



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA**  
**INSTITUTO DE GEOLOGÍA**  
**ESTRATIGRAFÍA Y PALEONTOLOGÍA**

**BIOESTRATIGRAFÍA CON AMMONITES DEL APTIANO  
SUPERIOR-ALBIANO INFERIOR EN EL ESTADO DE SONORA**

**TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA:  
ALEJANDRO SAMANIEGO PESQUEIRA**

**TUTOR:  
DR. JOSEP ANTON MORENO BEDMAR  
INSTITUTO DE GEOLOGÍA**

Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

Enero 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*“Lo que jamás ha sido puesto en duda no puede ser de ninguna manera probado. Lo que no ha sido examinado sin prevención no ha sido jamás bien examinado. El escepticismo es, por consiguiente, el primer paso hacia la verdad. Una sola demostración me afecta más que cincuenta hechos. Gracias a la extrema confianza que tengo en mi razón, mi fe no está a merced del primer saltimbanqui.”*

Dennis Diderot (1746)

## AGRADECIMIENTOS

Al financiamiento otorgado por el Programa de Apoyo de Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) a través de los proyectos: “Ammonites del Cretácico de México, Taxonomía y bioestratigrafía” con adscripción IA104715 y “Ammonites del Aptiano (Cretácico Temprano) de la Formación La Peña, Taxonomía, bioestratigrafía y paleoecología” con adscripción IA1072717. Que hicieron posible que esta investigación fuese realizada.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada con número de CVU 697247.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y al Instituto de Geología por permitir mi estancia en sus instalaciones.

Al posgrado en Ciencias de la Tierra y a sus académicos por haberme transmitido valiosos conocimientos en las distintas asignaturas.

Al mi tutor el Dr. Josep Anton Moreno Bedmar quien me aconsejó, apoyó y ayudó a seguir con este trabajo de tesis.

Al personal del laboratorio de invertebrados sobre todo al técnico laboratorista Marco Antonio Arguez por ayudarme a procesar las muestras de mi trabajo.

A mi comité tutorial comprendidos por la Dra. Ana Bertha Villaseñor Martínez y el Dr. Ricardo Barragán Manzo quienes dieron invaluable sugerencias para seguir con este proyecto.

A mis compañeros de posgrado con quienes viví muchos momentos importantes y de crecimiento durante este tiempo.

A mis roomies (Fabiola, Vence, Chris y Ruben) con los cuales aprendí como es convivir con distintas personas y tomaron el papel de familia sustituta.

A mis amigos que siempre me apoyaron pese a la distancia que nos separaba.

A mi pareja que es un gran ejemplo a seguir. Me ayudo en momentos difíciles y me aconsejo para poder seguir con este trabajo de tesis.

A mi familia por haber estado apoyándome desde tan lejos y por siempre estar ahí cuando lo necesité.

A mi madre quien me enseñó las virtudes y valores necesarios para crecer y superar todos los obstáculos que se atravesasen en el camino.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
RESUMEN .....	vii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 GENERALIDADES DE MOLUSCOS Y CEFALÓPODOS .....	1
1.2 GENERALIDADES DE AMMONITES.....	3
1.3 TAXONOMÍA.....	5
1.4 UNIDADES BIOESTRATIGRÁFICAS Y BIOZONACIÓN .....	10
2. ANTECEDENTES .....	12
3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y MARCO GEOLÓGICO.....	13
3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA .....	13
3.2 GEOLOGÍA DE AGUA SALADA EN EL ÁREA DE LAMPAZOS.....	16
3.3 GEOLOGÍA DE LA CALIZA MURAL EN EL ÁREA DE TUAPE.....	20
4. JUSTIFICACIÓN.....	26
5. HIPOTESIS .....	27
6. OBJETIVOS.....	28
7. MATERIALES Y METODOS.....	29
7.1 TRABAJO DE CAMPO.....	29
7.2 TRABAJO DE LABORATORIO .....	30
7.3 TRABAJO DE GABINETE.....	32
8. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	34
8.1 ABREVIATURAS EMPLEADAS.....	34
8.2 RESULTADOS TAXONÓMICOS .....	35
Género <i>Beudanticeras</i> Hitzel, 1902.....	35
Género <i>Huastecoceras</i> Cantú-Chapa C.M., 1976.....	37
Género <i>Dufrenoyia</i> Kilian y Reboul, 1915 .....	40
Género <i>Acanthohoplites</i> Sinzow, 1908.....	43
Género <i>Immunitoceras</i> Stoyanow, 1949.....	46
Género <i>Kazanskyella</i> Stoyanow, 1949 .....	54
Género <i>Quitmanites</i> Scott, 1940.....	60

8.3 RESULTADOS BIOESTRATIGRÁFICOS .....	63
9. CONCLUSIONES.....	85
10. LITERATURA CITADA.....	86
LÁMINA 1 .....	93
LÁMINA 2 .....	95
LÁMINA 3 .....	97
LÁMINA 4 .....	99
LÁMINA 5 .....	101
LÁMINA 6 .....	103
LÁMINA 7 .....	105
LÁMINA 8 .....	107
ANEXO 1 .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración de molusco ancestral	2
Figura 2. Cefalópodos actuales con concha	3
Figura 3. Fotografía de un <i>aptychus</i> de ammonite del Jurásico superior	3
Figura 4. Principales partes de la concha de un ammonite	4
Figura 5. Grupos de Ammonoidea y líneas de sutura	5
Figura 6. Tipos de enrollamiento planoespiral	6
Figura 7. Ejemplos de enrollamientos heteromorfos	7
Figura 8. Subdivisión de las partes de la concha de un ammonite	8
Figura 9. Diferentes secciones de vuelta	8
Figura 10. Diferentes tipos de costulación	9
Figura 11. Otros elementos ornamentales en ammonites	10
Figura 12. Localización Geográfica de Lampazos	14
Figura 13. Localización Geográfica de Tuape	15
Figura 14. Panel cronoestratigráfico del Grupo Lampazos y Grupo Bisbee	19
Figura 15. Parte baja del Miembro Cerro la Ceja	22
Figura 16. Coquinas Lutita Tuape	23

Figura 17. Parte superior del Miembro Lutita Tuape	23
Figura 18. Vara de Jacob en una sucesión de estratos	29
Figura 19. Tercer estrato donde se encontraron ammonites	30
Figura 20. <i>Immunitoceras immunitum</i> (ASII-23-1)	31
Figura 21. <i>Kazanskyella minima</i> (ASIV-6-1)	32
Figura 22. Ejemplar de la especie tipo de <i>Beudanticeras beudanti</i>	35
Figura 23. Holotipo de <i>Huastecoceras trispinosoides</i>	38
Figura 24. Comparación entre el holotipo de <i>H. trispinosoides</i> y <i>H.?</i> sp.	40
Figura 25: Holotipo de <i>Dufrenoyia scotti</i>	41
Figura 26. Holotipo de <i>Acanthohoplites aschiltaensis</i>	43
Figura 27: Holotipo de <i>Immunitoceras trinitensis</i>	47
Figura 28: Holotipo de <i>Immunitoceras immunitum</i>	48
Figura 29: Macroconchas de <i>Immunitoceras</i>	50
Figura 30. <i>Immunitoceras immunitum</i> con vuelta interna	50
Figura 31: Holotipo de <i>Immunitoceras immunitum</i> y ejemplar ASI-4-1	51
Figura 32: Holotipo de <i>Immunitoceras umbilicostatus</i>	52
Figura 33: Holotipo de <i>Kazanskyella minima</i>	55
Figura 34: Vistas de un ejemplar de <i>Kazanskyella spathi</i>	58
Figura 35: Holotipo de <i>Quitmanites fosteri</i>	61
Figura 36. Región ventral del ejemplar ASVI-11-70	63
Figura 37. Columna estratigráfica de Agua Salada 1 (ASI)	64
Figura 38. Fotografía de campo (ASI)	64
Figura 39. Fotografía de campo (ASI)	65
Figura 40. Columna estratigráfica de Agua Salada 2 (ASII)	66
Figura 41. Fotografía de campo (ASII)	67
Figura 42. Columna estratigráfica de Agua Salada 3 (ASIII)	68
Figura 43. Columna estratigráfica de Agua Salada 4 (ASIV)	69
Figura 44. Fotografía de campo (ASIV)	70
Figura 45. Fotografía de campo (ASIV)	70
Figura 46. Fotografía de campo (ASIV)	71

Figura 47. Fotografía de campo (ASIV)	71
Figura 48. Columna estratigráfica de Agua Salada 6 (ASVI)	72
Figura 49. Columna estratigráfica del área de Tuape	73
Figura 50. Ampliación de primeros estratos de Cerro la Ceja	74
Figura 51. Fotografía de Campo (TUCC)	74
Figura 52. Fotografía de Campo (TUCC)	75
Figura 53. Fotografía de Campo (TUCC)	75
Figura 54. Ampliación niveles calizos TUCC	76
Figura 55. Fotografía de Campo (TUCC)	76
Figura 56. Ampliación de la transición entre Cerro la Ceja y Lutita Tuape	77
Figura 57. Fotografía de Campo (TUCC)	77
Figura 58. Fotografía de Campo (TUCC)	78
Figura 59. Fotografía de Campo (TUCC)	78
Figura 60. Ampliación superior de la columna estratigráfica tomada de Tuape	79
Figura 61. Fotografía de Campo (TUCC)	80
Figura 62. Fotografía de Campo (TUCC)	80
Figura 63. Fotografía de Campo (TUCC)	81
Figura 64. Fotografía de Campo (TUCC)	81
Figura 65. Comparación del esquema biozonal obtenido	82
Figura 66. Correlación de las columnas estratigráficas de Agua Salada	85



## RESUMEN

En el estado de Sonora afloran varias unidades litoestratigráficas cretácicas, entre ellas el Grupo Bisbee (Conglomerado Glance, Formación Morita, Caliza Mural y Formación Cintura) del Jurásico Superior al Albiano y la secuencia del área de Lampazos (Formaciones El Aliso, Agua Salada, Lampazos, Espinazo del Diablo y Los Picachos) del Barremiano al Albiano. Estas unidades contienen rocas sedimentarias marinas con fósiles, incluyendo ammonites. En estudios realizados durante el siglo pasado se han encontrado ammonites tanto en la Caliza Mural (miembros Cerro la Ceja y Lutita Tuape), como en La Formación Agua Salada. Dichas formaciones afloran en distintas localidades del norte y este del estado de Sonora, respectivamente y comprenden rocas sedimentarias del Barremiano, Aptiano y Albiano (Cretácico inferior). La Formación Mural se divide en 8 miembros: Fronteras, Rancho Búfalo, Cerro la Ceja, Lutita Tuape, Los Coyotes, Cerro la Puerta, Cerro la Espina y Mesa Quemada. Este trabajo se enfoca al estudio de la Formación Agua Salada en el área de Lampazos y de la Caliza Mural en el área de Cucurpe. Los miembros Cerro la Ceja y Lutita Tuape de la Caliza Mural están representados por margas, calizas y lutitas transgresivas. Mientras que la Formación Agua Salada se compone de margas y calizas principalmente. Los sedimentos contienen distintos grupos de organismos fósiles como ostreídos, pectínidos, gasterópodos y ammonites. En total se encontraron 11 taxones de ammonites: *Beudanticeras* sp., *Huastecoceras?* sp., *Dufrenoyia* sp., *Acanthohoplites* sp., *Immunitoceras immunitum*, *Immunitoceras umbilicostatus*, *Immunitoceras* sp., *Kazanskyella minima*, *Kazanskyella spathi*, *Kazanskyella* sp. y *Quitmanites* sp. Anteriormente debido a los ammonites identificados en las 2 áreas de estudio se a estas se les asignaba una edad de Albiano inferior. Gracias a los taxones identificados en esta tesis se puede permitir asignar a la parte alta de la Formación Agua Salada como Aptiano superior ya que registra las biozonas *Kazanskyella minima* e *Immunitoceras immunitum*. El miembro Cerro la Ceja de la Caliza Mural como Aptiano superior ya que registra la biozona *Kazanskyella minima*. Y finalmente el miembro Lutita Tuape también correspondiente a la Caliza Mural como Aptiano superior terminal por la biozona *Immunitoceras immunitum*.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ammonites fueron moluscos cefalópodos que vivieron desde finales del Devónico, hace unos 360 millones de años, hasta su extinción en el Daniano (Paleógeno) entre 65 y 61.6 millones de años (Machalski, 2002). Sobreviviendo por un breve lapso a la extinción K/Pg que hizo desaparecer otros grupos como los dinosaurios, los belemnites y los rudistas (*e.g.* Machalski, 2002; Landman *et al.*, 2015). Los ammonites han sido especialmente utilizados en bioestratigrafía. El estudio de los ammonites del Aptiano-Albiano inferior del norte del país comenzó con los trabajos de Burckhardt, 1906 y 1925 en los estados de Zacatecas y Durango, respectivamente. La presente tesis de maestría se enfoca en el estudio de los ammonites de dicha edad en dos localidades del estado de Sonora. La primera localidad se ubica al este del estado en el municipio de Tepache, específicamente en el área de Lampazos, donde se encuentran ammonites del Aptiano superior-Albiano inferior. La segunda localidad se ubica en el municipio de Cucurpe en el área de Tuape, donde se encuentran ammonites del Aptiano superior. En esta tesis se realiza un análisis taxonómico y bioestratigráfico de las faunas de ammonites colectadas en las áreas de estudio. Lo cual mejora el conocimiento disponible sobre este grupo fósil del estado de Sonora, ya que, a pesar de las contribuciones previas realizadas, indudablemente el registro fósil de los ammonites de dicho estado es uno de los más pobremente estudiados de toda la república. Los análisis bioestratigráficos realizados en las dos localidades estudiadas en esta tesis contribuirán al desarrollo de una biozonación que se está proponiendo para la provincia faunística del Atlántico Central (Moreno-Bedmar *et al.*, 2013).

### 1.1 GENERALIDADES DE MOLUSCOS Y CEFALÓPODOS

Los organismos pertenecientes al *Phylum* Mollusca poseen el cuerpo blando y una gran variedad de formas (Fig. 1), éstos generalmente presentan una concha de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>). Los moluscos, después de los artrópodos, son el segundo grupo de invertebrados más diverso, se pueden encontrar en todos los ambientes acuáticos y terrestres, presentan un registro geológico que comienza en el Cámbrico temprano (Ponder y Lindberg, 2008).

Actualmente se conocen alrededor de 100,000 especies vivas y 35,000 extintas, divididas en ocho clases actuales: Caudofoveata, Solenogaster, Monoplacophora, Polyplacophora, Scaphopoda, Pelecypoda, Gasteropoda y Cephalopoda, además de dos extintas: Rostroconchia y Helcionelloida (Castillo-Rodriguez, 2014).

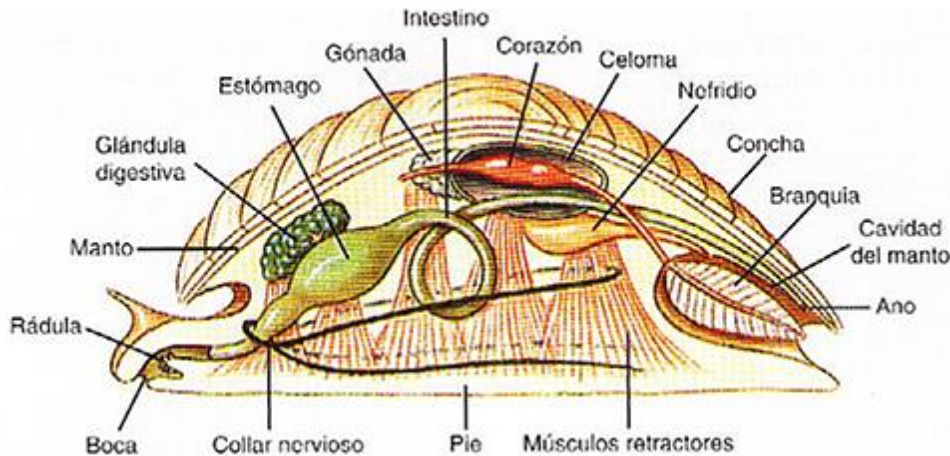


Figura 1. Ilustración de molusco ancestral. Imagen modificada de Barnes (1989).

Los cefalópodos son una clase de moluscos caracterizados por poseer un anillo de brazos alrededor de la boca, los cuales se originan en la cabeza. Son carnívoros activos cuya locomoción se produce por medio de contracciones en la cavidad del manto que expulsan el agua contenida en su interior, lo que proporciona un efecto de propulsión a chorro (Campbell y Reece, 2007). En la mayoría de los grupos actuales la concha esta reducida o se ha perdido por completo y solamente 2 géneros presentan concha externa: *Nautilus* y *Argonauta* (Fig. 2). A diferencia de los cefalópodos actuales, en los fósiles existió una gran variedad de formas con conchas, entre ellos destacan los nautilídeos, ammonoideos y orthocerátidos.

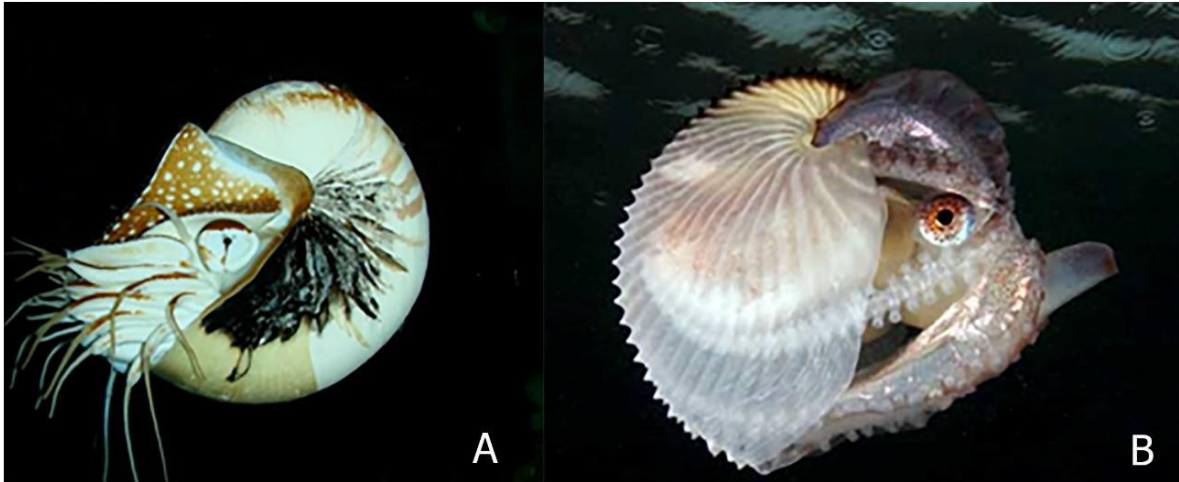


Figura 2. Cefalópodos actuales con concha: A) *Nautilus* y B) *Argonauta*. Imágenes tomadas de Galindo Leal; bdi-CONABIO y Argo search, respectivamente.

## 1.2 GENERALIDADES DE AMMONITES

El clado Ammonoidea es un grupo de moluscos extintos que aparece en el Devónico y se extingue en el Daniano (Machalski, 2002). El registro fósil de este grupo se conforma principalmente de su concha fosilizada y más escasamente de otro elemento denominado *aptychus* (Fig. 3). Al igual que los nautiloideos, los ammonites poseían una concha externa constituida de aragonita ( $\text{CaCO}_3$ ) que se conforma de dos partes: la cámara de habitación donde se encontraba el organismo y el fragmocono dividido por septos en cámaras, el cual tiene la función de regular la flotabilidad (Fig. 4).

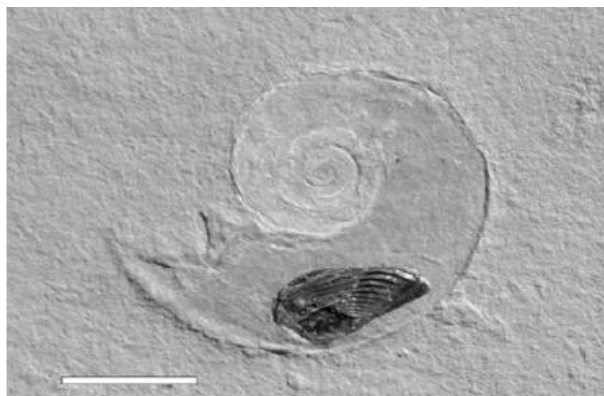


Figura 3. Fotografía de un *aptychus* de ammonite del Jurásico Superior (Kimmeridgiano) *Metahaploceras* sp. encontrado dentro de la cámara de habitación. Imagen tomada de Schweigert, 2009.



Figura 4. Elementos principales de la concha de un ammonite. Imagen tomada de González-Arreola *et al.*, 2014.

La concha de los ammonites posee algunas características variables tales como la línea de sutura. La línea de sutura representa la unión del septo con la pared de la concha, su expresión varía desde una línea anular simple que corresponde al pliegue del septo, hasta expresiones muy complicadas resultantes de varios pliegues septales. Este rasgo es visible en moldes internos. El sifón es una estructura subcilíndrica alargada de diámetro reducido, compuesta por material mineralizado y tejido orgánico, que comunica todas las cámaras posibilitando el intercambio de los fluidos contenidos en los distintos compartimentos del fragmocono con el exterior de la concha (Barroso-Barcenilla, 2008).

La concha de los nautilidos y de los ammonites tiene el mismo patrón básico, sin embargo, guardan importantes diferencias. Por ejemplo, en el caso de los ammonoideos la línea de sutura, presenta patrones complejos y se utiliza para la identificación de los distintos grupos, mientras que en el caso de los nautilidos esta característica generalmente es más sencilla (Monks y Palmer, 2002). Otra característica distintiva es la posición del sifón, ya que en ammonites éste se encuentra en posición ventromarginal mientras que en los nautilidos se ubica atravesando las cámaras en torno a la mitad del septo.

A través de la historia evolutiva de los ammonoideos, se puede observar un incremento en la complejidad de la línea de sutura. Gracias a esto se puede subdividir al clado Ammonoidea en tres grupos (Fig. 5): Goniatítidos que dominaron en el Paleozoico, Ceratítidos que proliferaron en el Paleozoico y a comienzos del Mesozoico y Ammonitídeos

los cuales se desarrollaron durante el Mesozoico (Kennedy, 1977; Klug y Hoffman, 2015). La complejidad de la línea de sutura se incrementa a través de la filogenia, alcanzando su máximo en las formas cretácicas. Durante el Jurásico y Cretácico los rangos estratigráficos de las especies de ammonites son por lo general bastante restringidos ya que la diversificación morfológica y ecológica fue la máxima alcanzada por el grupo (Klug *et al.*, 2015). Por lo que los ammonites de estas edades se utilizan ampliamente en bioestratigrafía.

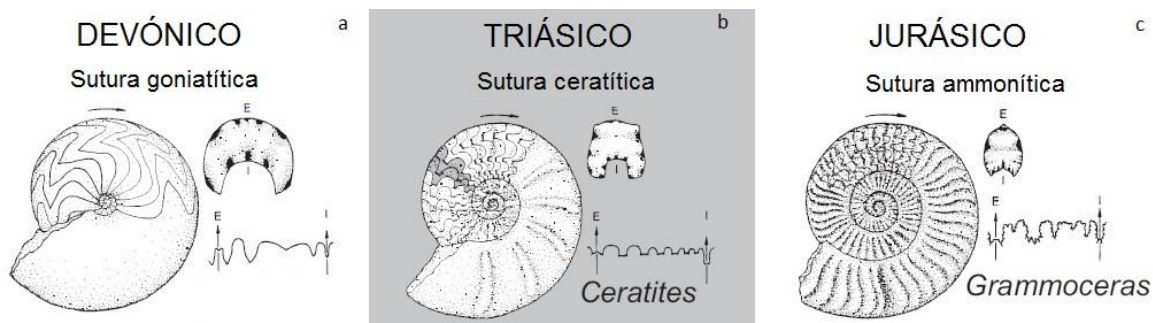


Figura 5. Grupos de Ammonoidea y líneas de sutura: a) línea de sutura goniática, b) ceratítica y c) ammonítica. Imagen modificada de Monnet *et al.* (2015).

El proceso de conservación y fosilización de los ammonites se puede dar de distintas maneras, ya sea manteniendo la concha aragonítica original o recristalizándose en un mineral más estable, por ejemplo, la calcita. Una de las formas de conservación más comunes en ammonites es por medio de moldes, los cuales se forman cuando el sedimento rellena las partes huecas de la concha del organismo, con el tiempo la concha del ammonite se disolverá mientras que el relleno se cementará y se convertirá en roca. De igual manera se pueden generar moldes externos cuando se cementa el sedimento que cubre la superficie de la concha, lo que hace que se conserve su morfología externa.

### 1.3 TAXONOMÍA

La taxonomía de los ammonites se basa en las características morfológicas de la concha ya que la preservación de las partes blandas es sumamente escasa (Klug *et al.*, 2015). Las características internas como la línea de sutura de presenta un gran valor taxonómico, pero generalmente se utiliza para diferenciar familias o subfamilias, mientras que las características externas se utilizan para la distinción a nivel genérico y específico. Los

ammonites presentan una gran variedad de formas de la concha, algunos poseen una concha involuta parecida a la del *Nautilus*, es decir, donde las vueltas externas cubren ampliamente las internas. Otros en cambio, poseen un tipo de enrollamiento denominado evolutivo, donde las vueltas externas apenas cubren las vueltas internas (Fig. 6).

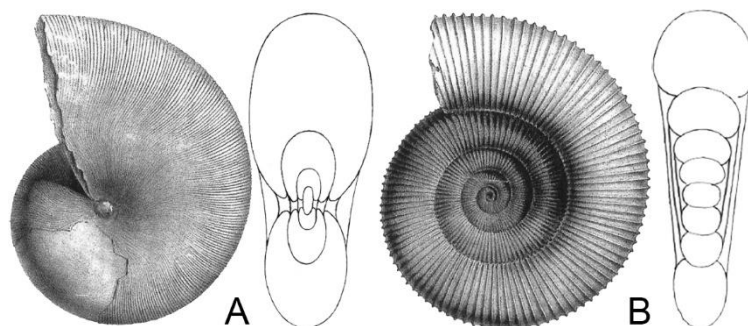


Figura 6. Tipos de enrollamiento planoespiral, a) involuto y b) evolutivo. Imágenes modificadas de d'Orbigny (1840-1842).

Además de estas variaciones, existen otros tipos de conchas denominadas heteromorfas las cuales pese a que generalmente comienzan con un enrollamiento en espiral posteriormente se desenrollan y presentan tanto morfologías como enrollamientos muy diversos (Fig. 7). Algunas conchas son rectas, otras helicoidales y algunas con formas rectas que terminan en una especie de gancho (Monks y Palmer, 2002).

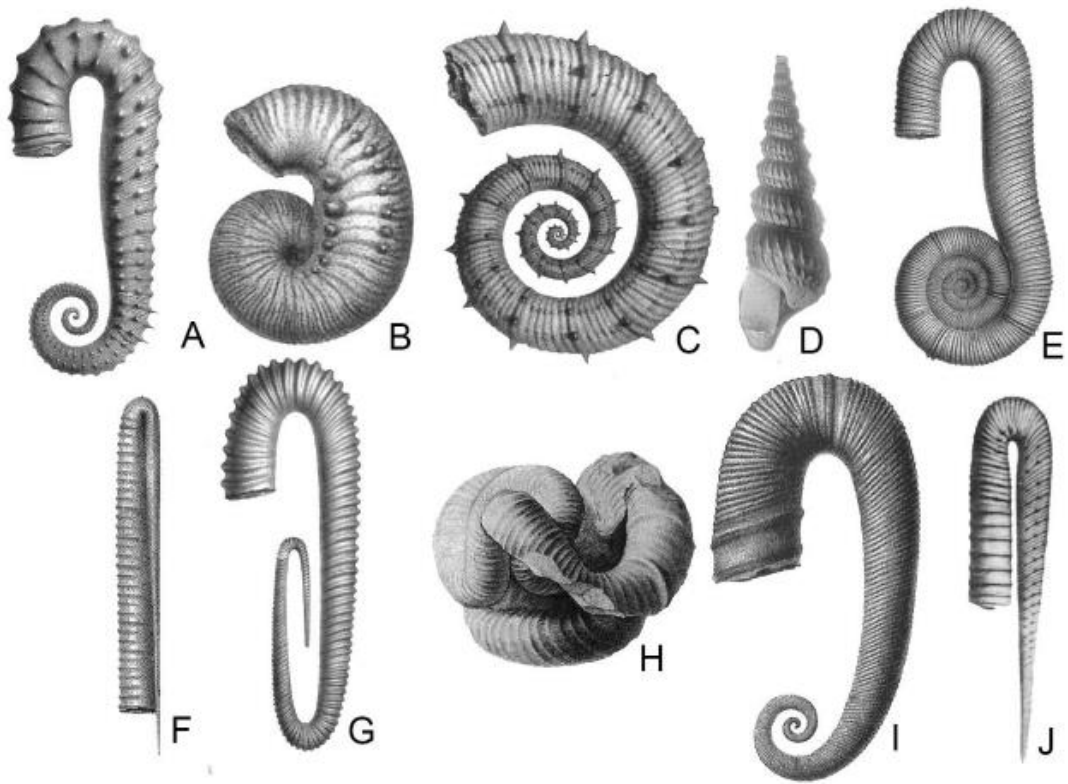


Figura 7. Ejemplos de enrollamientos heteromorfos. A) ancylocerátido; B) escafítido; C) criocerátido; D) turrilítido; E) macroescafítido; F) ptychocerátido; G) hamítido; H) nipponítico; I) heterocerátido y J) baculítido. Imágenes modificadas de A-C, E-G, I: d'Orbigny (1840-1842), D, H, J: Roman (1938).

