



La enseñanza de los foraminíferos a través de modelos tridimensionales en la carrera de ingeniería geológica de ESIA unidad “Ticomán”

Rubén Jesús Tovilla Quesada^{1a}, Pedro Lule López^{2 a}, Luis Abraham Ramírez Barrios^{3b}, Maicky Isaac Ramírez Rojas^{4c}, Fernando Aguirre Bahena^{5d}

^aInstituto Politécnico Nacional, Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 2 “Miguel Bernard”
Av. Nueva Casa de la Moneda 133, Lomas de Sotelo, Miguel Hidalgo, CDMX. 1^a, 2^a

^bInstituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura unidad Ticoman “Ciencias de la Tierra”
Calz. Ticomán 600, La Purísima Ticoman, Gustavo A Madero, CDMX.3^b

^cInstituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
Prolongacion Manuel Carpio y Plan de Ayala s/n, Santo Tomas, Miguel Hidalgo, CDMX.4^c

^dInstituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas
Avenida Instituto Politecnico Nacional SN, Playa Palo de Santa Rita, 23096 La Paz, B.C.S. 5^d

ARTICLE INFO

Received: Agosto 15, 2019
Accepted: September 20, 2019
Available on-line: junio 6, 2020

Keywords: Foraminifera, 3d modeling, teaching of science
E-mail addresses:
investigacionmb2@gmail.com
plule@ipn.mx
singum320@gmail.com
maicky.ramirez31@gmail.com
faguirrebahena@gmail.com

ISSN 2007-9842

© 2019 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

In the Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura unit "Ticomán" is the School of the Instituto Politecnico Nacional specializing in Earth Sciences, in which we find geological engineering, geophysical engineering, petroleum engineering and topography engineering.

This work is focused on the improvement of teaching about foraminifera, in the career of geological engineering using computerized three-dimensional modeling. The foraminifera are organisms of great importance in the career of geological engineering, since they give us a wide range of information on topics such as oil fields, geobiology, stratigraphy, etc. At the same time it shows the importance of creating a three-dimensional drawing as an indispensable tool to know and explain the most complicated aspects of the skeleton of microscopic beings. Showing how ingenuity and artistic talent helps the study of foraminifera.

La Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura unidad “Ticomán” es la Escuela del Instituto Politécnico Nacional que cuenta con la especialidad en ciencias de la Tierra, en el cual se encuentran ubicadas las siguientes ingenierías: geológica, geofísica, petrolera y topografía.

Este trabajo está centrado en el mejoramiento de la enseñanza sobre los foraminíferos, utilizando modelados tridimensionales computarizados en la carrera de ingeniería geológica. Los foraminíferos son organismos de gran importancia ya que estos proveen un gran rango de información en temáticas como yacimientos petroleros, geobiología, estratigrafía, medio ambiente, entre otros. A la vez se muestra la importancia de crear un dibujo en tres dimensiones como herramienta indispensable para conocer y explicar los aspectos más complejos del esqueleto de estos seres microscópicos.

I. INTRODUCCIÓN

Los foraminíferos constituyen en un grupo de organismos cuya abundancia es alta en el registro fósil, a lo largo del tiempo geológico, evolución, complejidad y tamaño los convierte en una herramienta para el estudio de la historia de la Tierra. Para conocer a este grupo de organismos, se analizan las principales características, su ciclo de vida y las

condiciones ecológicas. Estos organismos son de gran importancia para varias ciencias (biología, geología, etc.) proporcionando información crucial. Entre la información que nos pueden aportar están, la datación de los diferentes estratos de la Tierra, bioindicadores de yacimientos petroleros, indicadores de condiciones ambientales, etc.

