

Sesión Especial

**Reconectando el Río Colorado
con el Golfo de California:
una iniciativa binacional**

Organizadores:

Jorge Ramírez Hernández
Rogelio Vázquez González
Mario Alberto Fuentes Arreazola

SE13-1

EL FLUJO PULSO DEL ACTA 319: ASPECTOS BINACIONALES DE GESTIÓN DEL RÍO COLORADO

Bernal Rodríguez Francisco A. y Reséndez Maldonado Adriana
Comisión Internacional de Límites y Aguas, CILA
fbernal@cila.gob.mx

El flujo Pulso del Río Colorado considerado como un logro ambiental histórico en la gestión de los asuntos binacionales del agua entre México y los Estados Unidos, es un aspecto del Acta 319 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), la cual contiene un amplio paquete de medidas de cooperación entre los dos países para la administración del agua del Río Colorado, que incluye además inversiones en proyectos de conservación en México que permitirán la generación de agua para el medio ambiente, entre otros aspectos. El Acta 319 establece el compromiso entre los gobiernos de México, Estados Unidos y una coalición de organizaciones de la sociedad civil de ambos países para derivar 195 millones de metros cúbicos (Mm³) los cuales se dividieron en Flujo Pulso, 130 (Mm³) y Flujo Base, 65 (Mm³). El Flujo Pulso, se derivó del 23 de marzo al 18 de mayo de 2014, de acuerdo al hidrograma diseñado por un grupo binacional de expertos, conformado por científicos y representantes de los sectores gubernamental y no gubernamental, que a la vez lleva a cabo su monitoreo y la evaluación hidrológica y ambiental. El Flujo Base, por su parte se viene administrando por el Fideicomiso del Agua a cargo de las organizaciones de la sociedad civil, en coordinación con las áreas operativas de la CONAGUA y la CILA, y se derivara de manera programada durante el periodo de 2014 a 2017.

SE13-2

RESTORATION FLOWS TO THE COLORADO RIVER DELTA: MONITORING THE EFFECTS OF A LARGE LANDSCAPE EXPERIMENT

Schlatter Karen¹, Flessa Kar², Kendy Eloise³ y Binational Science Team Minute 319⁴

¹Sonoran Institute

²University of Arizona

³The Nature Conservancy

⁴Various

kschlatter@sonoraninstitute.org

The first transboundary flow of water for the environment was delivered to the Colorado River Delta in spring of 2014. This engineered spring flood of 130 million cubic meters (105,000 acre-feet) was implemented as part of Minute 319, an addition to the 1944 U.S.-Mexico Water Treaty. Minute 319 is a temporary agreement, expiring in 2017. Teams of scientists from government agencies, universities, and environmental NGOs from both the U.S. and Mexico are measuring the surface flow rates, inundation, ground water recharge, ground water levels and subsurface flows, geomorphic change, recruitment, survival and health of vegetation, and avian response to the environmental flow. Monitoring includes on-the-ground observations and measurements and remote sensing. Surface water from the pulse flow reached restoration sites, prompted germination of both native and non-native vegetation, recharged groundwater and reached the Gulf of California – the first reconnection of the Colorado River and the sea in 16 years. People in local communities joyously welcomed the return of the river; extensive media coverage was overwhelmingly positive – despite widespread drought in the West. After about ten weeks, most of the pulse flow had infiltrated the subsurface, ponded in a few cut-off meanders, or run to the sea. The river no longer flows. Monitoring of seedling survival, groundwater, vegetation and wildlife will continue through 2017. Results of this landscape-scale experiment may affect negotiations to renew the agreement, and help model and design future flows that efficiently use water for restoration in this and other semi-arid river systems.

