

Gaceta CHICXULUB

2022
Volumen 5-6

Secretaría de Investigación, Innovación
y Educación Superior

Calle 8, No. 347, San Esteban, 97149,
Mérida, Yucatán, México
<https://siies.yucatan.gob.mx/>

Instituto de Investigación Científica y
Estudios Avanzados Chicxulub

Parque Científico y Tecnológico de Yucatán
Carretera Mérida-Sierra Papacal
km 5, C.P. 97302, Mérida, Yucatán, México
<http://www.craterchicxulub.com.mx/en/>
<http://pcty.com.mx/>



SIIES
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN,
INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN
SUPERIOR 2018-2024



**Parque Científico y
Tecnológico de Yucatán**

Los avances en ciencia e innovación han transformado a las sociedades, en las economías, las relaciones entre naciones, los sistemas de información, formas de comunicación e interacción entre grupos e individuos, los programas sociales y económicos, etc. El internet, la telefonía celular, los sistemas satelitales de observación terrestre, telecomunicaciones y posicionamiento, la biología molecular y los sistemas de información son parte de los elementos de transformación. Los cambios se dan en las naciones industrializadas y en desarrollo, con marcadas diferencias en las capacidades de generar y aplicar el conocimiento y en las implicaciones en los niveles y expectativas para la población.

Conforme las capacidades de generar conocimiento se incrementan, la brecha entre naciones se ahonda con efectos a corto, mediano y largo plazo. Un reducido grupo de naciones genera, innova y desarrolla, mientras el resto está reducido a consumir sin posibilidades de entender y seguir las transformaciones. Las limitaciones en estas naciones afectan los sistemas de salud, de educación y sociales, con pobreza, criminalidad, conflictos e inadecuadas condiciones sociales, económicas y políticas. A ello se unen los efectos de cambio climático, contaminación, enfermedades, desastres por fenómenos naturales, guerras y conflictos bélicos. El impacto de estos factores se refleja en las sociedades, gobiernos, mortalidad, demografía, políticas públicas y en la migración de sectores de la población escapando y buscando otros horizontes.

En estos contextos el reto apremiante es el desarrollar e implementar programas estratégicos y acuerdos a nivel internacional y paliar las consecuencias. Ello sin embargo es una difícil tarea, como ejemplifican lograr avances en los objetivos de desarrollo sostenible de la agenda 2030, los acuerdos de París sobre cambio climático, frenar los conflictos bélicos, la invasión de Rusia a Ucrania, limitar el uso de combustibles fósiles, contaminación de los océanos, deforestación y extinciones.

La comunidad académica tiene la responsabilidad de realizar acciones y asumir el compromiso y liderazgo en resolver la situación en los diferentes niveles. Las academias de ciencia, las organizaciones y sociedades científicas y los grupos de investigación

en universidades y centros colaboran y realizan diferentes programas y acciones, en colaboración con los organismos internacionales como las Naciones Unidas y la UNESCO. Algunos de los programas e iniciativas han sido comentados en este foro como los recientes eventos de la Conferencia COP27 en Egipto de cambio climático, la cumbre de ciencia de las Naciones Unidas y los simposios de ciencia de la red global IAP de academias (Inter-Academy Partnership), las academias de ciencia, ingeniería y medicina de los Estados Unidos y los de la Academia TWAS de ciencias.

Los pocos resultados y dificultades en lograr avances y acuerdos ilustran la complejidad y magnitud de la tarea, el carácter no lineal y multifactorial y las limitaciones de la comunidad científica. Para lograr avances se requiere contar con programas estratégicos en los diferentes niveles, establecer y contar con los canales efectivos de comunicación en la toma de decisiones, tener una posición de influencia y liderazgo en los organismos internacionales, incluyendo las Naciones Unidas y UNESCO y en las direcciones y oficinas de asesoría de ciencia y tecnología de los gobiernos. Por otro lado, se requiere tener sistemas de educación de calidad y cobertura amplia. Una sociedad educada y con capacidad de análisis y crítica es indispensable para lograr avances. La magnitud y rapidez de los cambios en ciencia y desarrollo tecnológico son un desafío para asimilar en las sociedades, con sectores minoritarios con posibilidades de comprender los avances científicos y analizar y distinguir en el entorno de desinformación y pseudociencia.

Acciones como las desarrolladas por el Consorcio de Universidades por la Ciencia, en las que participa el IICEAC, están dirigidas a informar y difundir los avances científicos y lo que representa la investigación científica. En este año los ciclos de conferencias, foros y documentales de divulgación científica están enmarcados en los programas del Año Internacional de Ciencias Básicas para el Desarrollo Sostenible (IYBSSD) de Naciones Unidas y UNESCO. La Fundación UNAM y el Consorcio representan al país en el comité asesor científico, con la Dra. Araxi Urrutia en el comité científico IYBSSD. El Consorcio, en su tercer año de actividades ha incrementado las acciones de colaboración y los programas lo que ha abierto nuevas oportunidades. Los ciclos de conferencias y documen-

tales se resumen en los números de la Gaceta, que han incluido el día Internacional de Museos y el Día Internacional de la Geodiversidad.

El IICEAC continúa realizando investigaciones sobre el cráter Chicxulub, efectos del impacto en los sistemas terrestres y sobre la península y plataforma marina. Las investigaciones abarcan las campañas oceanográficas y de geofísica marina en el sector central del cráter y áreas al norte de Puerto Progreso y el borde noreste en el escarpe en el canal de Yucatán y los estudios en diferentes sectores de la península de Yucatán, anillo de cenotes y zonas de alta densidad de fracturas y estructuras kársticas. Algunos de estos estudios se reportan en las publicaciones en revistas científicas y en el programa anual de seminarios Chicxulub, que organiza y coordina el IICEAC. Los estudios se enfocan al desarrollo de nuevos métodos de proce-

samiento y modelado, que caracteriza y distingue al grupo de investigación.

En el periodo se continuaron los programas de creación de infraestructura, que incluyen la construcción del edificio de experimentación, que amplía significativamente las capacidades de los laboratorios. Otras de las áreas prioritarias del IICEAC son los programas educativos y de capacitación, en los cuales se tiene una amplia participación de estudiantes de licenciatura y posgrado en geofísica, geología, ingeniería petrolera, física, biología, matemáticas, computación y urbanismo.

El carácter inter- y multidisciplinario de los programas y proyectos del IICEAC permite incidir en un amplio rango de investigaciones en ciencias básicas y aplicaciones, construyendo una red de colaboración internacional.

● Jaime Urrutia Fucugauchi

Contenido

2 Editorial

4 Contenido

Notas

5 Modelado de Impactos y Formación de Cráteres Complejos

Reportes

11 Bathymetric and Seismic Surveys

Seminarios

16 Seminarios de Investigación Chicxulub 2022

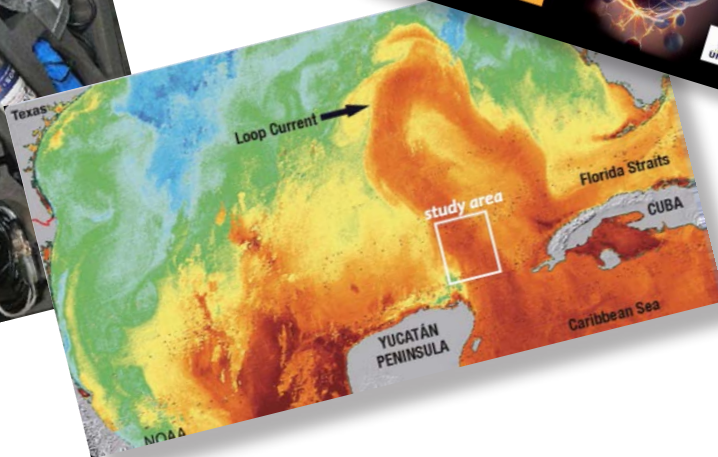
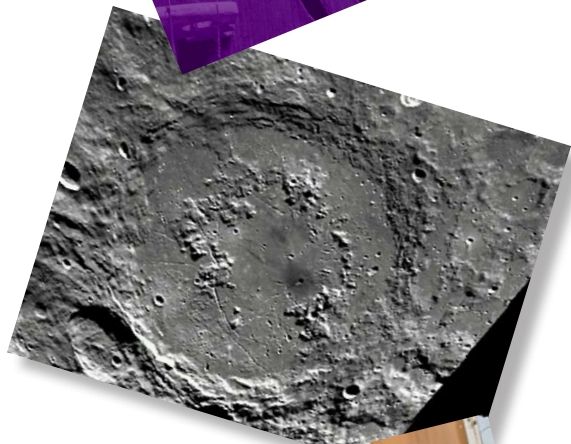
Noticias

