

BIOESTRATIGRAFIA PRELIMINAR DEL AFLORAMIENTO “LA TRINIDAD” PUEBLA (SINEMURIANO, JURÁSICO- INFERIOR) DE LA FORMACION HUAYACOCOTLA.

C. Y. Hernando Pancardo^{1,*}, C. Esquivel Macias²

¹Ingeniería en Geociencias del Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, Quirasco, Tihuatlan, Veracruz, 92200.

²Cuerpo Académico de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carr. Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Col. Campo de Tiro, 42039. Mineral de la Reforma, México.

*Autor de correspondencia: galeon10@yahoo.com

RESUMEN

El afloramiento “La Trinidad” estudiado por Contreras y Nuñez (1984), con base en amonitas es correlacionado con 18 afloramientos ya documentados. La zonación estándar del Jurásico Inferior utilizada durante 60 años para interpretar la bioestratigrafía de México, revela que la Formación Huayacocotla no corresponde. En la presente investigación se busca explicarlo considerando la paleobiogeografía diferencial entre la paleo-provincia tetisiana occidental y el Océano Pacífico del Jurásico Inferior. Se realizó un perfil de 300 metros, de los cuales 60 son estratos representativos con los amonitas *Paltechioceras harbledownense*; *P. rothpletzi*; *P. mexicanum*; *P. tardecrescens*; *P. burckhardti*; *Orthechioceras obliquecostatum*; *O. incaguasiense*; *O. pauper*; *Gleviceras palomense*; *Oxynoticeras* sp.; *O. victoris*; *Euechioceras viejense*; *Eparietites* cf. *chofatti*; *Eparietites*; *Arnioceras geometricoides*; *A. salasi*; *A. monjezlopezi*; *Geyeria serorugata*; *Euerbenites bravoii*; *Plesechioceras* sp. y *Euagazziceras subsauceanum*. Las especies de: *Paltechioceras*, *Orthechioceras*, *Oxynoticeras*, *Echioceras*, indican las zonas *Oxynotum* y *Raricostatum* que correlacionan con la localidad tipo de la Formación Huayacocotla; No obstante, la simultaneidad de: *Vermiceras*, *Arnioceras*, *Coroniceras*, *Metophioceras*, *Vermiceras* y *Microderoceras* del Sinemuriano Inferior obliga a replantear la validez de dicha zonación. La explicación tendría que ampliar el rango de especies índice como *Paltechioceras rothpletzi* (el mejor índice de la zonación europea), pero parece más adecuado postular que la Formación Huayacocotla actuó como barrera variable durante el Sinemuriano entre Europa y el Océano Pacífico, lo que incrementó la diversidad (27 especies solo en el presente afloramiento) y notable endemismo (15 endémicas y 12 compartidas con Europa o Norteamérica), que se interpreta como un caso de corredor de intercambio faunístico.

Palabras clave: Afloramiento, Jurásico inferior, paleobiogeografía, amonitas, Sinemuriano.

1. INTRODUCCION

La Formación Huayacocotla es un cuerpo de roca fosilífero que llamo la atención desde los primeros investigadores que recorrieron esta región en el siglo XIX [13] y [2] documentaron por primera vez las rocas Jurásicas. Tal búsqueda quedo inconclusa dando lugar a exploraciones patrocinados por compañías petroleras estadounidenses a principio del siglo

XX; sin embargo, los estudios de Burckhardt (1930)[4], Imlay (1948) [14] , Erben (1956) [7] testifican una renovación de esfuerzos encaminados a evaluar el potencial petrolífero de la región; Aunque, dejó claro que tales esfuerzos debían concentrarse en las costas del Golfo de México y definió al Jurásico Inferior (Sinemuriano) como núcleo del Anticlinorio de Huayacocotla.

En el lapso de las décadas de 1960 y 1970 el interés sobre los hidrocarburos fósiles ya había dejado de lado al Anticlinorio de Huayacocotla con la consecuencia natural del cese de investigaciones, pero con certeza de la edad Sinemuriana en este segmento de la Sierra Madre Oriental (SMO).

El interés sobre la cronoestratigrafía se reanudó durante el siglo XX para reinterpretar la correlación bioestratigráfica respecto a Europa del norte y central, [20], [19], [1], [16], [17]; en la primera década del 2000 se complementó el conocimiento con estudios paleo-ambientales y bioestratigráficos [8], [9], [10], [11].

El afloramiento de la Trinidad/Honey fue interpretado bajo una zonación estratigráfica creada por el Instituto Mexicano del Petróleo (Contreras y Núñez, 1984) [5]; sin respaldo de: fotografías, datos merísticos, repositorio, ni columna; Por ello ahora se generan las evidencias correspondientes y se correlaciona con afloramientos bien documentados para evaluarlo.

La zonación estándar europea del Sinemuriano es ampliamente usada en trabajos antecedentes desde 1956 y la comparación es inevitable y al considerar 18 afloramientos [12] con lo que surgen diferencias respecto a la Formación Huayacocotla que, de aparecer en este nuevo afloramiento deben explicarse considerando efectos paleobiogeográficos (deriva continental) y de dispersión diferencial de los taxones desde su centro de origen (homotaxialidad) ya sea este el Pacífico, la paleoprovincia tetisiana occidental (*sensu* [21]) o bien la propia paleocuenca Huayacocotla. Por lo tanto, la presente investigación se propone evaluar la cronoestratigrafía del afloramiento "La Trinidad" para reconocer las diferencias con la zonación estándar europea que ya se han sugerido con otros afloramientos y explicar sus causas.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El afloramiento Honey, No. 12 en la Figura 1, se encuentra en los límites del estado de Hidalgo y Puebla, en las inmediaciones de la planta generadora de electricidad, ya abandonada de la Trinidad, por lo que se ha denominado "La Trinidad/Honey. El acceso es por la carretera que comunica a Tulancingo con Tuxpan (no.142) y en la desviación a Pahuatlan se avanza hasta la Planta de Luz abandonada.

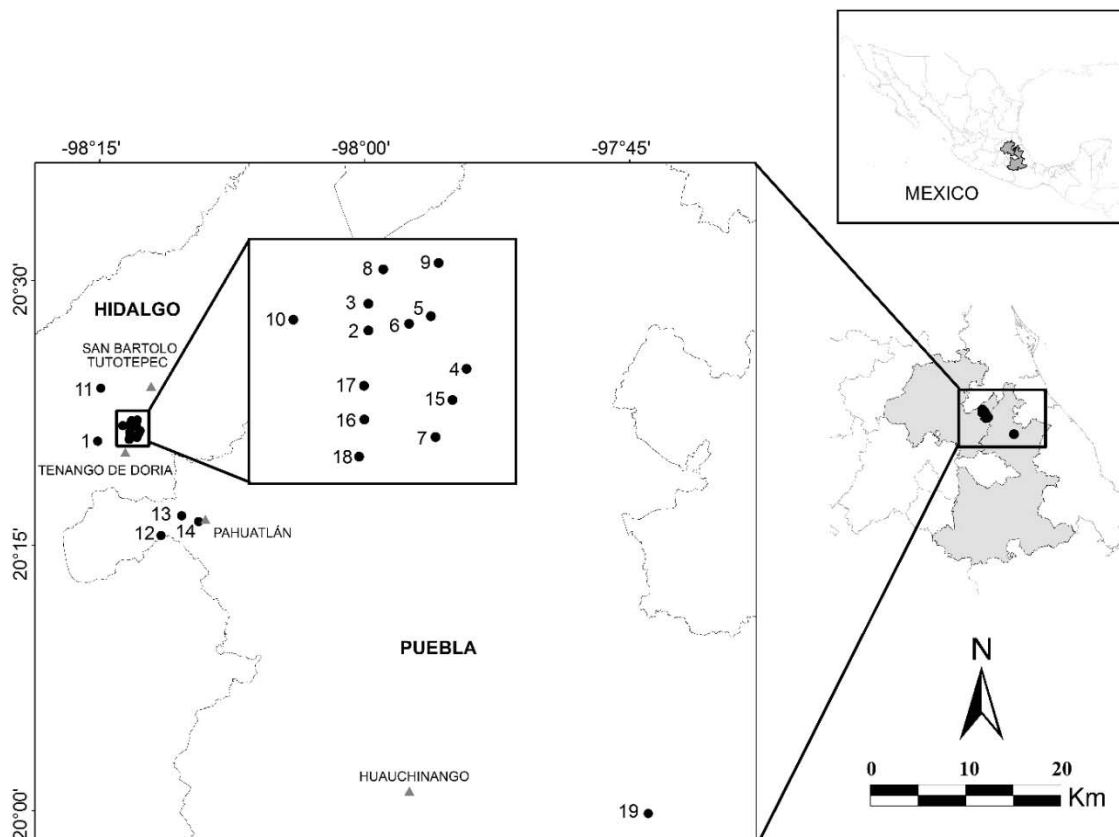


Figura 1. Mapa de localización y acceso a los afloramientos sinemurianos que se comparan con el presente estudio.

Geología Regional

La litología del afloramiento es consistente con el de la mayoría de los afloramientos ya reportados en [12]; consiste en una alternancia de limolitas arenosas/areniscas limosas con finas ondulaciones *wavy-flaser* que indican suaves corrientes de fondo atribuibles a ciclos de marea [14]; quien indica varios cientos de metros de espesor para la Formación con capas de ambas litologías de orden milimétrico. También es consistente con la descripción de Schmidt-Effing (1980) [20], Schlatter y Schmidt-Effing (1984) [19], como capas de terrigenos con abundantes vestigios de plantas fósiles continentales.