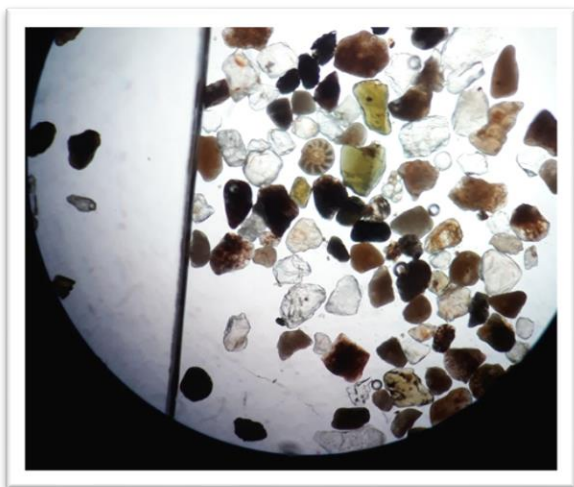


Figura 1: Muestra de arena bajo microscopio

Las pruebas de foraminíferos pueden ser muy abundantes; en el océano moderno comprenden más del 55% de Ártico biomasa y más del 90% de la biomasa de aguas profundas. En marino sedimentos, las pruebas de foraminíferos típicamente varían de unos pocos individuos por kilogramo a la formación de rocas Globigerina exudado y caliza Nummulítica. Los foraminíferos son importante como indicadores bioestratigráficos en marina rocas de la edad paleozoica tardía, mesozoica y cenozoica porque son abundantes, diversos y fáciles de estudiar.

II. FORAMINIFEROS

Los foraminíferos son una orden importante de protozoos que viven en el fondo del mar o entre el plancton marino. El tejido blando (citoplasma) de la célula está encerrada en gran parte dentro de un caparazón o prueba compuesta de diversas maneras de materia orgánica secretada (tectina), minerales secretados (calcita, aragonito o sílice) o de partículas aglutinadas. Este caparazón consiste en una única cámara (unilocular) o cámaras múltiples (multiloculares) en su mayoría menos de 1 mm de ancho y cada uno interconectado por una apertura, el foramen, o varias aberturas (forámenes). El grupo, que toma su nombre de estos forámenes, se conoce desde los primeros tiempos del Cámbrico hasta los últimos tiempos, y ha alcanzado su apogeo durante el Cenozoico.

Se clasifican principalmente por la forma de vida:

- Bentónicos: Son aquellos que tienen su ciclo vital en la zona bentónica (fondo marino).
- Planctónicos: Son aquellos que viven en toda la columna de agua de las zonas oceánicas.

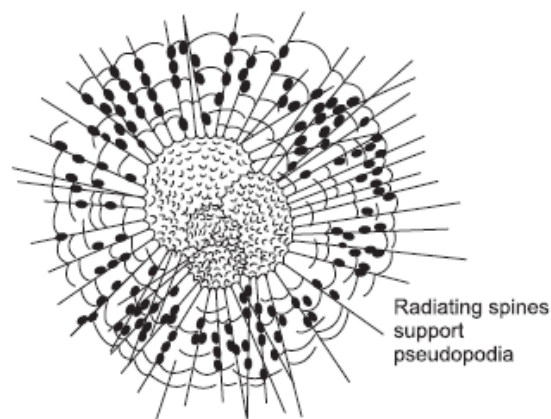


Figura 2: Foraminífero con el citoplasma exterior formando pseudopodos que le permiten alimentarse y fijarse al fondo marino o trasladarse.

