra la batimetría de la BG obtenida de la interpolación de las fijas, sobre la malla numérica. Las curvas de nivel representan las profundidades en metros, es marcada la diferencia entre el canal de navegación y el resto de la BG. La profundidad promedio de la BG es de 2.5 m, la Laguna de Empalme es más somera que la Laguna de Guaymas, se observan varias islas que restringen la circulación entre la Laguna de Guaymas y el Golfo de California. La batimetría en ambas lagunas (Empalme y Guaymas) sigue el contorno de la línea de costa, la pendiente tiene poco gradiente, este se incrementa en el canal axial principal que es el canal de navegación que tiene una profundidad aproximada de 15 m y un ancho de 200 m, el canal se bifurca hacia ambas lagunas. También se observa en la entrada de la BG una isla conocida como Isla de Pájaros, esta funciona como una especie de rompeolas

paralelo a la costa que protege del oleaje incidente la boca de la BG, y genera zonas de calma en la parte protegida, provocando difracción del oleaje incidente y acumulación de sedimentos, lo que alimenta la barra que forma la Laguna de Empalme.

B. Componentes principales de la marea

La marea en la BG se deriva de la co-oscilación con la marea del Golfo de California debido a que es una cuenca bien conectada al golfo, con una sola boca de acceso formada por una barra de arena y una punta rocosa. Dependiendo de la magnitud de las amplitudes de los principales constituyentes armónicos, el forzamiento por marea se puede clasificar utilizando el número de forma, que es un número adimensional propuesto por [6], definido como la razón entre la suma de las amplitudes de los principales constituyentes diurnos y la suma de las amplitudes de los principales constituyentes semi-diurnos $(O_1+K_1) / (S_2+M_2)$. Si el número de forma es menor a 0.25 el forzamiento es del tipo diurno; si es mayor que 0.25 y menor que 1.5 el forzamiento es mixto con predominancia semidiurna; si está entre 1.5 y 3 el forzamiento es mixto con predominancia diurna; y finalmente si es mayor a 3 el forzamiento es diurno. Mediante revisión bibliográfica del trabajo de investigación realizado por [3] se obtuvieron las principales componentes de marea diurnas y semidiurnas estas se muestran en la Tabla I, con estos valores el número de forma para la BG es de 1.85, por lo que la marea es mixta con predominancia diurna. Las amplitudes y fases determinadas por [3] se utilizaron para forzar el modelo en la frontera abierta.

TABLA I

Componentes armónicas de la marea de la variación del nivel del mar en la entrada de la BG. Amplitud (A), fase (g) y sus errores respectivos (δA , δg). Las fases están referidas al meridiano de Greenwich, zona de tiempo -7. De [3].

Componente	Freq (cph)	A(cm)	δA (cm)	g (°)	δg (°)
Q_1	0.0372185	3.4	1.3	134	19
O_1	0.0387307	18.8	1.2	166	4
K_1	0.0417807	27.3	1.1	178	2
N_2	0.0789992	3.6	0.4	165	6
M_2	0.0805114	13.8	0.4	156	1
S_2	0.0833333	11.1	0.4	134	2
M_4	0.1610228	1.2	0.1	1	6

C. Mediciones de corrientes y variación del nivel del mar.

Se analizaron series de tiempo de las componentes horizontales de la velocidad y de la variación del nivel del mar, para dos estaciones localizadas en la Laguna de Empalme y en la entrada de la BG, la localización geográfica de las estaciones etiquetadas como E1 y E2 se muestra en la Figura 1. La información fue recabada por