17 Revista Ingeniería Petrolera

18 Consorcio Universidades por la Ciencia

19 Universidades por la Ciencia, conferencias

20 Universidades por la Ciencia, documentales



Modelado de Impactos y Formación de Cráteres Complejos

Ligia Pérez Cruz
Karina F. Navarro,
Jaime Urrutia Fucugauchi

El impacto y cráter Chicxulub representan un evento y estructura únicos en la historia geológica del planeta, cuyo estudio permite analizar procesos de liberación de altas energías y efectos globales. El impacto produjo temperaturas y presiones altas en el sector central, suficientes para vaporizar el bólido y excavar y fragmentar la corteza. En unos cuantos segundos, los procesos de fragmentación y excavación producen la eyección de material y formación de una pluma de material y gases a altas temperaturas que alcanza alturas de varios kilómetros y la salida de material con velocidades mayores a la de escape. Los mecanismos de eyección incluyen salida de material en tiros parabólicos, formación de la pluma central y material eyectado con velocidades de escape, desplazamiento lateral de bloques, formación de cráteres secundarios y cortinas laterales. Los efectos de turbulencia, colapso de material de la pluma y cortinas de eyecta ocasionan el depósito de material fragmentado sobrecalentado, que forman las secuencias de impacto. Los procesos son críticos para la generación de los modelos de formación de cráteres y analizar la dinámica de impacto y los efectos, que son difíciles de investigar dado que no es factible realizar experimentos de laboratorio, los procesos son no lineales, los datos iniciales y condiciones de frontera no se conocen, no se dispone de observaciones directas de impactos en la Tierra.

Los cráteres complejos y multianillo son de las estructuras de mayores dimensiones en el sistema planetario (Melosh, 1989, 2011; Pierazzo & Melosh, 2000; Urrutia & Pérez Cruz, 2009, 2015). La formación de cráteres involucra una alta liberación de energía, con excavación y remoción de grandes volúmenes de material de la corteza. Los modelos de formación de cráteres complejos involucran el levantamiento y movimientos laterales y verticales en la base de la cavidad transitoria, con subsecuentes procesos de colapso (Fig. 1).

En la Luna se tienen varias cuencas con diámetros mayores a 400 km (Wieczorek & Phillips, 1999). La formación de estructuras como Oriental, Aitken, Serenatis, Crisium o Imbrium involucran excavación de cavidades

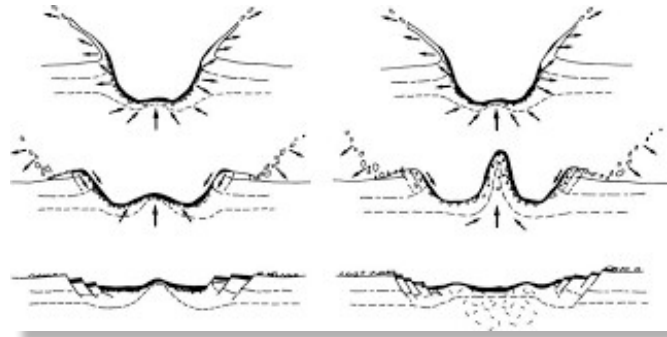


Fig. 1. Modelos esquemáticos de la formación de cráteres complejos (tomado de Melosh, 2011).

transitorias profundas y volúmenes grandes de roca, relacionados a los mecanismos de formación del cráter, dinámica de impacto y características del sitio de impacto (Fig. 1).

Los diámetros de las cavidades transitorias están relacionados a los diámetros del cráter después de la fase de colapso (Fig. 2). Wieczorek & Phillips (1999) documentaron relaciones entre la profundidad y diámetro de las cavidades transitorias, con la excepción de las cuencas Aitken, Imbrium y Serenatis, que presentan menores profundidades de excavación.

La cuenca Oriental tiene un diámetro de 930 km y profundidad de cavidad transitoria > 50 km (Fig. 2). Formada hace 3.8 miles de millones de años ha sido intensamente estudiada (Johnson et al., 2016). Las investigaciones incluyen análisis de la estructura interna con modelos gravimétricos de los datos de la misión GRAIL (Zuber et al., 2016).

La anomalía gravimétrica registra la estructura anillada y la presencia de fallas corticales en los dos anillos externos (Fig. 3).

Los cráteres se caracterizan por cuencas amplias con anillo de picos y levantamiento central. Los bordes presentan zonas de terrazas y fallas. Su formación involucra excavaciones profundas, fragmentación y desplazamiento de volúmenes de corteza y pasa por varias etapas con el contacto, excavación de la cuenca transitoria y el

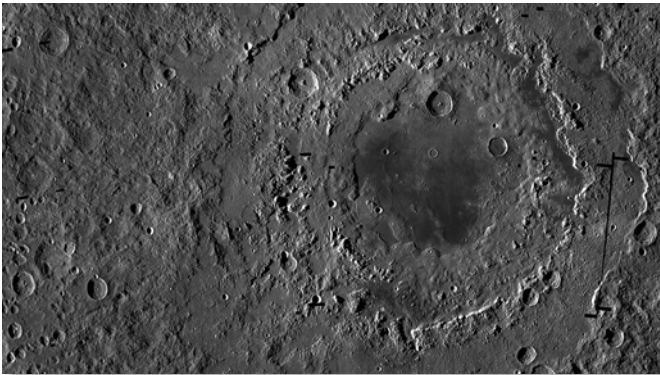


Fig. 2. Mosaico de imágenes de la cuenca multianillo Oriental, con 930 km de diámetro y tres anillos (fuente: NASA/GSFC/Arizona State University).

colapso. En la fase de colapso se modifican las estructuras, incluyendo desplome de los altos topográficos por inestabilidades y fracturamiento.

Los procesos involucrados en impactos de grandes dimensiones producen eyección de material cortical, fusión con formación de unidades de roca fundida, brechas y mecanismos post-impacto (Melosh, 1989).

En la formación del cráter Chicxulub, el impacto produjo temperaturas y presiones altas en el sector central, suficientes para vaporizar el bólido y excavar y fragmentar la corteza (Urrutia et al., 2011; Collins et al., 2018). En unos cuantos segundos, los procesos de

fragmentación y excavación producen la eyección de material y formación de una pluma de material y gases a alta temperatura que alcanza alturas de varios kilómetros y la salida de material con velocidades mayores a la de escape. Los mecanismos de eyección incluyen salida de material en tiros parabólicos, la pluma central, desplazamiento de bloques de mayores dimensiones, con la posibilidad de formación de cráteres secundarios y eyecciones laterales. En el transcurso de unos minutos, la fragmentación y excavación a profundidad en la corteza incluye la generación del levantamiento del basamento y la formación de un levantamiento central que se eleva varios kilómetros sobre el cráter. Este es seguido por los mecanismos de formación de la estructura del cráter, formación de la zona de terrazas por fallamiento, rasgos mayores como los anillos de picos y la unidad de roca fundida. Los efectos de turbulencia, colapso de material dentro de la pluma y cortinas de eyecta, ocasionan el depósito del material fragmentado en la zona del cráter, que constituye las secuencias de impacto. Estos procesos son críticos para entender la formación de los cráteres e investigar la dinámica de impacto y efectos.