III. CICLO DE VIDA

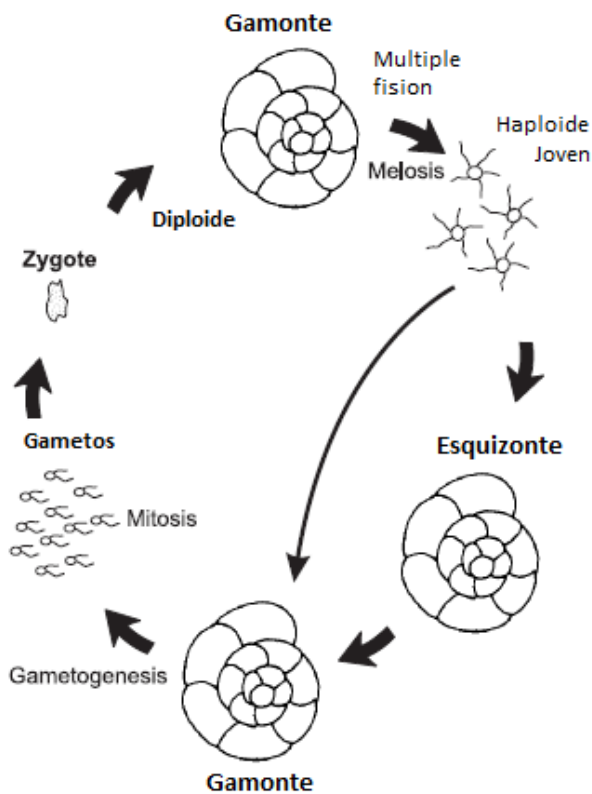


Figura 3: ciclo reproductivo (sexual y asexual) de los foraminíferos

El ciclo de vida de los foraminíferos se caracteriza por una alternancia entre dos generaciones: una generación gamonte que se reproduce sexualmente, y una generación agamonte generación que se reproduce asexualmente.

Mientras que el ciclo de vida puede completarse dentro de un año en latitudes tropicales, puede tomar dos o más años en latitudes más altas. Esta alternancia, sin embargo, no es siempre estrictamente seguido y hay muchas variaciones.

La reproducción asexual en el agamonte comienza con la retirada del citoplasma en la prueba. El citoplasma luego se divide, por fisión múltiple, en numerosos, diminutas células hijas haploides, cada una con un núcleo o varios núcleos que contienen solo la mitad del cromosoma cumplido encontrado en el núcleo padre. Cámara la formación luego comienza y esta nueva generación gamonte se lanza al agua para dispersarse. Cuando madura el citoplasma se retira de nuevo y se divide mitóticamente para formar gametos (gametogénesis) conservando el mismo número de cromosoma haploide como el padre. En la mayoría de los casos, los gametos tienen dos látigos flagelos. Cuando se libera de la prueba de padres, dos los gametos pueden fusionarse (reproducción sexual) para formar el siguiente, generación agamonte con un cromosoma diploide completo número. La prueba de los padres generalmente se deja vacía después de la dispersión de los juveniles. (Armstrong, 2005).

IV. ESIA TICOMAN

Fundada desde 1922 la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA) tuvo el propósito de instruir jóvenes en la ingeniería inclinada hacia la construcción, para 1971 habría una reestructuración académica-administrativa, así creando tres unidades: Zacatenco (Ing. Civil), Tecamachalco (Arquitectura) y Ticoman (Ciencias de la Tierra).

La ESIA unidad Ticoman es de las pocas instituciones las cuales enseñan Ciencias de la Tierra en México.

Cuenta con 4 carreras:

- Ingeniería geológica
- Ingeniería geofísica
- Ingeniería petrolera
- Ingeniería topográfica



Figura 4: Logo de ESIA unidad Ticoman

V. INGENIERÍA GEOLÓGICA

La ingeniería geológica es una rama dentro de la ingeniería que se dedica a estudiar en forma general la Tierra, su origen, composición, estructura interna y evolución histórica. Localizar y explotar racionalmente los recursos naturales del subsuelo, tales como: hidrocarburos, minerales y rocas de importancia económica, agua y vapor subterráneos; todo esto considerando la preservación del medio ambiente. El ingeniero geólogo puede aplicar estos conocimientos en áreas como:

- Geología petrolera
- Geología minera
- Geología ambiental
- Riesgos geológicos
- Geotermia
- Geotecnia
- Vulcanología

VI. PLAN DE ESTUDIOS

El plan de estudios de la ingeniería geológica está hecho para que tenga una duración de 9 a 10 semestres (5 años). El plan está diseñado para que el egresado tengan varias habilidades: Observar, analizar, describir e identificar minerales, rocas, fósiles y estructuras geológicas. Conceptualizar tridimensionalmente las estructuras y los ambientes geológicos. Capacidad de pensamiento concreto y reflexivo. Comunicar oralmente y por escrito los resultados de sus estudios. Analizar, integrar, resumir y sintetizar la información que requiera para la solución de problemas. Manejar equipos y programas de cómputo.