SE13-3

RESPUESTA ESPACIO-TEMPORAL DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE MEXICALI AL FLUJO PULSO 2014 EN EL RÍO COLORADO. RESULTADOS PRELIMINARES

Ramírez Hernández Jorge¹, Rodríguez Burqueño Jesus Eliana¹ y Vázquez González Rogelio²

¹Instituto de Ingeniería, UABC

²Departamento de Geofísica Aplicada, CICESE
jorger@uabc.edu.mx

Durante la primavera del 2014 se descargaron 130 hm³ de agua en el cauce del Río Colorado (RC) denominado flujo pulso, como parte de los compromisos de la Minuta 319 firmada entre USA y México. El objetivo primordial de este volumen adicional fue proveer un flujo para el hábitat ripario del RC y del ecosistema del Delta. Este flujo dio lugar a un proceso de recarga del acuífero diferenciado en espacio y en tiempo. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de las variaciones espacio-temporales del nivel freático en las inmediaciones del cauce del RC por la infiltración del caudal vertido analizando sus variaciones y correlacionándolas con la geometría del río, la situación del nivel freático antes del flujo pulso, su respuesta durante la inundación del canal y las terrazas bajas del RC y su situación después de la descarga. El programa de monitoreo establecido para determinar esta recarga

consistió en la instalación y nivelación de una red piezométrica distribuida a todo lo largo del corredor ripario desde la Presa Morelos hasta el Vado Carranza. La red piezométrica consistió de 100 piezómetros distribuidos en secciones transversales al cauce del RC y en los sitios de restauración, así como la instrumentación de 79 piezómetros con sensores de presión con registros del nivel freático a intervalos de 2 minutos. Los resultados muestran la elevación inmediata del nivel freático en los piezómetros más próximos al canal principal aumentando el nivel piezométrico de forma similar a la descarga sobre el RC. No así, los piezómetros más distantes del canal principal que muestran una respuesta más suavizada y con menor amplitud. A su vez, las secciones localizadas en la porción sur de la zona de estudio, cercanas al Vado Carranza, muestran una respuesta más moderada tanto en elevación como en tiempo. Mediciones de aforos en diversos puntos a lo largo del cauce permitieron establecer el volumen de agua perdido por secciones de río, por la suma de volumen infiltrado, evapotranspirado o retenido en el cauce, el cual es contrastado con la estimación del volumen de recarga por secciones de piezómetros. Los resultados obtenidos permitirán, por un lado, establecer con mayor certidumbre la recarga del acuífero considerando diferentes caudales vertidos en descargas futuras y por otro, servirán como insumos a modelos de flujo en el acuífero.

SE13-4

ANÁLISIS DE VARIACIONES DEL NIVEL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN RESPUESTA A FENÓMENOS NATURALES Y ANTROPOGÉNICOS (FLUJO PULSO).

Fuentes Mario¹, Vázquez González Rogelio¹ y Ramírez Hernández Jorge²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Instituto de Ingeniería, UABC

mfuentes@cicese.edu.mx

Un equipo binacional de científicos, agencias gubernamentales, universidades y ONG's diseñaron e implementaron un programa de monitoreo hidrológico del corredor ripario del Delta del Río Colorado con la finalidad de evaluar los efectos en los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas, geomorfología, vegetación y vida silvestre antes, durante y después de la descarga de un flujo de 130 hm³ en el cauce seco del Río Colorado, en el Valle de Mexicali, denominado flujo pulso. El flujo de agua que fue liberado en la presa Morelos recorrió 160 km del cauce del Río Colorado durante los meses de marzo, abril y mayo del 2014, para finalmente alcanzar la desembocadura y reconectarse con el Golfo de California. Dentro de las actividades de monitoreo hidrológico se documentarán los impactos en el agua subterránea a corto y largo plazo debidos al flujo pulso y flujo base; para lograr este objetivo, UABC diseñó una red de 100 piezómetros en el área de estudio, de los cuales 46 fueron instrumentados con transductores de presión para monitorear variaciones del nivel del agua subterránea, con una frecuencia de muestreo de 2 minutos, durante la duración del flujo pulso. Además, CICESE instrumentó 4 pozos más con transductores de presión con una frecuencia de muestreo de 1 minuto. La integración de registros de variaciones de potencial hidráulico como consecuencia del flujo pulso serán analizadas con una metodología que se ha desarrollado e implementado en sitios particulares dentro del Valle de Mexicali; en donde se analiza la respuesta del nivel del agua subterránea a diversos fenómenos naturales y antropogénicos, como: presión barométrica, temperatura superficial, marea terrestre, y actividad sísmica, y que ha permitido la estimación de parámetros geohidrológicos, almacenamiento específico y coeficiente de almacenamiento en las inmediaciones de algunos pozos, con base en registros históricos de fluctuaciones de nivel del agua. Siendo este flujo pulso un evento antropogénico extraordinario que permitirá extender el cálculo de parámetros geohidrológicos y que proporcionarán importante información para lograr un mejor conocimiento de las propiedades del subsuelo presente en el Valle de Mexicali.