Chicxulub tiene un diámetro de 200 km y esta aproximadamente la mitad en el mar y la mitad en tierra. El cráter está cubierto por una secuencia de rocas carbonatadas con espesores de hasta unos 1000-1200 metros, por lo que para el estudio se requiere de métodos geofísicos con observaciones en superficie y para investigar el material de impacto se requiere perforar y

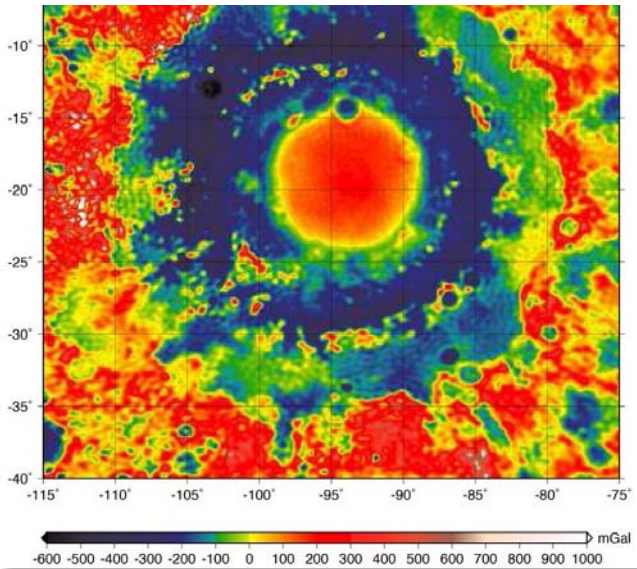


Fig. 3. Anomalía gravimétrica de la cuenca Oriental derivada de los datos de la misión GRail (fuente: NASA/JPL/Caltech).



Fig. 4. Imagen del cráter Schrödinger, con el anillo de picos (fuente: European Space Agency).

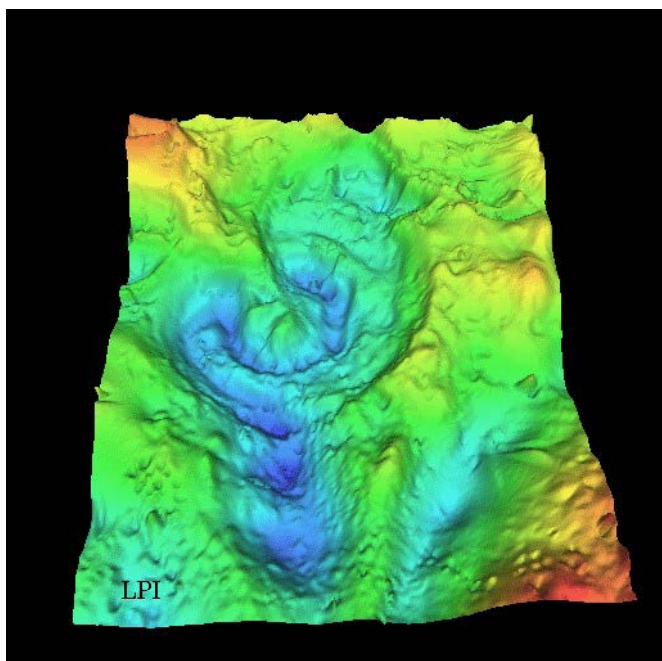


Fig. 5. Anomalia gravimétrica del cráter Chicxulub, con la señal del levantamiento central, anillo de picos y sistema de anillos (tomada de Sharpton et al., 1993).

recuperar los núcleos. Los estudios se enfocan a analizar las características, dimensiones y estratigrafía de los depósitos de brechas de impacto, investigar la distribución, espesores, efectos de emplazamiento y alteraciones hidrotermales de las brechas de impacto, modelado de la dinámica del impacto y las relaciones estratigráficas y correlaciones con los eventos del límite Cretácico/Paleógeno (Alvarez et al., 1980; Schulte et al., 2010; Urrutia & Pérez Cruz, 2015). Los estudios aportan datos de la estratigrafía, geohidrología en la península, con información de las unidades sedimentarias, estructura y borde del cráter y relación con el anillo de cenotes.

Chicxulub conserva las secuencias próximas de impacto dentro del cráter y en zonas adyacentes. Adicionalmente, la capa de impacto con el material de emplazamiento balístico y capa de polvo se ha documentado en múltiples localidades alrededor del mundo y constituye la única capa con distribución global (Schulte et al., 2010). Chicxulub es una de tres estructuras de impacto de grandes dimensiones y estructura de multianillo en el planeta y el impacto y formación del cráter están asociados a los efectos globales climáticos y ambientales que marcan la frontera Cretácico/

Paleógeno y las extinciones masivas de organismos, incluyendo a los dinosaurios y del 76 % de las especies marinas y terrestres.

Con la colisión del asteroide se generó una pluma central de eyección de gases y roca fragmentada y fundida y vaporizada en el impacto (Fig. 6). La pluma inicialmente era opaca con la atmósfera ionizada y al enfriarse se emitieron grandes cantidades de radiación. Se considera que -1.5×10^{17} kg de material fue eyectado en la pluma y pasó por procesos de fusión y volatilización (Osinski & Spray, 2001).

Considerando el proceso de volatilización, la liberación de gases por la eyección estimada fue de: 3.5×10^{14} a 3.5×10^{15} kg de dióxido de carbono, 4×10^{13} a 6×10^{14} kg de dióxido de azufre, y 2×10^{14} a 1.4×10^{15} kg de vapor de agua que fueron distribuidos globalmente (Pierazzo et al., 1998). Las altas temperaturas disociaron el CO_2 a monóxido de carbono (Kawaragi et al., 2009), convirtió SO_2 a trióxido de azufre (Ohno et al., 2014), y formó $3 - 4.5 \times 10^{12}$ kg de óxido nítrico al mezclarse con la atmósfera (Parkos et al., 2015).

Navarro et al. (2020, 2021) realizaron experimentos del impacto, analizando la volatilización de las capas de carbonatos en el impacto y la formación de la pluma central de gases y material fragmentado

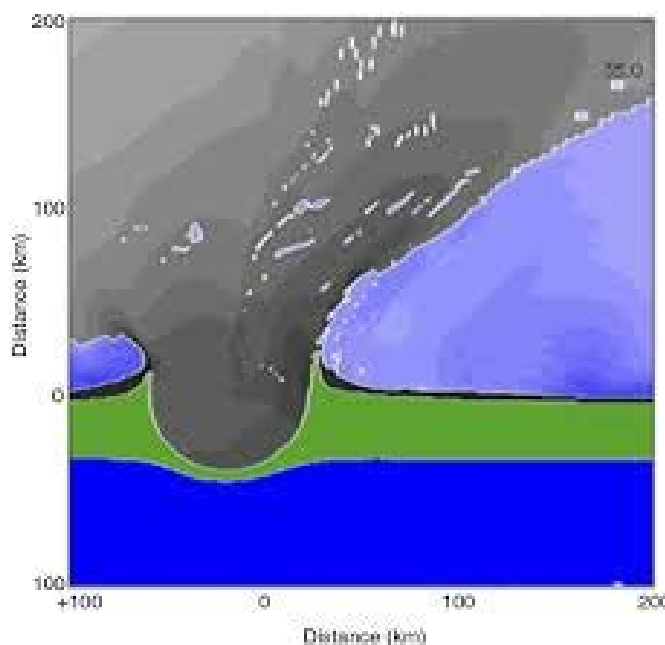


Fig. 6. Representación esquemática de la pluma de impacto con gases sobrecalentados y material fragmentado, fundido y vaporizado (Gulick et al., 2017)

a altas temperaturas. Los experimentos de simulación del impacto proporcionan información de la naturaleza de los componentes de la pluma central de gases sobrecalentados y material fragmentado. Se ha estimado que parte del material eyectado alcanzaría velocidades de escape. La mayor parte del óxido de calcio gaseoso producido en la descomposición térmica del carbonato de calcio se licuaría a $<4,060$ K y solidificaría a $<3,160$ K. La capa de material fino en la estratosfera bloquearía la radiación solar y causando enfriamiento global (Vellekoop et al., 2016).