Programa Académico de Ingeniería Geológica						Mapa Reticular					
NIVEL I						NIVEL II					
Cálculo vectorial	3.0	1.5	4.5	8	4	Dinámica de los fluidos geológicos	3.0	1.5	4.5	8	4
Computación para ingenieros	1.5	3.0	4.5	6	4	Economía, recursos y necesidades de México	3.0	0.0	3.0	6	3
Desarrollo profesional y ética	1.5	3.0	4.5	6	4	Estratigrafía	3.0	1.5	4.5	8	4
Ecuaciones diferenciales	3.0	1.5	4.5	8	4	Geología estructural	3.0	1.5	4.5	8	4
Fundamentos Matemáticos	3.0	1.5	4.5	8	4	Geología histórica	4.5	0.0	4.5	9	5
Geobiología	3.0	2.0	5.0	8	5	Geometría descriptiva aplicada a la geología	3.0	1.5	4.5	8	4
Geología física I	3.0	0.0	3.0	6	3	Geomorfología	3.0	0.0	3.0	6	3
Geología física II	3.0	0.0	3.0	6	3	Mecánica de suelos	3.0	2.0	5.0	8	5
Mineralogía general	3.0	3.0	6.0	9	6	Métodos geofísicos de exploración	3.0	1.5	4.5	8	4
Mineralogía óptica	1.5	3.0	4.5	6	4	Métodos matemáticos aplicados a la geología	3.0	1.5	4.5	8	4
Paleontología general	3.0	3.0	6.0	9	6	Micropaleontología	3.0	2.0	5.0	8	5
Petrología ígnea y metamórfica	3.0	3.0	6.0	9	6	Optativa A	1.5	3.0	4.5	6	4
Petrología sedimentaria	2.5	2.0	4.5	7	4	Sedimentología	3.0	2.0	5.0	8	5
Química aplicada a las geociencias	3.0	1.5	4.5	8	4	Totales	39.0	18.0	57.0	99	54
Solución de problemas y creatividad	1.5	3.0	4.5	6	4						
Trabajo en equipo y liderazgo	1.5	3.0	4.5	6	4						
Totales	40.0	34.0	74.0	116	69						
NIVEL III						NIVEL IV					
Geohidrología	3.0	1.5	4.5	8	4	Exploración geohidroológica	4.5	0.0	4.5	9	5
Geología de campo I	1.5	5.0	6.5	8	3	Exploración Minera	3.0	0.0	3.0	6	3
Geología de México	3.0	0.0	3.0	6	3	Geología ambiental y riesgo geológico	4.5	0.0	4.5	9	5
Geoquímica	4.5	0.0	4.5	9	5	Geología de campo II	1.5	5.0	6.5	8	3
Geotectónica	3.0	0.0	3.0	6	3	Geología del Petróleo	4.5	0.0	4.5	9	5
Introducción a la geomecánica	3.0	1.5	4.5	8	4	Manejo de software especializado	1.5	4.5	6.0	8	6
Optativa B	1.5	3.0	4.5	6	4	Optativa C	1.5	3.0	4.5	6	4
Principios de la petrofísica	3.0	0.0	3.0	6	3	Optativa D	1.5	3.0	4.5	6	4
Registros geofísicos de pozos	3.0	1.5	4.5	8	4	Proyecto terminal I	1.5	1.5	3.0	5	3
Sistemas de información geográfica	1.5	4.5	6.0	8	6	Totales	24.0	17.0	41.0	66	38
Taller de cartografía geológica	1.5	3.0	4.5	6	4						
Vasos Minerales	4.5	0.0	4.5	9	5						
Totales	33.0	20.0	53.0	88	48						
NIVEL V											
Electivos				20	20						
Formulación y evaluación de proyectos	1.5	3.0	4.5	6	4						
Métodos geoestadísticos	1.5	1.5	3.0	5	3						
Proyecto terminal II	0.0	4.5	4.5	5	4						
Totales	3.0	9.0	12.0	36	31						

Figura 5: plan de estudios de ingeniería geológica en el IPN

VII. MICROPALAEONTOLOGIA

La micropaleontología es introducida a la carrera de ingeniería geológica durante el tercer semestre, en el cual ya se debieron haber cursado las materias de geobiología y paleontología general, teniendo así los conocimientos suficientes para comprenderla.