SE13-5

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA INVERSO PARA LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GEOHIDROLÓGICOS EN RESPUESTA AL FLUJO PULSO Y REGISTROS HISTÓRICOS.

Vázquez González Rogelio¹, Fuentes Mario¹ y Ramírez Hernández Jorge²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Instituto de Ingeniería, UABC

rvazquez@cicese.mx

Un equipo binacional de científicos, agencias gubernamentales, universidades y ONG's diseñaron e implementaron un programa de monitoreo hidroecológico del corredor ripario del Delta del Río Colorado con la finalidad de evaluar los efectos en los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas, geomorfología, vegetación y vida silvestre antes, durante y después de la descarga de un flujo de 130 hm³ en el cauce seco del Río Colorado, en el Valle de Mexicali, denominado flujo pulso. El flujo de agua que fue liberado en la presa Morelos recorrió 160 km del cauce del Río Colorado durante los meses de marzo, abril y mayo del 2014, para finalmente alcanzar la desembocadura y reconectarse con el Golfo de California. Dentro de las actividades de monitoreo hidrológico se documentarán los impactos en el agua subterránea a corto y largo plazo debidos al flujo pulso y flujo base; para lograr este objetivo, UABC diseñó una red de 100 piezómetros en el área de estudio, de los cuales 46 fueron instrumentados con transductores de presión para monitorear

variaciones del nivel del agua subterránea, con una frecuencia de muestreo de 2 minutos, durante la duración del flujo pulso. Además, CICESE instrumentó 4 pozos más con transductores de presión con una frecuencia de muestreo de 1 minuto, ubicados estratégicamente en una zona donde el cauce del río cambia de dirección en dos sitios. La integración de registros de nivel piezométrico históricos complementados con las variaciones de potencial hidráulico producidas por el flujo pulso, conformarán los conjuntos de datos necesarios para la estimación de los parámetros geohidrológicos, conductividad hidráulica y porosidad efectiva, mediante el planteamiento y solución del problema inverso en geohidrología. El objetivo es usar las mediciones de nivel freático de diferentes condiciones de flujo producidas por el pulso de descarga. La solución se formula a partir de la ecuación diferencial que relaciona la evolución espacial y temporal del potencial hidráulico, con la distribución de los parámetros fenomenológicos del sistema, en respuesta a una fuente externa. Se presenta la metodología y los requerimientos de independencia de los conjuntos de datos, para calcular el valor de los parámetros geohidrológicos, necesarios para construir simuladores numéricos de flujo de agua subterránea, basados en un esquema de discretización de diferencias finitas; siendo estos simuladores una útil herramienta para la planeación futura y el estudio de la respuesta a eventos de flujo pulso, con mayor certeza y eficiencia.

SE13-6

DOWNWARD FLUX CALCULATIONS FROM FIELD TEMPERATURE TIME SERIES IN THE COLORADO RIVER, MEXICO.