El espectro de emisión para el impacto de Chicxulub ha sido analizado en el laboratorio en sedimentos carbonatados del Cretácico del núcleo de perforación Yaxcopoil-1 en una atmósfera simulada del K/Pg. En los experimentos se analizaron diferentes escenarios asociando la pluma de emisión a las rocas carbonatadas y capas ricas en sulfatos. La luz emitida fue inducida con un láser de Nd-YAG en presencia o ausencia de las dos capas minerales. La emisión sintética de la pluma central de emisión para las capas ricas en carbonato y sulfatos mostraron líneas espectrales de calcio en contraste a los espectros experimentales con un número alto de compuestos se encontraron más líneas espectrales de otros compuestos. La presencia de las líneas de nitrógeno en el espectro de emisión para la pluma de carbonato y sulfato indica que la atmósfera fue calentada por el frente de choque del impacto. La ausencia de las bandas moleculares de CaO sugiere vaporización del material impactado inducido por láser. Las temperaturas de la pluma central para carbonatos y sulfatos se estiman de 7800 K a 8000 K a $1\mu\text{s}$ (Navarro et al., 2020).

Las investigaciones en marcha incluyen análisis de los efectos globales y regionales, dinámica del impacto y formación del cráter, fragmentación y eyección de grandes volúmenes de material cortical y emplazamiento de las secuencias de brechas de impacto, distribución simétrica o asimétrica de la eyecta, la edad del impacto, los mecanismos post-impacto, y los procesos de sedimentación en la zona.

Bibliografía

Alvarez, LW, Alvarez W, Asaro F, Michel HV 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 208: 1095-1108.
Collins GS, Morgan J, Barton P, Christeson GL, Gulick S, Urrutia Fucugauchi J, Warner M, Wünnemann K 2008. Dynamic modeling suggests

terrace zone asymmetry in the Chicxulub crater is caused by target heterogeneity. *Earth and Planetary Science Letters*, 270: 221-230.
Davison TM, Collins GS 2022. Complex crater formation by oblique impacts on the Earth and Moon. *Geophysical Research Letters*, 49(21): p.e2022GL101117.
Gulick S, Barton P, Christeson G, Morgan J, MacDonald M, Mendoza K, Urrutia Fucugauchi J, Vermeesch P, Warner M 2008. Importance of pre-impact crustal structure for the asymmetry of the Chicxulub impact crater. *Nature Geoscience*, 1: 131-135.
Gulick Set al., 2017. Expedition Summary. En: Morgan J, Gulick S, Mellett CL, Green SL, Expedition 364 Scientists Proceedings of the International Ocean Discovery Program, 364, <https://doi.org/10.14379/iodp.proc.364.101.2017>
Hildebrand A et al., 1991. Chicxulub crater: A possible Cretaceous-Tertiary boundary impact crater on the Yucatan peninsula, Mexico. *Geology*, 19: 867-871.
Johnson BC, Blair DM, Collins GS, Melosh HJ, Freed AM, Taylor GJ, Head JW, Wiczorek MA, Andrews Hanna JC, Nimmo F, Keane JT 2016. Formation of the Orientale lunar multiring basin. *Science*, 354(6311): 441-444.
Kawaragi K, Sekine Y, Kadono T, Sugita S, Ohno S, Ishibashi K, Kurosawa K, Matsui T, Ikeda S 2009. Direct measurements of chemical composition of shock-induced gases from calcite: an intense global warming after the Chicxulub impact due to the indirect greenhouse effect of carbon monoxide. *Earth and Planetary Science Letters*, 282: 56-64.
Melosh HJ 1989 *Impact cratering: A geologic process*. New York: Oxford University Press; Oxford: Clarendon Press.
Melosh HJ 2011. *Impact cratering*. En: Melosh, H.J. Ed, *Planetary Surface Processes*, chapter 6: 222-275, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
Morgan JV, et al. 2016. The formation of peak rings in large impact craters. *Science* 354: 878-882.
Navarro KF, Urrutia Fucugauchi J, Villagran Muniz M, Sanchez Ake C, Pi Puig T, Pérez Cruz L, Navarro González R 2020. Emission spectra of a simulated Chicxulub impact-vapor plume at the Cretaceous-Paleogene boundary. *Icarus*, 346: 113813.
Navarro KF, Urrutia Fucugauchi J, Villagran Muniz M, Sánchez Aké C, Pérez Cruz L. Navarro González R 2021. Physical characterization of a simulated impact-vapor plume using laser ablation of Chicxulub sediments. *Planetary and Space Science*, 206: 105311.
Ohno S, Kadono T, Kurosawa K, Hamura T, Sakaiya T, Shigemori K, Hironaka Y, Sano T, Watari T, Otani K, Matsui T, Sugita S 2014. Production of sulphate-rich vapour during the Chicxulub impact and implications for ocean acidification. *Nature Geoscience*, 7: 279-282.
Osinski GR, Spray JG 2001. Impact-generated carbonate melts: Evidence from the Houghton structure, Canada. *Earth and Planetary Science Letters*, 194: 17-29

- Parkos D, Alexeenko A, Kulakhmetov M, Johnson BC, Melosh HJ 2015. NOx production and rainout from Chicxulub impact ejecta reentry. *J. Geophys. Res. Planets*, 120: 2152-2168.
- Pierazzo E, Melosh HJ 2000. Understanding oblique impacts from experiments, observations, and modeling. *Ann Rev Earth Planet. Sci.*, 28: 141-177.
- Schulte P. et al. 2010. The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary. *Science*, 327: 1214-1218.
- Sharpton VL, Dalrymple G, Marin L, Ryder, Schuraytz GB, Urrutia Fucugauchi J 1992. New links between the Chicxulub impact structure and the Cretaceous/Tertiary boundary, *Nature*, 359: 819-821.
- Sharpton VL et al. 1993. Chicxulub multiring impact basin: Size and other characteristics derived from gravity analysis, *Science*, 261: 1564-1567.
- Urrutia Fucugauchi J, Pérez Cruz L 2009. Multiring forming large bolide impacts and evolution of planetary surfaces. *International Geology Review*, 51(12): 1079-1102.



Bathymetric and Seismic Surveys

CONTEX PROJECT 2018-38B

"A gateway revealed: understanding the history off low through the Florida Straits"

James Austin
Jaime Urrutia Fucugauchi
Christopher Lowery
Ligia Pérez Cruz
Luz Adriana Arredondo Godínez

The SE-GoM - ENEPY geophysical campaign "A Gateway Revealed: Understanding the History of Flow Through the Florida Straits" was carried out from July 17 to 26 on board UNAM research vessel RV Justo Sierra. High vertical resolution multichannel seismic reflection data, as well as multibeam bathymetric data, were acquired to investigate the presence, extent, and age of current AMOC-related features in the southeastern Gulf of Mexico and correlate them with specific climatic and tectonic events.

The Loop Current in the eastern Gulf of Mexico plays a central role in the regional and global climate. Through collaborative analyses and interpretations, which are the foci of this proposal, of new geophysical data from this region, and through planned scientific ocean drilling these data will support, we will investigate the following hypotheses:

Changes in GoM circulation through time are recorded in Mesozoic-Recent sediments preserved in the western approaches to the Florida Straits.

Imaging and sampling these deposits, both sediments and underlying basement, will allow us to determine when the modern LC was established, what hydrographic regime came before it, and how that evolution relates to the formation of the crucial gateway linking the South Atlantic/ Caribbean/southeastern GoM basin with the North Atlantic.

3. Recorded changes in circulation in the western FS can be related to global climatic and regional tectonic events elsewhere, with the ultimate objective of understanding how the Earth's present warming phase relates to previous such episodes documented for the Cretaceous and the Paleocene-Eocene.

Hypothesis 3 makes this investigation relevant to global climate studies, addressing the potential to understand anthropogenic input to modern climate evolution using past, naturally-driven examples of similar warming.

Based on the morphology, we may elucidate the surface hydrologic processes and environmental conditions across the peninsula during global glacial conditions. The bedform morphology of these sediments will provide information on current hydrodynamic conditions (bottom currents) and the signals of hurricanes and tropical storms that transport a significant amount of sand.

The bathymetric survey included the area in the Yucatan Platform (Fig. 1), following the procedure for multibeam data collection described below.

Bathymetric Survey

1. Quality control and corrections to echo soundings

Before the cruise, the operation of the hydroacoustic (echo sounders), hydrographic (CTD and SVP), and navigation (Seapath) systems were checked to ensure they were operating correctly.