La micropaleontología es el estudio de fósiles microscópicos, que incluye el estudio de un gran número de grupos taxonómicamente no relacionados que solo se unen por el hecho de que deben examinarse con un microscopio. Más los microfósiles marinos son protistas, pero otros son partes multicelulares o microscópicas de formas macroscópicas El valor práctico de los microfósiles marinos en varios campos de la geología histórica es realizado por su diminuto tamaño,

su abundante presencia y amplia distribución geográfica en sedimentos de todas las edades y en casi todos los ambientes marinos. (Youssef, 2015).

Debido a su pequeño tamaño y gran abundancia numérica, sedimento relativamente pequeño las muestras generalmente pueden proporcionar datos suficientes para la aplicación de métodos cuantitativos de análisis más rigurosos.

Además, la mayoría de los microfósiles planctónicos y bentónicos tienen distribuciones geográficas amplias que los hacen indispensable para correlaciones y comparaciones regionales, y reconstrucciones paleoceanográficas.

Los microfósiles marinos se encuentran en los sedimentos de

Precámbrico a Edades recientes, y en cada parte de la columna estratigráfica, uno o más grupos pueden siempre será útil para interpretaciones bioestratigráficas y paleoecológicas.

X. MODELOS TRIDIMENSIONALES

Los modelos tridimensionales constituyen excelentes medios didácticos para la enseñanza de diferentes disciplinas y asignaturas técnicas, pues nos brindan una representación muy aproximada a la realidad objetiva (Paz et al., 2002)

Los modelos 3D representan la forma, dimensiones y disposición espacial de elementos. Estos modelos pueden recrear elementos existentes en el presente, hipótesis de situaciones pasadas o proyectos que no llegaron a materializarse.

En cualquier caso, todo modelo tiene dos características fundamentales que definen su utilidad y lo distinguen de otros modelos generados sobre el mismo elemento: el momento temporal al que hace referencia y el nivel de detalle con que representa la realidad a la que se refiere.

Los modelos 3D generalmente tienen un mayor uso en la visualización y fabricación tanto de construcciones (casas, edificios, etc.) hasta piezas pequeñas (engranajes, tornillos, etc.)

XI. METODOLOGÍA

Las muestras de arena son proporcionadas por el Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico de CECYT 2 “Miguel Bernard” en las cuales se encuentran los foraminíferos bentónicos en su mayoría, dichas muestras fueron colectadas en la playa el Farallón que se localiza en el Municipio Actopan del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave México y se encuentra en las coordenadas GPS:

Longitud (dec): -96.410278

Latitud (dec): 19.637500

La localidad se encuentra a una mediana altura de 20 metros sobre el nivel del mar.