Otras formaciones en el intervalo Jurásico Temprano a Cenozoico Temprano afloran ampliamente y hacen contactos de distinta naturaleza con la Formación Huayacocotla los cuales pueden ser observados en la Carta Geológica SGM 1: 50 000 (tomada y modificada de la carta F14D83) Del servicio Geologico mexicano (Figura 2). La Fm. Huayacocotla subyace a la Formación Cahuassas (Jurásico Medio) y sobreyace a la Formación Huizachal (Triásico), aunque esta secuencia mesozoica no se observa directamente en la localidad de estudio. En la localidad tipo la Fm. Huayacocotla está acompañada por las formaciones del Jurásico medio Cahuassas y Tepexic.

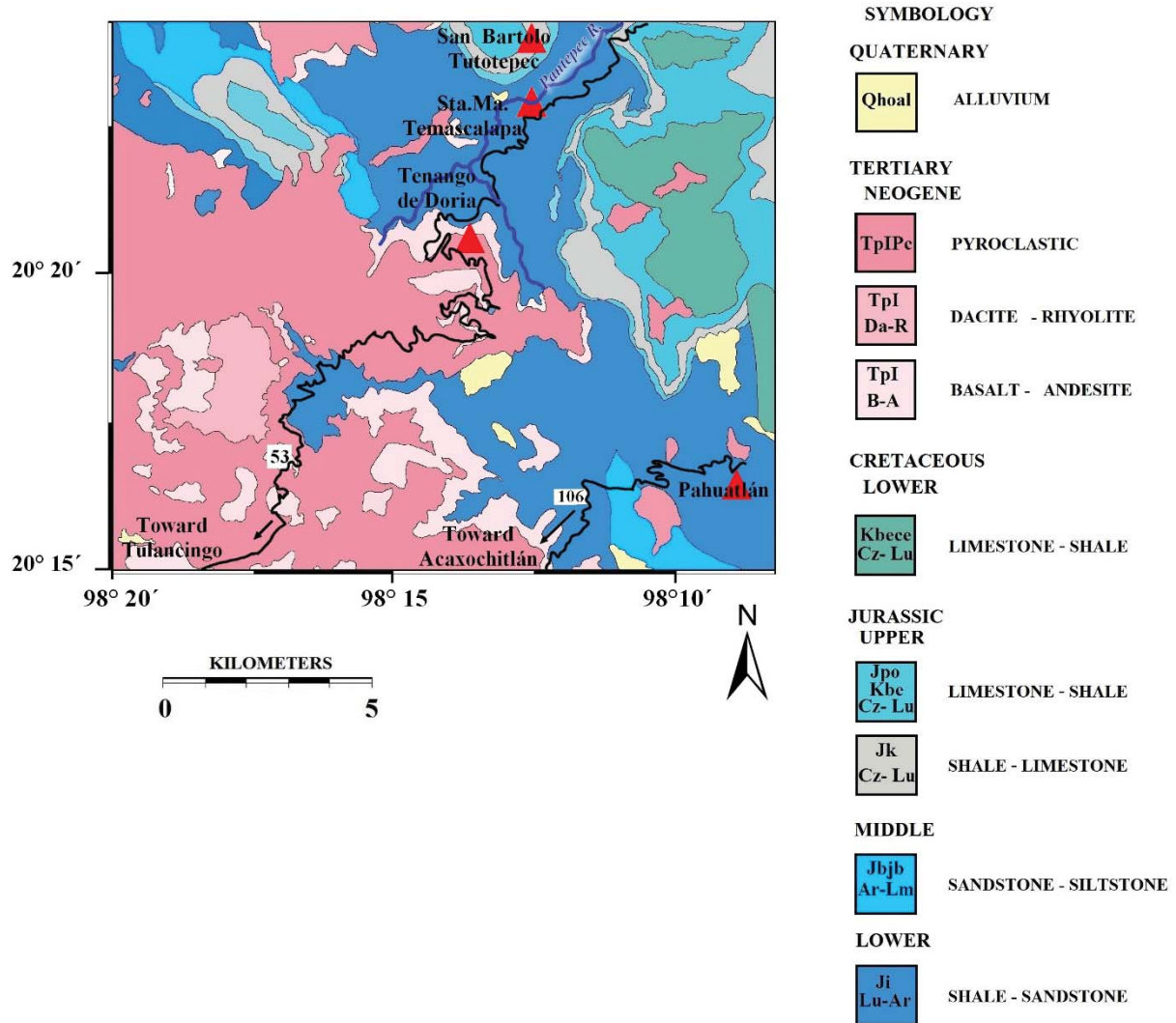


Figura 2. Geología regional de la zona de estudio.

3. PROCEDIMIENTO

Durante las investigaciones de la Formación Huayacocotla [8], [10], [11] y [12] se destacó el trabajo antecesor de Contreras y Núñez (1984) [5], sobre el afloramiento “La Trinidad” investigado con formalidad geológica, pero poco rigor taxonómico y, no obstante, produjo una propuesta de zonación que se puede evaluar con esta investigación. Una vez en el campo se reconocieron las características y la naturaleza altamente fosilífera del sitio por lo que se levantó una columna litológica que después se convirtió en estratigráfica al definir contactos y contenidos fosilíferos.

Se realizó una colecta detallada, nivel por nivel con equivalencia de esfuerzo por unidad de colecta para hacer comparables los resultados. El material se trasladó etiquetado a los laboratorios del Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales (UAEH), donde se procedió al trabajo taxonómico/paleontológico, numerando ejemplares consecutivamente por

estrato, realizando descripciones y fotografías de los ejemplares (Figura 3), además se tomó la proporción entre altura externa de las dos últimas vueltas de la concha y la relación entre la altura de la última vuelta y la distancia entre las costillas. Por último, se describió la morfología de las costillas y otras cualidades sistemáticas asociadas de los amonitas [7] de cada ejemplar (Figura 3).

Posteriormente se comparo la fauna del afloramiento contra la reportada para el resto de la Fm. Huayacocotla y contra la zonación estándar europea y norteamericana, ya que se abre la duda sobre la validez de *P. rothpletzi* y otros taxa como fósiles índices al encontrarse con taxa de otros intervalos.

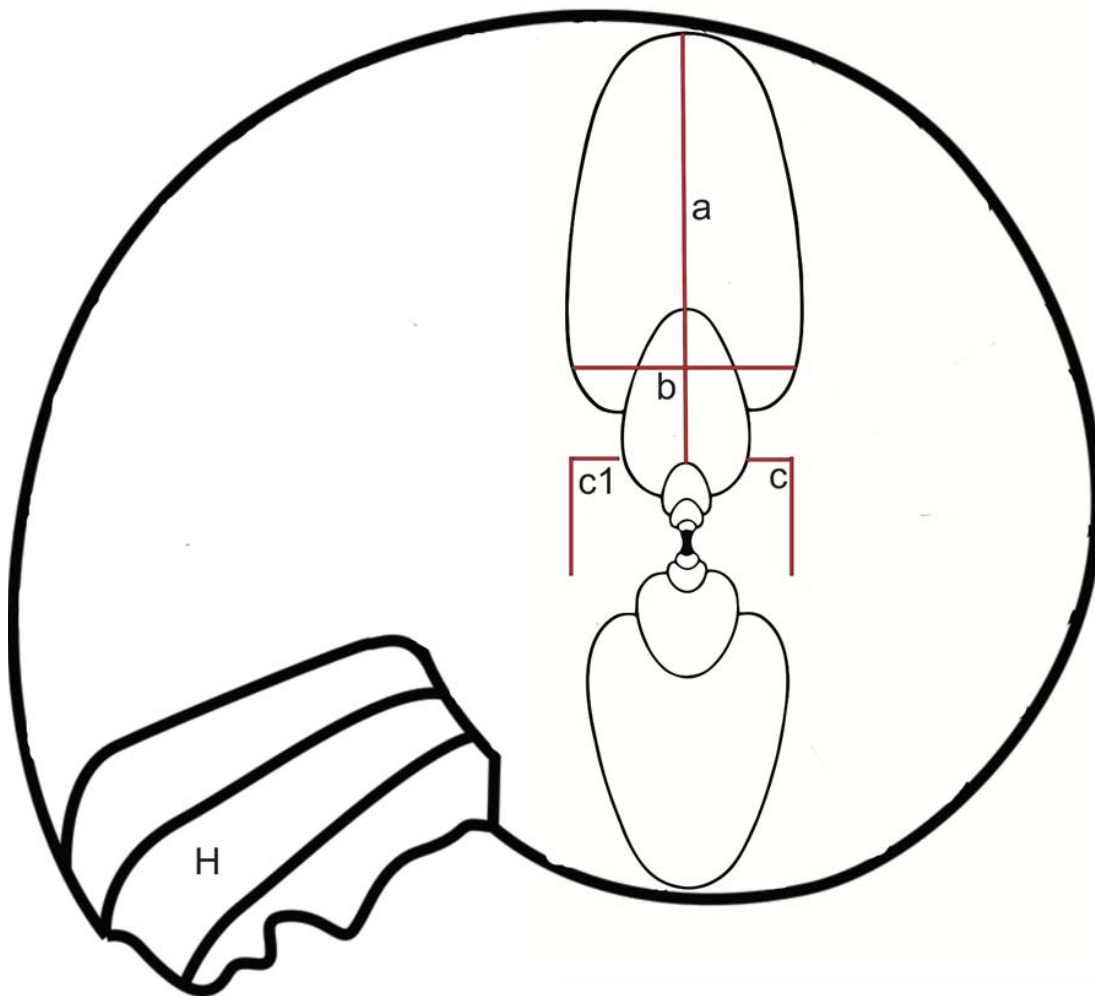


Figura 3. Medidas estándar para la tasa de enrollamiento y las proporciones reportadas en los ejemplares. A = altura de la vuelta; b = espesor de la vuelta; c = radio umbilical mayor; d = radio mayor; e = radio menor; H = distancia intercostal.