Software in the hydroacoustic instruments was updated, and communication systems were configured to ensure good transmission. The configurations of the parameters in the different systems were adjusted and backed up. The multibeam (Kongsberg EM302 and EM2040C) and single beam (EA640) echo sounders (MBES); the sub-bottom profiler (TOPAS PS18); positioning, and navigation system (the Seapath 330+), and the Synchronization Unit (the K-sync) were appropriately configured and synchronized.

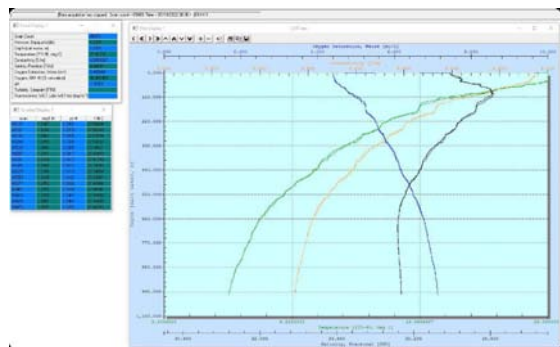


Fig. 4. Ascent and descent profiles prior to corrections

3. Data acquisition

The bathymetric survey was in the SE of the Gulf of Mexico, on the northern end of the Yucatan platform, near the NE edge of the Campeche escarpment, in the region between 23°51.18' N and 24° 14.58' N latitude, and between 86°34.14' W and 87°48' W longitude.

The original survey planning consisted of 19 lines (Fig.5) of which 4 had orientation from NW to SE and 15 from SW to NE.

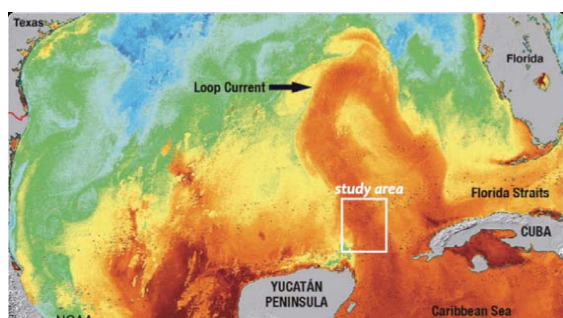


Fig. 5. Study area

To optimize the acquisition time and obtain a wide coverage of the study area, the plan was modified reducing the lines to 8, of which 2 had a NW to SE orientation and 6 from SW to NE (Fig. 6).

The main survey planning was created using the Seafloor Information System from the Kongsberg EM302 MBES (Fig. 7).

The survey was undertaken using a 300 kHz Kongsberg EM302 multibeam echosounder (MBES) onboard UNAM research vessel RV Justo Sierra. This MBES is designed to perform mappings between 10

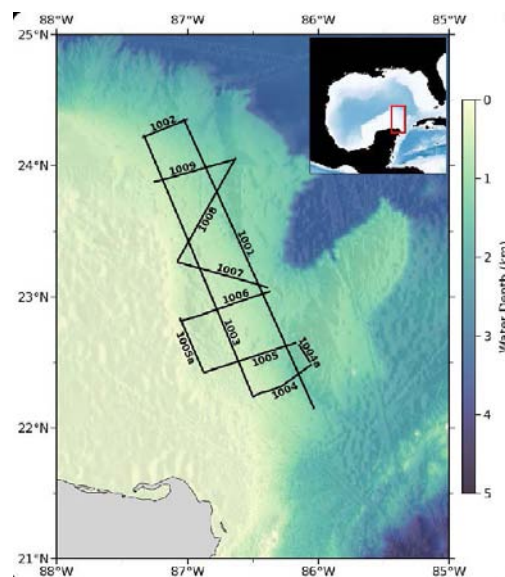


Fig. 6. Final seismic and bathymetric survey planning

and 6,000 m deep, establishing the parameters of operation, data acquisition, and graphic display for an efficient survey.

The EM302 MBES settings were optimized for the expected water depths in the survey area and to maximize swath coverage to ensure accuracy and efficiency; it operated with its standard frequency of 300 kHz. The angular range was set to 120°, with a central HD distribution pattern of 60°/60°, allowing a coverage of ~3,000 m depth.

The distance between longitudinal lines was 18.15 nm. For the NW-SE oriented lines, the distance between them was ~136 nm, while those oriented from SW to NE were ~42.88 nm, covering an approximate area of 18,195.54 km². The maximum depths recorded

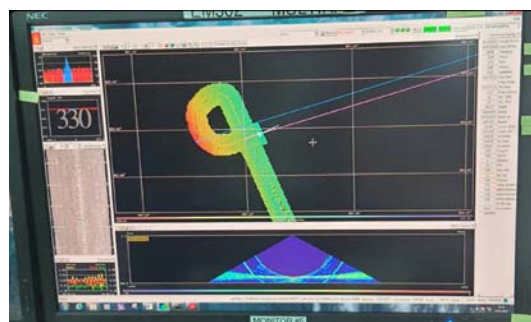


Figure 7 | Bathymetric data acquisition

in the area were 2,931 m and the minimum of 211 m with an acquisition speed of ~4 kt during the entire survey.

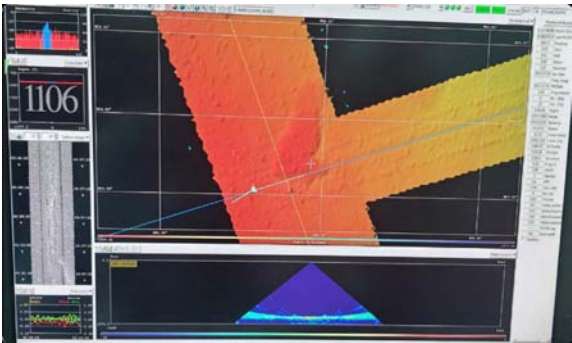


Fig. 8. Bathymetric data acquisition overlapping only at lines crossings

Fig. 9. Acquisition of bathymetric data and TOPAS PS18 profiler same section

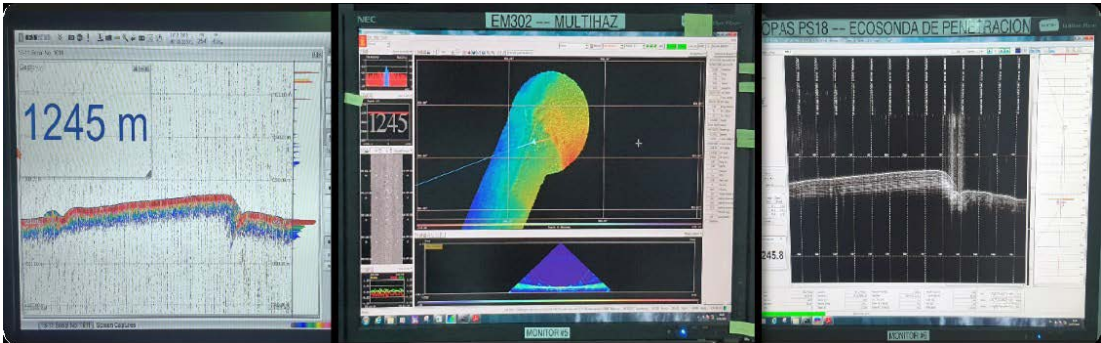
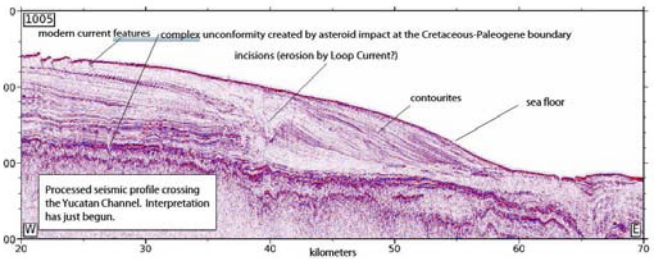
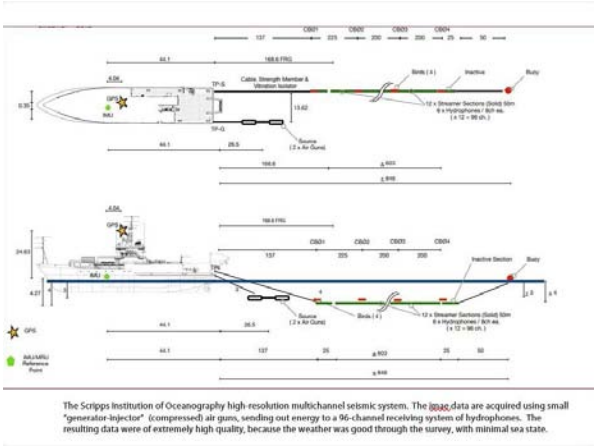


Fig. 10. Example of bathymetric acquisition with the EA600 and EM302 MBES and TOPAS PS18

Next

The data will be processed by UNAM students using the Software Qimera ver 2.5, this will allow describing the main features in the area and their interpretation.