Rodríguez Burgueño Jesús Eliana¹, Shanfield Margaret² y Ramírez Hernández Jorge³
¹Instituto de Ingeniería, UABC

²National Centre for Groundwater Research and Training, School of the Environment, Flinders University, Adelaide, South Australia, Australia
j.eliana.rb@gmail.com

The Colorado River is one of the most regulated rivers in America, and includes approximately 10 large dams and 80 diversions to supply water for more than 30 million people in the United States and Mexico. Before its regulation, the Colorado River fed one of the world's largest desert estuaries, the Colorado River Delta. The present day Delta is about 10% of its original extent and the water diverted to Mexico is for agriculture and urban use, with no regular flows though the river channel in Mexico. An historical, voluntary effort to deliver environmental flows through the Colorado River in Mexico under the binational agreement Minute 319 between Mexico and the United States made possible the pulse flow event, a pilot program in which 130 Mm³ were released during the period of March 23 – May 18 of 2014. Minute 319 indicates that monitoring to evaluate the performance of the pilot program and ecosystem response, most importantly the hydrological response and, secondary, the biological response; should be developed by a group of binational scientists. Part of the hydrology monitoring objectives of the Minute 319 monitoring plan for the Colorado River Delta designed by the binational sciences team was the study of the dry area, which extends longitudinally to kilometer 62 of the river channel. A total of 27 sites for temperature data loggers were installed in this area to record temperature every two minutes at 1-2 km intervals in two depths (0.05 and 0.20 m below ground) to use heat as a tracer to quantify groundwater-surface water interaction by calculating the downward flux. Analysis of the temperature data collected by the loggers every 2 min are made using the equations presented by Luce et al. (2013), based on an analytical solution to the heat transport equation (Stallman, 1965). This solution uses information from the damping of the amplitude of the diurnal temperature signal and the shift in peak temperature with depth into the streambed to estimate vertical water flux through the measured sediment column. To first estimate these daily time (phase) shifts and the ratio of the amplitudes of the temperature signals at each location, the program VFLUX (Gordon et al., 2012) was used. Calculations with Luce et al. (2013) analytical solution in 21 sites yielded daily average downward flux values from 0.20 to 2.07 m/d. The highest values (0.7 to 2.07 m/d) were observed 5 km upstream and 2 km downstream of the Mexicali-San Luis Bridge. In 21 km (km 36 to 56 downstream Morelos Dam) the estimates obtained varied from 0.2 to 0.5 m/d. The analyses of the data show vertical flux rates significantly decreasing as the water moving downstream the dry area in the river. The results are preliminary, and must be integrated with other hydrological components, and would be used to better understanding the hydrological responses in the river for future environmental flow designs.

SE13-7

MEDICIONES DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA TEMPORAL DURANTE EL FLUJO PULSO DEL RÍO COLORADO.

Reyes López Jaime Alonso¹, Herrera Barrientos Fernando², Pérez Flores Marco Antonio², Ramírez Hernández Jorge¹ y Callegary James³

¹Universidad Autónoma de Baja California, UABC

²CICESE

³United States Geological Survey
jaime.reyes63@uabc.edu.mx

En un hecho sin precedentes desde que el sistema de presas controlan el flujo del Río Colorado, se planeó un experimento de forma controlada para verter 120 Mm³ de agua desde la derivadora presa Morelos hacia aguas abajo del Cauce seco del Río Colorado. El flujo transfronterizo inició el ___ de marzo y finalizó el ___