4. RESULTADOS

Se reporta un perfil de la sección con espesor de 300 metros y una columna con 60 metros de estratos representativos en la Figura 4.

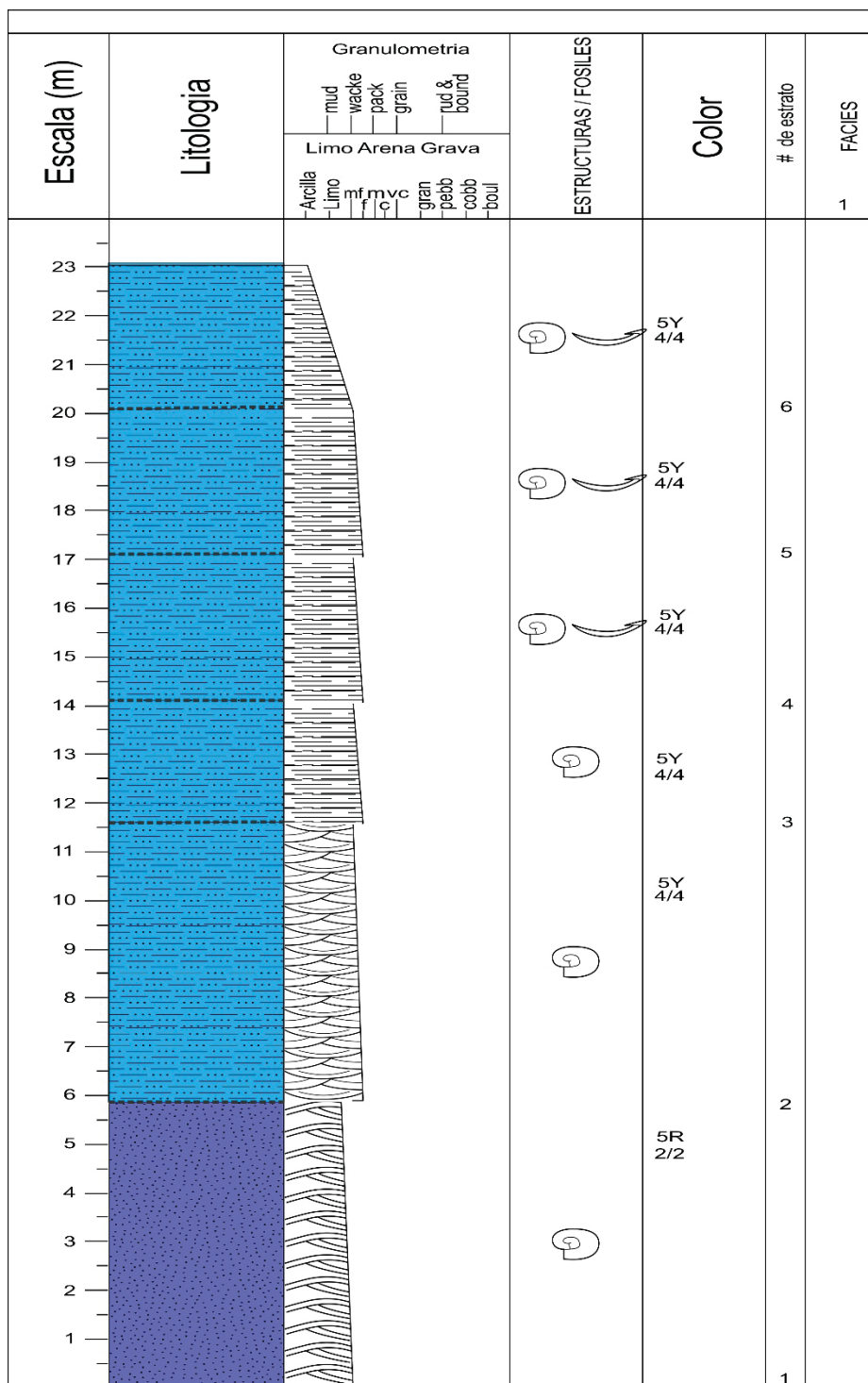


Figura 4. Columna estratigrafica del Afloramiento La Trinidad.

5. PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

Familia Echioceratidae Buckman, 1913

Paltechioceras harbledownense Paltechioceras Buckman, 1924

(CRICKMAY, 1929-1930)

Figura 5; Fotografía 1

Sinonimias: *Melanhippites harbledownense* CRICKMAY, p. 61, pl. 3, pl. 4, figs a-d.] 1956. *Amioceras monges-lopezi*.- ERBEN, p. 27 4, pl. 31, figs 5-6. non 1981. *Paltechioceras harbledownense* (CRICKMAY). - SMITH, pl. 4, figs 9, 10, pl. 5, figs. 1, 4 [= *Paltechioceras rothpletzi* (BOSE)]. ? 1981. *Paltechioceras* cf. *harbledownense* (CRICKMAY).- IMLAY, p. 34, pl. 4, fig. 15-22. non 1991. *Paltechioceras harbledownense* (CRICKMAY) - TIPPER, SMITH, CAMERON, CARTER, JAKOBS, & JOHNS p. 211, pl. 2, fig 5 [= *Paltechioceras rothpletzi* (BÖSE)]. 1991. *Plesechioceras? harbledownense* (CRICKMAY, 1928).

Material: 10 ejemplares de estratos 1 y 5.

Descripción: Alcanza diámetros de hasta 16 centímetros (Blau *et al.*, 2003). La densidad de las costillas es estable en todo el recorrido de la espira. Las costillas comienzan en el ombligo haciéndose inmediatamente fuertes y romas. El inicio de cada costilla se une hacia atrás en el borde umbilical y luego se hacen ligeramente cóncavas y prosirradiadas. En las vueltas externas las costillas se unen cerca de la parte ventro-lateral y se hacen suaves. Las vueltas externas son subelípticas. El vientre tiene surcos y quilla aguda. Esa cualidad ha hecho dudar de que se trate de un verdadero *Paltechioceras* (Blau *et al.* (2003).

Procedencia y edad: En Ten 3., La Fiesta, Peña Blanca. De acuerdo con PALFY *et al.* (1994, fig. 4) *P. harbledownense* CRICKMAY pertenece a la asociación Harbledownense que abarca una duración desconocida las zonas *Oxynotum* y *Raricostatum*). Su distribución incluye Norte-América y México.

Familia Echioceratidae Buckman, 1913

Paltechioceras Buckman, 1924

***Paltechioceras rothpletzi* (Böse, 1894)**

Figura 5; Fotografía 2

Sinonimias: *Arietites rothpletzi* Böse, 1894, p. 803-768, lám. 56, figs. 5-6. *Paltechioceras rothpletzi* Böse. Blau *et al.*, 2003, lám. 4, figs. 3, 6-8, 10-11, lám. 5, figs. 2-3, 6 (cf.) 7.

Material: 10 ejemplares en todos los estratos del afloramiento de estudio.

Descripción: Costillas muy regulares, se diferencia de todos los *Paltechioceras* por la alta frecuencia de costillas, densas y afiladas, las cuales son constante a todo lo largo de la espiral y particularmente en las vueltas internas que las tienen muy cercanas y densas, están inclinadas hacia delante. Comparado a *P. tardecrescens* es más involuta, debido al rápido incremento en la altura de la vuelta.

Procedencia y edad: Blau y Meister (2000) [1] atribuyen esta especie a la parte alta de la zona de *Raricostatum* (provisionalmente llamado horizonte *rothpletzi* por Blau *et al.*, [1]. Se conoce de todo el Tethys y Pacífico de Norteamérica. Subzona de densinodulum horizonte *liciense/rothpletzi*. Pero al estar con fauna de otras zonas y subzonas se hace necesario descartar esta capacidad índice.

***Paltechioceras mexicanum* (Erben, 1956)**

Figura 5; Fotografía 3

Sinonimias: *Arnioceras ceratitoides* (Quenstedt) *mexicanum* Erben, 1956, p. 254, pl. 29, fig. 3 (holotipo). **Especie Tipo.** *Paltechioceras elicitum* Buckman (1924) por definición original.

Material: Un ejemplar del estrato 1 y otro del estrato 5.

Descripción: Las vueltas internas tienen costillas radiales, rectas ligeramente prosirradiadas, lo que se acentúa con la edad y ombligo estrecho. En las vueltas externas se hacen más fuertes y espaciadas las costillas, haciéndose suaves cerca de la parte externa. Concha evoluta, planispiral.

Procedencia y edad: subzona *raricostatum* (parte media superior). La especie se conoce solo de México en la zona de estudio. Lo que habla de intenso endemismo en la parte alta media antes de abrirse la barrera.

***Paltechioceras tardecrescens* Hauer, 1856**

Figura 5; Fotografía 4

Sinonimias: *Paltechioceras tardecrescens* (HAUER, 1856) Pl. I, fig. 18 (sp. juv. aff.); Pl. III, figs 20, 22, 24-27; Pl. IV, figs. 1, 2, 4, 5; * 1856. *Ammonites tardecrescens* HAUER, 20, pl. 3, figs. 10-12; 1924. *Leptechioceras aplanalum* (HYATT [39]). BUCKMAN], pl. 482, 1925. *Echioceras nobile* TRUEMAN & WILLIAMS, 426 J.