La descripción de las características externas de la concha en los ammonites se hace dividiendo ésta en varias regiones: el flanco es la parte lateral de la concha en la que se distinguen tres zonas: el tercio inferior, medio y superior. La región umbilical comprende las vueltas iniciales del ammonite y la zona ventral, que es la parte más alejada del eje de enrollamiento, cuya parte media se ubica la región sifonal (Fig. 8).



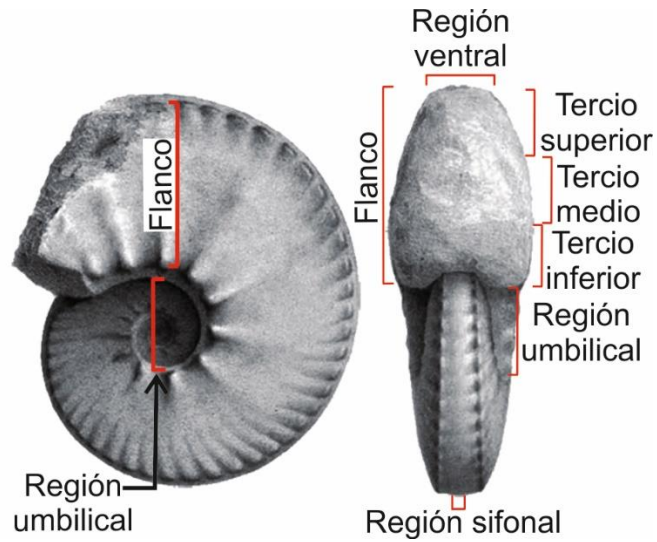


Figura 8. Subdivisión de las partes de la concha de un ammonite. Imágenes modificadas de Pictet y Campiche (1858-1860).

Otra característica importante utilizada en el estudio taxonómico de este grupo es la sección de la vuelta, determinada por la región ventral y la forma de los flancos (Fig. 9). Sin embargo, el ancho y la altura de la sección de la vuelta pueden cambiar durante el desarrollo ontogénico del ammonite.

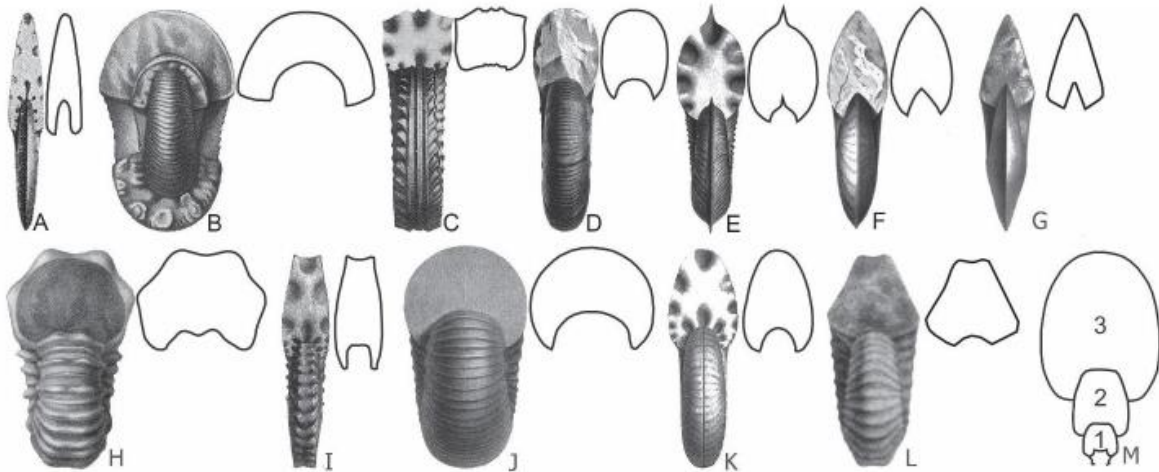


Figura 9. Diferentes secciones de vuelta: A) comprimida, B) deprimida, C) cuadrada, D) elíptica, E) lanceolada, F) ojival, G) triangular, H) poligonal, I) rectangular, J) redondeada, K) ovalada y L) trapezoidal. M: Variación de la sección de la vuelta durante la ontogenia de un ammonite: M-1: subcuadrangular, M-2: rectangular y M-3: elíptica. Imágenes

modificadas de A: Hyatt (1903); B: Eichwald (1871); C y L: Roman (1938); D, E, G, I y K: d'Orbigny (1840-1842); F: Pictet y Campiche (1858-1860); H: Gabb (1869) y J: Eichwald (1865).

Un elemento de gran importancia que generalmente permite la identificación de las diferentes especies es la ornamentación. Los ammonites pueden llegar a presentar tipos de ornamentación muy diversa. Uno de los elementos ornamentales más comunes son las costillas, las cuales pueden tener distintos trazados (Fig. 10). Las costillas de un ammonite no suelen ser todas iguales y por ello se pueden agrupar en costillas primarias, que son más largas y generalmente más robustas y costillas secundarias, que son más cortas y generalmente menos robustas.

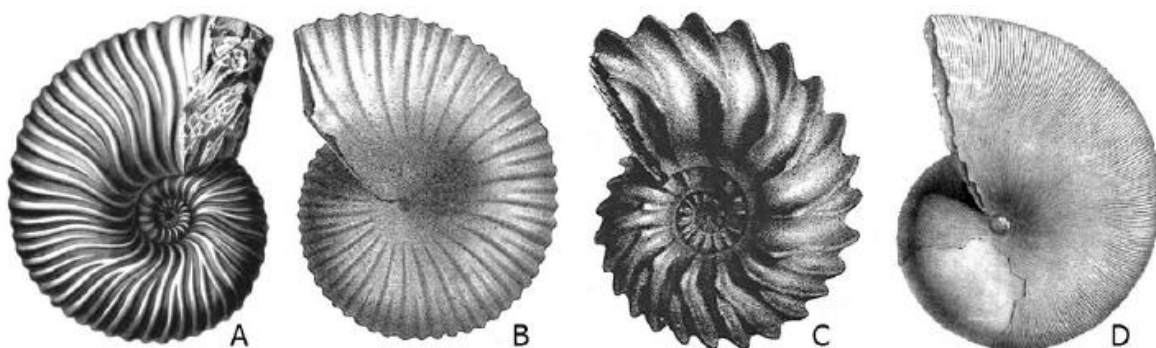


Figura 10. Diferentes tipos de costulación, A) flexuosa, B) recta, C) bifurcada, D) estriada. Imágenes modificadas de A y D: Wright *et al.* (1996); B y C: d'Orbigny (1840-1842).

Otros elementos ornamentales bastante comunes e importantes en los ammonites son los tubérculos (Fig. 11), protuberancias de la concha ubicadas en diferentes zonas de la misma y según su tamaño y forma también pueden denominarse nodos, bullas, espinas, o cuernos. Otro elemento ornamental más escaso son las quillas o carenas, que se cree tenían un papel estabilizador, tal como en las embarcaciones (González-Arreola *et al.*, 2014).

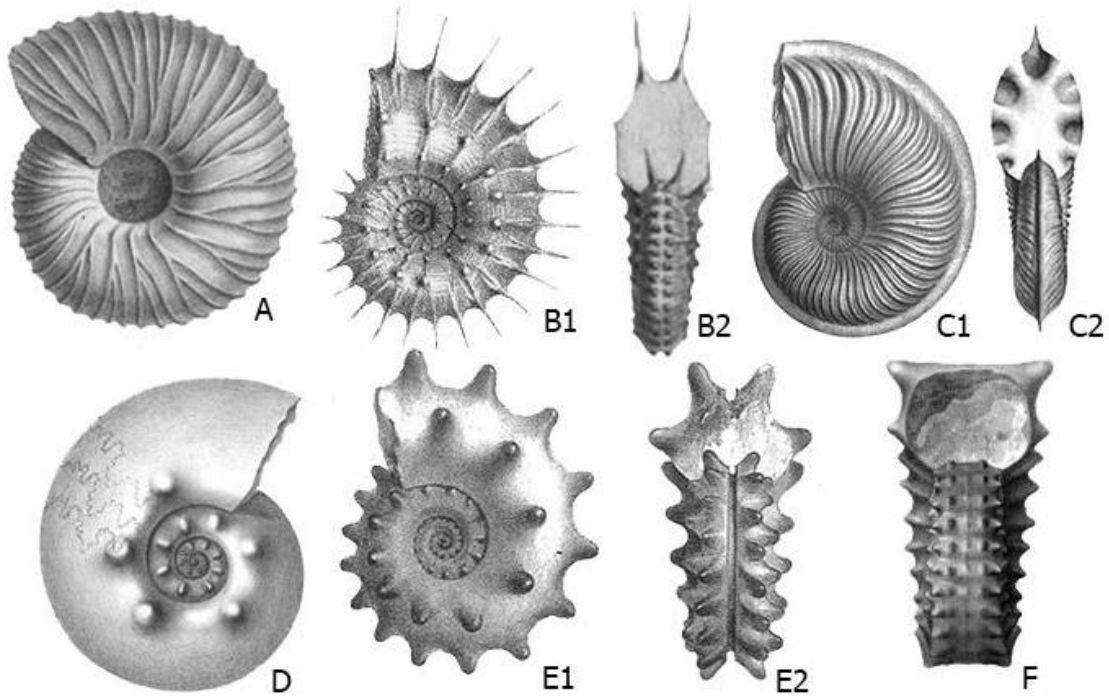


Figura 11. Otros elementos ornamentales en ammonites, A) costillas; B1-2) espinas; C1-2) quilla; D, E1-2) tubérculos; F) cuernos. Imágenes modificadas de A-B: Eichwald (1865-1868); C, E y F: d' Orbigny (1840-1842); D: Pictet y Campiche (1858-1860).

#### 1.4 UNIDADES BIOESTRATIGRÁFICAS Y BIOZONACIÓN

De acuerdo con el Código Norteamericano de Nomenclatura Estratigráfica 2005, (NASC por sus siglas en inglés) una unidad estratigráfica es un cuerpo de roca o material rocoso que se distingue de cuerpos rocoso-adyacentes debido a ciertas características litológicas directamente observables en los estratos (unidad básica de la estratigrafía). Estas propiedades pueden ser composición, textura, contenido fósil, firma magnética, radioactividad y velocidad sísmica (Barragán *et al.*, 2010). Una unidad litoestratigráfica es aquella que toma las características litológicas como criterio principal para la clasificación de éstas. Mientras que una unidad cronoestratigráfica es aquella que se denomina de acuerdo a conjuntos de cuerpos rocosos formados durante un tiempo determinado, son las divisiones de cuerpos de roca utilizadas en la escala del tiempo geológico. De igual manera las diferencias en el contenido fósil pueden permitir clasificar los estratos en unidades denominadas

bioestratigráficas. El objetivo de la bioestratigrafía consiste en organizar sistemáticamente los estratos en unidades basadas en el contenido y la distribución de sus fósiles (Herdberg, 1980). La principal unidad bioestratigráfica es la biozona, la cual es un cuerpo de estratos caracterizado por la presencia de una o más unidades taxonómicas fósiles de las cuales recibe su nombre. El criterio para determinar una unidad bioestratigráfica puede presentar diversas modalidades como la presencia de uno o más taxones, su abundancia, o el solapamiento de diversos taxones. De acuerdo a la ocurrencia de la primera y última aparición de dichos taxones se pueden establecer diferentes tipos de biozonas:

**Biozona de intervalo:** Conjunto de estratos fosilíferos entre dos horizontes concretos. Se caracterizan porque el taxón que la define no está presente en todo el intervalo. Los rasgos a partir de los cuales estos biohorizontes comúnmente se definen incluyen los registros estratigráficos más bajos (Reguant y Ortiz, 2001).

**Biozona de linaje:** Una biozona de linaje se define como un cuerpo de roca que contiene especies representativas de un segmento específico de un linaje o grupo evolutivo.

**Biozona de conjunto:** Es un cuerpo de estratos que se caracteriza por el agrupamiento de fósiles, que le confiere el nombre a la biozona. Este tipo de biozona puede estar basada en solo un grupo taxonómico o en varios.

**Biozona de abundancia:** Conjunto de estratos en el que la abundancia de un taxón concreto o de un grupo concreto de taxones es, significativamente, mayor que la usual en las partes adyacentes de la sección. La abundancia excepcional de un taxón o taxones en el registro estratigráfico puede deberse a determinados procesos de extensión local, pero puede repetirse en diferentes lugares en distintos períodos de tiempo (Reguant y Ortiz, 2001).

## 2. ANTECEDENTES

Uno de los primeros trabajos estratigráficos realizados en el estado de Sonora fue el de Ransome (1904) donde se reportaron varios depósitos minerales, así como la estratigrafía general de la Cuenca Bisbee. Durante bastante tiempo los trabajos paleontológicos y geológicos del estado fueron escasos. No fue hasta tiempo después donde Solano-Rico (1970), trabajó haciendo referencia a los yacimientos minerales de Lampazos. Herrera y Bartolini (1983), describieron la geología general del área. González-León y Buitrón-Sanchez (1984), reportaron los aspectos bioestratigráficos del contenido paleontológico encontrados en el área de Lampazos. Scott (1987) se reporta la especie de ammonite *Kazanskyella spathi* para la parte norte del estado. En la región central del estado, se han encontrado diversos ammonites entre ellos *Dufrenoyia* cf. *rebecae* el cual junto con el foraminífero *Palorbitolina lenticularis* indica edades cercanas al Aptiano inferior en la Formación Cerro de Oro en Cañada los Tubos (González-León y Lucas, 1995). Mora-Villalobos (1998) realizó una tesis donde se estudiaban los ammonites en el área de Lampazos y en Cerro de las Conchas. McKee y Anderson (1998) encuentran e ilustran un ammonite identificado como *Deshayesites* cerca de la base del Miembro Lutita Tuape de la Caliza Mural. Longorea y Monreal (2000) realizaron un estudio estratigráfico en el área de Lampazos y todas sus formaciones. Lawton *et al.* 2004, reportan varios ammonites en su estudio de la Caliza Mural entre ellos los géneros *Hypacanthoplites*, *Dufrenoyia* y *Burckhardtites* encontrados en los miembros Cerro La Ceja y Lutita Tuape. En González-León *et al.*, 2008 se reportaron los ammonites *Immunitoceras immunitum*, *Eodouvilleiceras adkinsi*, *Hypacanthoplites ceratitosus*, *Hypacanthoplites* sp., *Parahoplites fasciculatus*, *Parahoplites* sp. juv. y *Burckhardtites* sp. en los miembros Cerro la Ceja, Lutita Tuape y Los Coyotes.

### **3. LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA Y MARCO GEOLÓGICO**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA**

El estado de Sonora se localiza en el noroeste del país, colindando con los estados de Chihuahua al este, hacia el oeste colinda con el Mar de Cortés o Golfo de California, al sur con Sinaloa, al noroeste con Baja California y al norte comparte una extensa frontera con el estado de Arizona y una más pequeña con el de Nuevo México de Estados Unidos de América.

En el área de Lampazos aflora la Formación Agua Salada la cual se ubica en el centro-este del estado de Sonora, entre las coordenadas  $28^{\circ}18'$ -  $29^{\circ}28'$  N y  $109^{\circ}19.5'$ -  $109^{\circ}30'$ W, se encuentra a una altitud media de 1400 metros sobre el nivel del mar y se ubica a 10 km al sureste del poblado de Tepache. En la parte central del área se encuentra la mina de Lampazos (Figura 12).

En el área de Tuape ubicada en el noreste del estado de Sonora, la Caliza Mural aflora entre las coordenadas  $30^{\circ}07'$ -  $30^{\circ}13'$  N y  $110^{\circ}36'$ -  $110^{\circ}42'$ W, se encuentra a una altitud aproximada de 780 metros sobre el nivel del mar y se ubica a 8 km al sur del poblado de Cucurpe, en colindancia con el municipio de Opodepe (Figura 13).

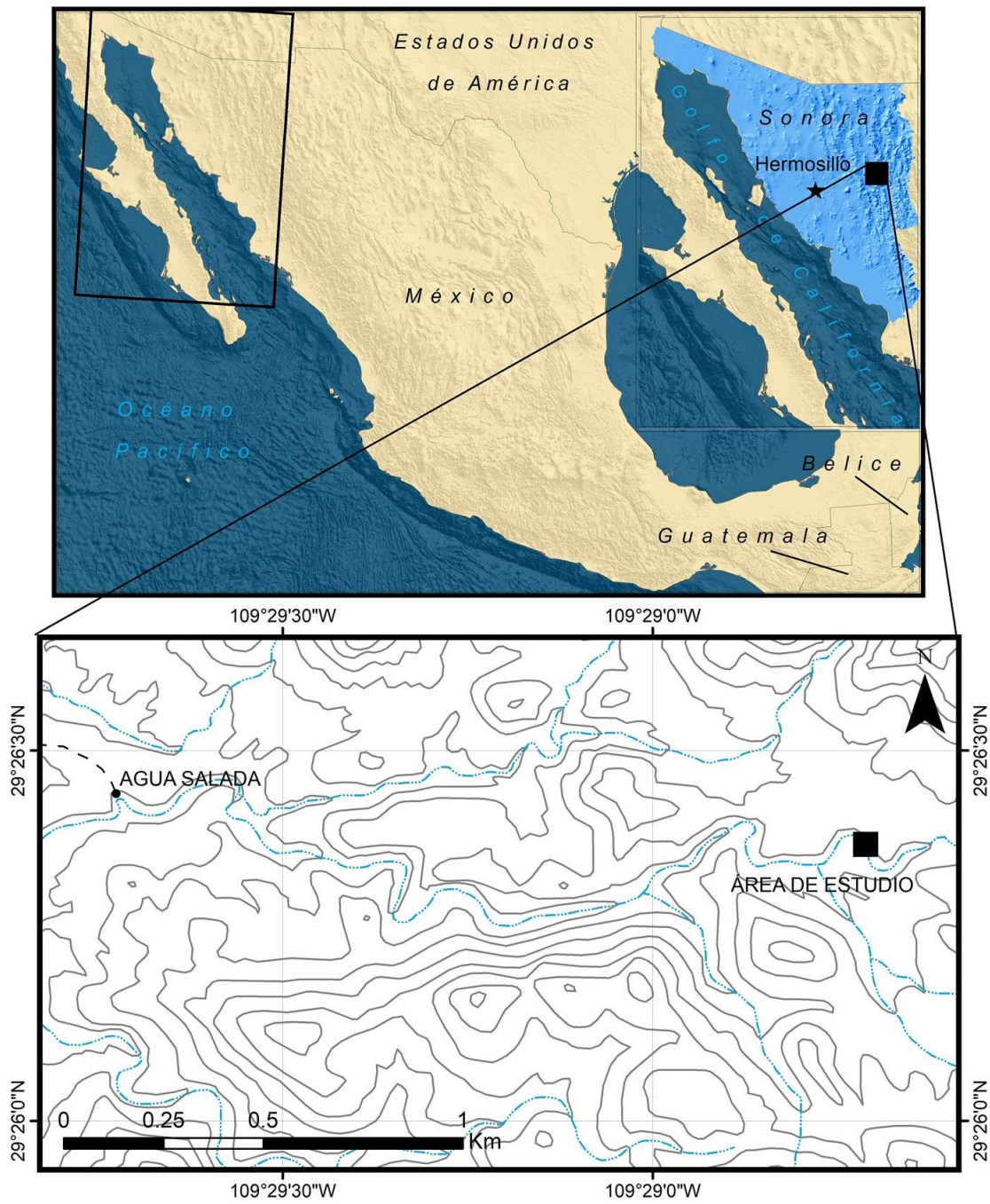


Figura 12. Localización Geográfica de la zona de Lampazos.

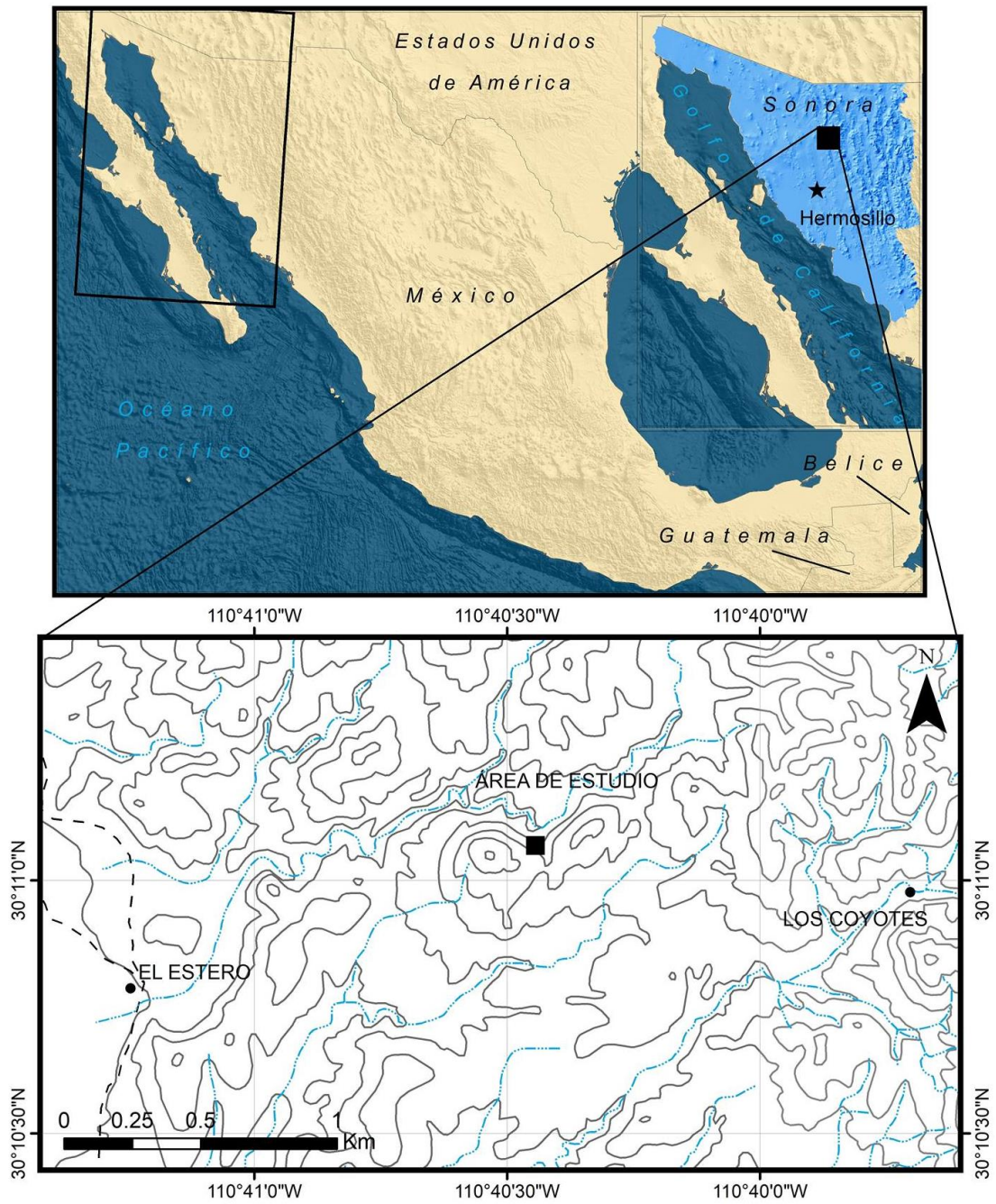


Figura 13. Localización Geográfica de la zona de Tuape.



### 3.2 GEOLOGÍA DE LA FM AGUA SALADA EN EL ÁREA DE LAMPAZOS

Las rocas más antiguas que afloran en el área de Lampazos son rocas sedimentarias del Cretácico Inferior. A esta secuencia la sobreyacen, discordantemente rocas volcánicas del Oligoceno cortadas por cuerpos intrusivos del Mioceno (Bartolini y Herrera, 1986). Los materiales cretácicos que alcanzan hasta un espesor de 2500 m, se dividen en varias unidades litoestratigráficas: El Aliso, Agua Salada, Lampazos, Espinazo del Diablo, Los Picachos y su equivalente Nogal y La Mesa (Herrera *et al.*, 1984; Figura 14). La litología de éstas es pedernalosa-lutítica con algunas intercalaciones carbonatadas. Con base en sus características litológicas, en la secuencia sedimentaria se distinguen los siguientes sistemas de depósito: plataforma abierta, plataforma somera abierta de baja energía y plataforma abierta de energía moderada a alta (González-León, 1988).

Herrera y Bartolini (1983) encontraron una unidad incompleta de 82 m de “calizas arcillosas, pedernal negro y lutitas negras carbonosas escasas” a la cual nombraron Formación Agua Salada, esto debido a que el afloramiento que estudiaron estos autores se encuentra al sureste del Rancho Agua Salada. Además de esa zona, la Formación Agua Salada aflora en el anticlinal del Rancho El Aliso y en el anticlinal que forma el Cerro La Fortuna.

En el Rancho Agua Salada, la formación nominal alcanza un espesor de 350 m. Los primeros 100 m se constituyen de pedernal de color negro, en estratos de entre 5 y 30 cm de espesor, con intercalaciones de estratos menores a 10 cm de espesor y de estratos laminares de lutita negra; además se presentan de manera irregular, algunos estratos de hasta 2 m de espesor de calizas de color gris oscuro que corresponden a, *packstone* de ostreidos. Sobre este paquete se encuentran 30 m de lutita de color marrón verdoso, masiva, con intercalaciones menores de estratos delgados de arenisca de grano muy fino, seguidos de un horizonte índice de 10 a 15 m de espesor de *wackestone-packstone* con abundantes ostreidos. Este último horizonte forma la base de la Formación Agua Salada que describieron Herrera y Bartolini (1983), pues estos autores en realidad solo describieron la parte media de la formación (82 de los 350 m.). Continúa hacia arriba 55 m de pedernal de color negro, en estratos de espesor variable, aunque no menores a 5 cm ni mayores a 50 cm, que contienen algunas intercalaciones de *mudstone-wackestone*, color gris, con bivalvos bien conservados,

intercalaciones frecuentes de estratos delgados y nodulares de *mudstone-wackestone*, así como escasos estratos laminares de lutita negra. Los planos de estratificación ondulante son comunes dentro de estas rocas, así como los nódulos calcáreos dentro del pedernal, por lo cual, en algunos horizontes, se pueden observar estructuras de amercillamiento o *boudinage*. Dentro del pedernal se observa el predominio de texturas *mudstone* y *wackestone*, con radiolarios reemplazados por calcita, granos de roca volcánica más finos que el tamaño de arena, cuarzo y feldespatos muy escasos, los cuales presentan un débil alineamiento por corrientes. La unidad en este lugar (Formación Agua Salada en el rancho nominal) termina con 150 m aproximadamente de lutita de color negro; en la mitad inferior contiene nódulos y a veces estratos delgados de pedernal y en la mitad superior se intercala con nódulos y estratos delgados de caliza arcillosa. Dentro de la lutita existen horizontes fosilíferos con abundantes bivalvos: *Codakia (Epilucina)* sp., *Cucullea (Trigonarca)* sp., *Artica* sp., *Lucina* sp., *Cardium forbesi*, *Eomdion* sp., *Isocardia nasuta*, *Tapes higardi*, *Tellina undulifera*, *Pholodomya* sp., *Tancredia (Isotancredia)* sp. (Dra. Gloria Alencaster, 1985, comunicación escrita en González-León, 1988); ammonites: *Dufrenoyia justinae*, *Hypacanthoplites* sp., *Hysteroceeras* sp. Los fósiles de la unidad presentan buen estado de conservación (González-León, 1988). Monreal y Longoria (2000) encontraron radiolarios, foraminíferos planctónicos y fragmentos de moluscos.

En el anticlinal del Rancho El Aliso, la Formación Agua Salada alcanza un espesor de aproximadamente 250 m y presenta un carácter terrígeno, lo cual indica un cambio lateral de facies respecto a la sección del Rancho Agua Salada. Predomina la lutita en paquetes masivos con intercalaciones de estratos delgados de limolita y arcosa lítica de grano muy fino que a veces poseen diastratificación por rizaduras; también existen intercalados algunos estratos que van de delgados a gruesos de *packstone-wackestone* de restos de bivalvos. En la mitad superior, están presentes estratos que van de delgados a muy delgados de pedernal de color negro y marrón rojizo, interestratificados con lutita negra. En la cima de esta formación, dentro de la lutita de color gris claro, se encontraron equinodermos y bivalvos (*Acila* sp. y *Lucina* sp.) y otras formas parecidas a las de la localidad del Rancho Agua Salada y en estado de conservación regular. En el anticlinal del Cerro La Fortuna aflora solamente la parte extrema superior de esta unidad (González-León, 1988).

De acuerdo con sus facies y microfacies, es posible que los sedimentos de la Formación Agua Salada hayan sido depositados en un ambiente de plataforma abierta, según el modelo de Rose (1978). Este ambiente indica una transgresión marina sobre los materiales de la Formación El Aliso. Sin embargo, el análisis de microfacies realizado en Monreal y Longoria (2000) indicó ambientes de depósito con características pelágicas, incluyendo facies turbidíticas en una pendiente topográfica. La Formación Agua Salada se considera de edad gargasiana (parte baja del Aptiano superior), por la presencia de *Acila (Truncacila) schenki* y de *Dufrenoyia justinae* (González-León, 1988). Monreal y Longoria (2000) encontraron al foraminífero *Caucasella hauterivica* del Aptiano inferior.