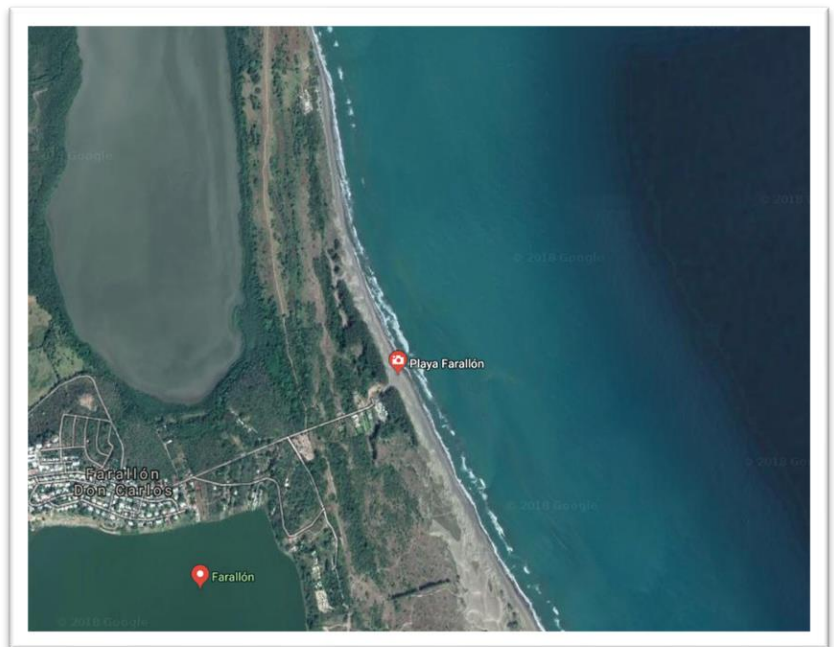


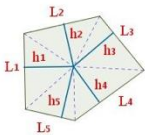
Figura 6: Ubicación geográfica de Playa el Farallón obtenida de Google Maps”

Posteriormente se observaron al microscopio estereoscópico en donde se fotografiaron para así comenzar el modelado en tercera dimensión utilizando para ello los siguientes softwares:

- Adobe photoshop
- Adobe illustrator
- Cinema 4D
- Adobe Premiere Pro

Proceso para modelar en Cinema 4D:

- Elección de la figura geométrica que se más ajuste a la imagen a modelar.
- Se segmenta la figura, con la cantidad apropiada.
- Posterior se hace editable la figura.
- Se modifican los puntos y líneas de los segmentos para dar la forma deseada a la figura geométrica. En este caso se utilizó un cilindro y una esfera, para calcular el área del foramen, se utilizó la expresión matemática:



$$\text{Área} = \frac{L_1 \cdot h_1}{2} + \frac{L_2 \cdot h_2}{2} + \dots + \frac{L_n \cdot h_n}{2}$$

- Una vez acabado el proceso de transformación se aplican texturas las cuales vanean según el carácter deseado.
- Se aplican luces para que se observe el objeto modificando los ángulos en que la luz irradia en los objetos.
- Para realizar el renderizado, se necesita editar la configuración para así poder tener el formato deseado del modelado.
- Por último se render.