Material: un ejemplar del Estrato 1, 2 ejemplares del estrato 4 y un ejemplar del estrato 3.

Descripción: Muy evoluta caracterizado por ser muy comprimido, tricarinado costillas ligeramente prosirradiadas

Procedencia y Edad: En la Fm. Huayacocotla afloramientos Ten I, Ten 3. Conocido del pacífico sur y del reino euboreal, así como del Tetis considerado de la parte más alta del sinemuriano, sin duda un fósil índice, cuya representatividad da base para considerar la discusión del presente trabajo.

***Paltechioceras burckhardti* (Erben, 1956)**

Figura 5; Fotografía 5

Sinonimias: *Echioceras (Echioceras) burckhardti* Erben, 1956 [6], p. 295, pl. 39, fig. 2., *Paltechioceras* gr. *burckhardti*; Meister, Blau 2005, p. 376, pl. 3, figs. 2-4, 6, 11, 12.

Material: Un ejemplar que proviene del estrato 4 del Afloramiento de la Trinidad.

Descripción: Tiene costillas bien marcadas Fuertes en las vueltas internas. El espécimen corresponde bien al *P. burckhardti* (Erben) es presentado por Meister *et al.* (2005) y a Blau *et al.*, 2008. De acuerdo con ellos las vueltas internas muestran gran variabilidad en la densidad de costillas de vueltas internas mientras en las vueltas externas son más gruesas y espaciadas. En Zongozotla son parecidos a *Echioceras angustisulcatum*.

Procedencia y edad: Solo es conocido de Fm. Huayacocotla México. Subzona *raricostatum* (parte media superior).

Family Echioceratidae BUCKMAN, 1913

Orthechioceras TRUEMAN & WILLIAMS, 1925 s.l.

Type species: *Orthechioceras recticostatum* TRUEMAN & WILLIAMS, 1925.

***Orthechioceras (?) obliquecostatum* (ERBEN, 1956)**

Pl. III, figs. 8-10

Figura 5; Fotografía 6

Sinonimias: 1956. *Plesechioceras obliquecostatum*.- ERBEN, p. 329, pl. 40, fig. 3.

Material: Un ejemplar del estrato 1 del afloramiento La trinidad.

Descripción: Concha discoidal, muy delgada, de apertura baja y ombligo amplio, poco profundo, diámetro de concha de unos 60 mm. En la vuelta exterior la concha tiene forma de elipse con su eje mayor en posición vertical, mostrando flancos curvos. La sección de la vuelta es mas ancha en las partes inferiores de la elipse, no existe ninguna arista externa umbilical ni zona umbilical, las costillas oblicuas fuertemente inclinadas hacia adelante.

Procedencia y edad: En [17] se reporta para El Bopo un ejemplar. Representa la parte alta de la subzona densinodulum, con lo que es parte del endemismo de la paleocuenca cerrada en proceso de apertura y su pase a Europa. Zona *Raricostatum*, horizontes *edmundi* y *lymense*.

***Orthechioceras incaguasiense* HILLEBRANDT, 2002**

Pl. III, fig. 4 (cf.), figs 5, 7, 8,10- -1662

Figura 5; Fotografía 7

Sinonimia: ? 1956. *Coroniceras (Metophioceras) aff. Schloenbachi* (REYNES).- ERBEN, 233, pl. 32, fig. 10.* 2002. *Orthechioceras incaguasiense* HILLEBRANDT, 93, pl. 9, figs 1- 19.

Material: Un ejemplar en estrato 1 del afloramiento la trinidad.

Descripción: En las vueltas internas hasta un diámetro de 35 mm la sección de la vuelta es cuadrada ($W/H = 1$) con costillas densas y finas, estas son radiales a ligeramente prosirradiadas y rectas. Cerca del fin ventro-lateral se hacen ligeramente más débiles y se fortalecen otra vez en el fin ventro-lateral sugiriendo pequeños “nodos”. Con el crecimiento las costillas tienden a la misma altura que las costillas sobre los flancos y se hacen débiles en el área ventral.

Procedencia y edad: Afloramientos Ten 1 y T/V 5 [1]; [12], representa la parte alta de la subzona *densinodulum*. Hasta ahora solo se conoce de México en la cuenca Huayacocotla, reforzando el endemismo con comunicación a Sud América, una barrera con Europa, pero comunicación al pacífico.

Plesechioceras Erben 1956 lam. 39, fig. 13

***Plesechioceras* sp.**

Figura 5; Fotografía 8

Sinonimias: N/A.

Material: Molde externo de un ejemplar. Estrato 1, un ejemplar.

Descripción: Coincide con la descripción de Erben [7] en que las costillas algo mas gruesas que *P. subhierlazzicum*, estas terminan desapareciendo en la zona limítrofe entre los flancos y la zona más externa de la concha.

Procedencia y edad: Partes más altas de la Fm. Huayacocotla, Huayacocotla ver. Según Erben [7], lo que coincide con la edad del afloramiento de estudio dada la mayoría de las especies.

Superfamilia Psiloceratoidea Hyatt, 1875

Familia Oxynoticeratidae Hyatt, 1875

Gleviceras Buckman, 1918

Especie tipo. *Gleviceras glevense* Buckman, 1918

Gleviceras aff. palomense (Erben, 1956)

Figura 5; Fotografía 9

Sinonimias: aff. * *Oxynoticeras (Radstockiceras?) palomense* Erben, 1956, p. 349, pl. 37, figs. 2-5. aff. *Oxynoticeras palomense*; Meister, Blau, Schlatter and Schmidt-Effing, 2002, p. 398, pl. 3, figs. 5, 8-10.

Material. Dos ejemplares del estrato 4 y uno del estrato 6.

Descripción: Similar al de Arkell (1956) en que es menos comprimido que *Oxynoticeras* con vientre romo, quilla aguda y pendiente umbilical marcada. Casi completamente involuto, mostrando ombligo pequeño con las dos primeras vueltas. Costillaje fino recto que trasciende al vientre con ligera curvatura hacia el frente en su parte terminal. Espacio intercostal mayor que el ancho de la costilla y conforme se acercan al hombro hasta tener tres veces el ancho de la costilla.

Procedencia y edad: Zona *Raricostatum*, asociado desde Erben [7] con *Plesechioceras* de la región Tenango de Doria (Blau *et al.*, 2008 [1]; Esquivel *et al.* 2017 [12]). Solo ha sido reportada en la región de Tenango de Doria/San Bartolo Tutotepec, Hidalgo y en Zongozotla, Puebla (*circa* Huauchinango) (Blau *et al.*, [7], así que soporta la hipótesis del aislamiento de la fauna en el Sinemuriano Superior intervalo zonas *Oxynotum-Raricostatum* de zonación europea.

Familia Echioceratidae Buckman 1913

Euechioceras TRUEMAN and WILLIAMS

Genero tipo *Paltechioceras* Buckman, 1924 [*P. elicatum*]

Euechioceras viejense Erben, 1956

Figura 5, Fotografía 10

Sinonimias: N/A

Material: Un ejemplar del estrato 6.

Descripción: Concha discoidal delgada, de apertura baja y de un ombligo amplio y poco profundo, quilla con dos surcos de quilla y dos quillas laterales poco marcadas. Costillas simples rectas y radiales, relieve pronunciado con poca altura.

Procedencia y edad: Descrito para la Fm. Huayacocotla de la región mexicana homónima, representa el sinemuriano superior.

Familia Arietitidae Hyatt 1874

Subfamilia Asterooceratinae Spath, 1946

Eparietites cf. chofatti (Pompeckj) Eparietites (Spath 1924)

Género tipo *Arietites tenellus* (simspon) in Buckman 1912

Figura 6; Fotografía 1

Sinonimias: 1904 *Oxynoticeras cf. guibalianus- chofatti* pag 98-99. 1904 *Oxynoticeras aff. Guibalianus- CHOFFAT* pag. 64. 1907, *Oxynoticeras chofatti POMPECKJ* pag. 228 lam. 1 figura 2-5.

Material: Un ejemplar del estrato 6.

Descripción: Concha discoidal delgada y con apertura alta, ombligo moderadamente amplio y profundo. La sección de la vuelta es rectangular muy estrecha con su eje mayor en

posición vertical, con vértices redondeados pero marcados. La superficie de la concha es casi lisa y no se aprecian costillas, solamente en las vueltas iniciales se pueden apreciar costillas incipientes.

Procedencia y edad: Formación Huayacocotla, sinemuriano superior de Inglaterra y Fm Huayacocotla México, trazando la comunicación con la paleocuenca del norte de Europa y México, si este afloramiento resulta ser Sinemuriano medio Superior, también *Eparietites* habría roto la barrera para migrar a Europa.

Arnioceras geometricoides Erben, 1956

(lam. 30, fig 5-7)

Figura 6; Fotografía 2

Sinonimias: *partim* 1856 *Ammonites geometricus* OPPEL, p.79; 1836 *Ammonites natrix* F.A. ROEMER, p. 139, apend. P 58 [*non natrix* SCHLOTEIM = *Echioceras gr. Raricostatum*; *non natrix* ZIETEN = *Platypleuroceras brevispina* SOWERBY]; *Arietites semicostatus* = *geometricus* – WRIGTH, pag 284, lam. 1 fig 4-6 [*non fig.7 = flavum* BUCKMAN, *non fig.8 = semicostatoides* SPATH].

Material: un ejemplar del estrato 4 y un ejemplar del estrato 5.