sensores automáticos, como se describió en la metodología. La Figura 2 muestra las componentes Este y Norte de la velocidad (paneles superior e intermedio) medidas en la entrada de la BG (E1), se observa que la componente Este es mayor que la Norte, lo que evidencia un fuerte flujo de agua en dirección Este-Oeste, inducido por el canal axial, este canal es la mayor ruta de intercambio de agua entre la BG y el Golfo de California. La magnitud de la componente Este es del orden de 20 cm/s, mientras que la norte es de orden 5 cm/s. La magnitud de la velocidad de la corriente es del mismo orden que la componente Este, en promedio la velocidad de la corriente es de 10 cm/s, la dirección está relacionada con el flujo y reflujos de la marea. La variación del nivel del mar se muestra en el panel inferior de la Figura 2 se observa una combinación de componentes de marea diurnas y semidiurnas, en especial durante mareas vivas, para mareas muertas la componente diurna es la dominante. De acuerdo con el factor de forma, la marea en Guaymas es mixta con dominancia diurna. El rango máximo de variación del nivel del mar es de aproximadamente 1.2 m.

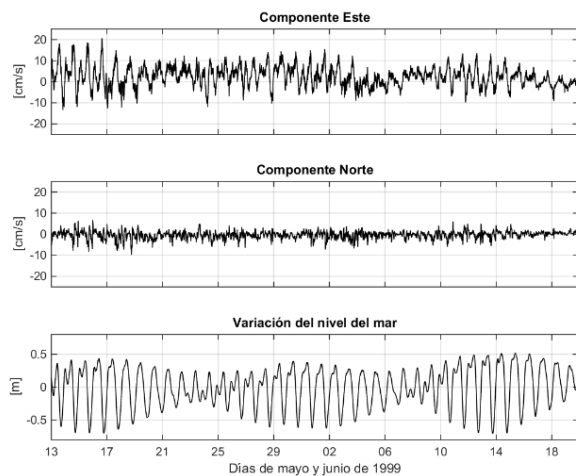


Figura 2 Componentes Este y Norte de la velocidad de la corriente (panel superior e intermedio) y variación del nivel del mar (panel inferior) medidas en la estación 1 (E1 en la Figura 1).

La Figura 3 muestra las series de tiempo medidas en la Laguna de Empalme. Se observa que las componentes horizontales Este y Norte (paneles superior e intermedio), son del mismo orden de magnitud, presentan valores positivos y negativos que oscilan en promedio entre los -5 a 5 cm/s, estas oscilaciones están asociadas a la variación del nivel del mar.

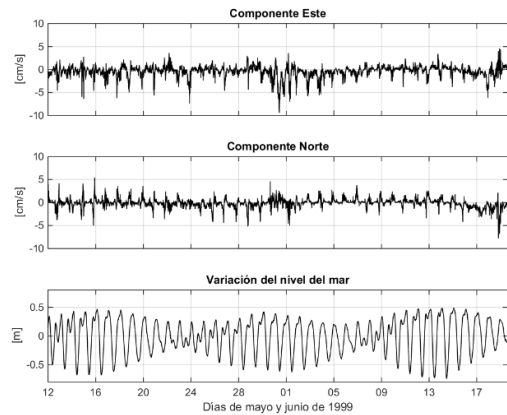


Figura 3 Componentes Este y Norte de la velocidad de la corriente (panel superior e intermedio) y variación del nivel del mar (panel inferior) medidas en la estación 2 (E2 en la Figura 1).

El 1 de junio la componente Este muestra un máximo de cerca de -10 cm/s, asociado a mareas vivas. Para el 19 de junio ambas componentes exhiben máximos, la componente Este un máximo positivo, mientras que la componente Norte un máximo negativo, aun cuando la variación del nivel del mar se encuentra en su fase de marea muerta, se presume que estos máximos pudieran estar asociados a un evento de viento extraordinario. La velocidad máxima alcanzada fue del orden de 10 cm/s, en general la velocidad promedio es de 3 a 4 cm/s, la dirección cambia con el estado de la marea, es decir durante el flujo y el reflujos. La variación del nivel del mar es similar a la que se registró en la entrada de la BG, una combinación de componentes diurnas y semidiurnas, con predominancia diurna.