Figura 7: Playa el Farallón



Figura 8: Microscopio estereoscópico

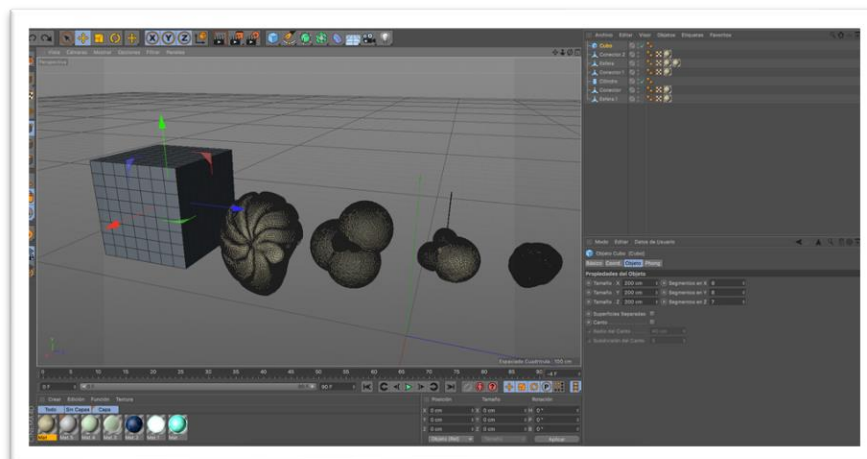


Figura 9: Proceso de modelado

realiza el

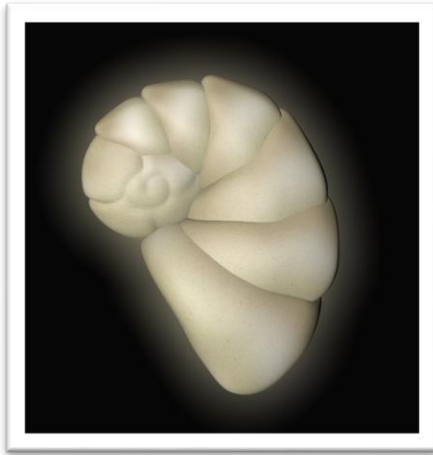


Figura 10: Modelo de foraminífero en cinema 4D

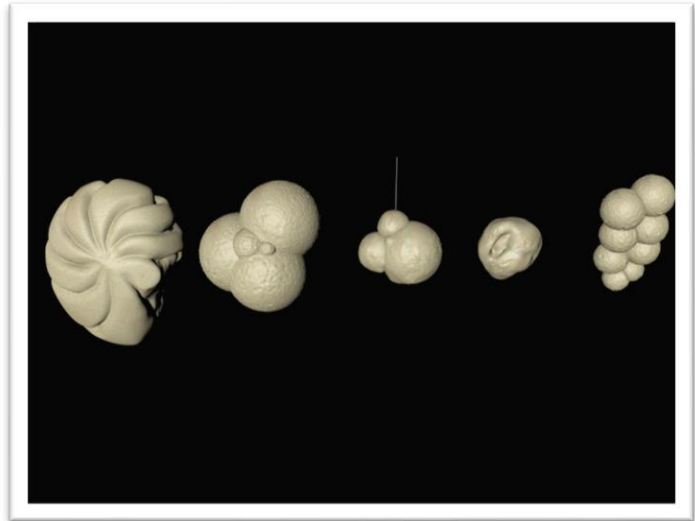


Figura 11: Modelados de foraminíferos en Cinema 4D

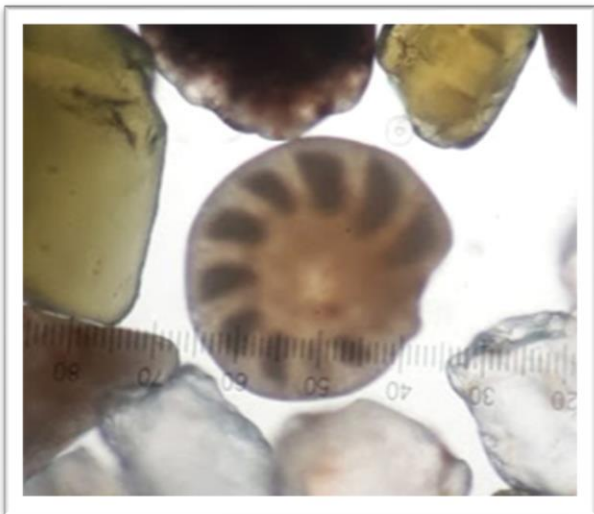


Figura 12: Foraminífero bajo microscopio

XI. CONCLUSIONES

Los modelos 3D son una gran herramienta que podría tener en la educación, al ser una representación que se parece a la realidad podría facilitar el aprendizaje.

La micropaleontología se basa en la identificación de los microorganismos fosilizados en la roca (foraminíferos, plancton, radiolarios, etc.)

Con esta información se puede saber el tiempo y ambiente en el cual se formó la roca.

Los foraminíferos son de las especies con mayor diversidad en la fauna marina contando con aproximadamente 3000 especies, esto implica que tienen una gran cantidad de formas, composición y tamaños.

La materia de micropaleontología de la ESIA Ticoman tiene varias prácticas de laboratorios y de campo, en las cuales el objetivo principal es identificar los foraminíferos presentes. Uno de los problemas al estar estudiando la roca, los microfósiles se encuentran en diferentes direcciones o están incompletos, los modelos 3D nos mostrarían los detalles en sus estructuras.