de abril. Los flujos de agua variaron de 20 a 112 m³/s logrando que finalmente el Río Colorado conectara con el Golfo de California, hecho que no había ocurrido desde hace 16 años. Este experimento se implementó como parte de la Minuta 319 como un acuerdo temporal que expira en el año 2017. El objetivo principal de este flujo pulso fue beneficiar el ecosistema ripario. El estudio completo incluyó mediciones de flujos superficiales, de inundaciones, de cambios geomorfológicos, de respuesta de la vegetación y de las aves al flujo ambiental, de la recarga al acuífero y de medición de nivel del agua subterránea. Para conocer la infiltración, el comportamiento de la recarga y el flujos subterráneos producto de este flujo pulso, se realizaron perfiles temporales de resistividad eléctrica, en un transecto perpendicular y paralelo al cauce del Río. Así se realizaron una serie de mediciones de resistividad eléctrica antes, durante y posterior al paso del flujo pulso. Se establecieron por una sección del Río, 2 perfiles, uno paralelo y uno perpendicular al trazo del Río Colorado, con una separación de electrodos de 5 m. El equipo utilizado fue el SUPERSTING R1 con electrodos inteligentes de la compañía AGI. De este modo, se realizaron mediciones en este transecto antes de que el flujo alcanzara la zona, esto es, las condiciones iniciales; durante el flujo, esto es, cuando el cauce del Río estaba inundado y después del paso del flujo, esto es ya cuando el agua o se había infiltrado o continuado su curso aguas abajo de Río. Las repeticiones en las lecturas realizadas antes del paso del agua por el transecto fueron muy inestables, por las condiciones secas del terreno, por lo que se eligió una ventana de tiempo más amplia para la inyección de corriente, con lo que se logró repeticiones mejores. El seguimiento temporal de las interpretaciones muestra un proceso de infiltración rápido de ___ m/hora por lo que el sistema se saturó en menos de 24 horas. Las secciones perpendiculares hacia afuera del cauce del Río mostraron el efecto de la recarga aunque apenas se logró humedecer unos 20 metros desde la orilla inundada del cauce. Después de 5 meses de ocurrido el suceso aún se mantiene el perfil del suelo saturado.

SE13-8

MODELACIÓN NUMÉRICA DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN EL DELTA DEL RÍO COLORADO EN UN CICLO DE MAREA MUERTA MAREA VIVA

Carbajal Noel¹, Gaviño Rodríguez Juan Heberto² y Alonso Pablo¹

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT

²CEUNIVO, Universidad de Colima
noelc@ipicyt.edu.mx

Aplicando un modelo bidimensional verticalmente promediado y basado en las ecuaciones para aguas someras, se calculó el transporte de sedimentos en un ciclo de marea muerta marea viva. Imágenes satelitales revelan un proceso de re-suspensión y depósito de sedimentos muy variable. En tiempos de marea muerta el sedimento se deposita y comienza a ser re-suspendido conforme se avanza hacia un estado de mareas vivas. Las imágenes satelitales muestran distribuciones de sedimento primeramente con una estructura en forma de dedos que se extienden a lo largo del Delta del Río Colorado. En tiempos de marea viva esta estructura se vuelve homogénea por procesos de difusión turbulenta. Considerando un transporte de sedimentos como carga de fondo y en suspensión, se efectuó una serie de experimentos con el fin de reproducir los patrones observados en imágenes satelitales. Se lograron avances significativos.

SE13-9 CARTEL

ESTIMACIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO INDUCIDO POR CORRIENTES DE MAREA EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO COLORADO

Monreal Jiménez Rosalinda¹ y Carbajal Noel²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²IPICYT

rmonrealj@gmail.com

En este estudio se investigó la formación de un campo eléctrico inducido por las corrientes marinas en la región de la desembocadura del Río Colorado en el alto Golfo de California. Debido al movimiento del agua de mar, provocada por las corrientes de marea y a la presencia permanente del campo magnético de la tierra, se crea un campo eléctrico. Las velocidades del agua se calcularon usando un modelo barotrópico con el forzamiento de las componentes de marea M2, S2, N2, O1, P1, K1 y K2. Las componentes del campo magnético de la tierra se obtuvieron aplicando el modelo WMM (World Magnetic Model). Las corrientes de marea en la zona de la desembocadura del Río Colorado son de las más intensas encontradas en el mundo, alcanzando valores de hasta 3.0 m s⁻¹, mientras que el campo magnético en la zona es en promedio de 24551.4 nT en su componente norte, 4834.6 nT en su componente este y 39287.8 nT en su componente vertical. Se calculó el campo eléctrico generado en esta zona y sus variaciones y se encontró que el campo eléctrico oscila como respuesta a las oscilaciones inducidas por las corrientes de marea.

SE13-10 CARTEL

MONITOREO DE LA LIBERACIÓN DEL FLUJO PULSO Y SUS EFECTOS EN LA VEGETACIÓN DEL CORREDOR RIPARIO DEL RÍO COLORADO Y SU DELTA, MÉXICO.