Descripción: Posición más densa de las costillas que *A. geometricum* (OPPEL) y van hacia el lado exterior con una arista menos pronunciada y una zona umbilical estrecha. Concha discoidal angosta con apertura baja, costillas muy bien marcadas, estrechas, rectas y rigurosamente radiales, simples, que en su terminación exterior no dejan reconocer ningún doblez en forma de gancho hacia adelante en todos los estados observados.

Procedencia y Edad: Ya que los sinónimos fueron descritos en Europa N-W para el sinemuriano Inferior; Según Erben (1956) [7], es una especie muy útil estratigráficamente en México pues se presenta frecuentemente en la Fm. Huayacocotla, representando sinemuriano inferior. Al estar mezclado con faunas del Sinemuriano Superior, refuerza las apreciaciones vertidas en este trabajo sobre nueva zonación.

Arnioceras monjez-lopezi Erben, 1956

Figura 6; Fotografía 3

Sinonimias: N/ A.

Material: dos ejemplares del estrato 4.

Descripción: Ombligo extremadamente amplio, costillas muy numerosas, recorrido de las mismas algo inclinado hacia adelante y ligeramente cóncavo, surcos de quilla y quillas laterales bien desarrolladas, aumento en la altura de la vuelta moderadamente lento. Concha discoidal bastante delgada de apertura baja. La sección de la vuelta en los estadios medios forma una elipse baja con el eje mayor en posición vertical.

Procedencia y edad: De acuerdo con Erben [7] Región de Huauchinango, Puebla Formación Totolapa, es decir Sinemuriano Inferior. Este endemismo refuerza la apreciación de una barrera con Europa y su probable persistencia hasta zona Obtusum inferior que -de verificarse- llenaría el intervalo de *Obtusum*, pero queda abierta la posibilidad.

Arnioceras salasi Erben, 1956

Figura 6; Fotografía 4

Sinonimias: *A. salasi* n. sp. Erben 1956 *costatum* n. subsp. Lam. 30, fig. 10.13.

Material: un ejemplar del estrato 4.

Descripción: Comparado a otros *Arnioceras* la concha es mas discoidal angosta, apertura moderadamente baja con ombligo amplio. El ombligo es poco profundo.

Procedencia y Edad: Formación Huayacocotla unidad "d" con conchas, por lo tanto, Sinemuriano Superior. Entra en contradicción con los demás miembros del Sinemuriano Superior si es que el género es del Sinemuriano Inferior. De no ser así, esta podría ser la primera especie de *Arnioceras* del Sinemuriano Superior.

Familia Derolytoceratidae SPATH, 1927

Sub Familia Graphoceratinae Buckman, 1905

Geyeria Buckman 1899

=*Geyerina* Buckman, 1913 [*Geyeria fasciata* Buckman 1899]

***Geyeria* cf. *serorugata* (Geyer 1886)**

Figura 6; Fotografía 5

Sinonimias: 1886 *Lytoceras* (*Lytoceras serorugatum* STURM m.s.) GEYER, p. 229, lam. 2 fig. 7-9; 1901 *Lytoceras serorugatum* FUCINI, p. 76, lám. 12 figura 9-10; ***Derolytoceras serorugatum*** ROSENBERG, p. 251; *Aegolytoceras serorugatum* SPATH, p. 4.

Material: dos ejemplares del estrato 4 y uno del estrato 5.

Descripción: Concha discoidal, lisa y de apertura baja. Ombligo extremadamente ancho y poco profundo, sección de la vuelta más alta que ancha. La altura de la vuelta aumenta rápido y las vueltas casi no se recubren.

Procedencia y edad: Región de Huachinango, Puebla (Erben 1956) [7] Totolapa, unidad con *Vermiceras*, lo que equivale a asignarlo al Sinemuriano Inferior y en el caso de la fm. Totolapa (*sensu* Erben, 1956) -dado que no es una unidad formalmente descrita ni reconocida- el caso se asigna a la Fm. Huayacocotla Sinemuriano Inferior (*partim*), dado que es coetáneo con el resto de las especies de esta investigación se requiere que también sea contemporáneo; por lo tanto, se suma al conflicto biestratigráfico con la zonación estándar europea y parece estar en el Sinemuriano Superior.

Superfamilia Psiloceratoidea Hyatt, 1875

Familia Oxynoticeratidae Hyatt, 1875

Subgenero *Victoriceras* S. Buckman 1918

Subgenero tipo: *Ammonitas victoris* DUMORTIER 1867

***Oxynoticeras* (*Victoriceras*) aff. *victoris* (DUMORTIER)**

(lam 37, fig 6, 19)

Figura 6; Fotografía 6.

Sinonimias: 1930 *Oxynoticeras guibali* BURKHARDT, p. 15, 16, 18: tabla 1-2; 1867 *Ammonites victoris* DUMORTIER, p. 136, lam. 31, fig. 1- 2; lám. 42, fig 1, 2. 1908 *Oxynoticeras* cf. *victoris* HUG, p. 4 lám. 8 fig 2 [= aff *victoris* DUMORTIER (1867)]. 1918 *Victoriceras victoris*- S. BUCKMAN, p. 293, fig. 13, 19.

Material: Un ejemplar del estrato 4, tres en el estrato 5 y uno del estrato 6.

Descripción: Flancos ligeramente arqueados, el ancho mayor de vuelta deberá encontrarse en la cercanía inmediata de la arista umbilical. El ombligo es moderadamente amplio, es decir que presenta un ancho de 20 mm arriba de una altura de vuelta de 36.5 mm. La zona umbilical esta casi perpendicular con respecto al plano mediano de la concha, Las costillas tienen forma de pliegues y están bien desarrolladas en la región arriba de la arista umbilical. Entre las costillas mas fuertes están intercaladas numerosas costillas más finas por bitrifurcación.

Procedencia y edad: El género por si mismo indica el Sinemuriano Superior.

***Orthechioceras pauper* (ERBEN, 1956)**

Pl. 11, figs 9,11-12; Pl. III, figs 1-3, 6, 9

Figura 6; Fotografía 7

Sinonimia: *Vermiceras bavaricum* (BÖSE) *pauper* ERBEN, p. 205, pl. 36, figs 1, 2, 4(holotipo), non 3.

Material: Un ejemplar en el estrato 4 y dos en estrato 5.

Descripción: Es muy evolutivo, sus vueltas internas tienen costillas densas y finas las cuales son de radiales a rursirradiadas haciéndose más espaciadas y ligeramente prosirradiadas en las vueltas externas. El resto del costillaje es recto y agudo, en la porción ventrolateral se juntan progresivamente hacia adelante y en el surco. La sección de la vuelta es subeliptica con flancos aplanados. Se ve tricarinado en ejemplares mayores a 35 mm.

Procedencia y edad: Afloramiento T/V 5 (Blau [4]; Esquivel [12]), está asociado con *O. incaguasiense*, se correlaciona con la parte alta de Subzona *densinodulum*. Se conoce solo de la paleocuenca Huayacocotla.

Familia Arietitidae HYATT, 1874

Euagssiceras SPATH 1924

Genero tipo Eauagssiceras sauseanus d'Orbigny 1844

***Euagassiceras subsauseanum* Erben, 1956**

Figura 6; Fotografía 8

Sinonimias: 1930 *Arietites* aff. *Sauseanus* auct.- Burckhardt, páginas 15, 17, 22; *Arietites* aff. *Sauseanus* (d'Orbigny) – Burkhardt, p. 15-17; 1930 *Arietites* aff. *Sauzeanus* (formes voisines de Wright) – Burkhardt, p. 17; 1930 *Arietites* aff. *Sauseanus* (formes voisines de spinaires QUENSTEDT) – BURKHARDT.p. 17

Material: Un ejemplar del estrato 6.

Descripción: Ejemplar aplastado e incompleto, costillas estrechas y afiladas, muy numerosas comparadas con otros *Euagassiceras*.

Procedencia y Edad: Erben lo describe de la Fm. Totolapa, lo que equivale a Sinemuriano Inferior para aquel autor, dada la presente circunstancia y discusión entra en conflicto estratigráfico con la mayoría de taxones del presente estudio y, en todo caso refuerza la apreciación de mezcla de faunas. Se podría sugerir que Erben se vio obligado a crear la Fm. Totolapa para explicar su presencia, pero no deslindo de esta las faunas de Sinemuriano Superior.

Familia Arietitidae Hyatt, 1875

***Euerbenites bravoii* (TILMANN, 1917)**

Figura 6; Fotografía 9

Sinonimias: 1917. *Arietites* (*Asteroceras*) *Bravoii* n. sp.- TILMANN, p. 665, pl. 22, fig. 8a-b, text fig. 5. 2002. *Euerbenites bravoii* (TILMANN).- BLAU, MEISTER, SCHLATTER & SCHMIDT-EFFING, p. 411. *non* 2002. *Oxynoticeras* (?) sp. A.- HILLEBRANDT, pl. 7, fig. 5.

Material: Un ejemplar del estrato 4 y uno del estrato 6.

Descripción: Tamaño adulto pasa de 300 mm de diámetro (Blau, 2001). La concha es tipo suboxycono. Costillas densas y finas ligeramente flexuosas. Las vueltas son altas, la sección de la vuelta externa es más comprimida ($W/H = 0,26$) que en las primeras ($W/H = 0,51$).

Procedencia y edad: Se conoce solo de la Formación Huayacocotla, México, subzona denotatus Zona *Obtusum* y quien sabe si posterior por lo que es por lo que indica la parte media inferior del sinemuriano superior y al no estar mas que aquí sugiere endemismo dentro de la barrera que aun no se rompe por lo que en realidad podría estar correlacionada con en *Obtusum*.