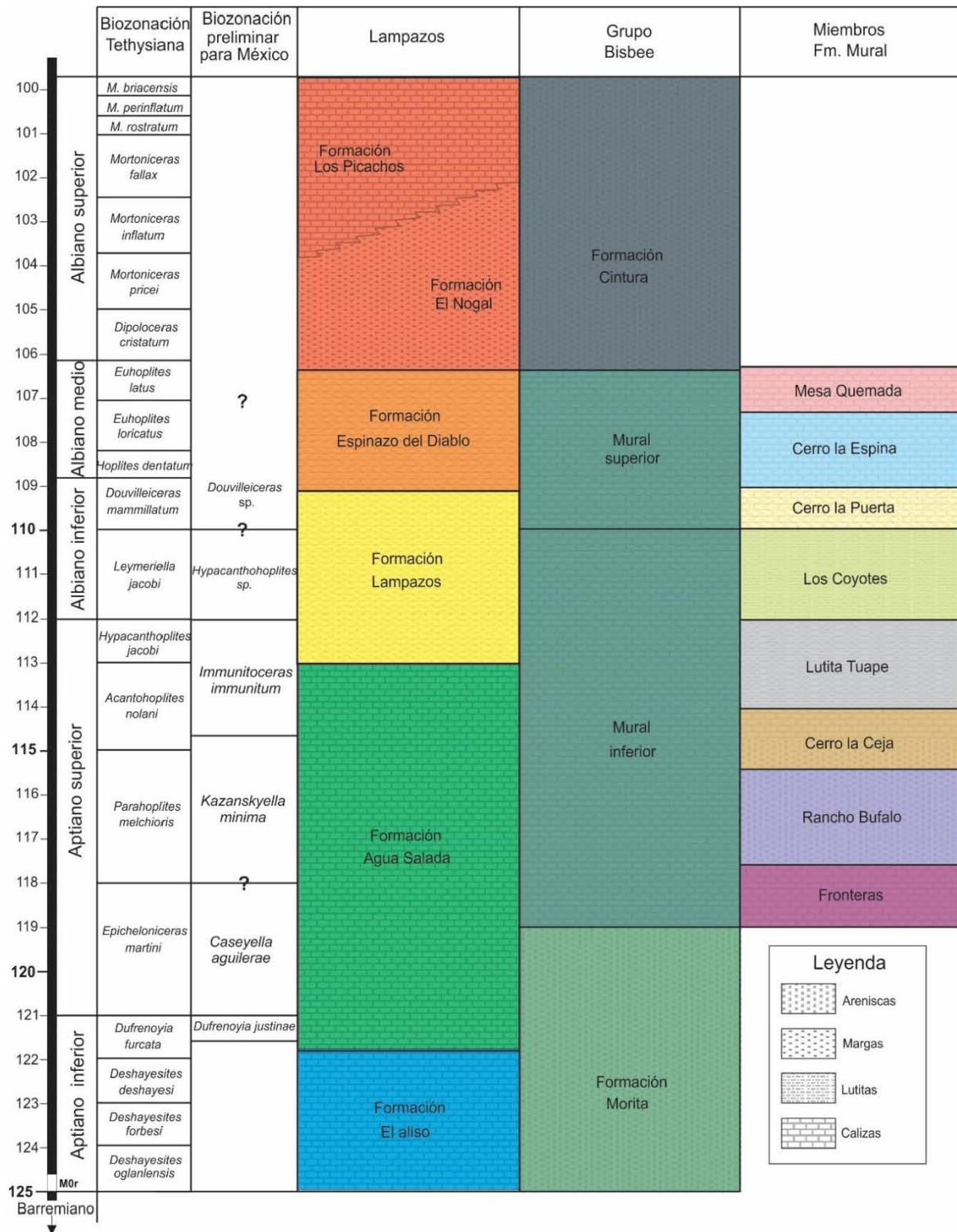


Figura 14. Panel cronoestratigráfico de Lampazos y Grupo Bisbee con sus respectivas formaciones y de la Caliza Mural con sus miembros. Biozonación Tethisiana viene de Reboulet *et al.*, 2014, y la biozonación preliminar para México se basa en los trabajos de Moreno-Bedmar *et al.*, 2013 y Ovando-Figueroa, 2016.

### 3.3 GEOLOGÍA DE LA CALIZA MURAL EN EL ÁREA DE TUAPE

Al sureste de Estados Unidos de América y al noroeste de México, en numerosas localidades aflora la Caliza Mural, esta formación fue definida por Ransome (1904) quien la dividió en Mural inferior y Mural superior. Lawton *et al.* (2004), la dividen en varios miembros que representan una serie de transgresiones y regresiones marinas durante el Cretácico. Esta Formación sobryace a la Formación Morita, una unidad fluvial con arcillas rojas y areniscas y subyace a la Formación Cintura una unidad continental con areniscas (Figura 14).

El espesor de esta unidad varía desde los 198.2 metros hasta los 800 metros y su extensión va desde el sureste de Arizona hasta el noreste de Sonora, donde se encuentra bien expuesta en la Sierra San José, Sierra Anibacachi y el Cerro Caloso Cabullona. Los miembros que componen a la Caliza Mural, en orden ascendente son: Fronteras, Rancho Bufalo, Cerro La Ceja, Tuape, Los Coyotes, Cerro La Puerta, Cerro La Espina y Mesa Quemada (Lawton *et al.* 2004). Los 4 miembros inferiores son de edad Aptiano temprano y los 4 miembros superiores van de Aptiano medio a Albiano tardío. Cada miembro de la formación presenta un espesor y litología distintos (González-León *et al.*, 2008).

#### **Miembro Fronteras**

Este miembro cubre discordantemente a una limolita rojiza de la Formación Morita. Tiene un espesor de 134 m y en su parte inferior consiste de *grainstone* oolítico con estratificación cruzada, estratos gruesos a medianos de *packstone* bioclástico y oolítico con ostreas, *wackestone* bioturbado y lutita calcárea (González-León *et al.*, 2008). Los estratos de caliza incluyen algas dasicladáceas y de incrustación, miliólidos, bivalvos, gasterópodos, ostrácodos y espinas de equinodermos. También se encuentra una caliza dolomítica con estromatolitos laminados, localmente estratos de arena, limolita, lutita calcárea e intercalaciones menos abundantes de arenisca de grano fino y lutita tobácea. En las porciones media y superior predominan estratos gruesos de caliza oolítica con estratificación cruzada plana que gradúa hacia arriba a *wackestone-packstone* bioclásticas, estratos de coquina, caliza arenosa a arcillosa bioturbada, estratos de estromatolitos y caliza dolomítica bioturbada. Este conjunto está cubierto por lutita gris oscuro y limolita. Esta parte del miembro incluye ostreas articuladas y desarticuladas, trigonoideos, pectínidos, foraminíferos bentónicos y algas. La parte superior del miembro consiste en un estrato de 1 m de espesor

de una toba blanquecina de caída y una limolita calcárea con bivalvos (González-León *et al.*, 2008). El depósito de este miembro se dio en un ambiente marino somero de alta energía.

### **Miembro Rancho Búfalo**

Este miembro de 86 metros de espesor representa una unidad siliciclástica. Su parte inferior se compone de una capa de 6 metros de arenisca rojiza grano-decreciente con estratificación cruzada (González-León *et al.*, 2008). La parte superior de este miembro se compone de limolita que va de color rojizo a púrpura con bioturbación local, estructuras de raíces y nódulos calcáreos de origen pedogénico. La sedimentación de este miembro se llevó a cabo en un ambiente fluvial (González-León *et al.*, 2008).

### **Miembro Cerro La Ceja**

Este miembro tiene entre 160 y 189 m de espesor. Consiste en caliza bioclástica gris, pardo y amarillo pardo oscuro, muy gruesa, bioturbada, con ostreas, pectínidos, trigonoideos, tubos de serpúlidos, interestratificada con estratos de limolita gris, verde y rojo pardo, de 10 metros de espesor o en estratos delgados y con algunos ammonites y estratos menores de arenisca calcárea de grano fino (González-León *et al.*, 2008; Figura 15). En la parte baja de este miembro, en la limolita masiva, se hallan huesos probablemente de dinosaurio. El ambiente de depósito de este miembro es transgresivo y está relacionado a estuarios y ambientes marinos poco profundos que poco a poco aumentan su profundidad hasta convertirse en depósitos marinos con presencia de ammonites (Lawton *et al.*, 2004).



Figura 15. Parte baja del Miembro Cerro la Ceja, donde se puede apreciar areniscas en la parte inferior las cuales son sobreyacidas por una capa de calizas.

### **Miembro Lutita Tuape**

La Lutita Tuape es un miembro con un espesor que va de 13 a 212 metros de espesor, el cual sobreyace al Miembro Cerro la Ceja. La Lutita Tuape está compuesta de nódulos calcáreos con intercalaciones de limolita y caliza de color gris oscuro a negro. Los ostreidos articulados son comunes junto con ammonites encontrados ocasionalmente (González-León *et al.*, 2008). Otra facies de este miembro se compone de limos bioturbados de color marrón amarillento con abundantes ostreas. Estas rocas tienen intercalaciones de capas de limolitas, areniscas de grano muy fino y lentes de *wackestone* bioclástico con ostreas. Los trigónidos y pequeños gasterópodos se encuentran presentes en esta facies (González-León *et al.*, 2008). El ambiente de depósito de este miembro se da en una plataforma marina abierta e indica el máximo intervalo transgresivo por la presencia común de ammonites (Figuras 16 y 17).



Figura 16. Miembro Lutita Tuape, donde se pueden apreciar capas de coquinas.



Figura 17. Parte superior del Miembro Lutita Tuape, donde sé observa la característica capa lutítica de color oscuro la cual le da el nombre.



### **Miembro Los Coyotes**

El espesor de este miembro varía entre 30 y 171 m. La parte inferior consiste en estratos delgados de lutita de colores gris claro y pardo rojizo con nódulos septarios, limolita calcárea y caliza arcillosa con ostreas. La parte media consiste en limolita parda masiva y lutita con interestratificaciones delgadas de arenisca de grano fino y caliza bioclástica. La parte superior consiste en una caliza arcillosa amarillenta, en estratos medianos a gruesos y rica en ostreas (Lawton *et al.*, 2004). Otros fósiles en este miembro incluyen trigonoideos no identificados, gasterópodos, bivalvos y equinodermos. El ambiente de depósito de este miembro es interpretado como una plataforma somera con ambientes lagunares costeros (Lawton *et al.*, 2004).

### **Miembro Cerro La Puerta**

Consiste de calizas de color gris claro a oscuro con capas de *wackestone* en la parte superior. En otras facies se puede apreciar laminaciones de limos con capas de abundantes gasterópodos y bivalvos. Los foraminíferos bentónicos son comunes en este miembro, además de los equinodermos y calcisferas (Lawton *et al.* 2004). El ambiente de depósito de Cerro La Puerta se interpreta como uno marino somero en el cual comienza una transgresión (González-León *et al.*, 2008).

### **Miembro Cerro La Espina**

Tiene entre 5 y 30 m de espesor y está bien expuesto en el Cerro La Espina, 15 km al noreste de Tuape. Consiste en caliza masiva en estratos de hasta 4 m de potencia con intercalaciones de estratos delgados a gruesos de limolita y lutita, arenisca de grano muy fino y caliza arcillosa rica en ostreas (González-León *et al.*, 2008). Los estratos de caliza son característicamente lenticulares en todas las localidades, acuñándose lateralmente por distancias de cientos de metros, e incluyen *Orbitolina* sp., gasterópodos, rudistas y otros bivalvos (González-León *et al.*, 2008). En el Cerro La Espina, esta unidad litoestratigráfica gradúa hacia arriba a diferentes tipos de caliza con fósiles diversos: *wackestone-packstone* con orbitolinas; *packstone* dolomítica con orbitolinas; *packstone* dolomítica con la orbitolina *Lithocodium*; *boundstone* de coral, rudista, *Lithocodium* y *grainstone* peloidal bioclástico (García y Barragán y Jacques-Ayala, 2011).

## **Miembro Mesa Quemada**

El nombre de este miembro fue originalmente aplicado a la interestratificación de limolita roja y caliza fosilífera inferida como equivalente a la Formación Cintura al noroeste del Cerro La Ceja. Tiene entre 161 y 400 m de espesor. Consiste en una interestratificación masiva de lutita color verdoso y limolita gris claro o rojo con nódulos pedogénicos, estratos delgados de arenisca de grano muy fino con laminaciones paralelas y diversos tipos de calizas que incluyen ostreas, fragmentos de conchas y tubos de serpúlidos (González-León *et al.*, 2008). Los 150 m superiores del Miembro Cerro La Ceja consisten en una interestratificación de *wackestone* con ostreas y limolita de color verde oliva o rojo, cubierta por *wackestone* característica en estratos gruesos con orbitolinas y ostreas (Lawton *et al.*, 2004).

#### **4. JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad se esta realizando una provincia faunística de ammonites para el Atlántico Central, por lo que se necesitan nuevos datos y estudios bioestratigráficos. Esta tesis de maestría centrada en las formaciones Agua Salada y Mural es de vital importancia para la aportación de nuevos datos bioestratigráficos en el estado de Sonora ya que existen pocos trabajos sobre ammonites de estos pisos en este estado.

## **5. HIPOTESIS**

La cantidad y el buen estado de conservación del registro de ammonites de las formaciones Agua Salada y Mural permitirán que las diferentes secciones estratigráficas estudiadas en dichas formaciones sean utilizadas como referencia bioestratigráfica para otras regiones de México.

## **6. OBJETIVOS**

Hacer un estudio taxonómico de los ammonites de las formaciones Agua Salada y Caliza Mural.

Realizar biozonaciones regionales para las formaciones Agua Salada y Mural.

Comparar la biozonaciones regionales obtenidas con los esquemas biozonales preexistentes, nacionales e internacionales.

## 7. MATERIALES Y METODOS

### 7.1 TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo primeramente consistió en la exploración de las dos áreas de estudio (una prospección realizada en 2014 en la zona de Lampazos donde se focalizó el trabajo en la Formación Agua Salada, ya que se encontraron algunos ammonites, y otra realizada en 2016 en el área de Tuape donde se centró el trabajo en los miembros Cerro la Ceja y Lutita Tuape de la Caliza Mural) para encontrar buenos afloramientos con registro de ammonites que mantuvieran la máxima continuidad estratigráfica posible. Una vez encontrados los afloramientos propicios, se prosiguió con el levantamiento de una sección estratigráfica midiendo la potencia de los estratos con ayuda de una vara de Jacob (Fig. 18), y caracterizando la litología presente. Posteriormente se realizó la extracción y colecta de ammonites capa por capa. Conforme se colectaron los fósiles, se les asignó números de campo dependiendo del estrato donde se encontraban, en total se colectaron 147 especímenes.

Los ejemplares obtenidos se rotularon (las siglas AS= Agua Salada, TUCC= Tuape Cerro la Ceja y TUAT= Tuape Arcilla Tuape, indican el lugar y/o unidad litoestratigráfica donde se colectaron los ammonites) y embalaron para su transporte. Durante el proceso se realizó un registro fotográfico de forma sistemática de la sección, así como de los estratos particulares de donde se localizaron y recolectaron los ammonites (Fig.19).



Figura 18. Vara de Jacob en una sucesión de estratos con marga, caliza y marga, Tuape.



Figura 19. Tercer estrato donde se encontraron ammonites en el Miembro Lutita Tuape, Caliza Mural.

## 7.2 TRABAJO DE LABORATORIO

El trabajo de laboratorio se llevó a cabo en el Laboratorio de Paleontología de Invertebrados del Instituto de Geología de la UNAM. Las muestras colectadas de ammonites primeramente, se desembalaron y se separaron aquellas que necesitaban ser limpiadas, a dichas muestras se les retiro el material rocoso con un cincel y un martillo, ya que durante la colecta no es posible realizar una limpieza adecuada de estos y el material rocoso excedente, impide observar las características ornamentales de los ammonites de manera adecuada; y dificulta la realización de una identificación precisa. Posteriormente se utilizó un lápiz percutor para eliminar de manera más precisa el excedente de roca, sin dañar la ornamentación de las muestras. Una vez limpios los ammonites se volvieron a rotular ya que la numeración de campo era provisional. Las siglas utilizadas para la rotulación fueron las mismas que para la localidad, seguido del número de estrato correspondiente de donde se colectó el ejemplar, y finalmente

para cada estrato se numeraron todos los ejemplares de 1 hasta n [ASVI-11-3= (Agua Salada-estrato 11- ejemplar1)]. Una vez que los ammonites se encontraban limpios y rotulados se realizó un detallado análisis de sus caracteres morfológicos para poder realizar la identificación taxonómica.

Los ammonites mejor preservados fueron sometidos a un proceso de blanqueado con cloruro de amonio y luego fotografiados (Fig. 20). Este procedimiento inicia con la colocación de cloruro de amonio en el interior de un tubo de vidrio “pyrex” con bombilla, donde se pone cierta cantidad de esta sustancia. La bombilla, ya con la sal en su interior se calienta provocando que la sal se sublime. La presión del vapor hace que este salga proyectado hacia adelante, pues el extremo opuesto del tubo se bloquea permitiendo conducir así todo el gas hacia una sola dirección. El vapor es dirigido hacia los ejemplares, los cuales son cubiertos por el cloruro de amonio que al entrar en contacto con la superficie más fría del ammonite se adhiere a la misma, pasando de nuevo al estado sólido. Esto le confiere al ammonite un color blanco de forma uniforme. La homogeneidad de color obtenida y una adecuada iluminación conseguidas con ayuda de una o dos fuentes de luz, en la mayoría de los casos, ayuda a resaltar los elementos ornamentales de la concha de manera muy notoria gracias al contraste que se genera entre las zonas iluminadas y las sombreadas. La sal de amonio se elimina fácilmente con agua pues es altamente soluble. Las fotografías se realizan siempre con una escala gráfica para disponer de un control del tamaño del ejemplar.



Figura 20. *Immunitoceras immunitum* (ASII-23-1) de izquierda a derecha. Sin blanquear, parcialmente blanqueado y completamente blanqueado con cloruro de amonio. Escala gráfica 1cm.



### 7.3 TRABAJO DE GABINETE

Después del fotografiado de los ammonites se inicia el proceso de edición digital empleando el programa Adobe Photoshop CS6. Esta edición incluye el reescalado de la imagen, continuando con el borrado del fondo y el cambio de la imagen a escala de grises para su mejor apreciación.. Debido a que el borrado del fondo elimina la escala gráfica con la que fue fotografiado el ammonite se dibuja una adicional que respeta la escala original y que no será afectada por la posterior edición de la foto. Esta nueva escala servirá para el posterior reescalado de la imagen que puede ser hecha a tamaño real o a un tamaño mayor al original en caso de que el ejemplar sea muy pequeño. Ya realizado lo anterior se lleva a cabo la desaturación de la imagen (=escala de grises) para una mejor apreciación de la ornamentación. Sin embargo, durante el proceso de fotografiado la luz empleada para realzar la ornamentación no suele ser exactamente la misma en todos los ejemplares. El último paso en la realización de una lámina es volver lo más uniformemente posible los tonos de grises de las diferentes fotografías. Esto se logra aumentando o disminuyendo digitalmente el brillo y contraste de los ejemplares más oscuros y más brillantes obteniéndose así un tono de gris más homogéneo en toda la lámina (Fig. 21).

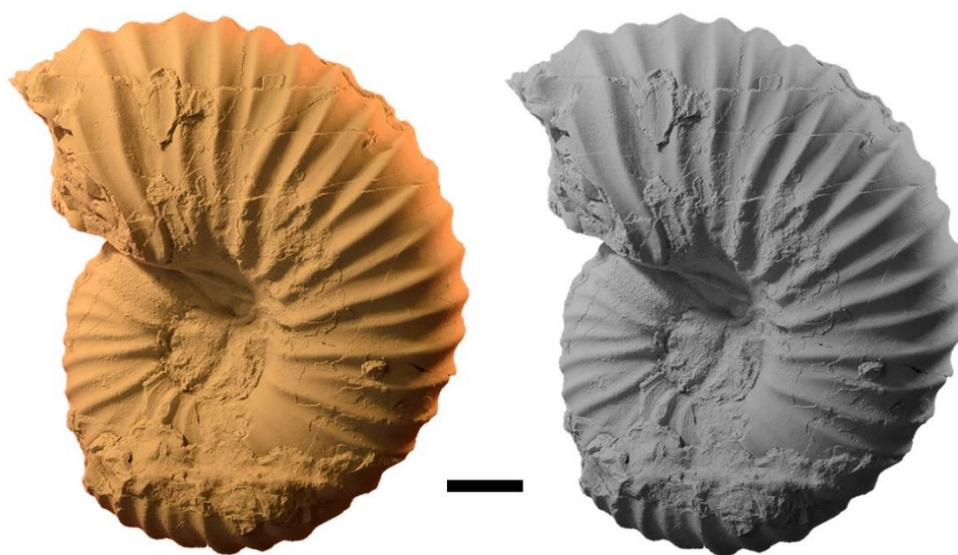


Figura 21. *Kazanskyella minima* (ASIV-6-1) a la izquierda ammonite blanqueado a color, a la derecha la misma fotografía desaturada y contrastada con el programa Adobe Photoshop. Escala gráfica 1cm.

Para la determinación de los ejemplares estudiados tanto a nivel Familia como a nivel Genérico se utilizó el trabajo de Wright *et al.*, 1996 “Treatise of Invertebrate Paleontology”. Para la identificación de los géneros endémicos de México y el sur de Estados Unidos de América tales como *Kazanskyella*, *Immunitoceras* y *Huastecoceras* fue necesario la consulta de bibliografía más especializada sobre ammonites americanos, como lo son los trabajos de: Stoyanow, 1949 y Cantú-Chapa C.M., 1976. Para la determinación a nivel de específico se empleó bibliografía especializada de México y el sur de Estados Unidos de América tales como: Burckhardt, 1925; Scott, 1940; Humphrey, 1949; Young, 1974; Cantú-Chapa C.M., 1976; Moreno-Bedmar *et al.*, 2015; entre otros.

Se consultaron ejemplares tipo (holotipos, lectotipos) así como fotografías recientes sobre los mismos a las que se ha tenido acceso. También se pudieron emplear otros especímenes que fueron de especial interés para su comparación con los ammonites estudiados en el presente trabajo. Este material de comparación procede de varias colecciones como la Colección Paleontológica Nacional (Ciudad de México) o las dos internacionales: Bureau of Economic Geology de la University of Texas y Los Angeles County Museum of Natural History. El material más completo y mejor conservado de las diferentes colecciones fue fotografiado para dicha comparación y análisis detallado de su ornamentación. Los ejemplares que resultaron más útiles para comparaciones taxonómicas se encuentran figurados en el apartado de taxonomía de esta tesis.

## 8. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Esta tesis se fundamenta en el estudio 147 ejemplares colectados en varias secciones estratigráficas del Aptiano-Albiano inferior del estado de Sonora. Estos ejemplares se atribuyeron a 11 taxones diferentes: *Beudanticeras* sp., *Huastecoceras?* sp., *Dufrenoyia* sp., *Acanthohoplites* sp., *Immunitoceras immunitum*, *Immunitoceras umbilicostatus*, *Immunitoceras* sp., *Kazanskyella minima*, *Kazanskyella spathi*, *Kazanskyella* sp. y *Quitmanites* sp. Las especies pertenecientes a los distintos géneros estudiados en esta tesis no se citaron debido a la extensión de las fuentes bibliográficas, sin embargo, estas fuentes se pueden localizar en Wright *et al.*, 1996 y en Klein y Bogdanova, 2013.

### 8.1 ABREVIATURAS EMPLEADAS

IGM= Museo María del Carmen Perrilliat Montoya, Colección Nacional de Paleontología, Instituto de Geología, UNAM, México, Ciudad de México. Las siglas IGM correspondían originalmente al Instituto Geológico de México y se han mantenido por motivos históricos, aunque el nombre de la colección actual ha cambiado.

BEG= Bureau of Economic Geology de la University of Texas, Estados Unidos de América.

AS= Agua Salada, región de Lampazos, estado de Sonora, siglación de campo.

TUCC= Tuape, Cerro la Ceja, municipio de Opodepe, estado de Sonora, siglación de campo.

TUAT= Tuape, Arcilla Tuape, municipio de Opodepe, estado de Sonora, siglación de campo.

LACMIP= Los Angeles County Museum of Natural History, Estados Unidos de América.

## 8.2 RESULTADOS TAXONÓMICOS

Superfamilia Desmocerataceae Zittel, 1895

Familia Desmoceratidae Zittel, 1895

Subfamilia Beudanticeratinae Breinstrofer, 1953

Género *Beudanticeras* Hitzel, 1902

Especie tipo: *Ammonites beudanti* Brongniart en Cuvier y Brongniart (1822, p. 95, lám. 7, fig. 2) por Hitzel (1902, p. 875).

Diagnosis: Concha involuta y comprimida. Flancos de planos a convexos. Sección de la vuelta elíptica. Región ventral redondeada. La ornamentación consiste en pequeñas estrías falciformes con algunas constricciones. Estas características se pueden apreciar en la Figura 22 (modificado de Wright *et al.*, 1996).



Figura 22. Ejemplar de la especie tipo de *Beudanticeras beudanti*, vista lateral y ventral. Imagen modificada de Wright *et al.*, 1996. Escala gráfica 1cm.

Especies pertenecientes al género: *Beudanticeras (Beudanticeras) albense* Breistroffer, 1947; *Beudanticeras (Beudanticeras) ampanihense* Collignon, 1963; *Beudanticeras (Beudanticeras) arduennense* Casey, 1961; *Beudanticeras (Beudanticeras) beudanti* (Brogniart, 1822); *Beudanticeras (Beudanticeras) caseyi* Collignon, 1963; *Beudanticeras (Beudanticeras) cesticulatum* (d'Orbigny, 1841); *Beudanticeras (Beudanticeras)*

*dupinianum africanum* (Pervinquière, 1907); *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *dupinianum dupinianum* (d'Orbigny, 1841); *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *dupinianum evolutum* Casey, 1961; *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *dupinianum percostatum* Collignon, 1963; *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *dupiniforme* Collignon, 1963; *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *flindersi* (McCoy, 1865); *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *hatchetense* Scott, 1940; *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *haydenii* (Gabb, 1864); *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *hourcqi* Collignon, 1949; *Beudanticeras* (*Beudanticeras*)? *ingente* Whitehouse, 1928; *Beudanticeras* (*Beudanticeras*)? *komihevitraense* Collignon, 1950; *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *laevigatum* (Sowerby, 1827); *Beudanticeras* (*Beudanticeras*)? *mexicanum* (Burckhardt, 1925); *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *mittelli* (Etheridge, 1872); *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *modestum* (Anderson, 1938); *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *newtoni* Casey, 1961; *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *parandieri* (d'Orbigny, 1841); *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *perchoisense* Destombes, 1979; *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *rectisulcatum* (Collignon, 1936); *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *revoili* (Pervinquière, 1907); *Beudanticeras* (*Beudanticeras*)? *robustum* Warren, 1947; *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *sanctaecrusis* Bonarelli, 1921; *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *sphaerotum* (Seeley, 1866); *Beudanticeras* (*Beudanticeras*)? *sutherlandbrowni* (McLearn, 1972); *Beudanticeras* (*Beudanticeras*) *sutherlandi* (Etheridge, 1872); *Beudanticeras* (*Beudanticeras*)? *victoris* Stoyanow, 1949; *Beudanticeras* (*Grantziceras*) *affine* (Whiteaves, 1893); *Beudanticeras* (*Grantziceras*) *glabrum* (Whiteaves, 1889).

Discusión: El género *Beudanticeras* muestra similitudes con *Engonoceras* y *Uhligella* en el tipo de enrollamiento y forma general de la concha. Sin embargo, el género *Beudanticeras* se puede diferenciar fácilmente de *Engonoceras* pues este último presenta la región ventral aplanada, así como dos filas de tubérculos ventrales. *Beudanticeras* se diferencia de *Uhligella* en que el segundo presenta una costulación más marcada además de una serie de bullas bastante marcadas sobretodo en estadios ontogenéticos juveniles mientras que el género *Beudanticeras* nunca presenta bullas.

Distribución geográfica: Argentina, Australia, Canadá, Egipto, Estados Unidos de América (Alaska y Texas), Japón y México (Sonora).

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano superior- Albiano inferior.

*Beudanticeras* sp.

Lámina 1, figura A.

Material: Se colectaron 3 ejemplares completos en mal estado de conservación (ASVI-11-10, ASVI-11-35 y ASVI-11-37) en el último nivel de la Formación Agua Salada.

Descripción: Concha involuta con sección de la vuelta elíptica. Región ventral redondeada con flancos convexos. Los tres ejemplares estudiados presentan flancos bastante deterioradas con lo que no es posible diferenciar ningún elemento ornamental.

Discusión: Pese a la mala conservación de los ejemplares encontrados se pueden apreciar características diagnosticas del género *Beudanticeras* como la forma general de la concha, el tipo de enrollamiento, la sección de la vuelta y la región ventral en el caso de ASVI-11-10.

Distribución geográfica: México (Sonora).

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano superior.

Superfamilia Ancylocerataceae Gill, 1871

Familia Ancyloceratidae Gill, 1871

Subfamilia Ancyloceratinae Gill, 1871

Género *Huastecoceras* Cantú-Chapa C.M., 1976

Especie tipo: *Crioceras trispinosoides* Burckhardt, 1925, p. 42, lám. 7, figs. 24-26.