García Castañeda Luis Alberto¹, Hinojosa Corona Alejandro² y Mexicano Vargas Lourdes²¹Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
luisalbertog94@gmail.com

Desde el año de 1935 cuando se inició la construcción de presas e infraestructura a lo largo del río Colorado en EUA, se interrumpió el flujo de agua y sedimentos que anualmente llegaban a los ecosistemas distribuidos en un amplio corredor ripario en el lado mexicano del delta para finalmente desembocar al golfo de California. Por acuerdos entre México y EUA, la asignación del agua de esta cuenca binacional fue repartida entre los estados y países ubicados en ella. Los ecosistemas naturales que dependían del agua no fueron incluidos entre los beneficiarios con su inevitable deterioro y desaparición. Por motivo de los daños ocasionados a la infraestructura hidráulica del distrito de riego 014 Río Colorado por el sismo del 4 abril de 2010 en el Valle de Mexicali, México solicito a Estados Unidos almacenar el agua que le es entregada ya que no podría ser utilizada. Parte de esta agua que Estados Unidos esta almacenando, se propuso fuera liberada al cauce del Río Colorado. En un reciente esfuerzo binacional para enmendar estos daños a la naturaleza, se acordó liberar agua en beneficio de los ecosistemas en su corredor ripario en el lado mexicano del delta. El 20 de noviembre de 2012 se firmó el Acta 319 entre la Comisión Internacional de Límites y Aguas (México) y la International Boundary and Water Commission (EUA) en la cual se establece la liberación de flujos de agua para el medio ambiente en el Delta del Río Colorado, el acta establece un volumen de 195 millones de metros cúbicos que serán entregados en dos momentos, estos flujos fueron denominados Flujo Pulso y Flujo Base, el Flujo Pulso es la liberación de 130 millones de metros cúbicos de agua entre el 23 de marzo y el 18 de mayo de 2014, el Flujo Base son 65 millones de metros cúbicos de agua que serán entregados en niveles menores y en un período de tiempo más amplio. Con la liberación de estos pulsos de agua se espera la restauración de 950 hectáreas de hábitat a lo largo del corredor ripario. En este trabajo con ayuda de una serie de imágenes del satélite Landsat 8, de Febrero a Junio de 2014, se realizó un análisis espectral del agua a partir de la Presa Morelos, punto de inicio del Flujo Pulso, y hasta la zona del Delta, para poder medir las variaciones del agua como efecto del Flujo Pulso. Para medir los efectos en la vegetación se aplicó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI) a la serie de imágenes Landsat 8, con el objetivo de medir las variaciones en la respuesta espectral de la vegetación. Los resultados obtenidos sugieren que es aún muy pronto para poder detectar cambios significativos en la respuesta de la vegetación.

SE13-11 CARTEL

ANÁLISIS DIGITAL Y EN LABORATORIO DE TEXTURA DE SEDIMENTOS: CAUCE SECO DEL RÍO COLORADO.

Alarcón Gómez Génesis Edén, Rodríguez Burguenio Jesus Eliana y Ramírez Hernández Jorge