Participants of the Cruise SE GOM-ENEPY1, on board of UNAM R/V “Justo Sierra”

In addition to the bathymetric survey with the MBES, sub-bottom profiler records were obtained with TOPAS at 18 kHz (Fig. 9).

Through an “external” trigger mode and a chirp pulse type (LMF) achieved a penetration of ~25 m below the seabed (Fig.10). At the beginning of the survey, the equipment presented very noisy data, probably due to the seismic source, however, by modifying and synchronize the parameters through the K-sync unit, the acquisition improved.

guez Gómez, Secretary of Sustainable Development. To the maritime authorities, Vice-Admiral Raymundo Pedro Morales Ángeles, Command of the Ninth Naval Zone of Progreso, Admiral Jorge Carlos Ankle Rodríguez, General Director of ASIPONA, and Capitan Miguel Ángel Martínez Hernández, Master Harbor of Progreso, for their invaluable support for a safe navigation.

Thanks, to Master David Calles Castillo and the R/V “Justo Sierra” crew for their support in completing the course of the cruise.

Acknowledgments

We express our sincere thanks to the following people, without whom this project would not have been possible:

To Lee Ellett, Kolby Pedrie, Brendon Mendenhall, Nick Benz, Doug Penny from Scripps for their support in the Multichannel Seismic Facility, and Ray Hatton, Compressor Technician.

To the government authorities of the Estate of Yucatan: Rafael Combaluzier Medina, Secretary of Sustainable Fisheries and Aquaculture, Sayda Melina Rodri-



1/junio

Inversión por recristalización simulada del campo vectorial-tensorial gravitacional para la exploración de yacimientos subsalinos.

Rodrigo Negrete Juárez

15/junio

Deconvolución de Euler y Espectro radial: exploración de soluciones por ventanas y criterios de selección de fuentes.

Nohemí Elbeth Pérez Hernández

22/junio

Detección de riesgos someros estructurales en el Complejo Cantarell con atributos sísmicos.

Karina Daffné Piña González

27/julio

Análisis de núcleos de la secuencia carbonatada Cretácica, pozo Yaxcopoil-1, Chicxulub.

Pablo Sánchez Solís

10/agosto

Inversión de perfiles gravimétricos: algoritmo de Talwani y algoritmos genéticos.

Carlos Alfonso Rosales Armendáriz

24/agosto

Inversión 3D del campo gravimétrico: operadores de realce de bordes como función de costo vs inversión tensorial.

Axel Xavier Lara Omaña

7/septiembre

Corrección NMO para eventos hiperbólicos y no hiperbólicos libre de efecto stretch.

Alberto Rivera Magaña

21/septiembre

Interpretación de datos sísmicos: lógica, difusa y técnicas de procesamiento de imágenes.

Elisa López Cruz

5/octubre

Análisis espectral del campo magnético y gravimétrico para la estimación de profundidades a partir del espectro radial y la deconvolución de Euler.

Leonel Gerardo Velázquez García

19/octubre

Propagación de ondas en medios bifásicos sólido- fluido: esquema pseudo espectral y diferencias finitas.

Omar Alejandro Aguilar Sánchez

9/noviembre

Caracterización y comparación de propiedades magnéticas de rocas del magmatismo intraplaca Pliocuaternal entre los campos volcánicos: Moctezuma, Camargo y Las Esperanzas-Las Coloradas- Ocampo, Norte de México.

Leonardo de Santiago de León Figueroa

23/noviembre

Inversión gravimétrica-magnética por recristalización simulada del volcán Xico.

Yolaly Amilania Correa López

7/diciembre

IICEAC Chicxulub - Nuevos métodos, proyectos y perspectivas.

Jaime Urrutia Fucugachi



12:00 h



<https://cuatreced-unam.zoom.us/j/86784567366?pwd=MUQ0WWY2V1VxeGtqWFNMR3dFYnYyUT09>

ID de reunión: 867 8456 7366 Código de acceso: 673609

Revista Ingeniería Petrolera

<https://www.aipmac.org.mx/>

<https://www.aipmac.org.mx/editorial/revista-ingenieria-petrolera/ediciones-2022/>

Publicaciones



Asociación de Ingenieros
Petroleros de México, A. C.

REVISTA INGENIERÍA PETROLERA 2022, 62(6)
noviembre-diciembre

344-355

Litologías y física de rocas del Mioceno Temprano en la Cuenca Salina del Istmo, México

Manuel González Quijano, Lorenzo Villalobos, Gregor Baechle, Miguel Yanez, Freddy Obregón

356-365

Incremento del tiempo de vida útil en equipos de bombeo electrocentrífugo, aplicados en yacimientos de aceite pesado

Juan Ramón Rojano Reyes, Ángel Salazar Munive

366-385

Análisis de anisotropía y drene mediante pruebas de interferencia en un yacimiento naturalmente fracturado HP/HT

José María Petriz Munguía

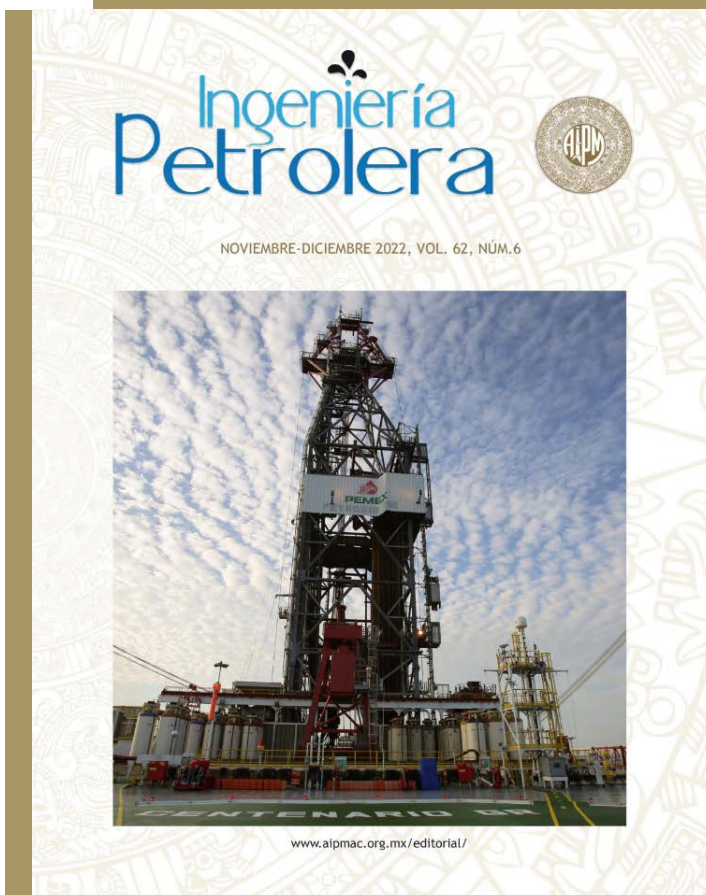
386-398

Relevancia del gas para optimizar los factores de recuperación de yacimientos, su rentabilidad y producción de HC livianos

José Luis Bashbush Bauzo

399-401

Artículos publicados durante del año 2022



Consorcio Universidades por la Ciencia



Consortio Universidades por la Ciencia conferencias



CICLO DE CONFERENCIAS | CONSORCIO UNIVERSIDADES POR LA CIENCIA

AÑO INTERNACIONAL DE LAS CIENCIAS BÁSICAS EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE

OPTOCEPCIÓN: ¿CÓMO EXPERIMENTAN LOS ANIMALES LAS ESTIMULACIONES CEREBRALES?