Diagnosis: Concha de enrollamiento evolutivo con sección de vuelta subcuadrangular. Región ventral aplanada al igual que los flancos. La ornamentación está constituida por unas fuertes costillas rectirradiadas bastante espaciadas entre sí. Algunos ejemplares dentro de este taxón pueden presentar algunas costillas secundarias menos marcadas que las primarias. Las costillas presentan dos filas de tubérculos, un flanco ventral y otro ventral además de la presencia de bullas incipientes. Estas características diagnósticas se pueden observar en holotipo el cual se ilustra a continuación en la Figura 23 (modificado de Wright *et al.*, 1996).

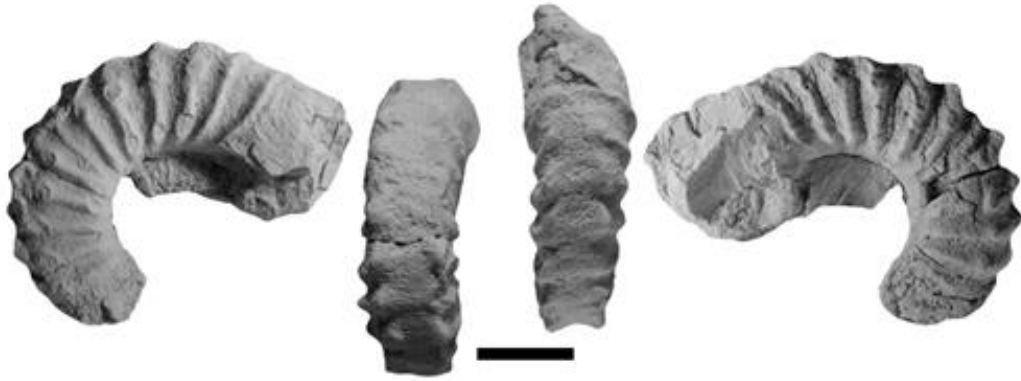


Figura 23. Holotipo de *Huastecoceras trispinosoides*, vistas laterales y ventrales del ejemplar IGM-1896. Escala gráfica 1cm.

Especies pertenecientes al género: *Huastecoceras trispinosoides* (Burckhardt, 1925), *Huastecoceras? durangense* (Burckhardt, 1925) y *Huastecoceras? mexicanum* (Imlay, 1940).

Discusión: Actualmente hay varias teorías sobre el origen del género *Huastecoceras* Cantú-Chapa C.M., 1976 una de ellas indica que dicho género es muy similar a los ancylocerátidos en lo que respecta a la ornamentación con las tres filas de tubérculos. Sin embargo, difiere en enrollamiento evolutivo que posee al contrario de *Ancyloceras* que es un ammonite de tipo heteromorfo. La otra teoría sugiere el origen del género *Huastecoceras* a partir de los chelonicerátidos, ya que los primeros poseen características similares a los segundos: Como el tipo de tuberculación en estadios ontogénicos tempranos y el enrollamiento evolutivo que se ve en algunas especies de chelonicerátidos.

Distribución geográfica: México (Durango, Nuevo León, Puebla, Chihuahua y Sonora).

Distribución cronoestratigráfica: Parte terminal del Aptiano inferior a parte baja del Aptiano superior y Aptiano superior terminal cercano al límite Aptiano-Albiano.

*Huastecoceras?* sp.

Lámina 1, figuras B, C, D, E; Lámina 2, figuras A, B, C, D, E, F, G, H, I; Lámina 3, figuras A, B, C, D, E.

\*2016 *Huastecoceras?* sp. Ovando-Figueroa, p. 43, lám. 4, figs. A, D, F.

Material: Se colectaron 63 ejemplares tanto fragmentados como completos (ASVI-11-1 a ASVI-11-7, ASVI-11-9 (IGM-4969), ASVI-11-11 a ASVI-11-21, ASVI-11-23 a ASVI-11-30, ASVI-11-32 a ASVI-11-34, ASVI-11-36, ASVI-11-38 a ASVI-11-69), en el último nivel de la Formación Agua Salada.

Descripción: Concha evoluta con sección de la vuelta subcuadrangular. Flancos y región ventral aplanados. La ornamentación consiste en costillas rectirradiadas y gruesas que cruzan rectas la región ventral. Estas costillas poseen una fila de tubérculos laterales, otra fila en la zona ventrolateral además de unas bullas. Las costillas están bastante espaciadas confiriendo una baja densidad de costulación.

Discusión: Los ejemplares pese a que su conservación generalmente no es muy buena permiten observar los caracteres principales del género *Huastecoceras* tales como el trazado rectilíneo de las costillas, la baja densidad de costulación y las dos filas de tubérculos, así como bullas incipientes. Sin embargo, las muestras colectadas presentan ciertas diferencias con otros ejemplares de *Huastecoceras* anteriormente colectados en la parte baja del Aptiano superior. La concha de los ejemplares de Sonora presenta un arco más amplio tratándose pues de una concha más evoluta. En cuanto a nivel de la ornamentación cabe señalar que las costillas pasan por la región ventral de forma bastante robusta y que el trazado de costulación es ligeramente más rectilíneo. La principal razón por la que a este taxón no se le asigna un epíteto específico es porque probablemente se trate de un nuevo género y una nueva especie (Figura 24).





Figura 24. Comparación entre el holotipo de *Huastecoceras trispinosoides* (izquierda) y *Huastecoceras?* sp. IGM-4969 (derecha). Escala= 1cm.

Distribución geográfica: México (Chihuahua y Sonora).

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano superior terminal.

Superfamilia Deshayesitaceae Stoyanow, 1949

Familia Deshayesitidae Stoyanow, 1949

Subfamilia Deshayesitinae Stoyanow, 1949

Género *Dufrenoyia* Kilian y Reboul, 1915

Especie tipo: *Ammonites furcatus* J. de C. Sowerby in Fitton, 1837, p. 339, lám. 14, fig. 17.

Diagnosis: Concha moderadamente evoluta con una sección de la vuelta que va de rectangular a ovalada (macroconchas de ejemplares adultos-seniles) con una región ventral aplanada. Costillas primarias intercaladas con una o dos secundarias. Las costillas poseen un trazado falciforme y generalmente se van engrosando hasta que terminan en la región ventrolateral en una fila de tubérculos. Las costillas no cruzan la región ventral en estadios ontogénicos juveniles. El holotipo de *Dufrenoyia scotti* se ilustra a continuación en la Figura 25 (modificado de Wright *et al.*, 1996).



Figura 25: Holotipo de *Dufrenoyia scotti*, vista lateral, frontal y ventral del ejemplar BEG-534810. Escala gráfica 1cm.

Especies pertenecientes al género: *Dufrenoyia bösei* Humphrey, 1949; *Dufrenoyia boteroi* Etayo-Serna 1979; *Dufrenoyia caseyi* Kvantaliani, 1983; *Dufrenoyia codazziana* (Karsten, 1858); *Dufrenoyia compitalis* Stoyanow, 1949; *Dufrenoyia discoidalis* Casey, 1964; *Dufrenoyia dufrenoyi* (d'Orbigny, 1841); *Dufrenoyia durangensis* Humphrey, 1949; *Dufrenoyia formosa formosa* Casey, 1964; *Dufrenoyia formosa insculpta* Casey, 1964; *Dufrenoyia furcata* (Sowerby, 1837); *Dufrenoyia fursovae* Bogdanova, 1991; *Dufrenoyia? georgica* Erista VI, 1955; *Dufrenoyia huastecensis* Cantu-Chapa A., 1963; *Dufrenoyia joserita* Stoyanow, 1949; *Dufrenoyia justinae* (Hill, 1893), *Dufrenoyia katalinae* Szives, 2007; *Dufrenoyia lurensis* (Killian, 1889); *Dufrenoyia mackesoni* Casey, 1964; *Dufrenoyia mulatoensis* Humphrey, 1949; *Dufrenoyia notha* Casey, 1964; *Dufrenoyia praedufrenoyi* Casey, 1964; *Dufrenoyia rebecca* Young, 1974; *Dufrenoyia renzi* Bogdanova y Hoedemaeker, 2004; *Dufrenoyia sanctorum* Bürgl, 1956; *Dufrenoyia scalata* Casey, 1964; *Dufrenoyia scotti* Humphrey, 1949; *Dufrenoyia sinzowi* Luppov, 1949; *Dufrenoyia somalica* (Mayer-Eymar, 1893); *Dufrenoyia stenzeli* Humphrey, 1949; *Dufrenoyia stuebeli* (Gerhardt, 1897); *Dufrenoyia subfurcata* (Kazansky, 1914); *Dufrenoyia transitoria inflata* Casey, 1961; *Dufrenoyia transitoria transitoria* Casey, 1961; *Dufrenoyia truncata* Spath, 1930.

Discusión: El género *Dufrenoyia* que anteriormente se consideraba un parahoplítido fue atribuido a la familia Deshayesitidae por Stoyanow en 1949. La ausencia de costillas en la región ventral en los primeros estadios ontogenéticos es un carácter diagnóstico para la identificación de este género. *Dufrenoyia* se distingue de *Deshayesites* por poseer una región

ventral plana, costillas más gruesas y una serie de tubérculos ventrolaterales. Las formas juveniles del género *Kuntziella*, Collingnon, 1962, de Madagascar muestran algunas similitudes con *Dufrenoyia* pero poseen una sección de la vuelta más alta, flancos laterales más aplanados y no presentan tubérculos ventrales como este último. El género *Neodeshayesites*, Casey, 1964, es bastante similar a *Deshayesites*, por lo que presenta las mismas diferencias que este con *Dufrenoyia* además de que la región ventral de *Neodeshayesites* es por lo general más redondeada, su costulación no se vuelve más gruesa cuando se acerca a la región ventral y generalmente la atraviesa.

Distribución geográfica: Cáucaso Norte, Colombia, Ecuador, Sureste de Francia, Georgia, Inglaterra, Japón, Kazakstán, México, Nigeria, Rumania, Rusia, Somalia, Turkmenistán, Estados Unidos de América (Texas, Arizona) y Venezuela.

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano inferior.

*Dufrenoyia* sp.

Lámina 3, figura F.

Material: Un ejemplar mal conservado TUCC-2-2 en el Miembro Cerro la Ceja.

Descripción: Concha evoluta con sección de la vuelta rectangular. Región ventral plana con flancos ligeramente cóncavos. Todas las costillas cruzan la región ventral y son bastante robustas. La ornamentación se encuentra bastante deteriorada por lo que no se alcanza a ver bien la densidad de costulación ni ninguna otra característica.

Discusión: El ejemplar colectado posee una mala conservación y no se pueden apreciar bien las costillas y la mayoría de los tubérculos en la región ventrolateral se encuentran desgastados, pero gracias a que se pueden ver algunas características como la forma evoluta de la concha, una sección de la vuelta rectangular se puede asignar como un miembro del género *Dufrenoyia*.

Distribución geográfica: México (Sonora).

Distribución cronoestratigráfica: Parte alta del Aptiano inferior.

Superfamilia Deshayesitaceae Stoyanow, 1949

Familia Parahoplitidae Spath, 1922

Subfamilia Acanthohoplitinae Stoyanow, 1949

Género *Acanthohoplites* Sinzow, 1908

Especie tipo: *Parahoplites aschiltaensis* Anthula, 1900, p. 117 (63), lám. 10 (9), fig. 2a, 2b, Roman, 1938, p. 348.

Diagnosis: Concha evoluta con sección de la vuelta que varía de ovalada a subrectangular (Fig. 26). La sección ventral va de ligeramente aplanada a redondeada. Las costillas primarias tienen un trazado flexuoso y presentan un engrosamiento umbilical, lo que da lugar a unas bullas muy prominentes. De estos tubérculos se bifurcan dos o tres costillas secundarias los cuales solo se alcanzan a apreciar bien en ejemplares juveniles, ya que al crecer este patrón de ornamentación se va perdiendo y las vueltas externas cubren parcialmente a las más internas. Las costillas secundarias son menos prominentes que las primarias y su forma varía entre rectilínea y ligeramente curvas (modificado de Wright *et al.*, 1996).

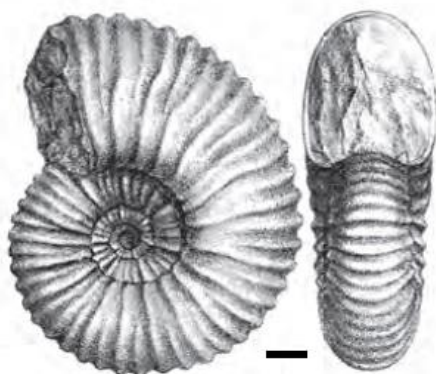


Figura 26. Holotipo de *Acanthohoplites aschiltaensis* vista lateral y frontal. Escala gráfica 1cm. Modificado de Anthula (1900).

Especies pertenecientes al género: *Acanthohoplites abundocostatus* Kvantaliani y Sharikadze, 1974; *Acanthohoplites aegis* Anderson, 1938; *Acanthohoplites andersoni* Breistroffer, 1947; *Acanthohoplites andranomenensis andranomenensis* Besaire, 1936; *Acanthohoplites andranomenensis crassecostatus* Collingnon, 1962; *Acanthohoplites*

*aplanus* Sinzow, 1908; *Acanthohoplites aschiltaensis aschiltaensis* (Anthula, 1900); *Acanthohoplites aschiltaensis rotundatus* Sinzow, 1908; *Acanthohoplites barryanus* Anderson, 1938; *Acanthohoplites belohasifakaensis* Collignon, 1962; *Acanthohoplites bergeroni* (Seunes, 1887); *Acanthohoplites berkeyi* Stoyanow, 1949; *Acanthohoplites besairiei* Breistroffer, 1936; *Acanthohoplites bigouretiformis* Etayo-Serna, 1979; *Acanthohoplites daguestanicus* Rouchadzé, 1938; *Acanthohoplites derognati* Roch, 1927; *Acanthohoplites elegantaentis* Etayo-Serna, 1979; *Acanthohoplites enodis enodis* Tovbina, 1968; *Acanthohoplites enodis tuarkyrensis* Tovbina, 1968; *Acanthohoplites erraticus* Stoyanow, 1949; *Acanthohoplites grandensis* Scott, 1940; *Acanthohoplites? harrabaensis* Sornay, 1955; *Acanthohoplites hesper* Stoyanow, 1949; *Acanthohoplites impetrabilis* Stoyanow, 1949; *Acanthohoplites leptoceraformis* Etayo-Serna, 1979; *Acanthohoplites lorioli lorioli* Sinzow, 1908; *Acanthohoplites submultispinatus* Sinzow, 1910; *Acanthohoplites luisperezii* Etayo-Serna, 1979; *Acanthohoplites manerensis* Collignon, 1962; *Acanthohoplites midoensis* Collignon, 1962; *Acanthohoplites mitiensis* Collignon, 1962; *Acanthohoplites multispinatoides* Rouchadze, 1938; *Acanthohoplites mutahilensis* Tavani, 1949; *Acanthohoplites odiosus* Etayo-Serna, 1979; *Acanthohoplites? pachys* Destombes, Juignet y Rioult, 1974; *Acanthohoplites perrini* Anderson, 1938; *Acanthohoplites planidorsatus* Kazansky, 1914; *Acanthohoplites pluricostatus* Etayo-Serna, 1979; *Acanthohoplites potreritensis* Humphrey, 1949; *Acanthohoplites prodromus prodromus* Tovbina, 1968; *Acanthohoplites prodromus utuludjaensis* Tovbina, 1968; *Acanthohoplites quitasuegno* Etayo-Serna, 1979; *Acanthohoplites raretuberculatus* Kvantaliani, 1972; *Acanthohoplites remondi* (Gabb, 1864); *Acanthohoplites rudis* (Tavani, 1949); *Acanthohoplites? sandidgei* Humphrey, 1949; *Acanthohoplites schucherti* Stoyanow, 1949; *Acanthohoplites? serpentiformis* Etayo-Serna, 1979; *Acanthohoplites seunesiformis* Etayo-Serna, 1979; *Acanthohoplites soaranensis* Collignon, 1962; *Acanthohoplites sparsicostatus* Rouchadzé, 1938; *Acanthohoplites stephanoides* Kazansky, 1914; *Acanthohoplites subangulatus* Sinzow, 1908; *Acanthohoplites subangulicostatus attenuatus* Tovbina, 1980; *Acanthohoplites subangulicostatus subangulicostatus* Sinzow, 1908; *Acanthohoplites subbigoti* Anderson, 1938; *Acanthohoplites tamarae* Eristavi, 1955; *Acanthohoplites teres* Stoyanow, 1949; *Acanthohoplites tersus* Egoian, 1965; *Acanthohoplites trautscholdi* (Simonovitch, Baschewitz y Sorokin, 1876); *Acanthohoplites trifurcatus sardous* Wiedmann

y Dieni, 1968; *Acanthohoplites trifurcatus trifurcatus* Collignon, 1962; *Acanthohoplites tsagarelii* Kvantaliani, 1972; *Acanthohoplites venustus* Collignon, 1962.

Discusión: El género *Acanthohoplites* muestra similitudes morfológicas tanto con *Parahoplites* como con *Hypacanthoplites*. En algunas ocasiones es difícil asignar a un espécimen al género correcto. Algunos autores utilizan *Nolaniceras* (Casey, 1965) como un subgénero de *Acanthohoplites* (Föster, 1975), mientras que otros lo utilizan como un sinónimo (Druschitz y Kudryutzeva, 1960; Bogdanova y Tovbina, 1994; Kopaevich *et al.*, 1999). Wright *et al.*, 1996 diferencia *Nolaniceras* de *Acanthohoplites* por el grosor de sus costillas, aunque recientemente Bulot *et al.* (2014) restringe el género *Nolaniceras* a un único ejemplar, su holotipo *Nolaniceras nolani* (Seunes, 1887).

Distribución geográfica: Colombia, Daguestán, Estados Unidos de América (California, Arizona), Este de África, Madagascar, México (Sonora) y Japón.

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano superior.

*Acanthohoplites* sp.

Lámina 3, figura G.

Material: Se colectó un solo ejemplar en mal estado de conservación TUAT-3-20 en el Miembro Lutita Tuape.

Descripción: Concha evoluta con sección de la vuelta rectangular. Región ventral aplanada. Las costillas presentan un patrón de bifurcación en forma de v y cruzan la región ventral. La ornamentación se encuentra bastante deteriorada, aunque ven unas bullas prominentes.

Discusión: El ejemplar colectado se encuentra fragmentado y con una mala conservación, además de que no se puede apreciar bien la región umbilical, pero gracias a ciertas características como el patrón de costulación y las bullas el ejemplar se puede asignar al género *Acanthohoplites*.

Distribución geográfica: México (Sonora).

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano superior alto.

Superfamilia Deshayesitaceae Stoyanow, 1949

Familia Parahoplitidae Spath, 1922

Subfamilia Acanthohoplitinae Spath, 1922

Género *Immunitoceras* Stoyanow, 1949

Especie tipo: *Immunitoceras immunitum*, Stoyanow, 1949, p. 117, lám. 20, figs. 8-15.

Diagnosis: De concha evoluta (microconchas) a involuta (macroconchas), sección de la vuelta redondeada en vueltas iniciales pasando a ser ovalada en ejemplares subadultos o adultos. La región ventral es redondeada a ligeramente cóncava y con flancos ligeramente curvados en estadios adultos, mientras que las formas juveniles la región ventral puede llegar a ser prácticamente aplanada. La ornamentación consiste en costillas primarias y secundarias, las cuales en estadios juveniles suelen ser más rectilíneas mientras que en estadios adultos estas se tornan más flexuosas. Las costillas secundarias se intercalan generalmente de forma muy regular en una relación, de primarias y secundarias, 1:2. Las costillas primarias presentan bullas muy marcadas y bastante alargadas, que junto con una alta densidad de costulación constituyen una de las características más diagnósticas de este género (modificado de Wright *et al.*, 1996). La especie *Immunitoceras trinitensis* muestra las características genéricas anteriormente expuestas que son especialmente visibles en la mitad más interna de la última vuelta pues está mejor conservada (Figura 27).

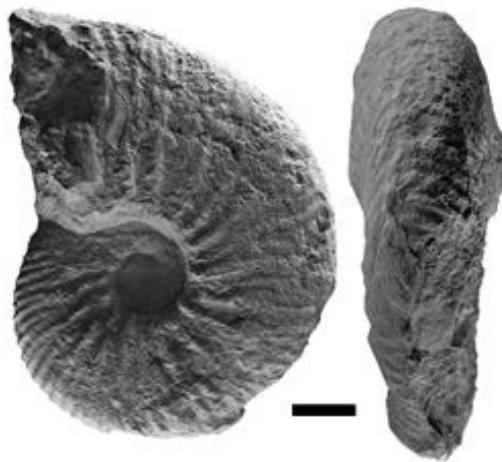


Figura 27: Holotipo de *Immunitoceras trinitensis*, vista lateral y ventral del ejemplar BEG-34848. Escala gráfica 2 cm. Fotografías realizadas por Keith Minor.

Especies pertenecientes al género: *Immunitoceras? anthulai* (Kazansky, 1914); *Immunitoceras? compressum* (Kazansky, 1914); *Immunitoceras immunitum* Stoyanow, 1949; *Immunitoceras pruvostsi* Cantú-Chapa, A., 1963; *Immunitoceras? trinitensis* Scott, 1940; *Immunitoceras umbilicostatus* Scott, 1940; e *Immunitoceras? whitneyi* Scott, 1940.

Discusión: Aunque el género *Immunitoceras* es muy similar a *Hypacanthoplites* en la forma de la concha se pueden distinguir por la forma de la sección de la vuelta, siendo ovalada para *Immunitoceras* y rectangular en *Hypacanthoplites*. En estadios juveniles tanto *Immunitoceras* como *Hypacanthoplites* poseen una región ventral aplanada, la cual se vuelve ligeramente más redondeada cuando crecen, y aunque algunas especies de *Immunitoceras* aun poseen una región ventral ligeramente aplanada, ésta nunca llega a ser tan plana como en *Hypacanthoplites*. También se puede observar la diferencia en las costillas que son menos marcadas en *Immunitoceras* que en *Hypacanthoplites*. La diferencia más notable entre ambos géneros es la presencia de bullas, las cuales en *Immunitoceras* están a lo largo de todo su desarrollo ontogenético mientras que en *Hypacanthoplites* solo están presentes en sus etapas juveniles. Es destacable que muchas especies de *Hypacanthoplites* en estadios ontogenéticos juveniles presentan además de estas bullas tubérculos laterales y ventrolaterales los cuales no están nunca presentes en el género *Immunitoceras*.

Distribución geográfica: Daguestán, Estados Unidos de América (Arizona, Texas) y México (Sonora y Chihuahua).

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano superior.

#### *Immunitoceras immunitum* Stoyanow, 1949

Lámina 3, figura I; Lámina 4, figuras A, B, C, E, F; Lámina 5, figuras A, C, D.

\*1949 *Immunitoceras immunitum* Stoyanow, p. 117, lám. 20, figs. 8-15.

2000 *Immunitoceras immunitum* Lucas y Estep, p. 87, figs. 2A, 2B, 2C, 2F, 2G, 2G, 3.

2000 *Immunitoceras immunitum* Lucas, p. 196, figs. 4A, 4B (= Estep, 2000b, 2D, 2E, 2F, 2G), figs. 4C, 4D, 4E, 4F, 4G.



2004 *Immunitoceras immunitum* Lawton *et al.*, p. 55, figs. 7C, 7D.

Holotipo: Por designación original, el ejemplar figurado por Stoyanow (1949, p. 117, lám 20, figs. 8-15) (LACMIP-10754); procedente de Ninety One Hills, Cochise County, Arizona, Cretácico inferior Formación Lowell (Caliza Mural) Miembro Quajote. El holotipo se ilustra en la figura 28.



Figura 28: Holotipo de *Immunitoceras immunitum*, vista lateral, frontal y ventral del ejemplar LACMIP-10754. Escala gráfica 1cm. Imagen modificada de Stoyanow (1949).

Material: 15 ejemplares tanto fragmentarios como completos, un rodado de Agua Salada (AS-R-5), dos de la sección Agua Salada 1, estrato 3 (ASI-3-1 y ASI-3-4), uno de la sección Agua Salada 1, estrato 4 (ASI-4-1), uno de la sección Agua Salada 1, estrato 9 (ASI-9-1), uno de la sección Agua Salada 2, estrato 23 (ASII-23-1), uno de la sección Agua Salada 2, estrato 24 (ASII-24-1) y 6 de la sección Lutita Tuape, tercer nivel de ammonites (TUAT-3-1, TUAT-3-6, TUAT-3-12, TUAT-3-15, TUAT-3-17 y TUAT-3-18).

Descripción: Concha involuta con sección de la vuelta redondeada. Región ventral redondeada con flancos ligeramente convexos, en un ejemplar de tamaño pequeño (lám. 3, fig. 11-4) la región ventral es aplanada. La ornamentación consiste en costillas primarias y secundarias con una intercalación bastante regular con una relación de 1:2. Las costillas primarias son fuertes y flexuosas, las costillas secundarias surgen a partir de la mitad del flanco, los dos tipos de costillas cruzan la zona ventral con una pequeña flexión. Las costillas primarias presentan bullas marcadas en la zona umbilical.

Discusión: El material colectado presenta una conservación que va de regular (lám 4, Fig. E) a buena (lám. 3, Fig. I), lo que permite una buena identificación de los ejemplares. Esta especie de *Immunitoceras* se diferencia de *Immunitoceras umbilicostatus*, Scott, 1940, en que presenta unos flancos más redondeados, así como una menor densidad de costulación (Figura 29). El holotipo de *I. immunitum* está fragmentado y por ello Stoyanow (1949) figuró el ejemplar completo, así como su núcleo en imágenes que aquí reproducimos en las figuras 30 y 31. En el núcleo del holotipo de *Immunitoceras immunitum* las costillas son rectilíneas, pero esta tendencia es anómala, ya que a medida que el ejemplar va creciendo sus costillas se vuelven flexuosas (Figura 30), el tamaño de estas vueltas internas del holotipo es similar a un ejemplar colectado en Sonora (Figura 31). En el ejemplar sonorese la región ventral se ve aplanada, aunque no tanto como en el holotipo y pese a esta y otras leves diferencias como la flexión de costillas, el espécimen colectado en Sonora corresponde muy bien con el holotipo.

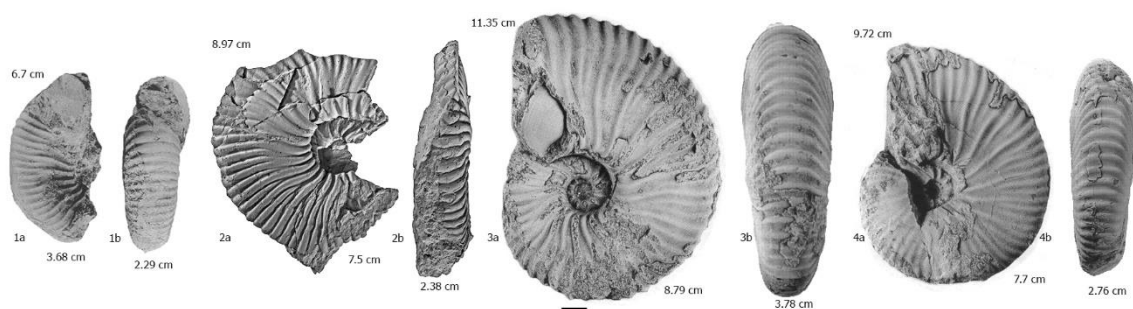


Figura 29: Macroconchas de *Immunitoceras*. 1a-b) Paratipo de *Immunitoceras immunitum* vista lateral y ventral del ejemplar 92231. Tomado de Stoyanow, 1949. 2a-b) Holotipo de *Immunitoceras? umbilicostatus*, vista lateral del ejemplar BEG-34817. Fotografía reciente realizada por Keith Minor. 3a-b) *Immunitoceras immunitum*, vista lateral y ventral del ejemplar LACMIP-12194. Tomado de Lucas y Estep, 2000. 4a-b) *Immunitoceras immunitum*, vista lateral y ventral del ejemplar LACMIP-12195. Tomado de Lucas y Estep (2000). Escala grafica 1cm.

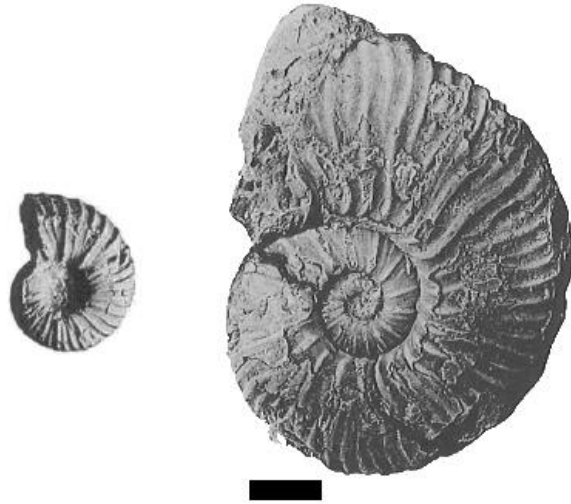


Figura 30. Holotipo de *Immunitoceras immunitum* número de colección LACMIP-10754, el ejemplar se puede desmontar y se aprecian las vueltas internas en él. Escala gráfica 1cm.