Instituto de Ingeniería, UABC
genesis.alarcon.gomez@hotmail.com

El Río Colorado desde su entrada a México por la Presa Morelos, se extiende 153 km hacia su desembocadura en el Golfo de California. Desde el km 22 al 63, el cauce se encuentra seco debido a su desconexión hidrológica con el manto freático en esta área. Durante la implementación del flujo pulso del Acta 319, las descargas ocasionaron modificaciones en la geomorfología del cauce. En este trabajo se analizó la textura de muestras de sedimentos del lecho seco del río utilizando dos métodos, el primero fue el análisis de imágenes de alta resolución con el software Digital Grain Size GUI versión 5.2 y segundo el método de cribado tradicional para la parte gruesa e hidrometría para la fracción fina, con el objeto de comparar ambas técnicas e inferir posibles procesos de deposición de sedimentos en la sección de estudio. El tramo seco del Río Colorado se extiende en 41 km de su cauce, este tramo se dividió en cuarenta secciones para muestreo de sedimentos en tres sitios de cada sección, una en el centro del cauce a 0.20, 0.60 y 1.00 m de profundidad, y dos en cada talud de ambas márgenes del río. Se obtuvieron 240 fotografías digitales en campo y 120 muestras de sedimentos no consolidados que posteriormente en el laboratorio se fotografiaron y fueron procesadas con el software antes mencionado, las muestras de sedimento se analizaron con el método de cribado y se analizó la fracción fina con el método del hidrómetro. El tamaño de grano resultado del análisis fotográfico fue entre 0.0080 mm a 2.6630 mm de diámetro con una distribución granulométrica de 1.83% de grava y 98.17% de arena clasificado como arenoso por el United States Department of Agriculture. Con el método del hidrómetro se obtuvieron tamaños de partícula de entre 0.0013 mm a 2.0358 mm, con una distribución granulométrica de 1.67% de grava, 98.00% de arena y 0.33% de arcillas, también dentro de la clasificación arenoso. La precisión del análisis con fotografías digitales fue del 91.16% en relación con los resultados del segundo método. El tamaño promedio de las partículas de sedimento a lo largo del cauce seco del Río Colorado varía en un 51%, además, se encontró una disminución del tamaño de partícula promedio entre cada sección, de aguas arriba hacia aguas abajo, corroborando que el tamaño del grano es proporcional al potencial de energía cinética del río. Esta gradación ya había sido inferida por otros autores, sin embargo, en este trabajo se cuantifica. La determinación cuantitativa de la distribución de

tamaños de partículas en los sedimentos por medio del análisis de imágenes de alta resolución proporciona numerosas ventajas sobre las formas tradicionales de análisis de tamaño de grano, particularmente en términos de inversión económica y tiempo.

SE13-12 CARTEL

PREDICCIÓN DE LAS ZONAS DE INUNDACIÓN DEL RÍO COLORADO, BAJO EL EFECTO DEL FLUJO PULSO

Salcedo Peredia Adrian Trinidad, Rodríguez Burguenio Jesus Eliana y Ramírez Hernández Jorge

Instituto de Ingeniería, UABC
salcedo.adrian@uabc.edu.mx

El Acta 319 del Tratado de Aguas Internacionales entre México y Estados Unidos, firmada en el 2012, incluye la implementación de proyectos binacionales para restaurar la zona riparia del Río Colorado (RC), mediante el uso de flujos ambientales (denominados flujo pulso y flujo base). La descarga del flujo pulso a lo largo del canal principal del RC desde la presa Morelos hasta el Vado Carranza, aproximadamente 90 km de río, debía ser simulada hidráulicamente para predecir la superficie inundada bajo diferentes escenarios de flujo, que si bien alcanzarán las terrazas próximas al cauce natural, no pusieran en peligro las parcelas agrícolas y los poblados establecidos en el perímetro del corredor ripario. El objetivo principal de esta investigación fue simular diferentes caudales, para analizar el comportamiento hidráulico del RC utilizando el código Hec-Ras, pronosticando la dinámica de los niveles de agua en perfiles transversales al cauce principal del RC. Los valores de rugosidad del cauce es uno de los parámetros más sensibles en el desarrollo de modelos hidráulicos de este tipo. En este trabajo se hizo la estimación de las rugosidades mediante el uso de imágenes satelitales y fotografías in situ del canal principal del RC. Para construir la geometría del canal se elaboró y proceso un modelo digital del terreno (MDT) en formato vectorial a partir de datos LiDAR utilizando el software Hec-GeoRas dentro del sistema de información geográfica ArcMap 10.1. El dominio del modelo abarcó el canal principal del río, sus canales tributarios y la superficie de terrazas que se extienden lateralmente hasta los bordes de protección en ambas márgenes; obteniendo secciones transversales con longitudes de entre 400 y 1200 metros a cada 500 metros obteniendo un total de 180 secciones. La simulación hidráulica se realizó en una dimensión, en estado estacionario, con condiciones de frontera aguas arriba y aguas abajo de tirante crítico y con un régimen de flujo mixto. Se obtuvieron mapas y calados máximos de las zonas de inundación para caudales de 20, 60 y 120 m³/s, se obtuvieron calados de 4.56, 5.42 y 6.10 metros respectivamente. Los resultados obtenidos fueron considerados en el diseño del caudal máximo descargado en el flujo pulso durante los meses de marzo, abril y mayo del 2014. No obstante, se observó que en general las áreas inundadas durante el flujo pulso correspondieron a las simuladas en este trabajo, sin embargo, los resultados presentados deben ser considerados como una aproximación ya que se identificó que el arrastre de sedimentos modificó la geometría del cauce, el flujo en el río no alcanzó el régimen estacionario, durante su recorrido tuvo pérdidas por infiltración y los valores de rugosidad cambiaron durante las descargas.