En la figura 13 podemos ver varios cortes de un foraminífero de la misma especie, se observa como su forma cambia dependiendo del ángulo

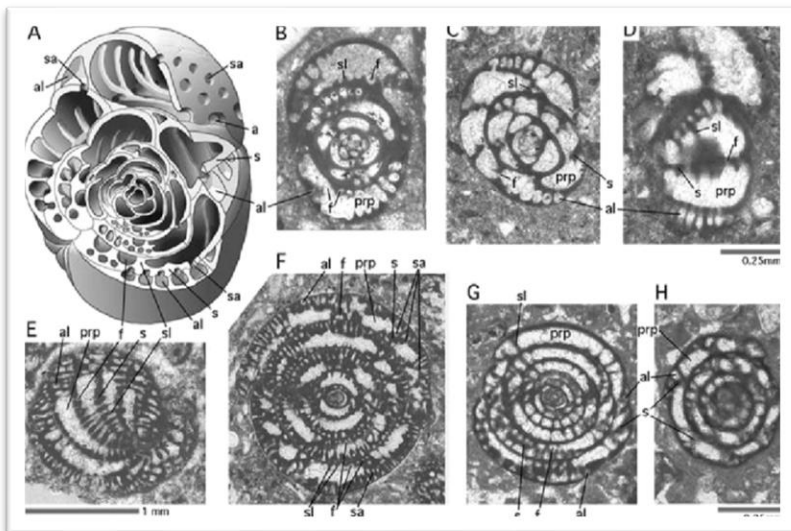


Figura 13: Foraminífero en 3D y diferentes cortes en ángulos distintos
Modelo hecho Lukas Hottinger

en el que se vea, el modelo 3D que tenemos nos muestra las diferentes cámaras y cavidades del foraminífero permitiéndonos comprobar que especie es.

AGRADECIMIENTOS

AL INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

Agradecemos al Instituto Politécnico Nacional por habernos forjado, para ser útiles a una sociedad que exige personas preparadas que ayuden a salir adelante a este país.

AL CENTRO DE ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS NO. 2 “MIGUEL BERNARD”

Agradecemos al C.E.C.Y.T. 2, nuestra segunda casa, por brindarnos la oportunidad de seguir adelante con nuestra educación, hemos aprendido diversos conocimientos, algunos que reforzamos y otros de los cuales habíamos escuchado, pero nos dimos la tarea de investigarlo.

A LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA UNIDAD “TICOMAN”

Agradezco a la ESIA por darme la oportunidad de aprender los conocimientos de las Ciencias de la Tierra.

REFERENCIAS

- Armstrong, H. (2005). *Microfossils*. United Kingdom. Blackwell Publishing.
- Frascara, J. (2000). *Diseño Gráfico y comunicación*. Buenos Aires: Infinito.
- Graham, D. (1978). *Applied Micropalaeontology*. United Kingdom. Springer-Science.
- Hemlebem, Ch. (1989). *Modern Placktonic Foraminifera*. United States. Springer-Verlag.
- Holbourn, A. (2013). *Atlas of Benthic Foraminifera*. United Kingdom. Wiley Blackwell.
- Instituto Politécnico Nacional. (----). ESIA Unidad Ticoman. ----, de IPN Sitio web: <http://www.esiatic.ipn.mx>
- Lukas Hottinger. (2014). Modelos Tridimensionales de Foraminíferos de Lukas Hottinger. 2013, de -- Sitio web: https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6422/BA_12_%282014%29_04.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Murray, J. (2006). *Ecology and Applications of Benthic Foraminifera*. Cambridge University Press
- Paz Gómez, Óscar, Raimundo Márquez Gurri, Oscar Brown Manrique, Larisa Semionovna Babiy. “Las maquetas y los modelos tridimensionales como auxiliares didácticos para la enseñanza de la topografía y el riesgo”. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, [S.l.], n. 15, p. a31, ene. 2006. ISSN 1135-9250. Disponible en: <<http://edutec.es/revista/index.php/edutec-e/article/view/548>>. Fecha de acceso: 14 sep. 2018 doi:<https://doi.org/10.21556/edutec.2002.15.548>.
- Youssef M. (2015). *Micropaleontology*. Kingdom of Saudi Arabia. King Saud University.