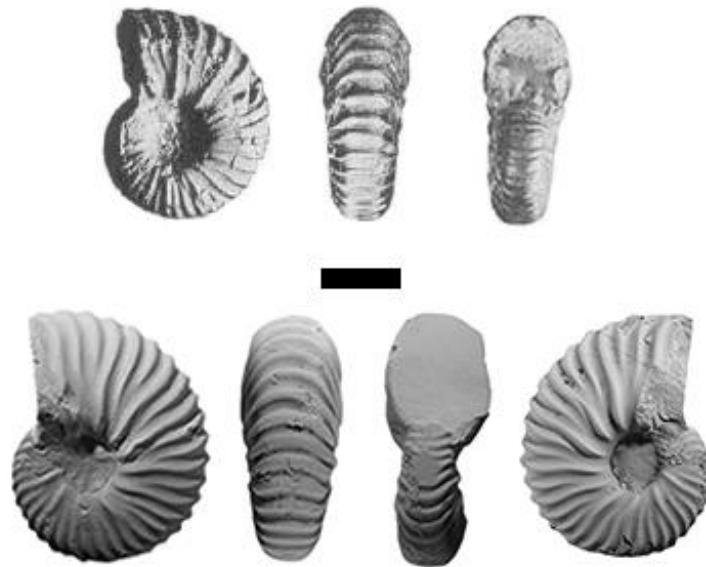


Figura 31: En la parte superior holotipo de *Immunitoceras immunitum*, vista lateral, frontal y ventral de las vueltas internas del ejemplar LACMIP-10754. En la parte inferior diferentes vistas del ejemplar ASI-4-1. Escala gráfica 1cm. La parte superior de la imagen ha sido modificada de Stoyanow (1949).

Distribución geográfica: Estados Unidos de América (Arizona, Texas) y México (Sonora y Chihuahua).

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano superior.

*Immunitoceras umbilicostatus* (Scott, 1940)

Lámina 5, figuras B, E, F, G; Lámina 6 figuras A, B; Figura 32.

\*1940 *Parahoplites umbilicostatus* Scott, p. 1029, lám. 62, fig. 8, lám 63, fig. 10.

1963 *Peñaceras umbilicatus* Cantú-Chapa, A., p. 55.

1974 *Hypacanthoplites umbilicostatus* Young, lám. 13, fig. 1, 6, text-fig. 6b (=Scott, 1940, lám. 62, fig. 8, lám. 63, fig. 10), non lám. 16, fig. 8 (= ?*Neodeshayesites inti*).

non 2002 *Neodeshayesites umbilicostatus* Robert, p. 169, lám. 25, fig. 1 (=Scott, 1940, lám. 63, fig. 10), figs. 2, 3, 4, 5, 6, lám. 27, fig. 1.

non 2005 *Neodeshayesites umbilicostatus* Robert y Bulot, p. 612, fig. 3.1, 3.2, fig. 3.3 (=Robert, 2002, lám. 25, fig. 2), fig. 3.4, fig. 3.5, 3.6, 3.7 (=specimen Robert, 2002, lám. 25, fig. 4, 5).

2013 *Neodeshayesites umbilicostatus* Klein y Bogdanova, p. 206.

Holotipo: Figurado por Scott (1940, p. 1029, lám. 62, fig. 8, lám. 63, fig. 10) (BEG-1129) procedente de Mayfield Canyon al sur de las Montañas Quitman, Hudspeth County, Texas, Aptiano superior de la parte baja de la Formación Cuchillo. El material tipo se ilustra en esta tesis en la figura 32.

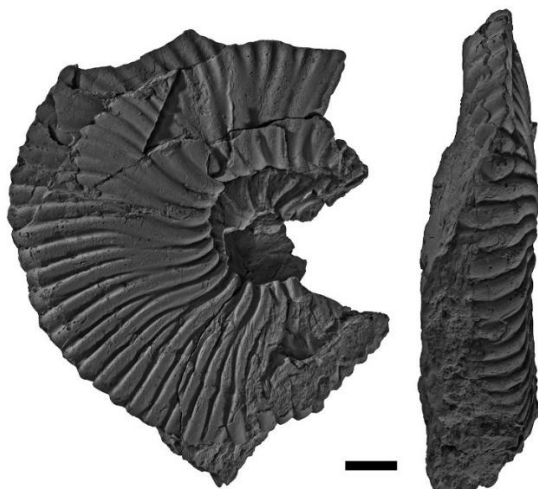


Figura 32: Holotipo de *Immunitoceras umbilicostatus*, vista lateral y ventral del ejemplar BEG-34817. Fotografías cortesía de Keith Minor. Escala gráfica 1cm.

Material: 9 ejemplares fragmentarios o con mala conservación, un rodado de la sección Agua Salada (AS-R-6), uno de la sección Agua Salada 6, estrato 11 (ASVI-11-31), uno en la sección Cerro la Ceja (TUCC-3-1), uno en el segundo nivel de ammonites de la sección Lutita Tuape (TUAT-2-1) y 5 en el tercer nivel de ammonites de la sección Lutita Tuape (TUAT-3-2, TUAT-3-5, TUAT-3-14, TUAT-3-19, TUAT-3-25).

Descripción: Concha involuta con la sección de la vuelta ovalada. La región ventral es redondeada y los flancos son ligeramente convexos. La ornamentación consiste en costillas primarias y secundarias. Las costillas primarias son ligeramente flexuosas, su trazado inicia desde la zona umbilical. Las costillas secundarias son flexuosas y nacen del tercio inferior de los flancos la densidad de costulación es muy alta y debido a ello los interespacios son tan reducidos que en numerosas ocasiones las costillas secundarias parecen estar bifurcadas. La intercalación es irregular con dos o tres costillas secundarias entre las primarias. Ambos tipos de costillas cruzan la zona ventral sin poder distinguirse unas de otras. Las costillas primarias presentan bullas alargadas.

Discusión: Pese al estado de conservación de los ejemplares y que algunos se hallan aplastados, estos pudieron ser asignados al género *Immunitoceras* debido a la presencia de bullas bien desarrolladas. Las características ornamentales de la costulación son diagnósticas de la especie *Immunitoceras umbilicostatus*. Especialmente unos flancos ligeramente más planos que las otras especies de *Immunitoceras*, la alta densidad de costulación que poseen y la robustez en el trazado de la costilla (Figura 29) constituyendo estos los elementos diagnósticos para su determinación a nivel específico. El género *Neodeshayesites* posee similitudes a *Immunitoceras* pero se diferencia entre otras cosas en que el primero posee una sección de la vuelta más trapezoidal y el segundo desarrolla bullas umbilicales. Otra razón podría ser que *Immunitoceras* es un ammonite Aptiano mientras que *Neodeshayesites* es un ammonite del Albiano inferior además de que no se han reportado formas mexicanas ni americanas para este último.

Distribución geográfica: Estados Unidos de América (Texas), México (Sonora y Chihuahua).

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano superior.

*Immunitoceras* sp.

Lámina 3, figura H.

Material: 6 ejemplares fragmentados o con mala conservación, uno de la sección de Agua Salada 6, estrato (ASVI-8), y 5 del tercer nivel de ammonites de la sección Lutita Tuape (TUAT-3-10, TUAT-3-11, TUAT-3-22, TUAT-3-23, TUAT-3-27).

Descripción: Concha evoluta con sección de la vuelta de subcuadrangular a ovalada. Flancos y región ventral aplanados. La ornamentación consiste en costillas rectirradiadas y gruesas que cruzan rectas la región ventral, estas costillas poseen una fila de unas bullas. Las costillas están bastante espaciadas confiriendo ello una baja densidad de costulación.

Discusión: Los ejemplares colectados no pudieron ser identificados a nivel específico debido a su estado de fragmentación y su mala conservación. Sin embargo, en la mayoría de los casos se puede apreciar la concha evoluta y una sección de la vuelta ovalada. Aunque las costillas primarias y secundarias están muy desgastadas en algunos ejemplares, aun se puede ver buena parte del trazado de las mismas, además de apreciarse de forma bastante clara la presencia de bullas. Por estos caracteres a estos ejemplares se les puede atribuir el género *Immunitoceras*, sin embargo, por su condición tan fragmentaría los ejemplares no pueden ser asignados con seguridad a ninguna de las especies conocidas de este género.

Distribución geográfica: México (Sonora).

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano superior.

Superfamilia Deshayesitaceae Stoyanow, 1949

Familia Parahoplitidae Spath, 1922

Subfamilia Parahoplitinae Spath, 1922

Género *Kazanskyella* Stoyanow, 1949

Especie tipo: *Kazanskyella minima* (Scott, 1940) p. 1060, lám. 66, fig. 2, lám. 67, Fig. 7, text-fig. 172.

Diagnosis: Concha involuta con sección de la vuelta que va generalmente de subredondeada a elíptica con el espesor máximo localizado en torno al medio del flanco. Zona ventral redondeada, flancos de ligeramente redondeados a planos. De costillas habitualmente robustas, que van de rectirradiadas a ligeramente flexuosas. En la zona ventral las costillas primarias y secundarias no se diferencian entre sí. Cuando las costillas cruzan esta área presentan una forma de arco cóncavo hacia la zona de apertura de la concha. Estas características se pueden apreciar en el holotipo de *Kazanskyella minima* el cual se ilustra en la figura 33 (modificado de Wright *et al.*, 1996).

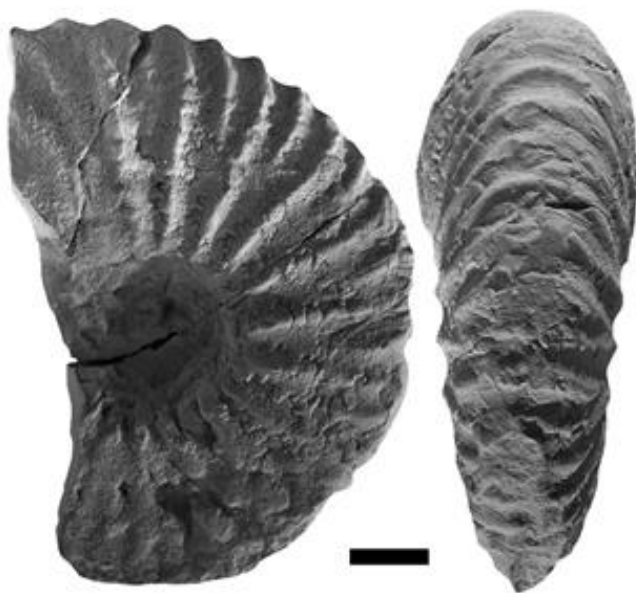


Figura 33: Holotipo de *Kazanskyella minima*, vistas lateral y ventral del ejemplar BEG-34287. Fotografía cortesía de Keith Minor. Escala gráfica 1 cm.

Especies pertenecientes al género: *Kazanskyella minima* Scott, 1940; *Kazanskyella spathi* Stoyanow, 1949 y *Kazanskyella? cuchillensis* Scott, 1940.

Discusión: El género *Kazanskyella* difiere de *Parahoplites* en la sección de la vuelta que es más redondeada en *Kazanskyella* quién, además, tiene la máxima anchura en torno a la mitad

del flanco, mientras que en *Parahoplites* se localiza a la altura de la región umbilical. El patrón de costulación es muy similar entre ambos géneros diferenciándose en que *Kazanskyella* tiene una costulación más rectilínea y menor densidad de costulación. La línea de sutura también es un elemento a tomar en cuenta ya que en *Parahoplites* es simétrica en todo su trazado y menos compleja que en *Kazanskyella* la cual posee un trazado asimétrico.

Distribución geográfica: Estados Unidos de América (Arizona, Texas, Nuevo México) y México (Chihuahua, Coahuila, Durango y Sonora).

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano superior.

*Kazanskyella minima* (Scott, 1940)

Lámina 6, figuras C, D, E, F, G; Lámina 7, figuras A, B, C, D, E; Lámina 8, figuras A, C;  
Figura 33.

1925 *Parahoplites* aff. *Milletianus* Burckhardt, p. 21, lám. 3, figs. 17-19.

\*1940 *Sonneratia minima* Scott, p. 1060, lám. 66, Fig. 2, lám. 67, fig. 7, text-fig. 172.

1949 *Kazanskyella arizonica* Stoyanow, p. 100, lám. 17, figs. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

1965 *Kazanskyella minima* Casey, text-fig. 145a, 145b (=Scott, 1940, lám. 66, fig. 2, lám. 67, fig. 7).

1974 *Kazanskyella minima* Young, p. 201, lám. 16, figs. 4, 5, 6, text-fig. 5b, 5g

(= espécimen Scott, 1940, lám. 66, fig. 2, lám. 67, fig. 7), text-fig. 5f.

1996 *Kazanskyella arizonica* Wright *et al.*, p. 277, fig. 216: 1a, 1b, 1c (= Stoyanow, 1949, lám. 17, figs. 5, 6, 8).

2000 *Kazanskyella* cf. *arizonica* Barragán, p. 128, lám 58, fig. 14.

2008 *Kazanskyella* aff. *arizonica* Barragán y Maurrasse, p. 153, fig. 3h.

Holotipo: Por designación original, el ejemplar figurado por Scott (1940, p. 1060, lám. 66, fig. 2; lám. 67, fig. 7) (BEG-34287); Procedente de Rio Grande, aproximadamente a un



kilómetro al SE de Hot Spring, Hudspeth County, Texas, Aptiano superior de la parte baja de la Formación Cuchillo. El holotipo se ilustra en esta tesis en la Figura 33.

Material: 26 ejemplares tanto fragmentarios como completos: dos rodados (AS-R-1, AS-R-2), 3 de la sección Agua Salada 1, estrato 1 (ASI-1, ASI-2 y ASI-3), uno de la sección Agua Salada 1, estrato 3 (ASI-3-2), uno de la sección Agua Salada 2, estrato 25 (ASII-25-1), 9 de la sección Agua Salada 3, estrato 25 (ASIII-25-1 a ASIII-25-9), dos de la sección Agua Salada 3, estrato 35 (ASIII-35-1 y ASIII-35-5), uno de la sección Agua Salada 4, estrato 3 (ASIV-3-1), dos de la sección Agua Salada 4, estrato 6 (ASIV-6-1 y ASIV-6-2), uno de la sección Agua Salada 4, estrato 8 (ASIV-8-1), uno de la sección Agua Salada 4, estrato 10 (ASIV-10-1), 3 de la sección Lutita Tuape, tercer nivel de ammonites (TUAT-3-3, TUAT-13 y TUAT-24).

Descripción: Concha involuta, con sección de la vuelta redondeada. La anchura máxima de la sección de la vuelta está en torno a la mitad del flanco. La zona ventral es redondeada al igual que los flancos, confiriéndole esto la forma tan característicamente redondeada de la sección de la vuelta. La ornamentación consiste en costillas rectilíneas primarias y secundarias. Las costillas primarias nacen de la zona umbilical y son bastante robustas. En la zona ventral tanto las costillas primarias como las secundarias presentan una curvatura y no se diferencian entre sí. Las costillas secundarias se originan en la mitad de los flancos siendo igual de robustas que las primarias y el intercalamiento con las costillas primarias sigue una relación muy regular de 1:1. Los interespacios son prácticamente del mismo ancho que las costillas y esto causa que el ammonite presente una baja densidad de costulación.

Discusión: Casey, 1964 sinonimizó *Kazanskyella arizonica* Stoyanow, 1949 y *Kazanskyella spathi* Stoyanow, 1949 con *Kazanskyella minima* debido a su gran similitud morfológica y por su proximidad geográfica. Sin embargo, Young (1974) expuso que *Kazanskyella spathi* y *Kazanskyella minima* si son especies diferentes. Dicho autor señala que la forma de la sección de la vuelta es muy diferente entre estas especies siendo subredondeada en *Kazanskyella minima* y subrectangular en *Kazanskyella spathi*. También menciona que la ornamentación es diferente ya que las costillas en *Kazanskyella minima* son más rectilíneas, robustas y espaciadas que en *Kazanskyella spathi* quien posee una costulación menos marcada, ligeramente flexuosa y más densa. Sin embargo, Young (1974) si concordó con

Casey (1964) en que *Kazanskyella arizonica* tenía que sinonimizarse con *Kazanskyella minima*. En esta tesis se concuerda con Young (1974) ya que *Kazanskyella minima* y *Kazanskyella spathi* muestran caracteres diferentes.

Distribución geográfica: Estados Unidos de América (Texas, Arizona y Nuevo México) y México (Chihuahua, Coahuila, Durango y Sonora).

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano superior.

*Kazanskyella spathi* (Stoyanow, 1949)

Lámina 8, figura B; Figura 34.

\*1949 *Sinzowiella spathi* Stoyanow, p. 100, lám. 18, figs. 2-17.

?1949 *Sinzowiella* sp. Stoyanow, p. 103, lám. 23, figs. 10, 11, 12, 13.

1974 *Kazanskyella spathi* Young, p. 202, lám. 6, figs. 3, 9, lám. 10, figs. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 20, text-figs. 5i, 5p.

Lectotipo: figurado por Stoyanow (1949, p. 102, lám. 18, fig. 9) (LACMIP 10735); Colectado en Ninety One Hills, Arizona, E.U.A, Caliza Cienda, Formación Lowell (Caliza Mural). Considerado por Young (1974, p. 102) como holotipo, cabe mencionar que en este trabajo se establece que se trata de un lectotipo debido a que el holotipo solo puede ser propuesto por el autor original de la especie o ser establecido por monotipia. Al existir más de un ejemplar en este trabajo se propone que sea considerado un lectotipo.



Figura 34: Vista lateral, ventral y frontal de un ejemplar de *Kazanskyella spathi* UT-44576 estudiado por Young (1974). Fotografía cortesía de Keith Minor. Escala gráfica 1 cm.

Material: 5 ejemplares fragmentados y mal conservados, uno de la sección Agua Salada 2, estrato 1 (ASII-1-1), uno de la sección Agua Salada 2, estrato 2 (ASII-2-1), uno de la sección Agua Salada 2, estrato 3 (ASII-3-1), uno de la sección Agua Salada 3, estrato 35 (ASIII-35-7) y uno de la sección Agua Salada 4, estrato 15 (ASIV-15-1).

Descripción: concha involuta con sección de la vuelta de ovalada a subrectangular con el ancho máximo localizado cerca de la región umbilical. Región ventral redondeada con flancos aplanados. La ornamentación consiste en costillas primarias y secundarias ligeramente flexuosas que cruzan la región ventral con una curvatura. Las costillas primarias nacen en la región umbilical y las secundarias en la mitad del flanco. Los ejemplares presentan un patrón de costulación ligeramente irregular, las costillas secundarias están intercaladas con relaciones de 1:1 y 1:2.

Discusión: *Kazanskyella spathi* difiere de *Kazanskyella minima* en algunos aspectos anteriormente mencionados en la discusión de la especie tipo del género. Otro rasgo que diferencia a *Kazanskyella spathi* de *Kazanskyella minima* es que la sección de la vuelta es más ancha cerca de la región umbilical. Debido a la gran cantidad de similitudes morfológicas (como la forma general de la concha, sección de la vuelta parecida, densidad de costulación, entre otras) que *Kazanskyella spathi* muestra con el género *Immunitoceras*, además de que existe una continuidad estratigráfica, se puede teorizar que este último se originó del primero.

Distribución geográfica: Estados Unidos de América (Arizona, Texas) y México (Chihuahua, Durango, Nuevo León).

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano superior.

*Kazanskyella* sp.

Material: 5 ejemplares fragmentados o con mala conservación, uno de la sección de Agua Salada 1, estrato 3 (ASI-3-3), y 4 de la sección de Agua Salada 3, estrato 35 (ASIII-35-2, ASIII-35-3, ASIII-35-4, ASIII-35-6).

Descripción: concha involuta con sección de la vuelta de subredondeada a ovalada. La ornamentación consiste en costillas rectirradiadas y gruesas que cruzan rectas la región ventral. Las costillas están bastante espaciadas confiriendo ello una baja densidad de costulación (ASIII-35-3, ASIII-35-4).

Discusión: El material colectado no pudo ser identificado a nivel específico, debido a la deformación, la fragmentación y la mala conservación general en la cual se encuentran. Sin embargo, en la mayoría de los casos se puede apreciar la concha involuta y una sección de la vuelta subredondeada-ovalada. Aunque las costillas primarias y secundarias están muy desgastadas en algunos ejemplares, aun se puede ver buena parte del trazado de las mismas, como cruzan la sección de la vuelta y en algunos casos se ve la flexión característica del género *Kazanskyella*. Sin embargo y como se mencionó anteriormente debido a la mala conservación los ejemplares no pueden ser asignados con seguridad a ninguna de las especies conocidas del género.

Distribución geográfica: México (Sonora).

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano superior.

Superfamilia Deshayesitaceae Stoyanow, 1949

Familia Parahoplitidae Spath, 1922

Subfamilia Parahoplitinae Spath, 1922

Género *Quitmanites* Scott, 1940

Especie tipo: *Quitmanites ceratitosus*, Scott, 1940, p. 1049, lám. 64, figs. 5, 6, text-fig. 166.

Diagnosis: Concha evoluta con una sección de la vuelta elíptica. Zona ventral con una curvatura amplia, con flancos de redondeados a ligeramente aplanados. La ornamentación consiste en costillas primarias y secundarias, ambas de trazado ligeramente flexuoso. Las costillas secundarias se intercalan con las primarias regularmente con una relación 1:2. En la región ventral las costillas primarias y secundarias son indiferenciables entre si y pasan de forma rectilínea. Posee bullas poco desarrolladas. Estas características se aprecian en el holotipo de *Quitmanites fosteri* el cual se ilustra en la Figura 35 (modificado de Wright *et al.*, 1996).

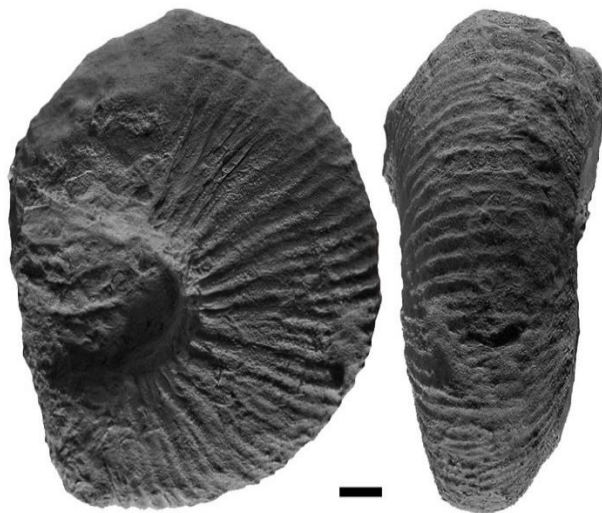


Figura 35: Holotipo de *Quitmanites fosteri*, vista lateral y ventral del ejemplar BEG-34826. Fotografía cortesía de Keith Minor. Escala gráfica 1 cm.

Especies pertenecientes al género: *Quitmanites ceratitosus* Scott, 1940; *Quitmanites? evolutus* Scott, 1940 y *Quitmanites? fosteri* Scott, 1940.

Discusión: El género *Quitmanites* es muy parecido a los géneros *Kazanskyella*, *Parahoplites* e *Immunitoceras* en la sección de la vuelta y la ornamentación. Sin embargo, *Quitmanites* tiene una concha más evoluta y generalmente con una sección de la vuelta elíptica, en cambio *Kazanskyella* y *Parahoplites* tienen conchas más involutas con secciones de vueltas también subredondeadas pero más estrechas. Otra diferencia está en la ornamentación de *Quitmanites* quien posee generalmente costillas ligeramente flexuosas y mayor densidad de costulación que lo hace parecido a *Parahoplites* e *Immunitoceras* pero que lo distingue de *Kazanskyella*, quien generalmente tiene costillas más rectas y más espaciadas entre sí. La mayor diferencia entre el género *Immunitoceras* y el género *Quitmanites* es la presencia de bullas desarrolladas en el primero, mientras que en el segundo solo se encuentran de manera incipiente en algunas especies. Otra característica diagnóstica del género *Quitmanites* es la forma rectilínea en que las costillas cruzan la zona ventral, al contrario de *Kazanskyella* y *Parahoplites* que cuyas costillas en la región ventral desarrollan un arco.

Distribución geográfica: Estados Unidos de América (Texas) y México (Chihuahua y Sonora).

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano superior y Albiano inferior.

*Quitmanites* sp.

Lámina 8, figuras D, E.

Material: 6 ejemplares fragmentados o con mala conservación, dos de la sección Agua Salada 6, estrato 11 (ASVI-11-70 y ASVI-11-7) y 4 del tercer nivel de ammonites de la sección Lutita Tuape (TUAT-3-4, TUAT-3-7, TUAT-3-8 y TUAT-3-16).

Descripción: concha deprimida, evoluta con sección de la vuelta ovalada. Región ventral redondeada. La ornamentación consiste en costillas primarias y secundarias, ambos tipos de costillas cruzan la región ventral con un trazado rectilíneo sin que sea posible distinguirse entre sí. Las costillas secundarias surgen a partir de la mitad del flanco y van tomando un aspecto similar a las primarias. El espacio entre las costillas es muy reducido lo que le confiere una alta densidad de costulación.

Discusión: los ejemplares colectados no pudieron ser identificados a nivel específico debido a su condición fragmentaria y su mala conservación. Sin embargo, en la mayoría de los casos se puede apreciar una sección de la vuelta muy ancha con costillas que cruzan la región ventral de forma rectilínea y una alta densidad de costulación característica del género *Quitmanites*.

Solo se han colectado dos ejemplares en el área de Lampazos que claramente pueden asignarse al género *Quitmanites*. A continuación, ilustramos un fragmento de vuelta de un ejemplar de gran tamaño, donde es posible observar parte de la línea de sutura, así como la anchura de la vuelta característica de esta especie y unas pocas costillas rectilíneas en la región ventral (Fig. 36).



Figura 36. Región ventral del ejemplar ASVI-11-70 perteneciente al género *Quitmanites*. Escala gráfica= 1cm.

Distribución geográfica: Estados Unidos de América (Texas) y México (Chihuahua y Sonora).

Distribución cronoestratigráfica: Aptiano superior.

### 8.3 RESULTADOS BIOESTRATIGRÁFICOS

El análisis bioestratigráfico se realizó con 147 ejemplares procedentes de las secciones medidas de Agua Salada en Lampazos y de La Caliza Mural en Tuape. De la Formación Agua Salada se levantaron 6 secciones estratigráficas: ASI, ASII, ASIII, ASIV, ASV y ASVI (figuras 37 a 48). Se levantó una sección estratigráfica de los miembros Cerro la Ceja y Lutita Tuape (TUCC y TUAT; figuras 49 a 64) de la Caliza Mural. Con los ammonites encontrados en las secciones estratigráficas de las dos áreas de estudio se pudieron asignar dos biozonas de ammonites del Aptiano superior, *Kazanskyella minima* e *Immunitoceras immunitum*, además de una Subbiozona, *Huastecoceras?* sp. (Fig. 49) la cual tiene un rango muy cercano al límite Aptiano-Albiano.

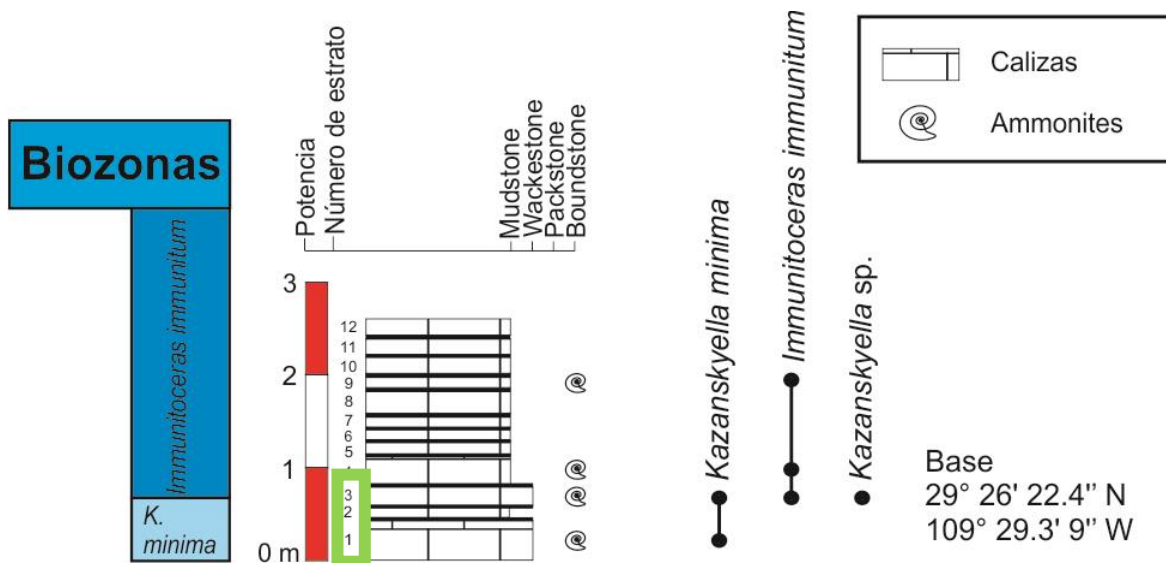


Figura 37. Columna estratigráfica de la sección Agua Salada 1 (ASI), distribución del registro de ammonites. Los estratos del 3 al 12 se señalan en verde pues son los que se mostraran en la siguiente fotografía de campo.