DR. RANIER GUTIÉRREZ
Departamento de Farmacología, Cinvestav IPN

Coordinan: Lic. Dionisio A. Meade, Dr. Jaime Urrutia y Dra. Araxi Urrutia

MARTES 22 DE NOVIEMBRE DE 2022, 12:00 HORAS TIEMPO CENTRO DE MÉXICO

Transmisión por: www.facebook.com/fundacion.unam

CICLO DE CONFERENCIAS | CONSORCIO UNIVERSIDADES POR LA CIENCIA

AÑO INTERNACIONAL DE LAS CIENCIAS BÁSICAS EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE

CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD

ANATOMÍA DE UNA...

DR. JAIME M...
Universidad Autónoma de México

Coordinan: Lic. Dionisio A. Meade, Dr. Jaime Urrutia y Dra. Araxi Urrutia

MARTES 22 DE NOVIEMBRE DE 2022, 12:00 HORAS TIEMPO CENTRO DE MÉXICO

Transmisión por: www.facebook.com/fundacion.unam

CICLO DE CONFERENCIAS | CONSORCIO UNIVERSIDADES POR LA CIENCIA

AÑO INTERNACIONAL DE LAS CIENCIAS BÁSICAS EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE

CONSTRUYENDO MOLÉCULAS PARA LA EXPLORACIÓN DEL ESPACIO QUÍMICO

DR. LUIS DEMETRIO MIRANDA
Instituto de Química

Coordinan: Lic. Dionisio A. Meade, Dr. Jaime Urrutia y Dra. Araxi Urrutia

MARTES 22 DE NOVIEMBRE DE 2022, 12:00 HORAS TIEMPO CENTRO DE MÉXICO

Transmisión por: www.facebook.com/fundacion.unam

CICLO DE CONFERENCIAS | CONSORCIO UNIVERSIDADES POR LA CIENCIA

AÑO INTERNACIONAL DE LAS CIENCIAS BÁSICAS EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE

EXPLOSIONES VIOLENTAS EN LA GALAXIA: ¿FUSIONES DE PROTOESTRELLAS MASIVAS?

DR. LUIS ZAPATA
Instituto de Radioastronomía y Astrofísica, UNAM Campus Morelia

Coordinan: Lic. Dionisio A. Meade, Dr. Jaime Urrutia y Dra. Araxi Urrutia

MARTES 22 DE NOVIEMBRE DE 2022, 12:00 HORAS TIEMPO CENTRO DE MÉXICO

Retransmisión por: www.facebook.com/fundacion.unam.mx, www.youtube.com/user/FUNDUNAM, www.funam.mx

CICLO DE CONFERENCIAS | CONSORCIO UNIVERSIDADES POR LA CIENCIA

AÑO INTERNACIONAL DE LAS CIENCIAS BÁSICAS EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE

ALERTAMIENTO TEMPRANO DE SISMOS EN COSTAS MEXICANAS: NUEVAS TECNOLOGÍAS

DR. JACELYN VARGAS
Geology Services, Reading, Reino Unido

Miércoles 30 de noviembre 12:00 p. m. (hora CDMX)

Coordinan: Lic. Dionisio A. Meade, Dr. Jaime Urrutia y Dra. Araxi Urrutia

Participan: **Dionisio Meade** (Fundación UNAM), **Aroceli Rodríguez** (Fundación UNAM), **Araxi Urrutia Odabachian** (Instituto de Ecología - UNAM)

MARTES 22 DE NOVIEMBRE DE 2022, 12:00 HORAS TIEMPO CENTRO DE MÉXICO

Transmisión por: www.facebook.com/fundacion.unam

CICLO DE CONFERENCIAS | CONSORCIO UNIVERSIDADES POR LA CIENCIA

AÑO INTERNACIONAL DE LAS CIENCIAS BÁSICAS EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE

EL ENREDAMIENTO CUÁNTICO: DE SU DESCUBRIMIENTO E INCREDULO A SU CUANTIFICACIÓN Y UTILIZACIÓN POR LAS TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS

DR. LUIS OROZCO
Membres del El Colegio Nacional

Jueves 8 de diciembre 12:00 p. m. (hora CDMX)

Coordina: **Jaime Urrutia Fucugauchi**
Membres del El Colegio Nacional

Importe: **Luis Orozco**

ACTIVIDAD VIRTUAL GRATUITA
Transmisión en línea www.coln.mx

CICLO DE CONFERENCIAS | CONSORCIO UNIVERSIDADES POR LA CIENCIA

AÑO INTERNACIONAL DE LAS CIENCIAS BÁSICAS EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE

THE NADIR CRATER OFFSHORE WEST AFRICA: A NEW CANDIDATE K-Pg IMPACT STRUCTURE

PROFESSOR UISDEAN NICHOLSON
Heriot-Watt University, Edinburgh, UK

Coordinan: Lic. Dionisio A. Meade, Dr. Jaime Urrutia y Dra. Araxi Urrutia

MARTES 6 DE DICIEMBRE DE 2022, 12:00 HORAS TIEMPO CENTRO DE MÉXICO

Transmisión por: www.facebook.com/fundacion.unam.mx, www.youtube.com/user/FUNDUNAM, www.funam.mx



El Colegio Nacional

Consorcio Universidades por la Ciencia documentales

Noticias

NUESTRA NUEVA REALIDAD
Jueves de Ciencia
DOCUMENTAL COMENTADO EN VIVO POR EXPERTOS
MUSICALMENTE CULINARIO
HÉCTOR BERLIOZ:
DESDE UNA VIDA DE ARTISTA
De Georg Madeja
Comentado por: Dr. Adolfo Martínez Palomo
17 de noviembre | 15:00 horas.
Transmisión por:
tv-unam
201 de televisión abierta | (22) 201
Totalplay 020 | Megacable 120 | Sky 120
Con la presencia de:
Lic. Dionisio A. Meade
Lic. Araceli Rodríguez
Dr. Jaime Urrutia
Dra. Araxi Urrutia
www.facebook.com/fundacion.unam.mx
www.youtube.com/user/FUNDUNAM
www.funam.mx

NUESTRA NUEVA REALIDAD
Jueves de Ciencia
DOCUMENTAL COMENTADO EN VIVO POR EXPERTOS
MUSICALMENTE CULINARIO
MOZART Y DA PONTE
De Georg Madeja
Comentado por: Dr. Adolfo Martínez Palomo
Con la presencia de:
Lic. Dionisio A. Meade, Lic. Araceli Rodríguez,
Dr. Jaime Urrutia, Dra. Araxi Urrutia
3 de noviembre | 15:00 horas.
Transmisión por:
tv-unam
201 de televisión abierta | (22) 201
Totalplay 020 | Megacable 120 | Sky 120
www.facebook.com/fundacion.unam.mx
www.youtube.com/user/FUNDUNAM
www.funam.mx

NUESTRA NUEVA REALIDAD
Jueves de Ciencia
DOCUMENTAL COMENTADO EN VIVO POR EXPERTOS
MUSICALMENTE CULINARIO
GIOACHINO ROSSINI
EL CISNE DE PÉSARO
De Georg Madeja
Comentado por: Dr. Adolfo Martínez Palomo
10 de noviembre | 15:00 horas.
Transmisión por:
tv-unam
201 de televisión abierta | (22) 201
Totalplay 020 | Megacable 120 | Sky 120
Con la presencia de:
Lic. Dionisio A. Meade
Lic. Araceli Rodríguez
Dr. Jaime Urrutia
Dra. Araxi Urrutia
www.facebook.com/fundacion.unam.mx
www.youtube.com/user/FUNDUNAM
www.funam.mx

NUESTRA NUEVA REALIDAD
Jueves de Ciencia
DOCUMENTAL COMENTADO EN VIVO POR EXPERTOS
MUSICALMENTE CULINARIO
PUCCINI Y LUCCA MASTER
De Georg Madeja
Comentado por: Dr. Adolfo Martínez Palomo
Con la presencia de:
Lic. Dionisio A. Meade, Lic. Araceli Rodríguez,
Dr. Jaime Urrutia, Dra. Araxi Urrutia
8 de diciembre | 15:00 horas.
Transmisión por:
tv-unam
201 de televisión abierta | (22) 201
Totalplay 020 | Megacable 120 | Sky 120
www.facebook.com/fundacion.unam.mx
www.youtube.com/user/FUNDUNAM
www.funam.mx