D. Modelo hidrodinámico

Los experimentos numéricos para calibrar y validar el modelo hidrodinámico mostraron que el mejor ajuste entre los resultados del modelo y las mediciones de campo, se obtuvo para un coeficiente de manning de 0.025.

La Figura 4 muestra los vectores de velocidad calculados por el modelo hidrodinámico durante el reflujos, la longitud de los vectores representa la magnitud de la velocidad, se observa que la circulación de la corriente es principalmente a través del canal de navegación que conecta la BG con el Golfo de California, así mismo se intensifica la magnitud de la corriente en dos zonas de la BG; en la boca que conecta la Laguna de Guaymas con la Laguna de Empalme, donde se observan velocidades de ~ 0.25 m/s y en la región del puente que conecta el Estero el Rancho y la Laguna de Empalme, esto se debe a que el estrechamiento de los pasos hidráulicos intensifica las corrientes, sin embargo la reducción de la sección hidráulica hace que haya una disminución del gasto que ingresa al Estero el Rancho. La magnitud menor de la velocidad se observa en la Laguna de

Guaymas, donde las islas interiores interrumpen el flujo de agua generado por la onda de marea.

La Figura 5 muestra el campo de velocidad para la región que conecta la Laguna de Guaymas con la Laguna de Empalme, en especial entre la barra de arena que forma la Laguna de Empalme y las instalaciones portuarias, el momento de la modelación corresponde al cambio de flujo a reflujó, la longitud de los vectores representa la magnitud de la velocidad. En la entrada a la Laguna de Empalme se observa la formación de dos giros, un giro ciclónico ubicado hacia el Norte con velocidades que oscilan desde 0.08 m/s a 0.12 m/s y un giro anticiclónico ubicado hacia el Sur, el cual es menos intenso que el que se ubica al Norte sus velocidades oscilan entre 0.06 y 0.08 m/s, la formación de estos giros durante los cambios del estado de la marea podrían incrementar el tiempo de residencia de sustancias vertidas al mar. Las corrientes en el canal de navegación se debilitan, aunque el agua continua ingresando a la BG, las velocidades son menores a 0.04 m/s. Se observa la formación de un giro anticiclónico frente a la isla que se ubica delante de la boca de la BG, la magnitud de las velocidades son menores a 0.03 m/s. En el acceso a la Laguna de Guaymas se observa que el agua continua entrando al Norte, entre la isla y las instalaciones portuarias, con un flujo débil menor a 0.02 m/s, mientras que al Sur de la isla se establece un flujo de salida del mismo orden de magnitud que el anterior, sin embargo este se intensifica al acercarse a la costa con velocidades del orden de 0.06 m/s, este flujo forma un giro ciclónico junto con el débil flujo de entrada que aún se mantiene en el canal de navegación.

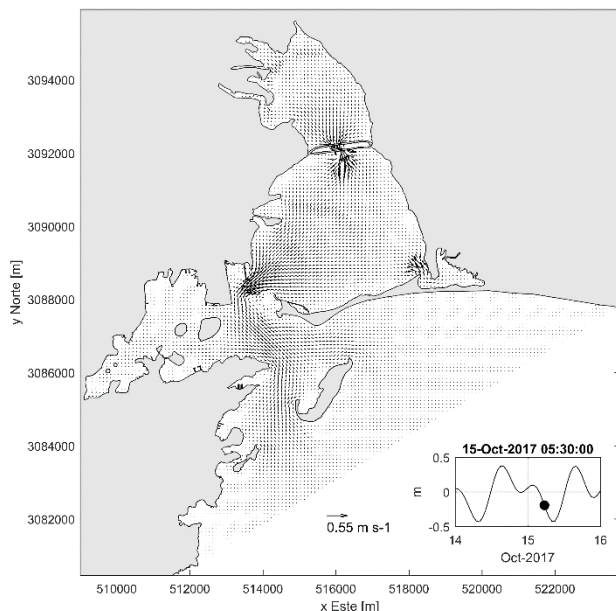


Figura 4 Vectores de velocidad calculadas por el modelo hidrodinámico durante el reflujó. La longitud de los vectores representa la magnitud de la velocidad de acuerdo a la escala mostrada. El panel inferior derecho muestra la evolución de la onda de marea, el punto es el estado de la marea para el tiempo de la modelación.

IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

La BG es una laguna costera semiárida y somera, su circulación está regulada principalmente por la marea y el viento [3], las escalas de movimientos horizontales son de mayor magnitud que las verticales, por lo que su circulación se puede considerar barotrópica en la mayor parte del área de la BG, aunque en la boca los gradientes de densidad generan una circulación de estuario inverso, cuando la evaporación excede la precipitación [3].

Considerando que la circulación es barotrópica es que se aplica un modelo bidimensional verticalmente integrado. El modelo se implementa sobre una malla numérica cuadrada de 100 x100 m y sobre esta se calcula una batimetría construida con los datos disponibles y con resultados de campañas de mediciones donde era escasa la información, el número de fijas fue del orden de 1.6×10^6 , por lo que se considera que la batimetría es adecuada para la modelación. Como forzamiento se utilizan las amplitudes y las fases de las principales componentes de marea determinadas por [3]. Los experimentos numéricos mostraron que el mejor ajuste entre las mediciones y las predicciones del modelo fueron para un coeficiente de fricción de manning de 0.025.

Los resultados revelaron que el patrón de circulación inducido por la onda de marea está fuertemente influenciado por la batimetría y la morfología costera, se encontraron algunas características adicionales relacionadas con el carácter vectorial del campo de velocidad y con su sensibilidad a la batimetría y a la morfología costera, como la formación de giros ciclónicos y anticiclónicos durante el cambio de flujo a reflujó como se muestra en la Figura 5, estos remolinos sugieren buena mezcla en la vertical. Las corrientes se intensificaron en el canal de navegación, en especial en la zona entre la barra que forma la Laguna de Empalme y las instalaciones portuarias.

Las mediciones de corrientes medidas en la entrada de la BG mostraron que la componente Este es mayor que la Norte, lo que evidencia un fuerte flujo de agua en dirección Este-Oeste, inducido por el canal axial, este canal es la mayor ruta de intercambio de agua entre la BG y el Golfo de California. La magnitud de la componente Este es del orden de 20 cm/s, mientras que la Norte es de orden 5 cm/s. La variación del nivel del mar fue del orden de 1.2 m, las corrientes más intensas fueron hacia el Este, estas coinciden con el reflujó de la marea, mientras que las corrientes hacia el Oeste se presentan durante el flujo de marea.

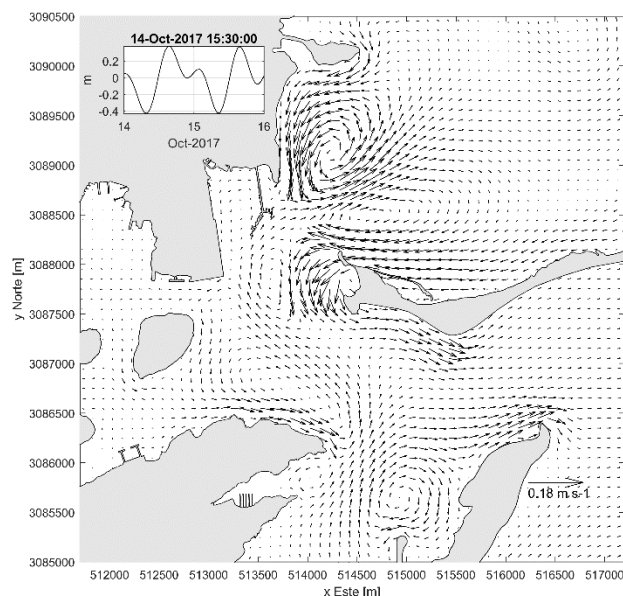


Figura 5 Vectores de velocidad calculados por el modelo hidrodinámico durante el cambio de flujo a reflujó. La longitud de los vectores representa la magnitud de la velocidad de acuerdo a la escala mostrada. El panel superior derecho muestra la evolución de la onda de marea, el punto es el estado de la marea para el tiempo de la modelación.