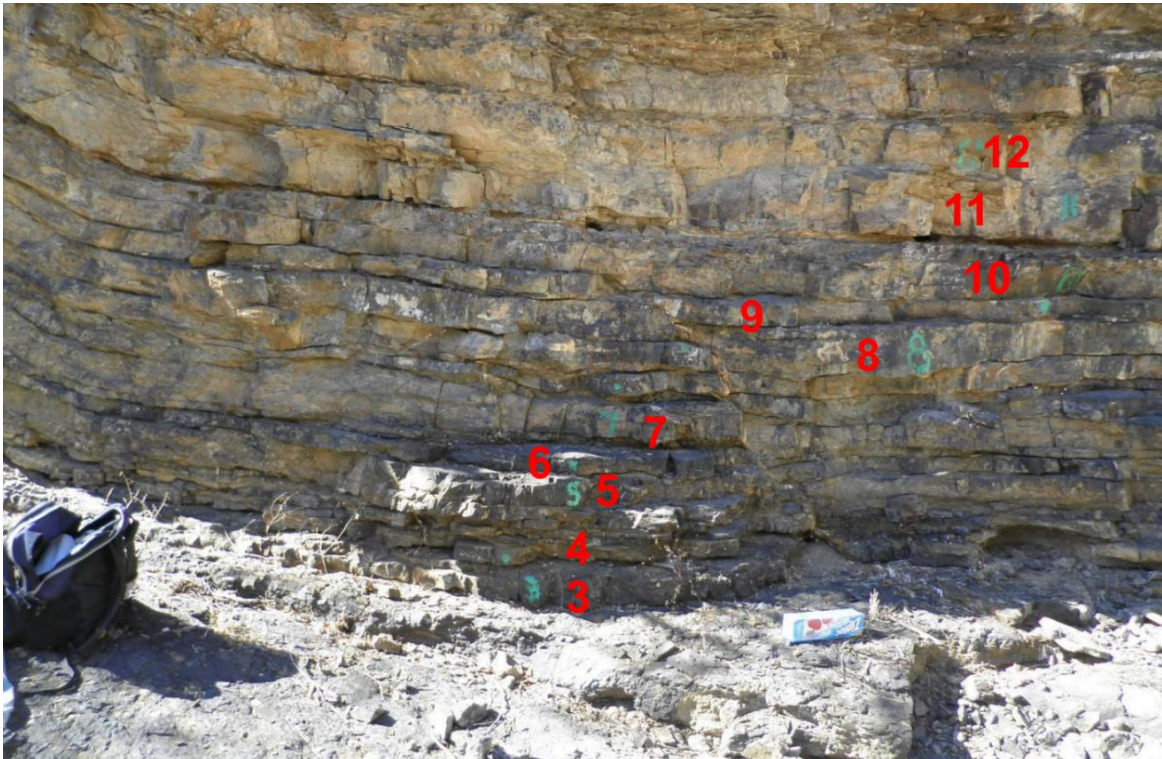


Figura 38. Fotografía de campo donde se aprecian los niveles muestreados del 3 al 12.



Figura 39. Fósiles de ammonites colectados en el nivel 3. Parte de la vara de Jacob de 50 cm.

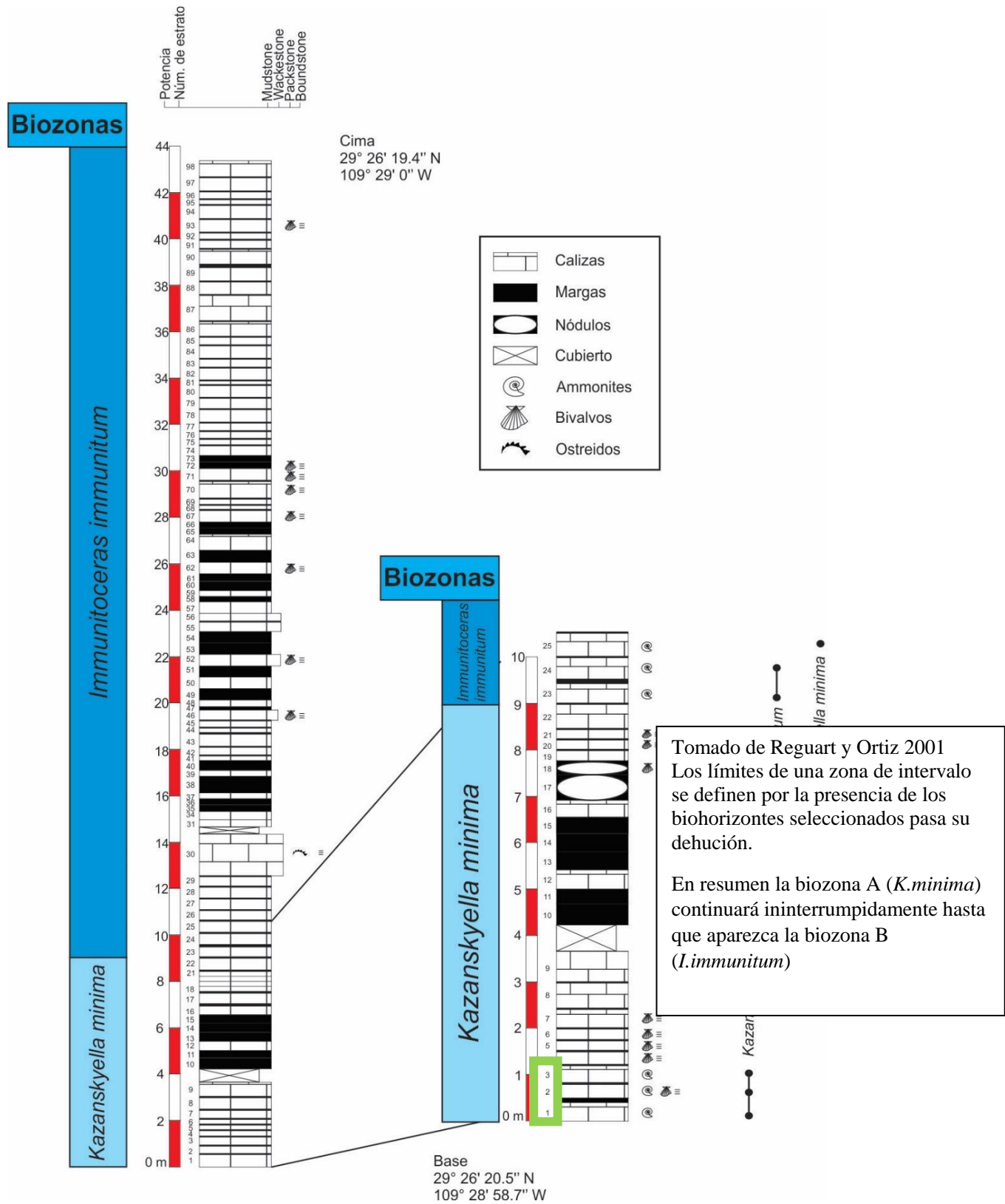


Figura 40. Columna estratigráfica de la sección Agua Salada 2 (ASII), distribución del registro de ammonites, ampliación a la derecha de los estratos con registro de ammonites.

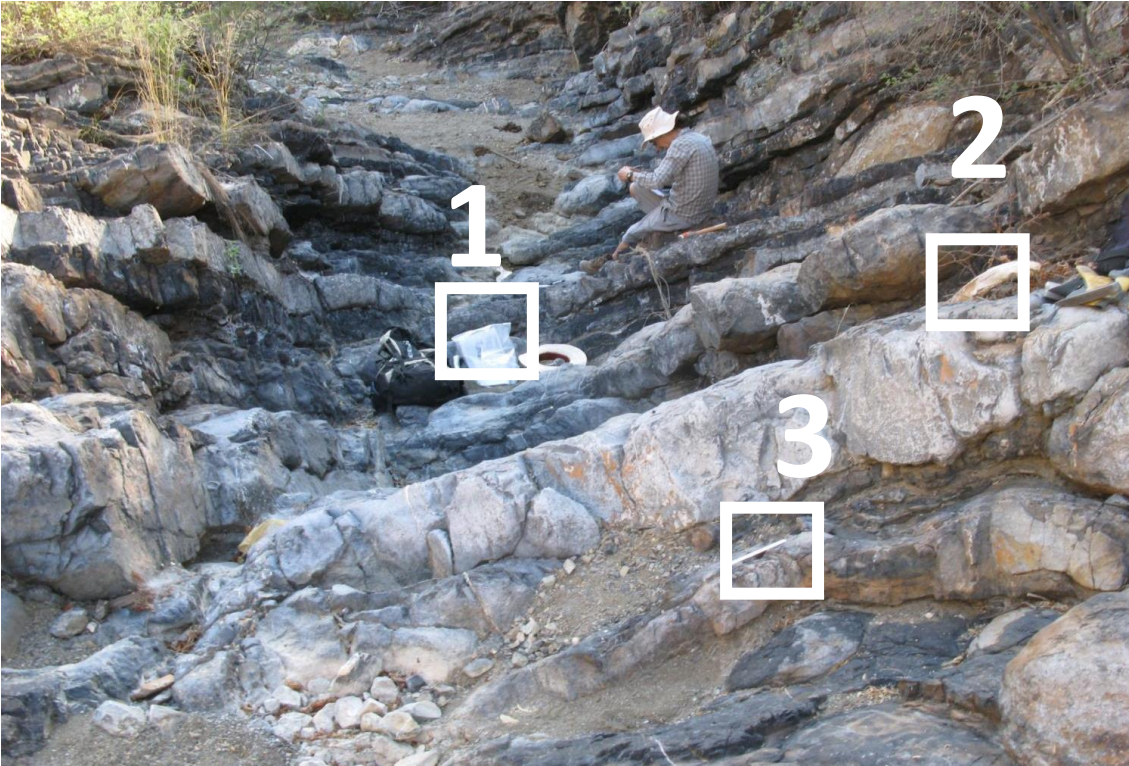


Figura 41. Ubicación de los lugares donde se colectaron tres muestras con ammonites de la 1 a la 3.

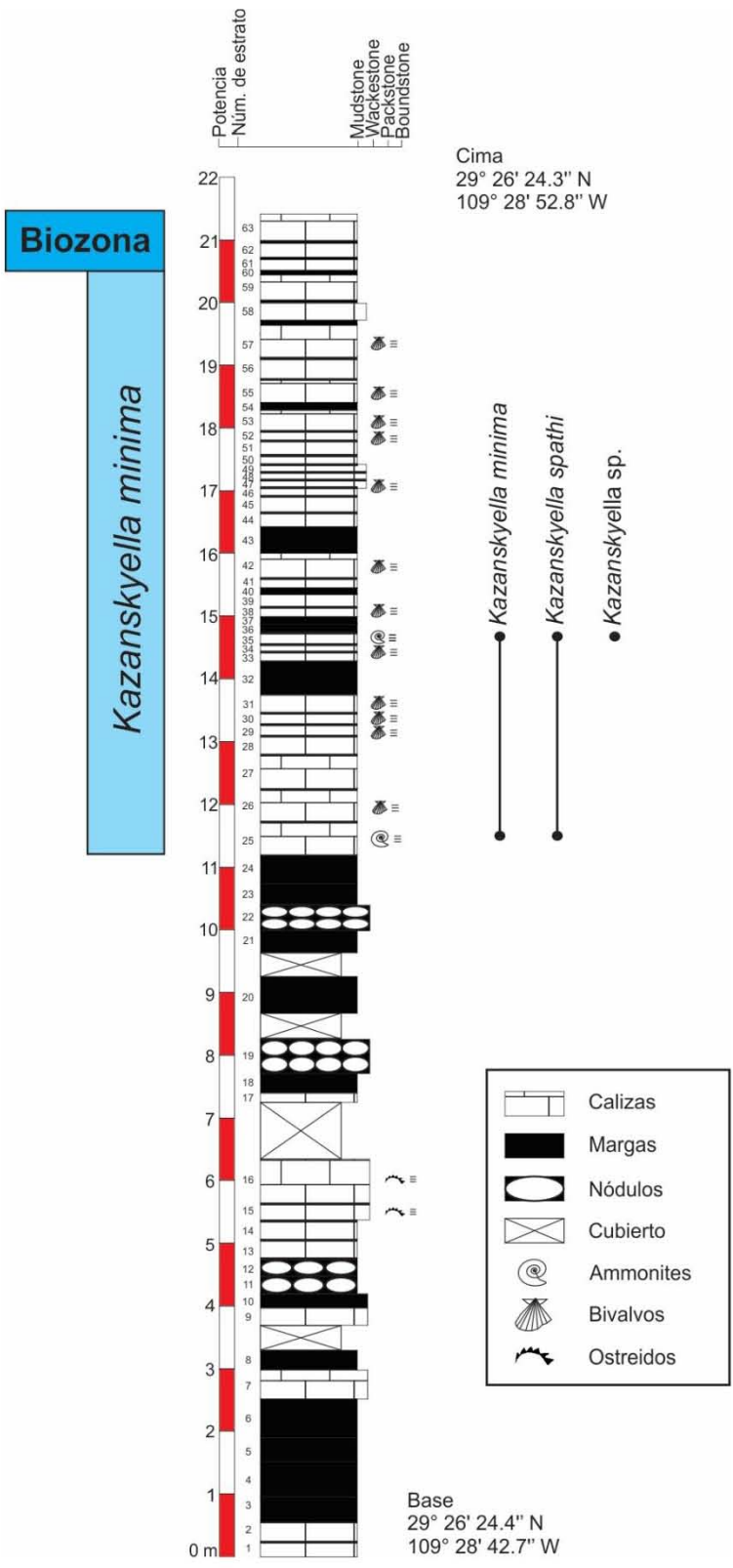


Figura 42. Columna estratigráfica de la sección Agua Salada 3 (ASIII), distribución del registro de ammonites.

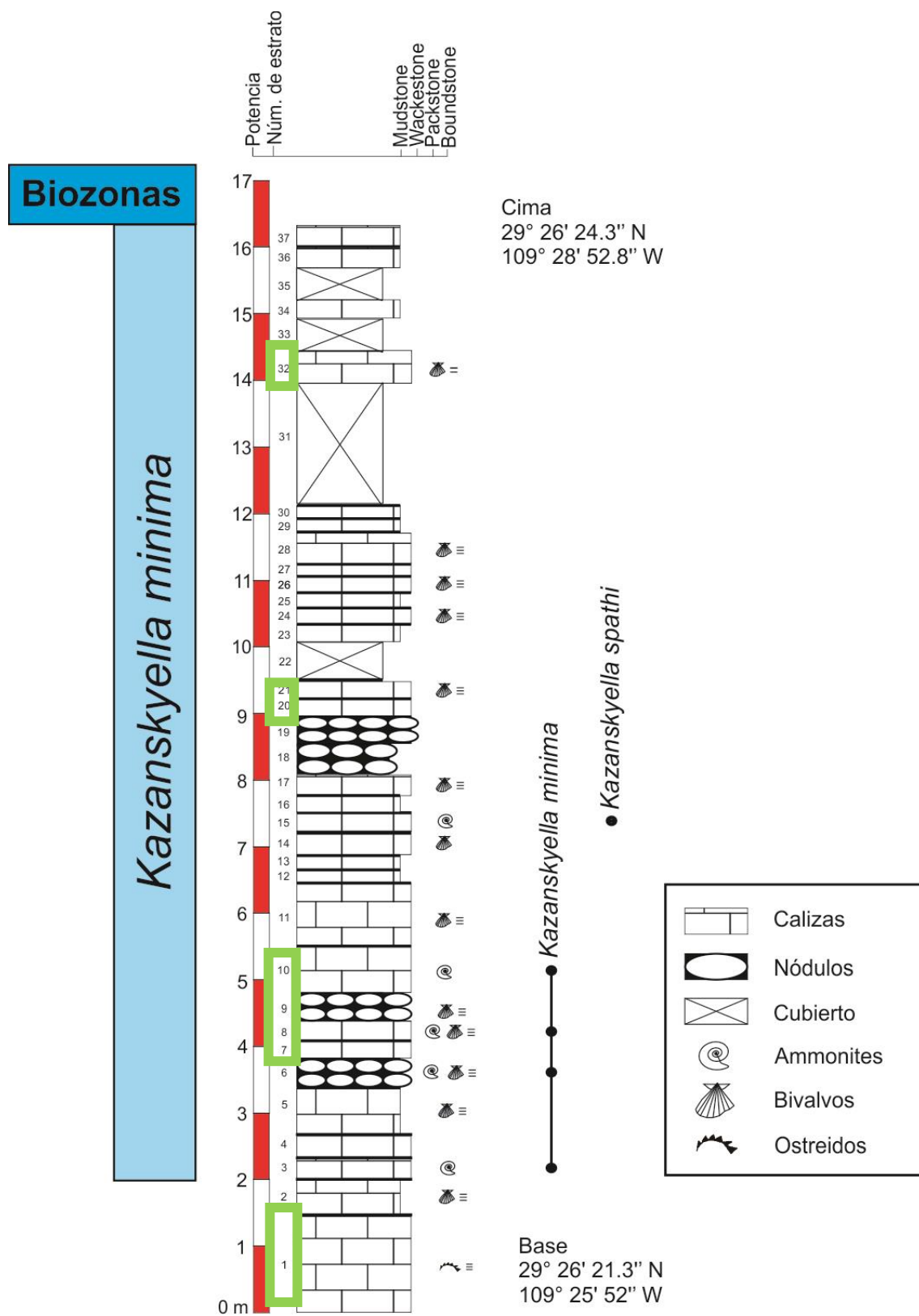


Figura 43. Columna estratigráfica de la sección Agua Salada 4 (ASIV), distribución del registro de ammonites. En verde se indica las zonas que se ilustraran a continuación.



Figura 44. Estrato de calizas de un gris pálido con abundantes ostreidos. La vara de Jacob mide 1.50 m.

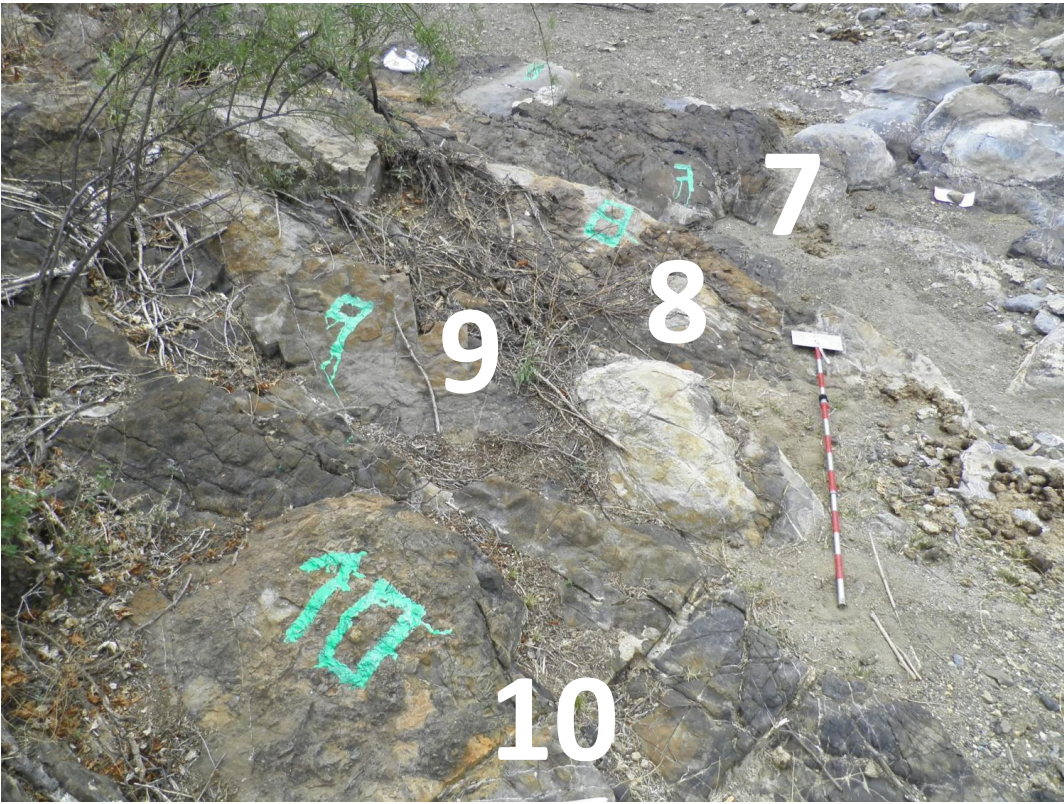


Figura 45. Alternancia de varios estratos de caliza con algunos niveles de perdenal y otros niveles con nódulos. La vara de Jacob mide 1.50 m.



Figura 46. Estrato 20 donde destaca un gran nódulo calcáreo. La vara de Jacob mide 1.50 m.



Figura 47. Estrato 32 en cuyo techo presenta una cubierta de pedernal.

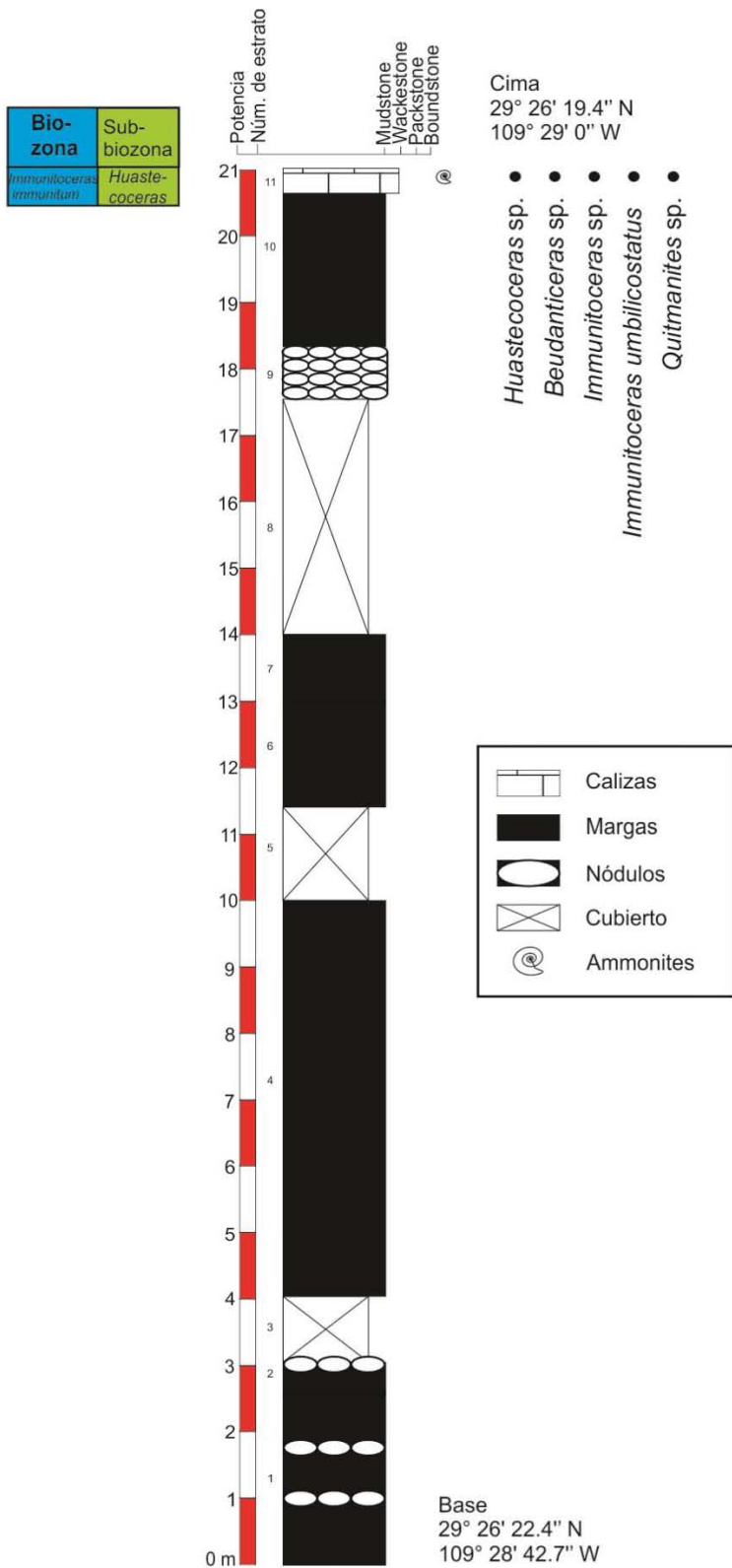


Figura 48. Columna estratigráfica de la sección Agua Salada 6 (ASVI), distribución y análisis bioestratigráfico del registro de ammonites.



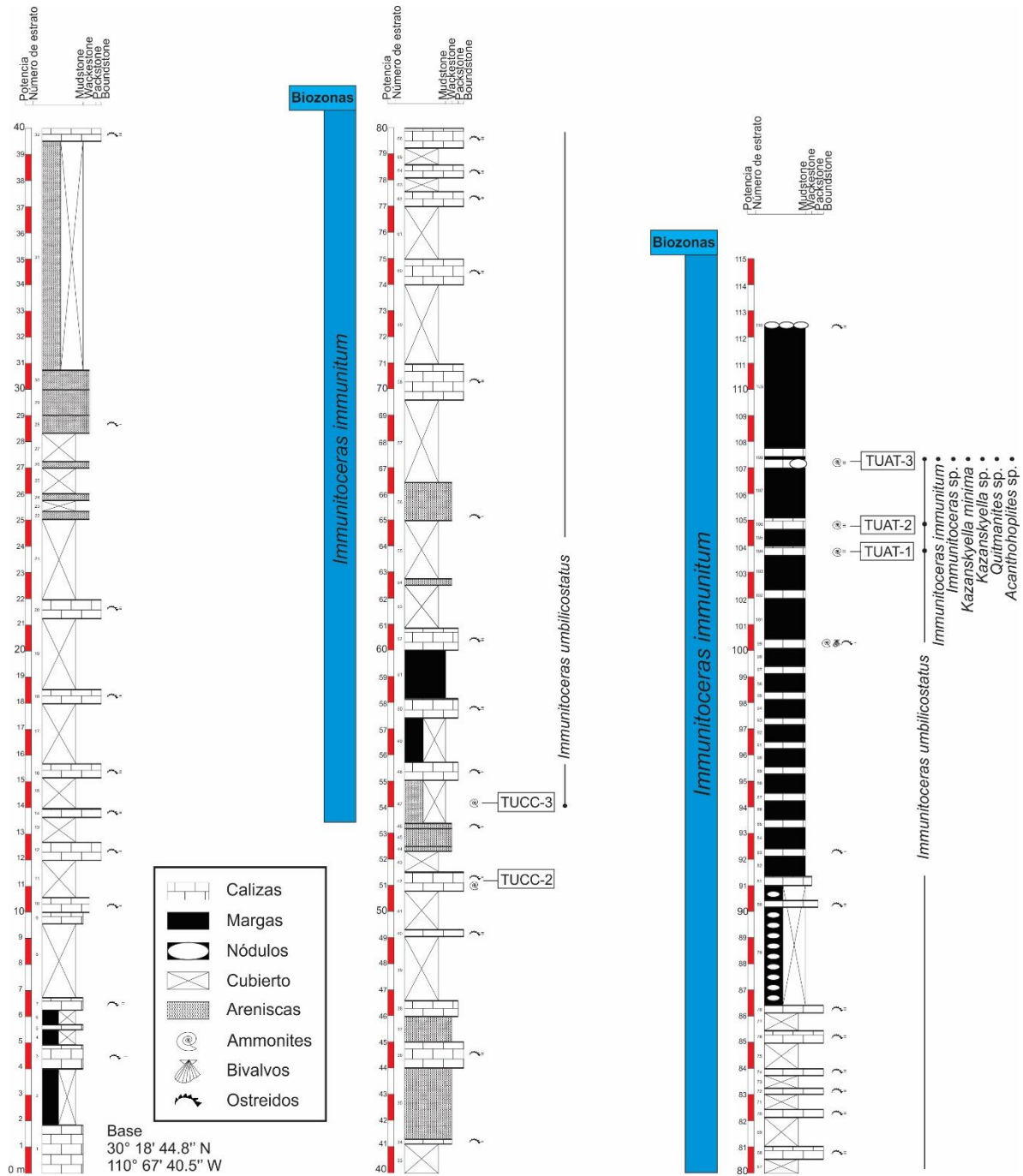


Figura 49. Columna estratigráfica del área de Tuape (incluye los miembros Cerro la Ceja y Lutita Tuape), distribución y análisis bioestratigráfico del registro de ammonites. A continuación, se mostrarán imágenes de las partes inferior, media y superior de la columna.

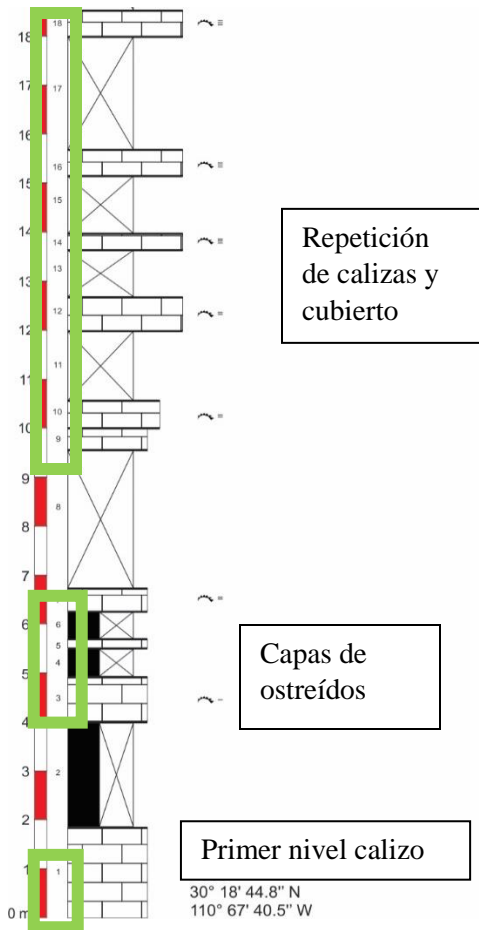


Figura 50. Ampliación de los primeros estratos del Miembro Cerro la Ceja.