NUESTRA NUEVA REALIDAD
Jueves de Ciencia
DOCUMENTAL COMENTADO EN VIVO POR EXPERTOS
MUSICALMENTE CULINARIO
VERDI Y LA EMILIA-RO
De Georg Madeja
Comentado por: Dr. Adolfo Martínez Palomo
1 de diciembre | 15:00 horas.
Transmisión por:
tv-unam
201 de televisión abierta | (22) 201
Totalplay 020 | Megacable 120 | Sky 120
Con la presencia de:
Lic. Dionisio A. Meade
Lic. Araceli Rodríguez
Dr. Jaime Urrutia
Dra. Araxi Urrutia
www.facebook.com/fundacion.unam.mx
www.youtube.com/user/FUNDUNAM
www.funam.mx

NUESTRA NUEVA REALIDAD
Jueves de Ciencia
DOCUMENTAL COMENTADO EN VIVO POR EXPERTOS
MUSICALMENTE CULINARIO
STRAUSS DE VIENA
De Georg Madeja
Comentado por: Dr. Adolfo Martínez Palomo
24 de noviembre | 15:00 horas.
Transmisión por:
tv-unam
201 de televisión abierta | (22) 201
Totalplay 020 | Megacable 120 | Sky 120
Con la presencia de:
Lic. Dionisio A. Meade
Lic. Araceli Rodríguez
Dr. Jaime Urrutia
Dra. Araxi Urrutia
www.facebook.com/fundacion.unam.mx
www.youtube.com/user/FUNDUNAM
www.funam.mx



2023

ENERO

L	M	M	J	V	S	D
					1	
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

FEBRERO

L	M	M	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28				

MARZO

L	M	M	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

ABRIL

L	M	M	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

MAYO

L	M	M	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

JUNIO

L	M	M	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

JULIO

L	M	M	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

AGOSTO

L	M	M	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

SEPTIEMBRE

L	M	M	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

OCTUBRE

L	M	X	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

NOVIEMBRE

L	M	M	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

DICIEMBRE

L	M	M	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y ESTUDIOS AVANZADOS CHICXULUB



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y ESTUDIOS AVANZADOS CHICXULUB
PARQUE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO DE YUCATÁN

CARRETERA SIERRA PAPACAL KM. 5
CP 97302 SIERRA PAPACAL, MÉRIDA, YUCATÁN





Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior

Mtro. Mauricio Cámara Leal

Dirección General de Investigación e Innovación

Mtro. Gerardo Vela Monforte



Parque Científico Tecnológico de Yucatán

Mtra. Vanessa Burgos Alonso



Instituto de Investigación Científica y Estudios Avanzados Chicxulub

Jaime Urrutia Fucugauchi

Ligia Pérez Cruz

IICEAC

Yoaly Amilania Correa López

Liliana Judith Cruz Cruz

Daniela Montejó Ocaña

Rodrigo Negrete Juárez

Carlos Ortiz Alemán

Daffne Karina Piña González

Pablo Sánchez Solís

Araxi Urrutia Odabachian

Leonel Velázquez García

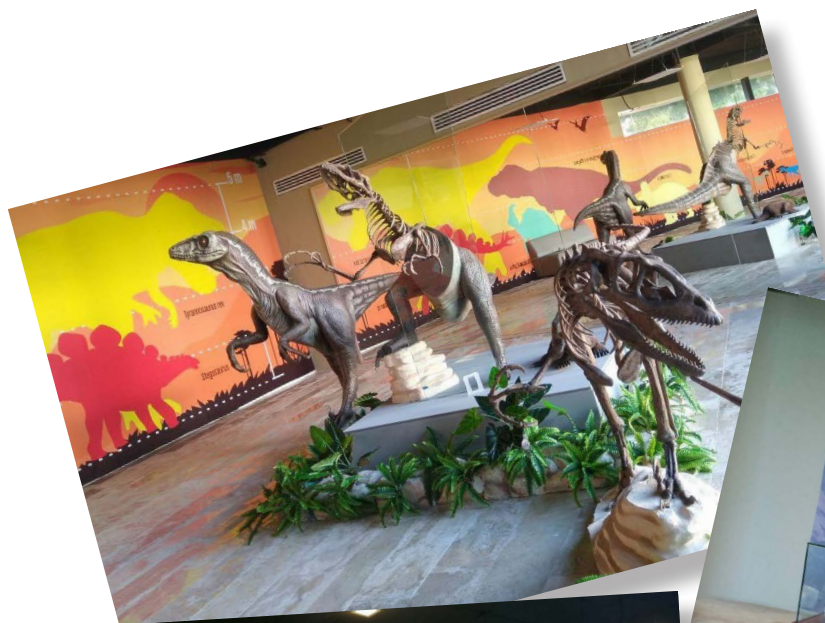
Julián Zapotitla Román

El Instituto de Investigación Científica y Estudios Avanzados Chicxulub - IICEAC es una dependencia descentralizada de la Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior (SIIES) del Estado de Yucatán. El IICEAC tiene entre sus objetivos realizar investigación, divulgación científica y formación de recursos especializados en ciencias de la Tierra, planetarias y biológicas.

El IICEAC está localizado en el Parque Científico y Tecnológico de Yucatán y cuenta con un conjunto de laboratorios, una Litoteca y el Museo de Ciencias Chicxulub. Las actividades del IICEAC están dirigidas a contribuir y ampliar las programas y capacidades de investigación científica y educación superior. El IICEAC realiza investigaciones inter- y multidisciplinarias en ciencias físico-matemáticas, naturales e ingenierías, permitiendo ampliar las capacidades en investigación, innovación y formación de recursos humanos de alto nivel, con una estructura que incorpora una planta técnica y un programa de académicos visitantes.

Los programas de investigación Chicxulub comprenden un amplio espectro multidisciplinario, que incluye estudios en la península de Yucatán y Golfo de México. Estas capacidades dan sustento a la propuesta de creación del IICEAC y forman una base sólida para un rápido desarrollo. Los programas de investigación y construcción de los laboratorios forman parte de la colaboración institucional con las instituciones de investigación y educación superior, en particular con la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Autónoma de Yucatán, en el marco de los programas de cooperación nacional e internacional, los planes de desarrollo peninsular y el sistema de investigación e innovación SIIDETAY. Cuenta con instalaciones y laboratorios en el Parque Científico y Tecnológico que incluyen la Litoteca Chicxulub, seis laboratorios y el Museo de Ciencias Chicxulub.

Las investigaciones abarcan proyectos de exploración geofísica, geológica, ciencias planetarias, paleontológicas y de perforaciones. Los proyectos cuentan con financiamiento externo dentro de programas internacionales de cooperación, que agrupan investigadores y estudiantes de distintos países. En la fase inicial se realizan estudios de geofísica, geología, ciencias planetarias, paleobiología, paleoceanografía y desarrollo tecnológico.



● Museo de Ciencias del Cráter Chicxulub

Gaceta CHICXULUB

Publicación bi-mensual
Instituto de Investigación Científica
y Estudios Avanzados Chicxulub
Consejo Editorial

Jaime Urrutia Fucugauchi
Ligia Pérez Cruz
Araxi Urrutia Odabachian
Vanessa Burgos Alonso
Raúl Godoy Montañez



**Parque Científico y
Tecnológico de Yucatán**

PARQUE CIENTÍFICO Y
TECNOLÓGICO DE YUCATÁN,
Carretera Mérida-Sierra Papacal km 5, C.P. 97302,
Mérida, Yucatán, México

<http://www.craterchicxulub.com.mx/en>,
<http://pcty.com.mx/>



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y
ESTUDIOS AVANZADOS CHICXULUB



SIIES

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN,
INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN
SUPERIOR 2018 - 2024

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN,
INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN
SUPERIOR
Calle 8, No. 347, San Esteban, 97149
Mérida, Yucatán, México
<https://siies.yucatan.gob.mx/>