El movimiento de agua asociado a las corrientes de marea, puede incrementar o inhibir el efecto de transporte de otras corrientes, fenómeno que es particularmente patente en las áreas costeras [7], por lo que las corrientes medidas pudieran estar influenciadas por factores como el viento y los gradientes de densidad.

El modelo es útil para predecir la dispersión de partículas en suspensión producto de las actividades de dragado, se recomienda modificar la batimetría en función de modificaciones a la topografía y batimetría para evaluar los cambios en el patrón de circulación que generarán. Los resultados también pueden utilizarse como base para modelos de calidad del agua.

V. AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México (TecNM) por el apoyo económico suministrado bajo el proyecto de investigación clave 6081.17-P titulado "Hidrodinámica de la Bahía de Guaymas". Al Instituto Tecnológico de Guaymas por las facilidades otorgadas para la realización del proyecto.

VI. REFERENCIAS

- [1] Machado-Allison, A., y Miguel, C. (2009). "La importancia de las lagunas costeras," *Acta Biol. Venez.*, vol. 29(i), pp. 1-2.
- [2] Valle-Levinson, A., Delgado, J. A., y Atkinson, L. P. (2001). "Reversing Water Exchange Patterns at the Entrance to a Semiarid Coastal Lagoon," *Coastal and Shelf Science*, vol. 53, pp. 825-838. <https://doi.org/10.1006>
- [3] Gómez-Valdés, J., Dworak, J. A., Vázquez, H. J., y Paz, M. (2012). "Vertical structure of tidal flows at the entrance to Guaymas Bay, México," *Geofísica Internacional*, vol. 51(3), pp. 271-279.

- [4] Deltares-Institute. DELFT 3DFM, Technical Reference Manual. Delft University, pp. 1-378. (2015)
- [5] Luijendijk, A. (2001). "Validation, calibration and evaluation of a Delft3D-FLOW model with ferry measurements," M.Sc. Thesis, Delft University of Technology.
- [6] Defant, A. (1958). Ebb and flow; the tides of earth, air, and water. Ann Arbor, University of Michigan Press.
- [7] Obeso Nieblas, M. (1986). "Propagación de la constituyente M2 de la marea en La Bahía de La Paz, BCS, México, mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico," Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.

VII. BIOGRAFÍA



Rosales Grano Pedro. Nació en Mexicali Baja California, el 8 de Octubre de 1961, ha sido profesor de la facultad de Ciencias Marinas de la Universidad de Colima y del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Guaymas. Obtiene el título de oceanólogo por la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California en 1985; cuenta con maestría y doctorado en Oceanografía Física por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada obtenidos en 1997 y 2006 respectivamente. Todos los títulos fueron obtenidos en Ensenada, Baja California México.

El actualmente labora en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Guaymas, que se ubica en Guaymas, Sonora, México. Su línea de investigación es "Evaluación y Manejo de los Recursos Naturales de la Zona Costera".

El Dr. Rosales pertenece al Colegio de Oceanólogos de Sonora A.C., cuenta con reconocimiento de Perfil Deseable y es líder del cuerpo académico "Manejo Sostenible de la Zona Costera", ha dirigido diversos proyectos de investigación y cuenta con publicaciones en revistas indizadas.

Dworak Robinson Juan Adolfo. Nació en Guaymas Sonora, el 14 de Septiembre de 1959, fue profesor del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Guaymas. Obtiene el título de físico por la Universidad de Sonora en 1983, en Hermosillo, Sonora; cuenta doctorado en Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, obtenido en 2005, en la Paz, Baja California Sur, México.