Figura 51. Parte media del Miembro Cerro la Ceja donde se aprecian el primer nivel de calizas bastante intemperizadas.



Figura 52. Estrato de calizas con profusión de ostreidos y otros bivalvos.



Figura 53. Repeticiones entre cubiertos y calizas con profusión de bivalvos.

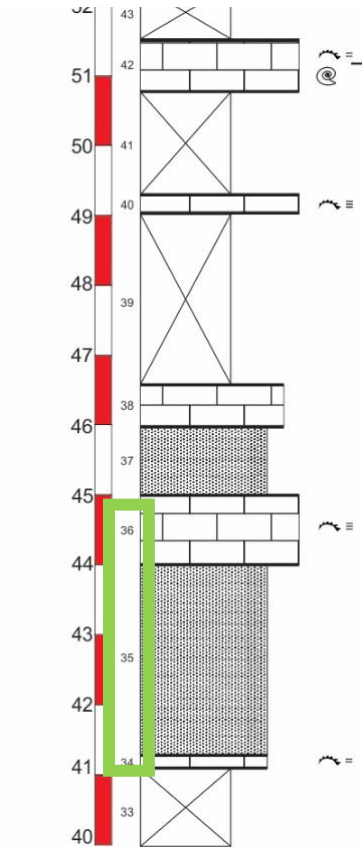


Figura 54. Ampliación de niveles de areniscas sobreyacidos por un estrato de caliza con ostreidos y más areniscas.



Figura 55. Nivel de areniscas y calizas con ostreidos.

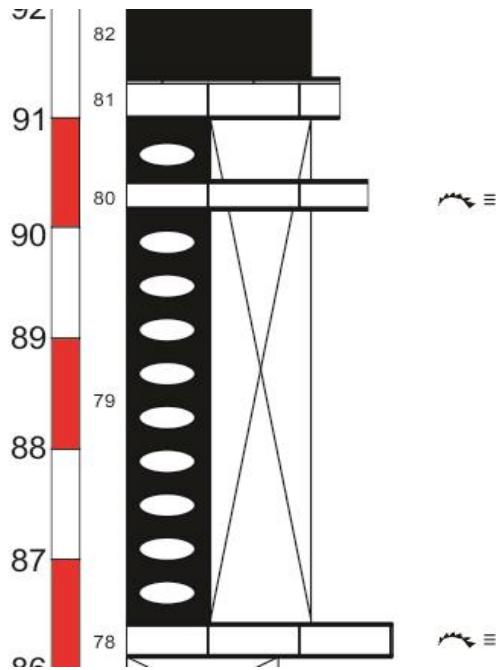


Figura 56. Secuencia sedimentaria con nodulos donde se encuentra la transición entre el Miembro Cerro la Ceja y Miembro Lutita Tuape. Este último miembro está caracterizado por una sedimentación en un ambiente marino más profundo y sus litologías son calizas, margas y nódulos de origen diagenético



Figura 57. Zona transicional, caliza marina somera con ostreidos que puede ser atribuida al Miembro Cerro La Ceja.



Figura 58. Inicó de los niveles de margas con nódulos. Las margas se erosionan y los nódulos quedan libres en la superficie.



Figura 59. Zona transicional entre los dos miembros. Las facies calizas son aun someras, pero empiezan a predominar los niveles margosos.

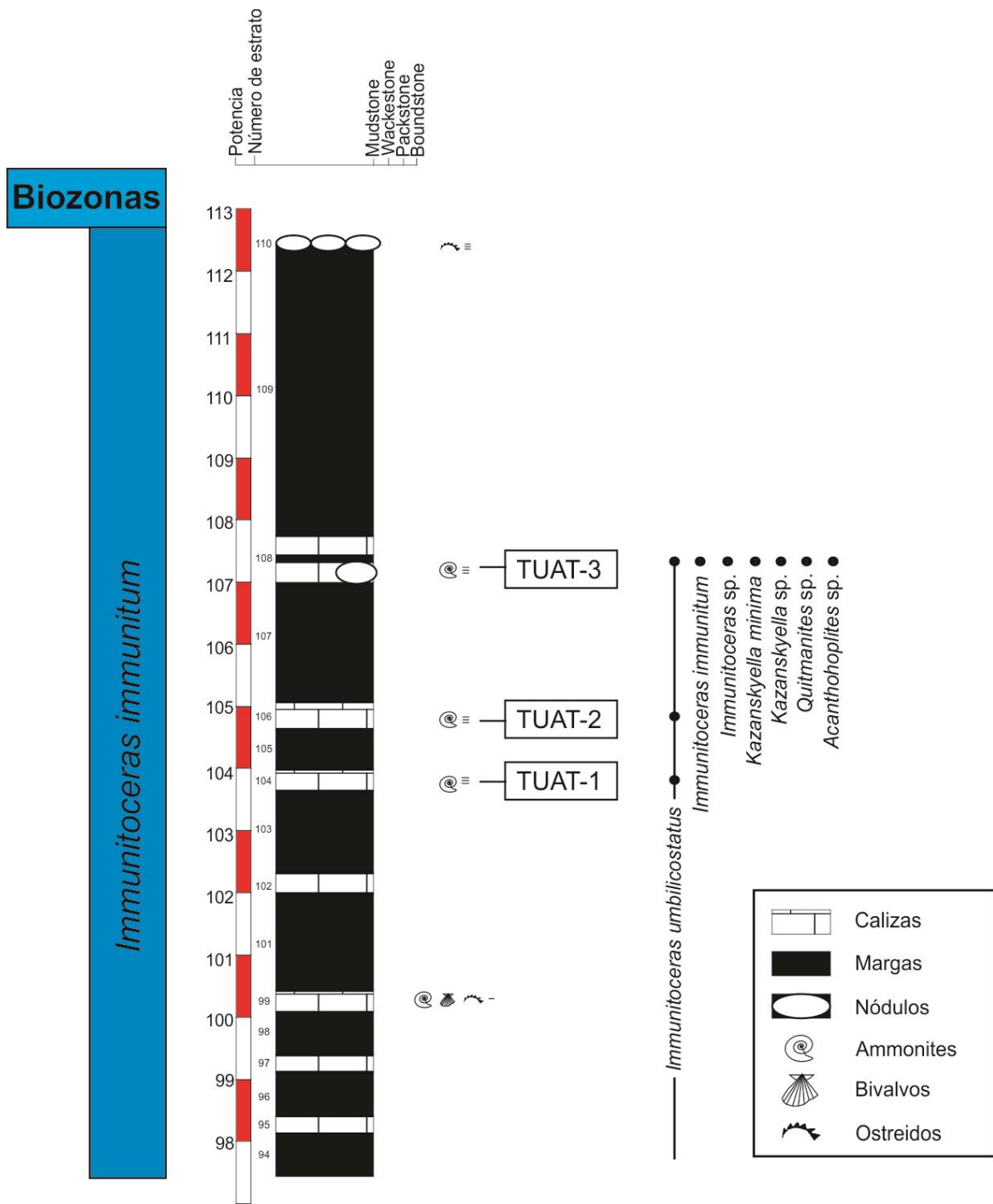


Figura 60. Ampliación de la parte superior de la columna estratigráfica tomada en la localidad Tuape, distribución y análisis bioestratigráfico del registro de ammonites. Aquí se encuentran los niveles fosilíferos de ammonites, los cuales se intercalan con margas.



Figura 61. Estrato 1 del Miembro Tuape donde se encontraron pocos ammonites.



Figura 62. Estrato 2 del Miembro Tuape con ammonites. Este estrato está fuertemente bioturbado.





Figura 63. Estrato 3 del Miembro Tuape con ammonites. Donde se colectaron la mayor cantidad de ammonites en la zona.



Figura 64. Finalmente, sobre las capas fosilíferas se encuentra la característica capa de lutita que le da el nombre a este miembro.

Biozona *Kazanskyella minima*

Biozona de intervalo cuyo límite inferior se caracteriza por la primera aparición de su especie nominal y su límite superior con la primera aparición de especies pertenecientes al género *Immunitoceras* que definen el inicio de la biozona suprayacente *Immunitoceras immunitum*. Esta unidad bioestratigráfica pertenece a la parte media del Aptiano superior y está representada por los taxones: *Kazanskyella minima*, *Kazanskyella spathi*, *Kazanskyella* sp. La biozona *Kazanskyella minima* fue utilizada como una unidad bioestratigráfica por primera vez por Ovando-Figueroa (2016). Parece ser equivalente a la biozona *Kazanskyella spathi*, propuesta por Young (1974) (Fig. 65), pues posee un rango bioestratigráfico similar, sin embargo, esta última, no se emplea en el presente trabajo, ni en anteriores (e.g. Ovando-Figueroa, 2016), ya que en México el género *Kazanskyella* se encuentra mejor representado por la especie *K. minima* (Figuras 37, 40, 42 y 43).

	Casey (1961)	Moreno-Bedmar et al. 2013	Young (1974)	Ovando-Figueroa 2016	Este trabajo
	Zonas	Zonas	Zonas	Zonas	Zonas
Albiano inferior ↑	<i>Leymeriella tardefurcata</i>		<i>Hypacanthoplites cragini</i>	<i>Hypacanthoplites</i> sp.	?
Alptiano superior	<i>Hypacanthoplites jacobi</i>	?	<i>Kazanskyella spathi</i>	<i>Kazanskyella minima</i>	<i>I. immunitum</i>
	<i>P. nutfieldensis</i>	<i>Caseyella aguilerae</i>	<i>Dufrenoyia justinae</i>	?	<i>Kazanskyella minima</i>
	<i>C. martinoides</i>	<i>G. adkinsi</i>			
Aptiano inferior ↓	<i>T. bowerbanki</i>	<i>D. justinae</i>	<i>Dufrenoyia rebecae</i>		
	<i>D. deshayesi</i>				
	<i>D. furcata</i>				
	<i>P. fissicostatus</i>				

Figura 65. Comparación del esquema biozonal obtenido con otros esquemas europeos y americanos.

### Biozona *Immunitoceras immunitum*

Biozona de intervalo cuyo límite inferior se caracteriza por la primera aparición de especies pertenecientes al género *Immunitoceras*. Esta unidad no se encuentra definida en su parte superior y pertenece a la parte terminal del Aptiano superior. Los taxones encontrados en esta unidad son: *Kazanskyella minima*, *Kazanskyella* sp., *Immunitoceras immunitum*, *Immunitoceras umbilicostatum*, *Immunitoceras* sp., *Huastecoceras* sp., *Desmoceras* sp. y *Quitmanites* sp. Esta biozona sería equivalente a la de *Hypacanthoplites cragini* del esquema biozonal de Young (1974) y a la biozona *Hypacanthoplites* sp. de Ovando-Figueroa (2016). Al igual que las dos biozonas anteriormente mencionadas *I. immunitum* pertenece a la parte alta terminal del Aptiano superior ya que sobreyace a la biozona *Kazanskyella minima*. Hay que destacar que en la base de esta unidad bioestratigráfica coexisten el género *Immunitoceras* con los últimos representantes del género *Kazanskyella*.

### Subbiozona *Huastecoceras?* sp.

Esta subbiozona de rango total se caracteriza por la primera y última aparición de la especie nominal dentro de la biozona de *Immunitoceras immunitum* por lo cual pertenece a la parte terminal del Aptiano superior. En esta unidad bioestratigráfica se ha reconocido: *Huastecoceras?* sp., *Immunitoceras umbilicostatum*, *Immunitoceras* sp., *Desmoceras* sp. y *Quitmanites* sp. La subbiozona *Huastecoceras?* sp. se localiza en la Formación Agua Salada en el área de Lampazos y se encuentra en un solo paquete en la cima de dicha formación cerca del límite Aptiano superior-Albiano inferior. La atribución genérica del taxón índice es dudosa ya que, tal como se ha caracterizado anteriormente en el apartado de taxonomía hay elementos morfológicos que difieren del auténtico *Huastecoceras*. A lo anterior se suma que el rango bioestratigráfico de *Huastecoceras sensu stricto* es Aptiano superior basal (Moreno-Bedmar *et al.*, 2013, 2015) mientras que *Huastecoceras?* es Aptiano superior terminal, no existiendo morfologías de *Huastecoceras* de edades intermedias entre ambos taxones.

Hay que destacar que por primera vez se tienen datos del rango estratigráfico del género *Quitmanites* que se extiende desde la biozona *Immunitoceras immunitum* hasta la

subbiozona *Huastecoceras?* sp. Los únicos datos existentes del rango de *Quitmanites* eran los publicados por Young (1974) quien restringió este taxón al Albiano inferior. En este trabajo se constata que está presente en la parte alta del Aptiano superior hasta la parte terminal del mismo. El rango que se establece es similar al de Young (1974) siendo bastante complicado establecer si el Albiano inferior de Young (1974) en realidad se corresponde a la parte alta de la biozona *Immunitoceras immunitum* tal como se ha definido en esta tesis. En México establecer el límite Aptiano-Albiano es bastante complicado (Ovando-Figueroa *et al.*, 2016) y debido a ello resulta complejo comparar la biozonación aquí realizada con la de Young (1974) en este intervalo estratigráfico.

### **Correlación de las secciones estratigráficas de la Formación Agua Salada**

Las secciones estratigráficas son fácilmente correlacionables si se emplea como datum el límite entre las biozonas *Kazanskyella minima* e *Immunitoceras immunitum*. La mayoría de las columnas estratigráficas levantadas en la Formación Agua Salada registran la biozona *Kazanskyella minima*, mientras que en ASI, ASII y ASVI además se reconoce la biozona *Immunitoceras immunitum*. Solo en ASVI se caracterizó la subbiozona *Huastecoceras?* sp. (Fig. 66).

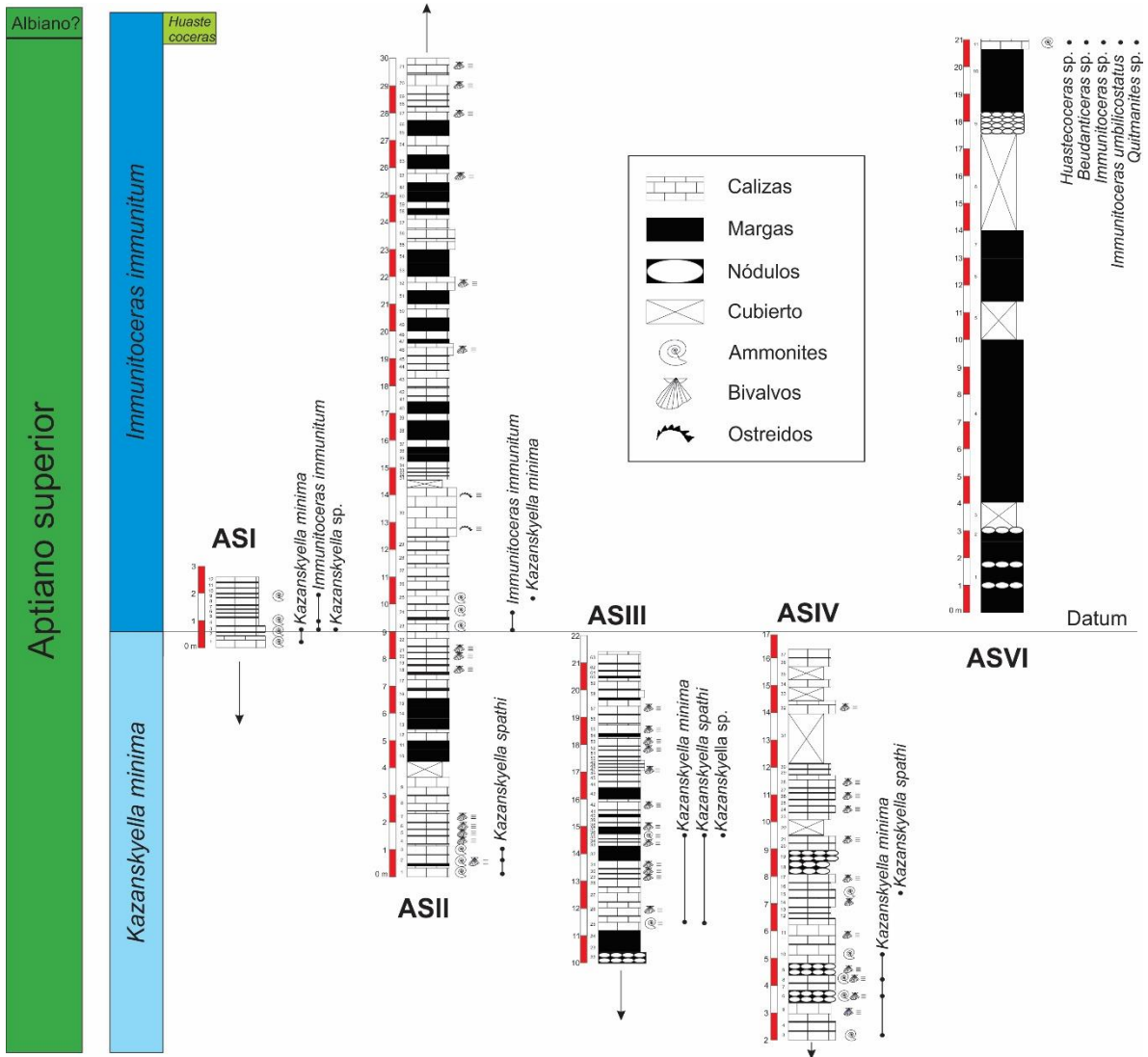


Figura 66. Correlación de las columnas estratigráficas de la Formación Agua Salada.

## 9. CONCLUSIONES

Los ejemplares colectados en las dos áreas de estudio permitieron identificar un total de once taxones, siete a nivel genérico y cuatro a nivel específico.

Se encontraron ejemplares que posiblemente pertenezcan a un nuevo género con características similares a *Huastecoceras*, perteneciente al Aptiano superior terminal, no obstante, es necesaria una revisión más exhaustiva de los ejemplares para realizar una caracterización a detalle de dicho taxón.

La biozonación realizada para las formaciones Agua Salada y Caliza Mural (Miembros Cerro la Ceja y Lutita Tuape) muestra que las asociaciones de ammonites estudiadas pertenecen al Aptiano superior.

La comparación y correlación de las biozonaciones realizadas de las distintas áreas de estudio permitió observar diferencias entre ellas, ya que en las secciones de la Formación Agua Salada se encuentra la biozona *Kazanskyella minima*, mientras que en la sección de la Caliza Mural en Tuape esta biozona no se llegó a observar. Además, la subbiozona *Huastecoceras* sp. también fue caracterizada únicamente en la Formación Agua Salada.

La comparación y correlación de la biozonación efectuada para las secciones de Lampazos y Tuape con otras preexistentes de México y del extranjero ha permitido contrastar las diferencias entre ellas. Una de estas diferencias es la biozona *Immunitoceras immunitum*, la cual sobreyace a la biozona *Kazanskyella minima* y es comparable a las biozonas de *Hypacanthohoplites* utilizadas en Estados Unidos de América.

En este trabajo de tesis se propuso la subbiozona de rango total *Huastecoceras?* sp. para el Aptiano superior terminal, considerando que se ha encontrado este taxón en otras localidades del país (Ovando-Figueroa, 2016). Sin embargo, se necesitan más trabajos para una adecuada caracterización de esta subbiozona en el norte de México.

Los datos bioestratigráficos del Aptiano superior generados en la presente tesis podrán ser sumados al esfuerzo que se está realizando en la construcción de la biozonación estándar de la provincia faunística del Atlántico central para el piso Aptiano (Moreno-Bedmar *et al.*, 2013). Sin embargo, sigue siendo necesario conjuntar más datos de otras secciones

estratigráficas nacionales e internacionales (sur de Estados Unidos) para obtener una primera versión de esta biozonación estándar.

## 10. LITERATURA CITADA

**Anthula, D. J., 1900.** Über die Kreidefossilien des Kaukasus mit einem allgemeinen Ueberblick über die entwicklung der Sedimentärbildungen des Kaukasus. Beiträge zur Paläontologie und Geologie Österreich-Ungarns und des Orients, vol. 12, 53-159 (1-106).

Argo search, URL: <http://researchdata.museum.vic.gov.au/argosearch/>

**Barnes, R. D. 1989.** Zoología de los invertebrados. Editorial Interamericana. México. p 1-957.

**Barragán, R. 2000.** Ammonite biostratigraphy, lithofacies variations, and paleoceanographic implications for Barremian-Aptian sequences of northeastern Mexico. Doctoral dissertation. Florida International University. U.S.A., p. 1-296.

**Barragán, R. y J. M. Marrausse. 2008.** Lower Aptian (Lower Cretaceous) ammonites from the basal strata of the La Peña Formation of Nuevo León state, northeast Mexico: biostratigraphic implications. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. México, vol. 25, p. 145-157

**Barragán, R., E. Campos-Madrigal., I. Ferrusquía-Villafranca, I. López-Palomino y G. Tolson. 2010.** Código estratigráfico norteamericano. Boletín del Instituto de Geología, 117, num. 15, p. 48.

**Barroso-Barcenilla, F., 2008.** Revisión de la terminología aplicada a los nautiloideos y amonoideos postríasicos en español. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, vol. 102, núm. 1-4, p. 121-145.

**Bartolini, C. y S. Herrera. 1986.** Estratigrafía y estructura de la Región de Lampazos, Sonora, México. Boletín del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, núm. 2, p. 13-22.

**Bulot, L.G., J.-L. Latil, A. Hairabian, A Fournillon. 2014.** New insight on the genus *Nolaniceras* Casey, 1961 (Ammonoidea, Cretaceous) and its consequences on the

biostratigraphy of the Aptian Stage. Proceedings of the Geologists Association, 125, 227-232.

**Burckhardt, C. 1906.** La faune Jurassique de Mazapil avec un appendice sur les fossiles du Crétacique Inférieur. Boletín del Instituto Geológico de México, núm. 23, p. 1-216.

**Burckhardt, C. 1925.** Faunas del Aptiano de Nazas (Durango). Boletín del Instituto de Geología de México 45, p. 1-71.

**Campbell, N. A. y J. B. Reece. 2007.** Biología. Medica Panamericana. 7ª ed. España. p. 650-653.

**Cantú Chapa, A. 1963.** Étude biostratigraphique des ammonites du centre et de l'est du Mexique (Jurassique superieur et Crétacé). Memoires de la Société geologique de France (series 5) 42, Memoire 99. p. 103.

**Cantú Chapa, C. M. 1976.** Estratigrafía de la Formacion La Peña (Aptiano Sup.) en el área de monterrey, N. L. Revista Instituto Mexicano del Petróleo. Mexico, vol. 8:4, p. 7-16.

**Casey, R., 1964.** A monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand, part V. Monograph of the Palaeontographical Society 117 (1963). p. 289-398.

**Casey, R., 1965.** A monograph of the Ammonoidea of the Lower Greensand, part VI. Monograph of the Palaeontographical Society 118 (1964). p. 399-546.

**Castillo-Rodríguez, Z. G., 2014.** Biodiversidad de moluscos marinos en México. Revista mexicana de biodiversidad, vol. 85, p. 419-430.

**Collignon, M. 1962.** Atlas des fossiles caractéristiques de Madagascar (Ammonites) Fascicule 9 (Aptien). p. 1-64. Tananarive, Service Géologique.

**Eichwald, E., 1865-1868.** Lethaea rossica ou paléontologie de la Russie, Second volume. Période moyenne. Texte. Stuttgart: E. Schweizerbart (E. Koch), p. 1-832. **Eichwald, E., 1871.** Geognostisch-palaeontologische Bemerkungen über die Halbinsel Mangischlak und die Aleutischen Inseln. Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, St. Petersburg, p. 1-200.

**Gabb, W., 1869.** Cretaceous and Tertiary fossils. Geological Survey of California, Paleontology, p. 2- 299.



**Galindo Leal.** Banco de imágenes, CONABIO, URL: <http://bdi.conabio.gob.mx/>

**García y Barragán, J. C. y C. Jacques-Ayala. 2011.** Estratigrafía del Cretácico de Sonora, México. En Calmus, Thierry. ed. Panorama de la geología de Sonora, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 118, Cap. 5, p. 113–199

**González-Arreola, C., J. A. Moreno-Bedmar y R. Barragán. 2014.** Amonitas, fósiles llamativos y curiosos. Parte I. Nuestra Tierra, vol. 20, p. 3-6.

**González-León, C. M. 1988.** Estratigrafía y geología estructural de las rocas sedimentarias cretácicas del área de Lampazos, Sonora. Revista de Instituto de Geología, UNAM 7(2): p. 148-162.

**González-León, C. M. y B. E. Buitrón-Sánchez. 1984.** Bioestratigrafía del Cretácico inferior del área de Lampazos, Sonora, México. p. 371-377. En: M. C. Perrilliat (Eds.). Tercer Congreso Latinoamericano de Paleontología, Memoria: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. Distrito Federal, México.

**González-León, C. M. y S. G. Lucas. 1995.** Stratigraphy and paleontology of the early Cretaceous Cerro de Oro Formation, central Sonora. p. 41-48. En: Jacques-Ayala C., González-León, C. M., J. Roldán-Quintana. (Eds): Studies on the Mesozoic of Sonora and Adjacent Areas: Boulder, Geological Society of America, Special Paper. New York. U.S.A.

**González-Léon, C. M., R.W. Scott, H. Löser, T. F. Lawton, E. Robert y V. A. Valencia. 2008.** Upper Aptian-Lower Albian Mural Formation: stratigraphy, biostratigraphy and depositional cycles on the Sonoran shelf, northern Mexico. Cretaceous Research 29, p. 249-266.

**Herdberg, H. 1980.** Guía estratigráfica internacional. Reverté, S.A. Barcelona, p. 13-14, 50-52.

**Herrera, S. y C. Bartolini. 1983.** Geología del área de Lampazos, Sonora. Tesis Profesional. Universidad de Sonora. Departamento de Geología de la Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. 120 p.

**Herrera, S., C. Bartolini, O. Perez y B. Buitron. 1984.** Paleontología del área de Lampazos, Sonora. Boletín del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, núm. 1, p. 50-59.

**Humphrey, W. E. 1949.** Geology of the Sierra de los Muertos area, Mexico (with descriptions of Aptian cephalopods from the La Peña Formation). Bulletin of the Geological Society of America. U.S.A., vol. 60, p. 89-176.

**Hyatt, A., 1903.** Cephalopoda en: von Zittel, K.A. (ed.), 1896-1900, Textbook of Palaeontology (transl. Eastman, C.R.). Macmillan, London and New York, p. 502-604.

**Kennedy, W. 1977.** Ammonite evolution; en Hallam A. (ed). Patterns of evolution as illustrated by the fossil record. Elsevier, New York, p. 251-300.

**Klein, J. y T. Bogdanova. 2013.** Fossilium Catalogus I: Animalia. Lower Cretaceous Ammonites VI Douvilleiceratoidea & Deshayesitoidea. Backhuys Publisher, Netherlands, p. 1-299.

**Klug, C. y R. Hoffmann. 2015.** Ammonoid Septa and Sutures. Ammonoid paleobiology. Springer, Netherlands, p. 45-90.

**Klug, C., D. Korn, K. De Baets, I. Kruta, y R. H. Mapes. 2015.** Ammonoid Paleobiology: From macroevolution to paleogeography. Springer, Netherlands, p. 1-605.

**Kröger, B., J. Vinther y D. Fuchs. 2011.** Cephalopod origin and evolution: A congruent picture emerging from fossils, development and molecules. Bioessays, vol. 33, p. 602-613.

**Landman, N. H., W. M. Jagt, E. A. Jagt-Yazykova, M. Machalski y M. M. Yacobucci. 2015.** Ammonite extinction and nautilid survival at the end of the Cretaceous. Geology, vol. 42, p. 707-710.

**Lawton, T. F., C. M. González-León, S. G. Lucas y R. W. Scott. 2004.** Stratigraphy and sedimentology of the upper Aptian–upper Albian Mural Limestone (Bisbee Group) in northern Sonora, Mexico. Cretaceous Research 25, p. 43-60.

**Lucas, S. G. 2000.** Lower Cretaceous ammonites from southwestern New Mexico. New Mexico Geological Society Guidebook, 51th Field Conference, Southwest Passage -A trip through the Phanerozoic. p. 195-201.

**Lucas, S. G. y J. W. Estep. 2000.** The Lower Cretaceous Ammonite *Hypacanthoplites* Spath from the Big Hatchet Mountains, Southwestern New Mexico. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin No. 16. p. 87-90.

**Machalski, M. 2002.** Danian ammonites: A discussion. Bulletin of the Geological Society. Denmark, vol. 49, p. 49-52.

**McKee, M. B. y T. H. Anderson. 1998.** Mass-gravity deposits and structures in the Lower Cretaceous of Sonora, Mexico. Geological Society of America, Bulletin 110, p. 1516-1529.

**Monnet, C., C. Klug y K. De Baets. 2015.** Evolutionary Patterns of Ammonoids: Phenotypic Trends, Convergence, and Parallel Evolution. En C. Klug, D. Korn, K. De Baets, I. Kruta, y R.H. Mapes. Ammonoid Paleobiology: From macroevolution to paleogeography p. 98- 142. Springer, Netherlands.