Oxynoticeras Hyatt 1875

***Oxynoticeras* sp.**

Figura 6; Fotografía 10

Sinonimias: N / A

Material: Un ejemplar del estrato 6.

Descripción: Vientre agudo, ombligo moderadamente abierto, pendiente umbilical suave, Costillaje esfumado a la mitad de los costados de las vueltas

Procedencia y Edad: Cosmopólita del Sinemuriano

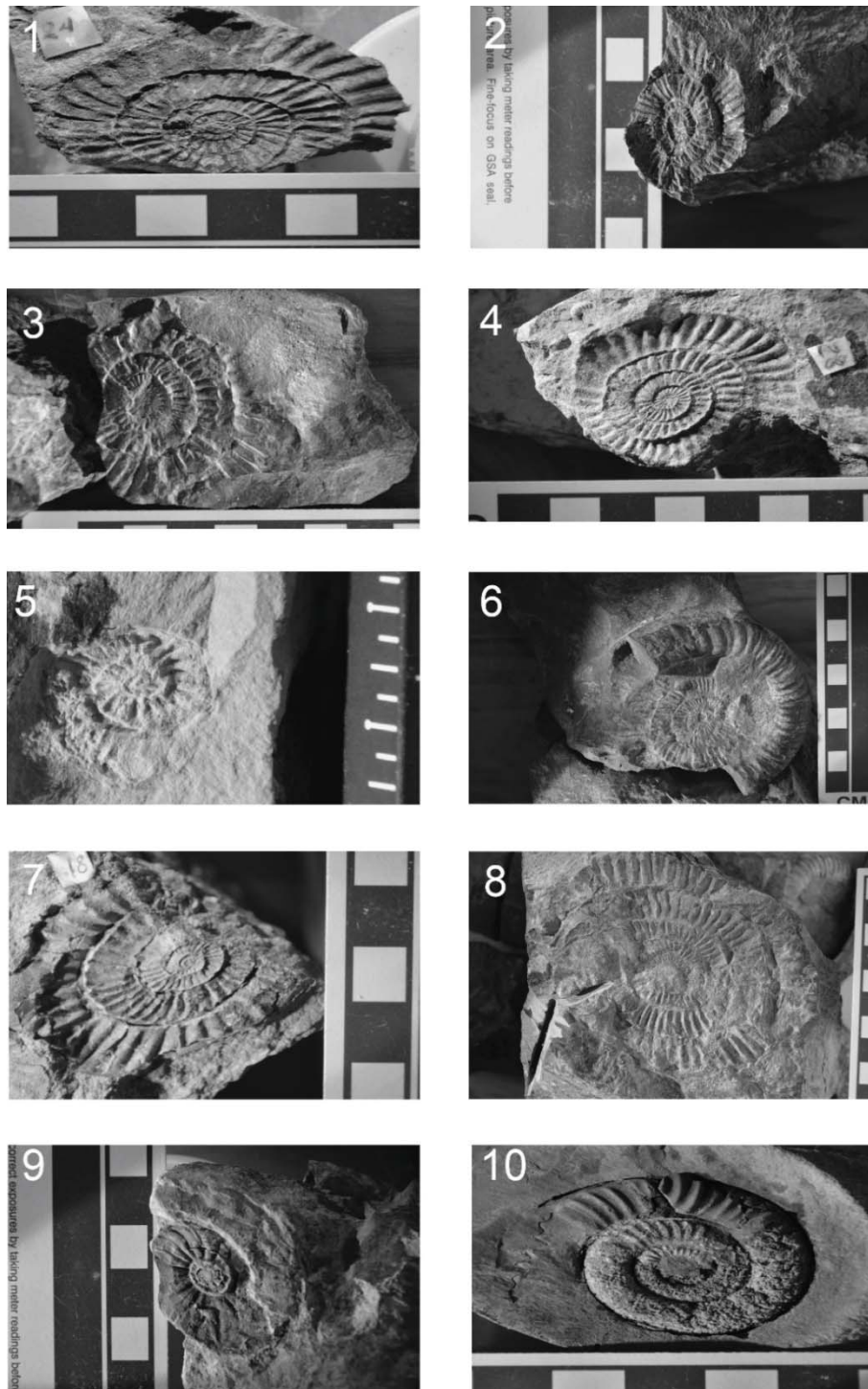


Figura 5. 1) *Paltechioceras hardbledownense*; 2) *P. rothpletzi*; 3) *P. mexicanum*; 4) *P. tardecrescens*; 5) *P. burkhardtii*; 6) *Ortechioceras obliquecostatum*; 7) *O. incaguasiense*; 8) *Plesechioceras* sp.; 9) *Gleviceras palomense* (Erben, 1956); 10) *Euechioceras viejense* Erben, 1956.



Figura 6. 1) *Eparietites cf. chofatti*; 2) *Arnioceras geometricoides*; 3) *Arnioceras monjez-lopezi*; 4) *Arnioceras salasi*; 5) *Geyeria cf. serorugata*; 6) *Oxinoticerias victoris* 7) *Ortechioceras pauper*; 8) *Euagassiceras subsauseanum*; 9) *Euerbenites bravoii*; 10) *Oxynticerias sp.*

6. CONCLUSIONES

Este afloramiento representa la sección “A” de Contreras y Núñez [5], y su listado taxonómico, en principio, es correlacionable con la unidad “d” en la localidad tipo de la Fm. Huayacocotla [7]. En afloramientos cercanos (“La Fiesta” y “Bopo 1, 2 y 3) [12]. Con esa misma fauna se reconocen las zonas *Raricostatum* y subzonas: *densinodulum*, *raricostatum*, *macdonelli* y *aplanatum* y en otros afloramientos [12] (Bopo 5, Peña Blanca y Bopo centro) se documentan las zonas y subzonas *Obtusum* (*denotatus* y *stellare*), *Raricostatum* (*densinodulum*, *raricostatum*, *macdonelli* y *aplanatum*), pertenecientes a la zonación estándar europea.

Zonación estándar europea aplicada al Afloramiento

Los amonitas reconocidos en esta investigación representan las siguientes Zonas y subzonas de la Zonación Europea: En subzonas *raricostatum*, *macdonelli* y *aplanatum* (Zona *Raricostatum* media y superior) están presentes: *Paltechioceras tardecrescens* de la parte alta de *Aplanatum*; *P. burckhardti* desde *raricostatum* media; *P. rothpletzi*, de Zona *Raricostatum*, subzona *raricostatum*, *Paltechioceras harbledownense* de *Raricostatum*, *raricostatum* superior hasta arriba otra gran duda si se respeta su intervalo índice; *Plesechioceras subhierlatzicum* = *P. rothpletzi* *Raricostatum*, *raricostatum* de la Figura 7.

También de acuerdo con la misma figura en subzona *densinodulum* y parte baja de *raricostatum* (*Raricostatum*) está presente: *Ortechioceras obliquecostatum* desde *densinodulum* media; *Euechioceras viejense* Zona *Raricostatum* Erben, 1956; *Ortechioceras incaguasiense* Hillebrandt 2002, en Blau [1]. Desde *densinodulum* medio (Zona *Raricostatum*); *Ortechioceras pauper* Zona *Raricostatum*, Sub Zonas las cuatro, desde horizonte *Lymense densinodulum* en adelante.

En subzona *oxynotum* y la parte baja de *densinodulum* (Zona *Oxynotum* alta) se presentan: *Oxynoticeras palomense* Toda la zona *Oxynotum* y *Raricostatum* están presentes; *Gleviceras glevense* Toda la *Oxynotum* y la *raricostatum*; *Ortechioceras* cf. *Jamesdanae* desde *Densinodulum* superior hasta toda *Aplanatum*, en subzonas *denotatus* y *simpsoni* (parte alta de Zona *Obtusum* y baja de *Oxynotum*)

En subzonas *obtusum* y *stellare* (*Obtusum* baja y media) no se tiene ningún representante por tanto se eliminaría esta franja en la zonación del afloramiento “mexicana”.

Mientras tanto, del Sinemuriano Inferior (Figura 7) los horizontes *charlesi*, *sipopianum* y *turneri* (Zona *Semicostatum* completa) representados por las especies del género *Arnioceras* y también en Zona *Bucklandi* con subzonas *semicostatum* y *turneri*.

En subzonas *conybeari*, *rotiforme* y *bucklandi* (Zona *Bucklandi*): *Oxinoticeras* sp. aff. *victoris*, Zonas *Bucklandi* y *Semicostatum*; *Arnioceras* ¿*geometricoides* Zona *Bucklandi*; *Arnioceras monjez-lopezi* zona *Bucklandi*.

Con estas premisas bioestratigráficas se asigna el afloramiento al Sinemuriano Superior, pero obligaría a ampliar el rango estratigráfico de varios taxa reportados como índice del Sinemuriano Superior, especialmente *P. rothpletzi* - el mejor fósil índice de la zonación europea- por ser muy frecuente en México, aunque ello conlleva la consecuencia de hacer perder precisión bioestratigráfica (Figura 8). Considerando esta zonación no hay coherencia bioestratigráfica, como no sea la explicación de apertura y cierre de corredor faunístico basado en las asignaciones bioestratigráficas que se observan en la figura 7.