SE13-13 CARTEL

VARIABLES CLAVE PARA MEDICIONES DE FLUJO SUPERFICIAL EN EL DELTA DEL RIO COLORADO UTILIZANDO UN VELOCÍMETRO DOPPLER ACUSTICO

Lomeli Banda Marcelo Antonio y Ramírez Hernández Jorge

Instituto de Ingeniería, UABC
marcelo.lomeli@uabc.edu.mx

Antes de la construcción de la presa Hoover en 1935 y de otras desviaciones del Delta del Río Colorado (Delta), este recibía de 16 a 18 billones de metros cúbicos anuales de agua que soportaban un hábitat conformado por 200 a 400 especies de plantas y más de 350 especies de aves. A medida en que el agua ha sido desviada para usos agrícolas-urbanos el ecosistema se redujo. En 1944 los gobiernos de México y Estados Unidos firmaron un tratado en el cual se le se asignó a México una cuota anual de 1,850 hm³ del flujo del Río Colorado (RC). El 20 de noviembre del 2012 se firmó el Acta 319, en la cual, ambos países comparten, por primera vez, flujos del RC con fines de restauración del Delta. El objetivo de esta investigación es definir los elementos que intervienen en las mediciones de caudal del flujo pulso en corrientes superficiales del Delta. Se analizan 9 sitios de aforo (numerados de aguas arriba aguas abajo del 6 al 14) considerando que los flujos fueran laminares así como perpendiculares a las secciones transversales donde fueron realizadas las mediciones. Se utilizó un velocímetro doppler acústico FlowTracker (FT) en conjunto con la metodología ecuación de sección media para calcular las descargas. Se observó que los sitios 10, 11, 14 y 15, contenían agua antes de la llegada del flujo pulso, registraron caudales negativos relacionados con la presencia de fuertes vientos en dirección opuesta al flujo del agua. A excepción del sitio 11 cuyo lecho era predominantemente arenoso, el resto presentó una capa de fango que aumentaba la rugosidad del lecho. Por su parte, el sitio 15 presentó valores de descarga negativos posiblemente asociados con las mareas, incluso cuando los vientos se dirigían en dirección hacia aguas abajo. El sitio 13 posee agua durante todo el año y no recibió agua de la descarga del flujo pulso pero mantuvo un caudal alrededor de 0.5 m³s⁻¹ y a pesar de que su lecho era fangoso no se presentaron caudales negativos. Los sitios que no contenían agua antes del ingreso del flujo pulso (DMS 6, 7 y 12) no

mostraron estas variaciones ya que el flujo se mantuvo constante y laminar. Las variables con mayor influencia durante las mediciones de caudal en las corrientes superficiales del Delta, fueron: el viento; la presencia de un lecho lodoso en el cauce y posiblemente la influencia de la marea en los sitios más cercanos al estero. Estos factores naturales intervienen en el movimiento de las partículas suspendidas medidas con el FT condicionando la realización de un aforo con los estándares de calidad requeridos.