El actualmente está jubilado por el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Guaymas, y dirige la consultora OCEANUS S y P, S.A de C. V. que se ubica en Guaymas, Sonora, México. Su línea de investigación es "Dinámica de Lagunas Costeras".

El Dr. Dworak pertenece a la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, ha dirigido diversos proyectos de investigación, fue candidato al SNI y líder de cuerpo académico, obtuvo el reconocimiento de Perfil Deseable y cuenta con publicaciones en revistas indizadas.

Méndez Pacheco Juan Carlos. Nació en Navojoa Sonora el 4 de Junio de 1992, labora en la empresa OCEANUS S y P, S.A de C. V. donde lleva el control de diversas obras marítimas. Obtiene el título de Ingeniero Civil por el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Guaymas en 2014; cuenta con maestría en Manejo de Zona Costera por el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Guaymas obtenida en 2018, en Guaymas, Sonora.

El actualmente labora en la empresa OCEANUS S y P, S.A de C. V. que se ubica en Guaymas, Sonora, México. Su línea de investigación es "Efecto de las obras marítimas en la configuración costera". El M.C.

Méndez ha participado en diversos proyectos de supervisión de obra marítima y ha colaborado en proyectos de investigación.

Acevedo Cervantes Alejandro. Nació en la Cd. de México el 17 de agosto de 1965, Es profesor del Tecnológico Nacional de México/Instituto



Tecnológico de Guaymas. Obtiene el título de biólogo por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional en 1993, en la Cd. de México; cuenta con maestría en Manejo de Recursos Marinos por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Politécnico Nacional, obtenida en 1997 en la Paz Baja California Sur; cuenta con doctorado en Ciencias Biológico Agropecuarias y Pesqueras

por la Universidad Autónoma de Nayarit grado que obtuvo en 2010, en Tepic, Nayarit, México.

El actualmente labora en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Guaymas, que se ubica en Guaymas, Sonora, México. Su línea de investigación es “Evaluación y Manejo de los Recursos Naturales de la Zona Costera”.

El Dr. Acevedo ingresó al SNI donde obtuvo el nivel 1, ha sido reconocido con el Perfil Deseable, pertenece al cuerpo académico “Manejo Sostenible de la Zona Costera”, ha dirigido diversos proyectos de investigación y cuenta con publicaciones en revistas indizadas.

Enríquez Flores Javier. Nació en Cd. Obregón Sonora, el 15 de junio de 1958, es profesor del Tecnológico Nacional de México/Instituto

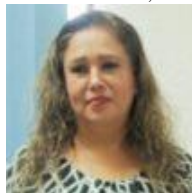


Tecnológico de Guaymas. Obtiene el título de oceanólogo por la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California en 1988; cuenta maestría en Manejo de Zona Costera por el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Guaymas obtenida en 2001.

El actualmente labora en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Guaymas, que se ubica en Guaymas, Sonora, México. Su línea de investigación es “Evaluación y Manejo de los Recursos Naturales de la Zona Costera”.

El M.C. Enríquez pertenece al cuerpo académico “Manejo Sostenible de la Zona Costera”, ha dirigido diversos proyectos de investigación y cuenta con publicaciones es revistas indizadas.

González García Claudia Alcira. Nació en Navojoa Sonora, el 11 de Abril de 1969, ha sido profesora del Tecnológico Nacional de



México/Instituto Tecnológico de Guaymas. Obtiene el título de Licenciada en Administración por el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Guaymas en 2001, en Guaymas, Sonora.

Ella cuenta con experiencia profesional en la administración, actualmente labora en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Guaymas, que se ubica en Guaymas, Sonora, México. Su línea de investigación es “Gestión de Capital Humano” apoyando en la corrección de estilo de diversos artículos científicos.

La Lic. González funge actualmente como subdirectora administrativa del Tecnológico de Guaymas, tiene un diplomado en competencias docentes y ha colaborado en proyectos de investigación en la parte administrativa así como en ponencias de congresos.