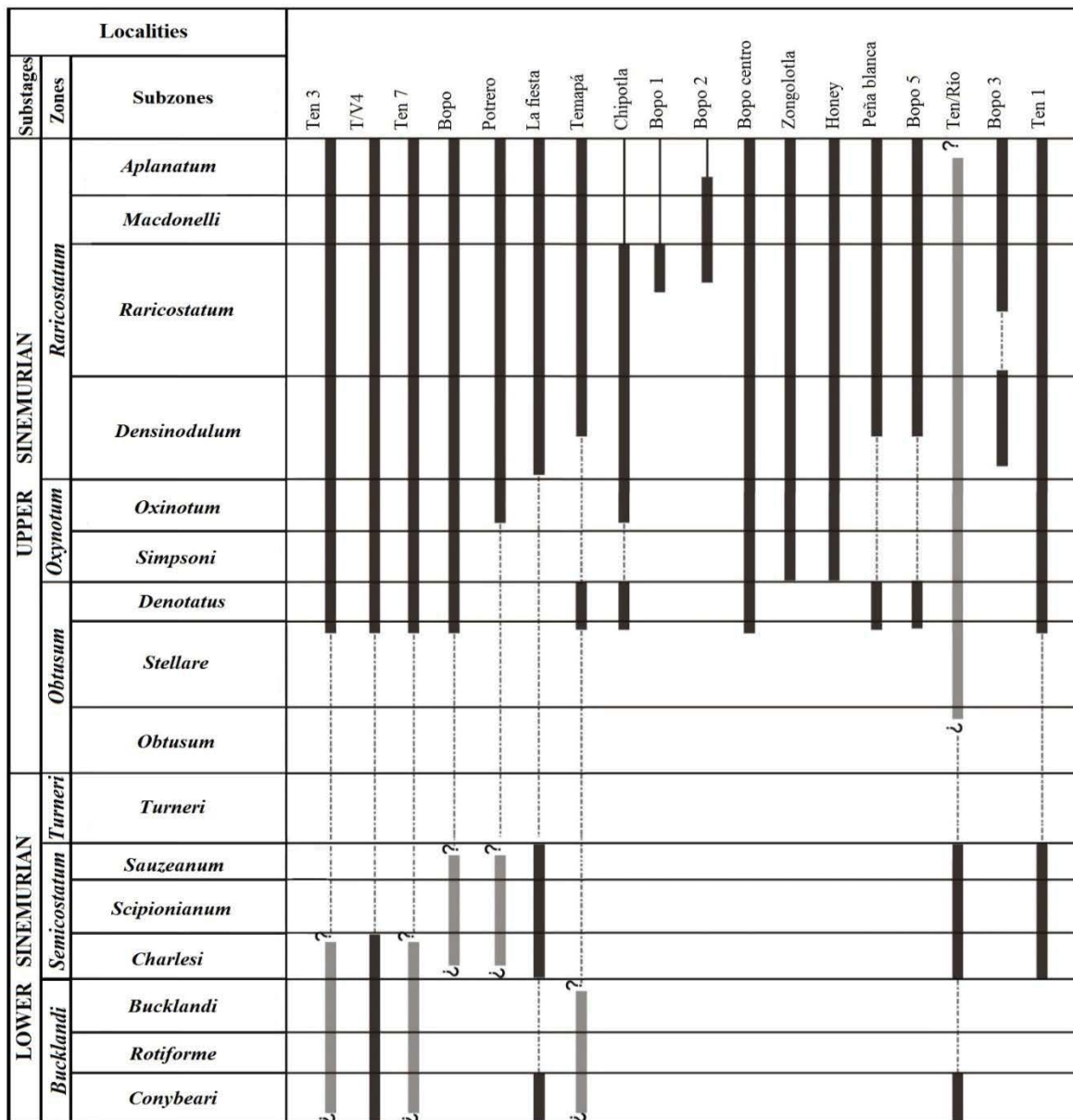


Figura 7. Intervalos bioestratigráficos condensados de cada afloramiento de la Fm. Huayacocotla, incluyendo el presente; se consideran los rangos extremos de los taxa reportados por Meister et al. (2005) y Esquivel et al. (2017).

Diversidad del Afloramiento

Los porcentajes de riqueza específica y la diversidad del afloramiento con 24 taxa (*Paltechioceras harbledownense*; *P. rothpletzi*; *P. mexicanum*; *P. tardecrescens*; *P. burckhardti*; *Orthechioceras obliquecostatum*; *O. incaguasiense*; *O. pauper*; *Gleviceras palomense*; *Oxynoticeras sp.*; *O. victoris*; *Euechioceras viejense*; *Eparietites cf. chofatti*; *Eparietites*; *Arnioceras geometricoides*; *A. salasi*; *A. monjezlopezi*; *Geyeria serorugata*; *Euerbenites bravoii*; *Plesechioceras sp.* y *Euagazziceras subsauceanum*; *Epideroceras transiens*; *Euechioceras oosteriforme*; *Phylloceras sp.*) sumando a Contreras y Nuñez (1984)[5], significan que cuenta con la cuarta parte de la riqueza específica de la Fm.

Huayacocotla reportada por Erben [7] y el 22 % de los 129 taxa que suman estas con las descripciones Meister *et al.* [16] [17], Blau *et al.* [1].

La diversidad del afloramiento es muy significativa como elemento para explicar la anomalía bioestratigráfica que ocurrió en la Fm. Huayacocotla y que responde a un patrón, si se consideran 18 afloramientos con quince especies de amonites endémicos del Sinemuriano Superior (Figura 7) (*Arnioceras geometricoides*, *Arnioceras bonnardoides*, *Arnioceras salasi*, *A. monjez-lopezi*, *Paltechioceras mexicanum*, *Euerbenites bravoii*, *E. corinnae*, *Ortechioceras pauper*, *O. incaguasiense*, *P. burkhardti*, *Ectocentrites*, *Vermiceras vinascoi*, *V. barcena*, *Echioceras huastecae*, *Euechioceras viejense*), se verá el impacto de la reunificación de la cuenca en la diversidad de estas especies por medio del corredor faunístico. Comparados con las 12 especies no endémicas (*Arnioceras ceratitoides*, *Metophioceras* sp., *Gleviceras* sp., *Ortechioceras jamesdanae*, *Oxynoticeras soemani*, *Paltechioceras tardecrescens*, *P. rothpletzi*, *P. harbledownense*, *P. burckhardti*, *P. mexicanum*, *Plesechioceras cihuacoatlae* y *Proclivioceras proclive* se muestra que en la presente localidad los endemismos superan a los elementos compartidos.

Por otra parte, pocos afloramientos presentan fauna exclusiva de la zona *Bucklandi* que suma ocho especies: *Arnioceras ceratitoides*, *A. miserabile*, *Juraphyllites nardii*, *Metophioceras conybeari*, *M. molineroi*, *M. anaberthae*, *Calliphylloceras* sp. *Partschiceras* sp. *Vermiceras* sp.; es decir que no hay ningún elemento taxonómico de Zona *Bucklandi* en la Fm. Huayacocotla.

Como la fauna del presente reporte refuerza la misma anomalía bioestratigráfica consistente en la aparente mezcla faunística (Figura 7) de Sinemuriano Inferior con el Sinemuriano Superior [12], donde se encuentra la fauna de Zona *Bucklandi* con la de *Obtusum* superior (*denotatus* en adelante) y considerando la ausencia de representantes del resto de la zona *Obtusum*, la conformación de este patrón con la diversidad y riqueza mencionados arriba, se vuelve importante proponer una explicación con el presente trabajo.

Consecuentemente, el siguiente análisis del endemismo da elementos para discutir la anomalía dejando ver que podría obedecer a la migración diferencial controlada por factores paleo-bio-geográficos.

Posible causa de endemismo en amonites sinemurianos

Las condiciones paleogeográficas del sinemuriano, con la cercanía de Europa, Noráfrica y América; así como su comunicación por medio de subcuencas Lucitana –NW Europa-New Foundland y Huayacocotla propiciaron una intensa especiación, lo que favorece el endemismo.

Si se considera que el endemismo es producto del aislamiento entre las áreas de distribución de las poblaciones naturales [6], el endemismo en las paleocuenas europeas tetisianas debería ser muy alto, sobre todo durante el período en que la comunicación con el Pacífico era escasa. Sin embargo, los afloramientos de la Fm. Huayacocotla tienen mayor diversidad, sugiriendo que el aislamiento respecto de Europa (Tetis) y la comunicación con Sudamérica y Norteamérica lo propició. La cuenca Huayacocotla incrementó el endemismo por el efecto de choque/Intercambio de faunas que se ponen en contacto súbito después de un tiempo de aislamiento [15], en especial dentro de la familia Echioceratidae hacia el final del Sinemuriano.

No obstante, la clave para entender el paso de faunas por la paleocuenca Huayacocotla, es la interrupción del registro fósil durante la zona *Obtusum*; ya que, en ningún afloramiento se registran amonitas de esta, lo que sugiere una interrupción, denominada patrón interrumpido por Esquivel *et al.* [12]. Este anomalía con respecto a la zonación europea se evidencia al comparar la costa inglesa [3] donde destaca que las zonas *Bucklandi* y *Obtusum* (figura de zonación) registran los géneros: *Arnioceras*, *Coroniceras*, *Metophioceras*, *Vermiceras*, y *Microderoceras*, que en México están hasta el Sinemuriano Superior de México [7] [12] esto delata que el Sinemuriano inferior compartió las mismas faunas en ambas regiones, por lo que podría decirse que ambos sitios combinados (océano Tetis occidental) son la región de origen y dispersión de ellos (Figura 7).

La interrupción del registro fósil durante zona la *Obtusum* (Figura 7) podría indicar dos posibilidades: 1) Que los taxa faltantes no llegaron desde Europa y que los taxa pertenecientes a zonas *Bucklandi* y *Semicostatum* que vivieron durante todo el Sinemuriano en la Fm. Huayacocotla junto con los del Sinemuriano Superior que ahí evolucionaron (el endemismo predomina) llegaron desde Europa durante las zonas *Oxynotum* y *Raricostatum*.

Una explicación alternativa (2) es que entre Sinemuriano Inferior y el Superior hubo una barrera biogeográfica que impidió la dispersión desde el Pacífico a cuencas europeas, e incluso a la cuenca Huayacocotla, se puede suponer que se secó -dada la ausencia total de fauna-, después se re-estableció la cuenca y permitió que las faunas de Sinemuriano Inferior que ahí se mantuvieron vivas durante el aislamiento, se unieran con las nuevas faunas del Sinemuriano Superior, creando un incremento de diversidad y endemismo característico de eventos de encuentro de faunas; precisamente esta explicación parece probable, dados los niveles de endemismo ya comentados arriba.

Al ver la Figura 8 se evidencia, que a la paleocuenca Lucitana no llegó la fauna del Sinemuriano Inferior, posiblemente por barreras biogeográficas respecto a Huayacocotla, mientras al Pacífico occidental - Vietnam- no llegó la fauna que sí se ve en Europa y se postula que, Huayacocotla en México Centro Oriental no lo permitió; una consecuencia es que México -en medio de Portugal y Vietnam- tiene la riqueza de ambas y por tanto mayor diversidad, por lo que la zonación europea deja de ser consistente.

Canadá es tan distante y tan característico en su zonación que no influye en la riqueza de amonitas de México. Ya que la paleocuenca Huayacocotla tiene los rangos de Portugal, pero con llegada tardía de las faunas del Pacífico; Sin embargo, no pudieron traspasar hasta esa cuenca. A Europa si habrían llegado desde el indo-pacífico por el Tetis oriental o ya que ahí se generaron, pero llegarían a México hasta el Sinemuriano Superior, pues la vastedad del Pacífico tiene que ver con porque en Vietnam no se representan esas faunas. Así el afloramiento, con su alta riqueza y diversidad, refuerza el patrón que sugieren los afloramientos incluidos en la Figura 7, y sugiere que Huayacocotla se aisló durante la zona *Obtusum*, funcionando como barrera variable entre el Pacífico y las cuencas europeas tetisianas.

STAGE	NW EUROPE		PORTUGAL	VIETNAM	FM. HUAYACOCOTLA EAST CENTRAL MEXICO	QUEEN CHARLOTTE ISLAND
	ZONE	SUBZONE	ZONE	ZONE	ZONE	ZONE
PLI.	JAMESONI	Jamesoni				IMLAYI
		Brevispina				
		Polymorphus				
		Taylori				
SINEMURIAN	RARICOSTATUM	Aplanatum	RARICOSTATUM		RARICOSTATUM	TETRASPIDOCERAS
		Macdonelli				
		Raricostatum				
		Densinodulum				
	OXYNOTUM	Oxynotum	OXYNOTUM		OXYNOTUM	
		Simpsoni				
	OBTUSUM	Denotatus	OBTUSUM		Denotatus	VARIANS
		Stellare				
		Obtusum				
	TURNERI	Birchi				
		Brooki				
	SEMICOSTATUM	Sauzeanum		SEMICOSTATUM	SEMICOSTATUM	ARNOULDI
		Scipionianum				
		Reynesi				
BUCKLANDI	Bucklandi		BUCKLANDI	BUCKLANDI	CORONICERAS	
	Rotifome					
	Conybeari					
H.	ANGULATA	Complanata				CANADENSIS

Figura 8. Comparación entre diferentes criterios de zonación para el Sinemuriano. Tomada y Modificada de [12].

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales de la UAEH por el espacio y los recursos proporcionados para la elaboración de esta investigación. Asimismo, al Instituto Tecnológico Venustiano Carranza por el apoyo en la estancia de tesis de uno de nosotros y la confianza en la dirección de tesis, así como a dos revisores anónimos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Blau, C. Meister, R. Schmidt-Effing, A. B Villaseñor. A new fossiliferous site of Lower Liassic (Upper Sinemurian), marine sediments from the Southern Sierra Madre Oriental (Puebla, México), ammonite fauna, biostratigraphy, and description of *Ectocentrites hillebrandti* new species: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 25 (2008).402-407.
- [2] E. Böse. Ueber lias in Mexico: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft. 50 (1898) 168-175.
- [3] G. Bloos, K. N Page. Global Stratotype Section and Point for base of the Sinemurian Stage (Lower Jurassic). Episodes, 25 (2002) 22-28.

- [4] C. Burckhardt, *Études synthétiques sur le Mesozoïque Mexicain*: Société Paleontologique Suisse. 49 (1930) 1-280.
- [5] B. Contreras, M. Núñez. Estudio bioestratigráfico basado en amonitas de las rocas liásicas de Honey - Pahuatlán, Puebla, in Perrilliat, M. C. (ed.), *Memoria del III Congreso Latinoamericano de Paleontología*: México, Instituto de Geología, UNAM. (1984) 156-164.
- [6] J. Dommergues, C. Meister, R. Rocha. The Sinemurian ammonites of the Lusitanian Basin (Portugal), an example of complex endemic evolution: *Paleodiversity*. 3 (2010) 59-87.
- [7] H. K. Erben. El Jurásico Inferior de México y sus Amonitas, in *XX Congreso Geológico Internacional*: México, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. (1956) 393.
- [8] C. Esquivel, R. G. León-Olvera, K. Flores-Castro. Caracterización de una nueva localidad fosilífera del Jurásico Inferior con Crinoides y Amonites en el centro-oriente de México (Temapá, Hidalgo): *Revista mexicana de Ciencias Geológicas*. 22 (2005) 97-114.
- [9] C. Esquivel-Macías, K. Flores-Castro. Paleoambiente y Composición de las asociaciones fósiles de moluscos en una localidad del Sinemuriano Superior de la región de Pahuatlán, Puebla, in Ríos-Jara, E. M. Esqueda-González, C. Galván-Villa, C. M. (eds.), *Estudios sobre la malacología y Conquiliología en México*: Guadalajara, México, Universidad de Guadalajara. (2007) 286p.
- [10] C. Esquivel-Macías, K. Flores-Castro, V. Bravo-Cuevas, R. G. León-Olvera. Paleoambiente de un afloramiento del Sinemuriano superior en la Formación Huayacocotla con base en atributos Tafonómicos: *Revista Mexicana de Paleontología*. 62 (2012) 73-91.
- [11] C. Esquivel-Macías, D. Arenas-Islas, K. Flores-Castro, G. Mendoza. Caracterización de tafofacies en la Formación Huayacocotla, Jurásico inferior (Sinemuriano Superior), centro oriente de México: *Revista Brasileira Paleontología*. 17 (2014) 249-272.
- [12] C. Esquivel-Macías, R. G. León-Olvera, K. Flores-Castro. Paleoenvironment and biostratigraphy of the Upper Sinemurian (Lower Jurassic) of the Huayacocotla Formation in East-Central Mexico *BOL. SOC. GEOL. MEX.* 69 NO. 3 (2017) 739–770.
- [13] J. Félix, H. Lenk. *Beitiage zur Geologie und Palantologie der Republik Mexico*: Leipzig, Stuttgart, Verlag von Arthur Félix und E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (E.Nagele). Vol. 3 (1889-1899).
- [14] R. W. Imlay, E. Cepeda, M. Álvarez, T. Díaz-González. Stratigraphic relations of certain Jurassic formations in eastern Mexico: *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*. 32 (9) (1948). 1750-1761.
- [15] R. May. The Evolution of Ecological Systems. In *Sci. Amer. (Eds): Evolution, a Book Of Scientific American Sci. Amer.* Freeman and Company Editors. San Francisco, USA. (1978) 80-90.
- [16] C. Meister, J. Blau, R. Schlatter, R. Schmidt-Effing. Ammonites from the Lower Jurassic (Sinemurian), of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, México). Part II: Phylloceratoidea, Lytoceratoidea, Schloteimiidae, Arietitinae, Oxinoticeratidae, and Eoderoceratidae: *Revue Paleobiologie*. 21 (1) (2002) 391-409.
- [17] C. Meister, J. Blau, J. L. Domergues, R. Schlatter, R. Schmidt-Effing, K. Burk. Ammonites from the Lower Jurassic (Sinemurian), of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, México). Part IV: biostratigraphy, palaeobiogeography and taxonomic adendum: *Revue Paleobiologie*. 24 (1) (2005) 365-384.

- [18] J. Pálffy, P. L. Smith, H. W. Tipper. Sinemurian (Lower Jurassic), Ammonoid biostratigraphic of the Queen Charlotte Islands, Western Canada: *Geobios*. 17 (1994) 385-393.
- [19] R. Schlatter, R. Schmidt-Effing. Bioestratigrafía y fauna de amonites del Jurásico Inferior (Sinemuriano), del área de Tenango de Doria (estado de Hidalgo, México), (memorias), *in* 3er. Congreso Latinoamericano Paleontología: Oaxtepec, Morelos, México, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. (1984) 154-156.
- [20] R. Schmidt-Effing. The Huayacocotla Aulacogen in Mexico (Lower Jurassic), and the origin of the Gulf of México, *in* Pilger, R. H. Jr. (ed.), Symposium on The Origin of the Gulf of Mexico and the early opening of the central North Atlantic, Proceedings: Baton Rouge, U.S.A, Louisiana State University. (1980) 79-86.
- [21] G. E. G Westermann. Biochore classification and nomenclature in paleobiogeography: an attempt at order: *PALAEO*. 158 (2000) 1-13.