**Monks, N. y P. Palmer. 2002.** Ammonites. The Living Past Series. Smithsonian Institution Press and The Natural History Museum. USA y London, p. 12- 15.

**Monreal, R. y J. F. Longoria. 2000.** Stratigraphy and structure of the Lower Cretaceous of Lampazos, Sonora (NW Mexico) and its relationship to the Gulf Coast Succession: American Association of Petroleum Geologists Bulletin v. 84(11), p. 1811-1831.

**Mora Villalobos, C. 1998.** Estudio sistemático de amonitas cretácicas de Sonora: áreas de Lampazos y Cerro Las Conchas. MsD thesis of the Universidad de Sonora, Departamento de geología, p. 76 (unpublished).

**Moreno-Bedmar, J. A., R. Barragán Manzo, M. Company Sempere y L. G. Bulot. 2013.** Aptian (lower Cretaceous) ammonite bio-stratigraphy of the Francisco Zarco Dam stratigraphic section (Durango State, north-east Mexico). Journal of South American Earth Sciences, vol. 42, p. 150-158.

**Moreno-Bedmar, J. A., C. C. Mendoza-Rosales, K. P. Minor, G. Delanoy, R. Barragán, O. González-León. 2015.** Towards an Aptian (Lower Cretaceous) ammonite biostratigraphy

of the Mina Texali section, Central Atlantic province (Puebla State, Central Mexico). *Cretaceous Research*, vol. 54, p. 203-211.

**Orbigny A. d'. 1840-1842.** Paléontologie française: Terrains crétacés.1. Céphalopodes, p. 1-120 (1840); p. 121-430 (1841); p. 431-662 (1842), Masson; Paris.

**Ovando-Figueroa J. R., 2016.** Ammonites del Aptiano superior-Albiano inferior (Cretácico Inferior) de la sección de cerro chino del estado de Chihuahua, Noreste de México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. México, p. 1-98.

**Pictet, F. J., G. Campiche. 1858-1860.** Description des fossiles du terrain crétacé des environs de Ste-Croix. *Matériaux pour la Paléontologie Suisse*, vol. 1, p. 1-380.

**Ponder, W. y D. Lindberg. 2008.** Phylogeny and evolution of the mollusca. University of California Press. USA. p. 1-2.

**Ransome, F. L., 1904.** The geology and ore deposits of the Bisbee quadrangle Arizona. U.S. Geological Survey, Professional Paper 21, p. 167.

**Reboulet, S., O. Szives, B. Aguirre-Urreta, R. Barragán, M. Company, V. Idakieva, M. Ivanov, M. V. Kakabadze, J. A. Moreno-Bedmar, J. Sandoval, E. J Baraboshkin, M. K. Çağlar, I. Fozy, C. González-Arreola, S. Kenjo, A. Lukeneder, S. N. Raisossadat, P. F. Rawson, J. M. Tavera. 2014.** Report on the 5th International Meeting of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the Kilian Group (Ankara, Turkey, 31st August 2013). *Cretaceous Research*, vol. 50, p. 126–137.

**Reguant S. y R. Ortiz. 2001.** Guía estratigráfica internacional. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, vol. 14 núm. 3-4, p. 270-293.

**Robert, E. 2002.** La transgression albienne dans le Bassin Andin (Perou): Biostratigraphie, paleontologie (ammonites) et stratigraphie sequentielle. *Strata (Serie 2)* 38. p. 380.

**Robert, E. y L. G. Bulot. 2005.** Albian ammonite faunas from Peru: the genus *Neodeshayesites* Casey, 1964. *Journal of Paleontology* 79(3). p. 611- 618.

**Roman, F., 1938.** Les ammonites Jurassiques et Crétacées. Essai de genera. Masson, Paris, p. 554.

**Rose, P. R. 1978.** Surface and subsurface, central Texas. Austin, Bureau Economic Geology, Report Investigations 74, p. 150-198.

**Schweigert, G. 2009.** First three-dimensionally preserved in situ record of an aptychophoran ammonite jaw apparatus in the Jurassic and discussion of the function of aptychi. Berlin. Berliner paläobiologische Abhandlungen 10, p. 321-330.

**Scott, G. 1940.** Cephalodods from the Cretaceous Trinity Group of the south-central United States. The University of Texas Publication, 3945, p. 969-1107.

**Scott, R. W., 1987.** Stratigraphy and correlation of the Cretaceous Mural Limestone, Arizona and Sonora. En: Dickinson, W.R., Klute, M.F. (Eds.), Mesozoic Rocks of Southern Arizona Adjacent Areas. Arizona Geological Society Digest 18, p. 327-334.

**Solano-Rico, B. 1970.** Geología y yacimientos minerales del distrito de Lampazos, Sonora, México. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. Distrito Federal, México. 103 p.

**Stoyanow, A., 1949.** Lower Cretaceous stratigraphy in southeastern Arizona. Geological Society of America, Memoir 38, 1-169.

**Wright, C. W., Callomon, J. H., Howarth, M. K., 1996.** Treatise on Invertebrate Paleontology. Part L, Mollusca 4, revised, Cretaceous Ammonoidea. The Geological Society of America Inc. and The University of Kansas Press, Boulder, Colorado and Lawrence, p. 72.

**Young, K. 1974.** Lower Albian and Aptian (Cretaceous) ammonite of Texas. Geoscience and Man, vol. 8, 175-228.

## LÁMINA 1

A1-2) *Beudanticeras* sp. vista lateral (A1) y ventral (A2) del ejemplar ASVI-11-10 de la sección Agua Salada 4, estrato 11.

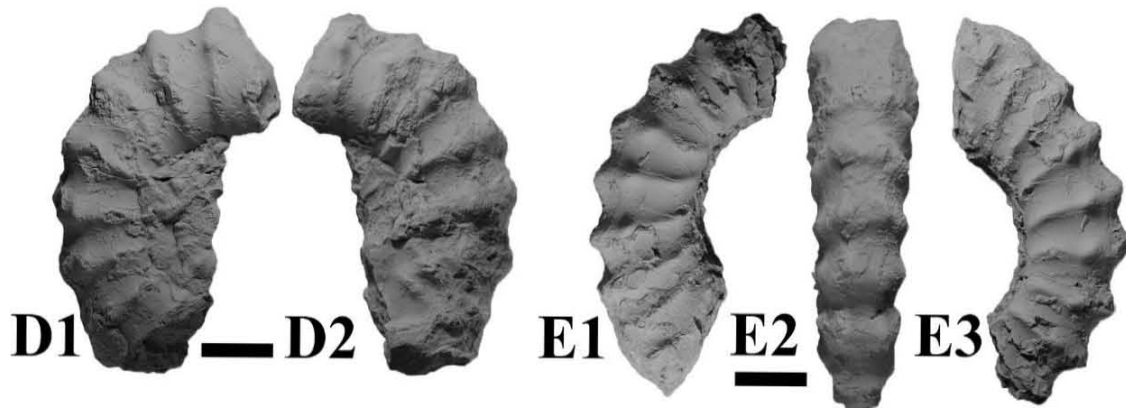
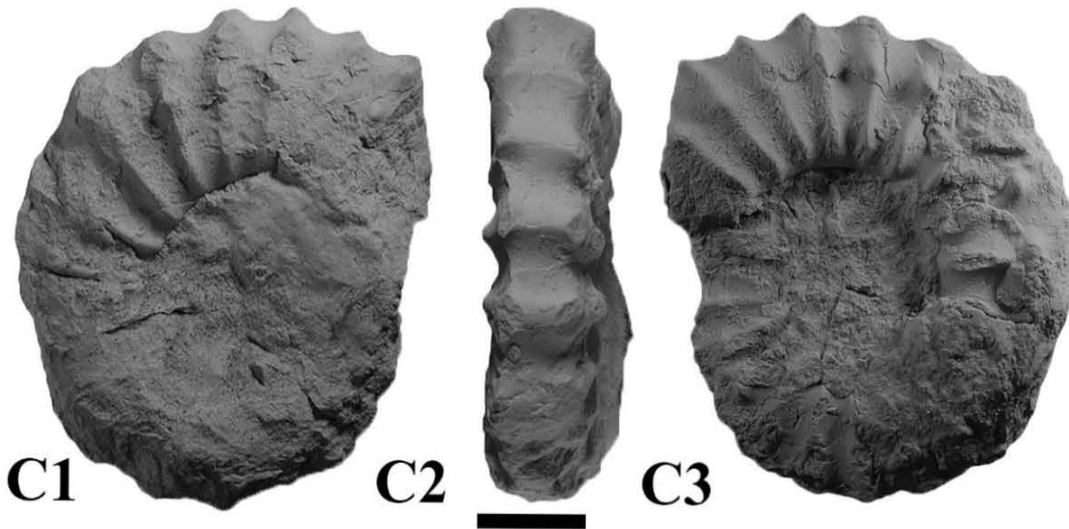
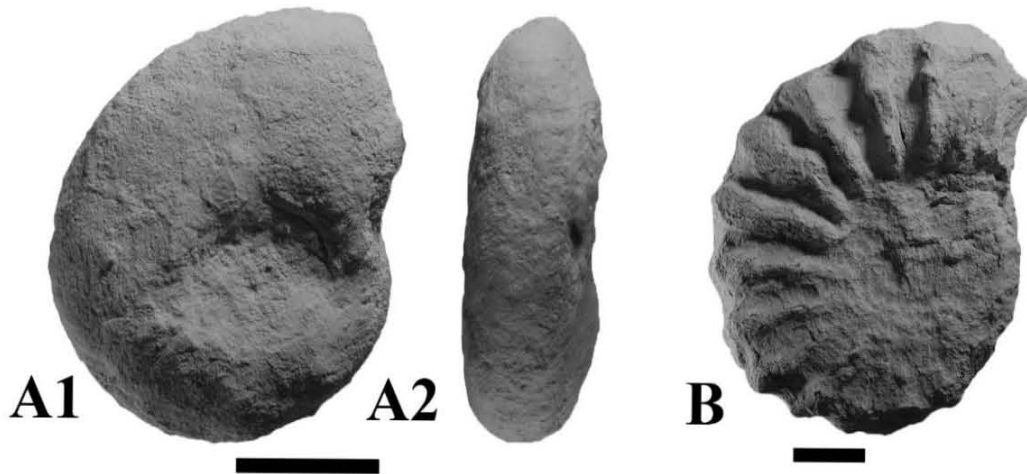
B) *Huastecoceras?* sp. vista lateral del ejemplar ASVI-11-3 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

C) *Huastecoceras?* sp. vista lateral (C1, C3) y ventral (C2) del ejemplar ASVI-11-4 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

D1-2) *Huastecoceras?* sp. vista lateral del ejemplar ASVI-11-5 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

E) *Huastecoceras?* sp. vista lateral (E1) y ventral (E2) del ejemplar ASVI-11-9 (IGM-4969) de la sección Agua Salada 6 estrato 11.

Escala grafica= 1cm.



## LÁMINA 2

A1-2) *Huastecoceras?* sp. vista lateral (A1) y ventral (A2) del ejemplar ASVI-11-14 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

B1-2) *Huastecoceras?* sp. vista lateral (B1) y ventral (B2) del ejemplar ASVI-11-15 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

C) *Huastecoceras?* sp. vista lateral del ejemplar ASVI-11-17 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

D) *Huastecoceras?* sp. vista lateral del ejemplar ASVI-11-16 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

E1-2) *Huastecoceras?* sp. vista lateral (E1) y ventral (E2) del ejemplar ASVI-11-18 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

F) *Huastecoceras?* sp. vista lateral del ejemplar ASVI-11-20 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

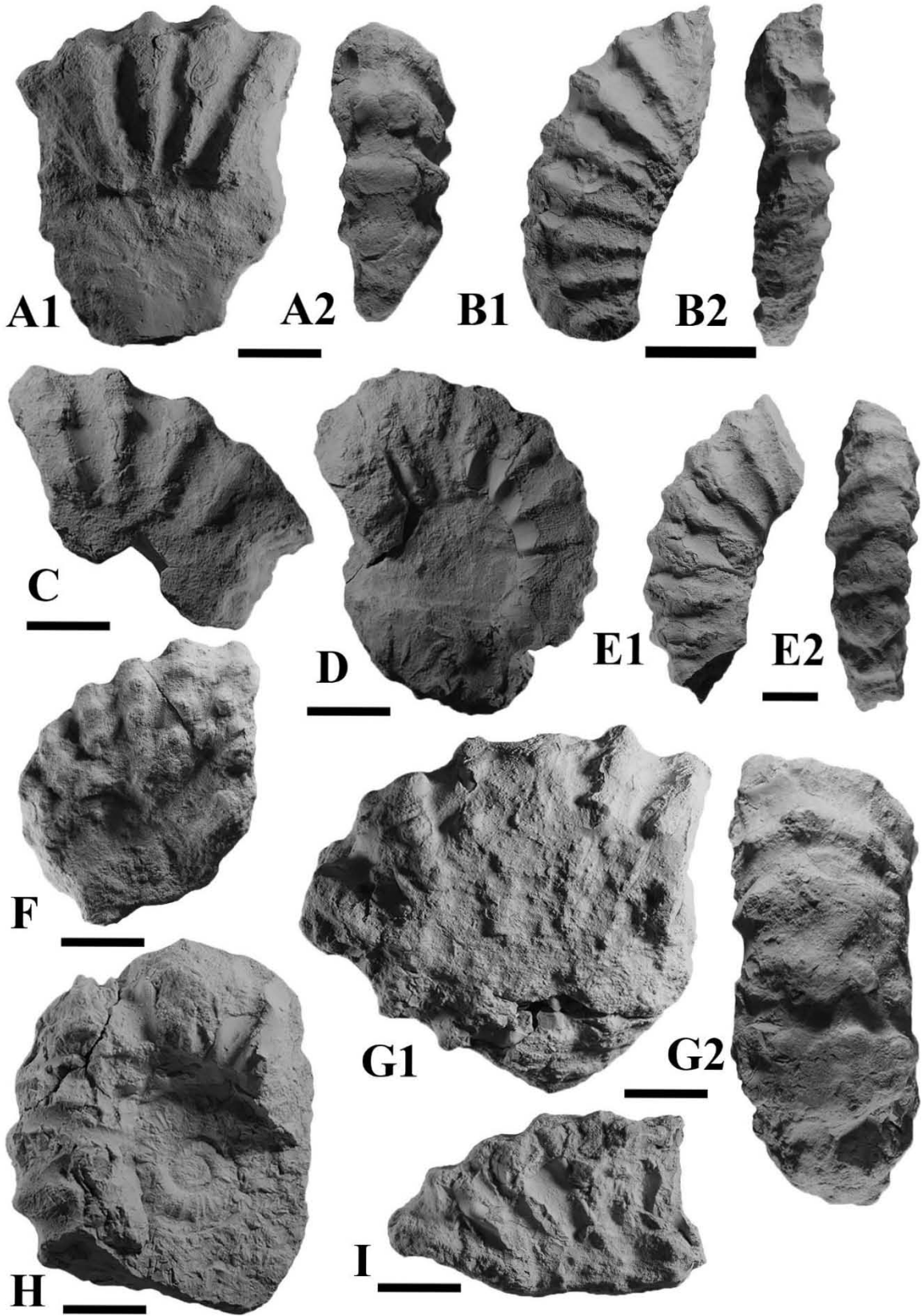
G1-2) *Huastecoceras?* sp. vista lateral (G1) y ventral (G2) del ejemplar ASVI-11-21 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

H) *Huastecoceras?* sp. vista lateral del ejemplar ASVI-11-24 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

I) *Huastecoceras?* sp. vista lateral del ejemplar ASVI-11-25 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

Escala grafica= 1 cm.





### LÁMINA 3

A1-3) *Huastecoceras?* sp. vista lateral (A1, A3) y ventral (A2) del ejemplar ASVI-11-26 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

B1-2) *Huastecoceras?* sp. vista lateral (B1) y ventral (B2) del ejemplar ASVI-11-27 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

C1-2) *Huastecoceras?* sp. vista ventral (H1) y lateral (H2) del ejemplar ASVI-11-28 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

D) *Huastecoceras?* sp. vista ventral del ejemplar ASVI-11-36 de la sección Agua Salada 6, estrato 11.

E) *Huastecoceras?* sp. vista lateral del ejemplar ASVI-11-42 de la sección Agua Salada 6, estrato 42.

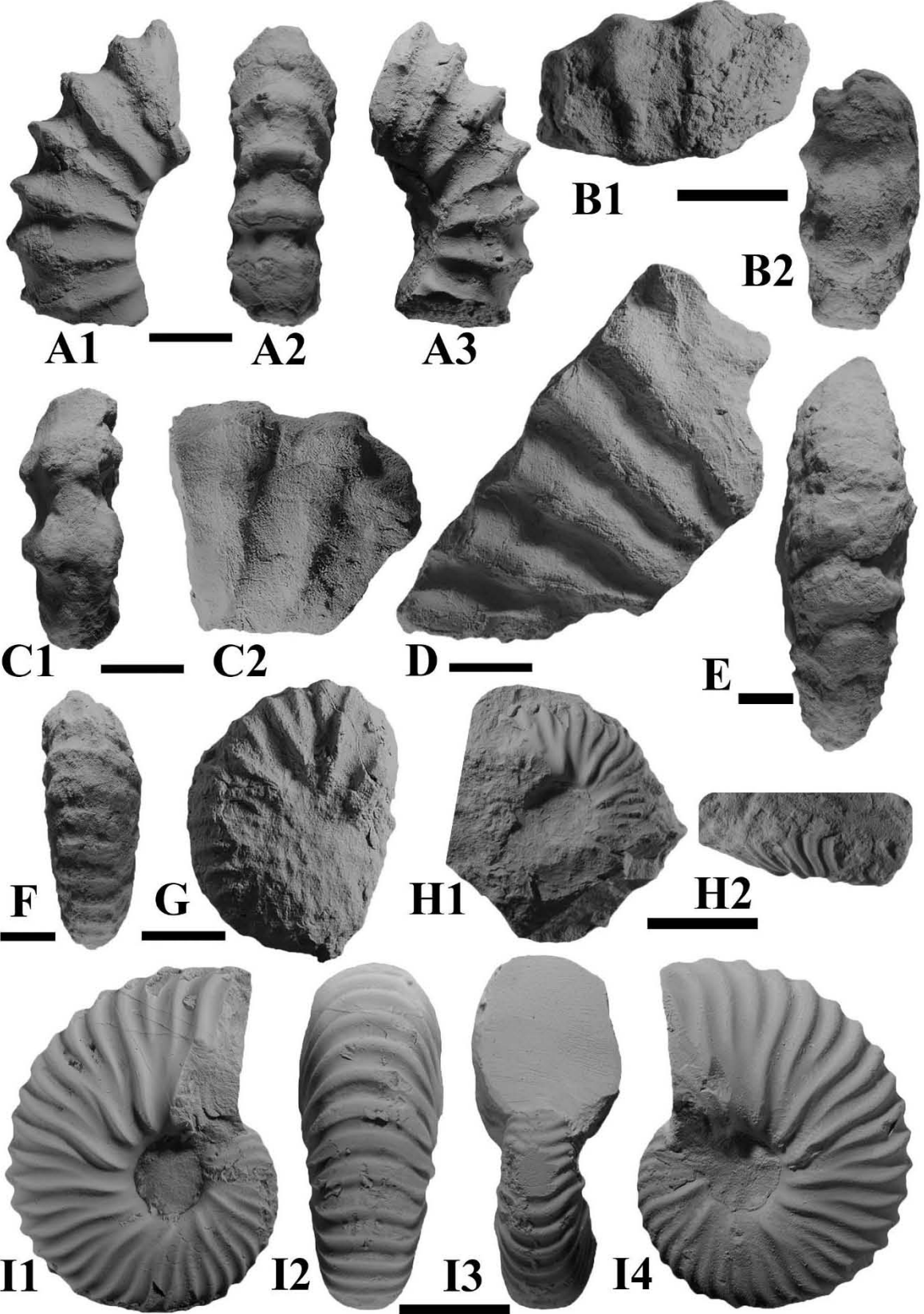
F) *Dufrenoyia* sp. vista ventral del ejemplar TUCC-2-2 de la sección Cerro la Ceja, estrato 2.

G) *Acanthoplites* sp. vista lateral del ejemplar TUAT-3-20 de la sección Lutita Tuape, estrato 3.

H1-2) *Immunitoceras* sp. vista lateral (C1) y ventral (C2) del ejemplar ASI-3-4 de la sección Agua Salada 1, estrato 3.

I1-4) *Immunitoceras immunitum* vista lateral (D1, D4), ventral (D2) y frontal (D4) del ejemplar ASI-4-1 de la sección Agua Salada 1, estrato 4.

Escala grafica= 1 cm.



## LÁMINA 4

A1-2) *Immunitoceras immunitum* vista lateral (A1) y ventral (A2) del ejemplar ASI-9-1 de la sección Agua Salada 1, estrato 9.

B) *Immunitoceras immunitum* vista lateral del ejemplar TUAT-3-1 de la sección Lutita Tuape, estrato 3.

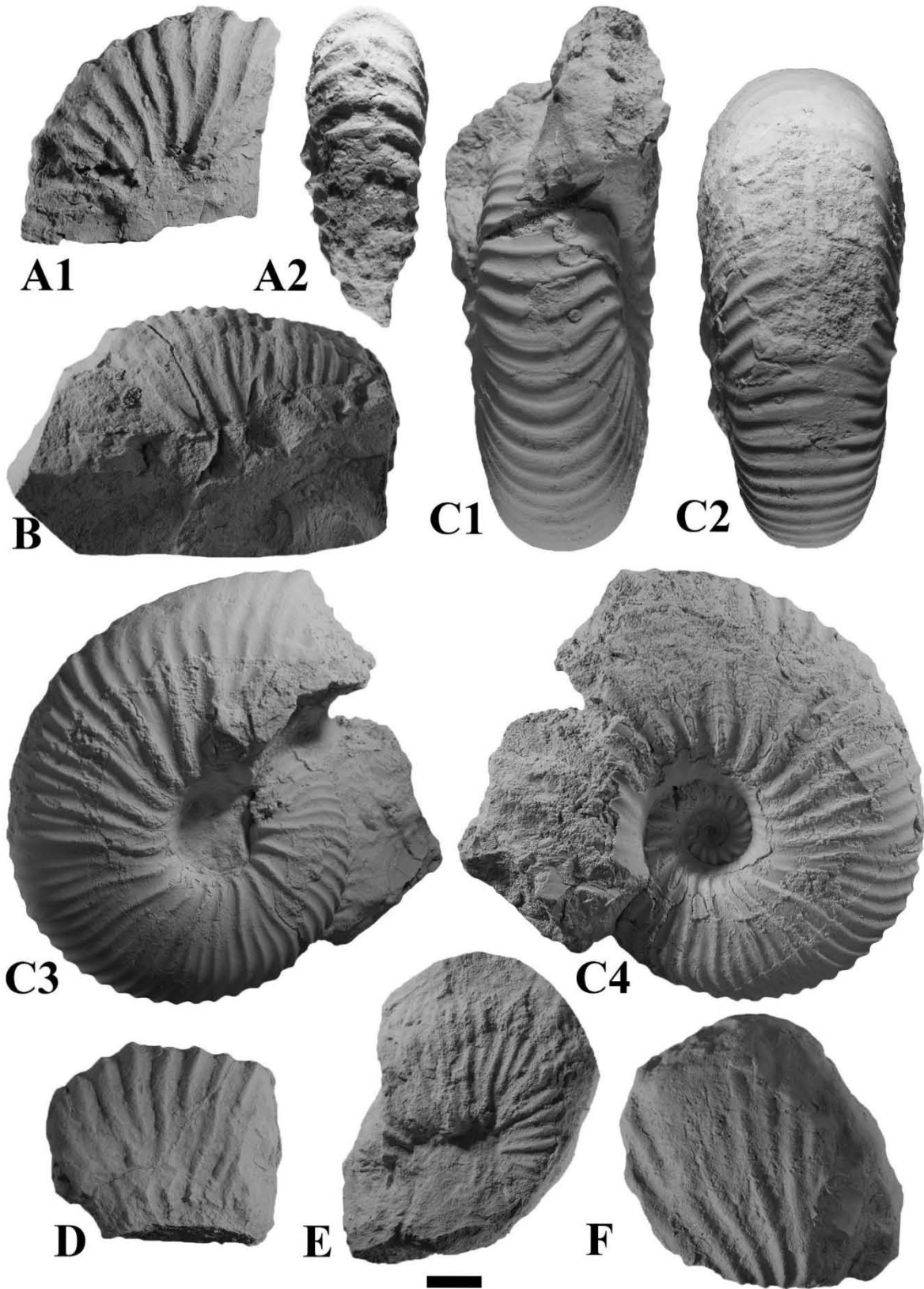
C1-4) *Immunitoceras immunitum* vistas lateral (B1, B2), frontal (B3) y ventral (B4) del ejemplar ASII-23-1 de la sección Agua Salada 2, estrato 23.

D) *Immunitoceras immunitum* vista lateral del ejemplar TUAT-3-12 de la sección Lutita Tuape, estrato 3.

E) *Immunitoceras immunitum* vista lateral del ejemplar TUAT-3-2 de la sección Lutita Tuape, estrato 3.

F) *Immunitoceras immunitum* vista lateral del ejemplar TUAT-3-17 de la sección Lutita Tuape, estrato 3.

Escala grafica= 1 cm.



## LÁMINA 5

A) *Immunitoceras immunitum* vista lateral del ejemplar TUAT-3-18 de la sección Lutita Tuape, estrato 3.

B) *Immunitoceras umbilicostatus* vista lateral del ejemplar TUAT-3-19 de la sección Lutita Tuape, estrato 3.

C) *Immunitoceras immunitum* vista lateral del ejemplar TUAT-3-21 de la sección Lutita Tuape, estrato 3.

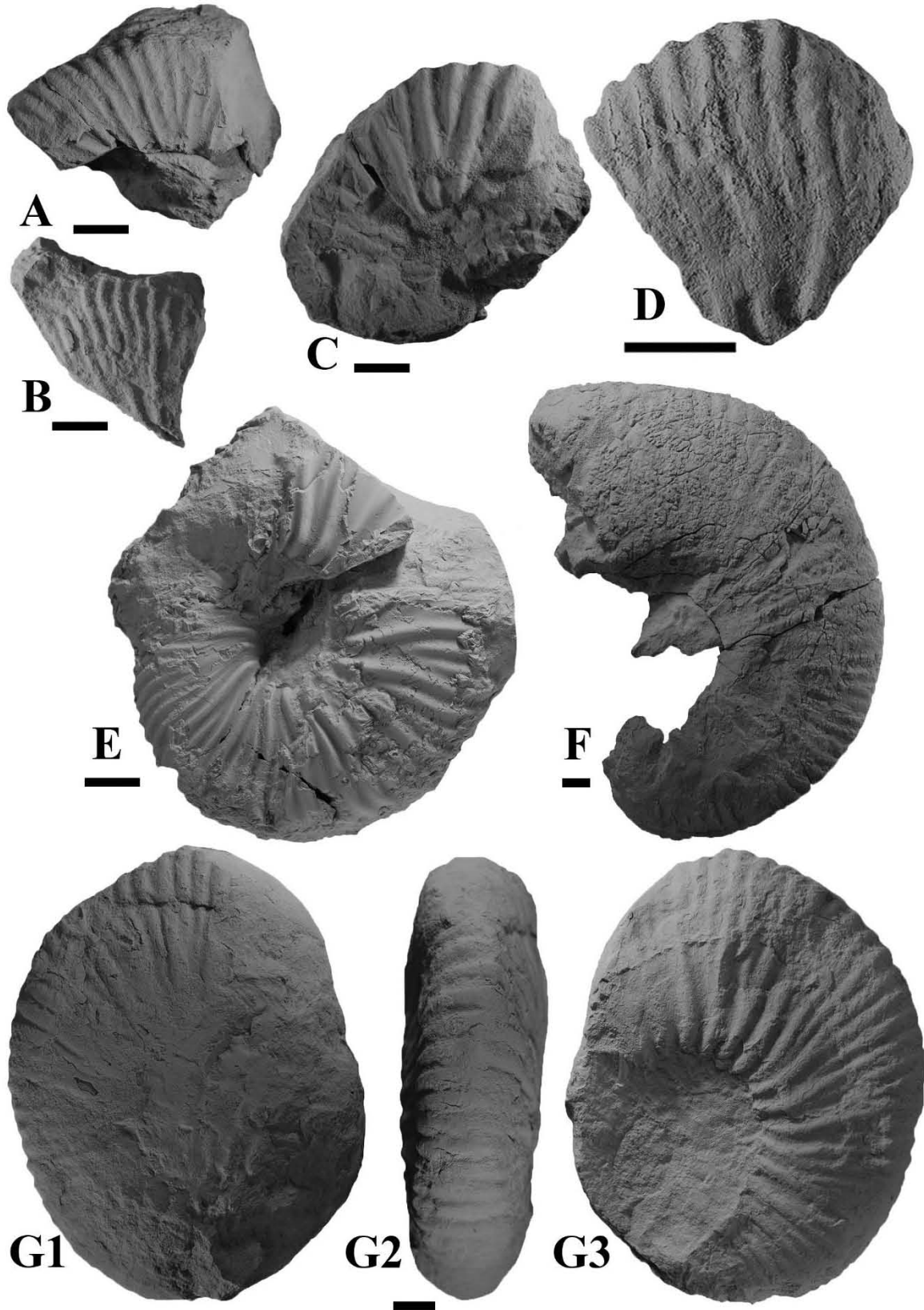
D) *Immunitoceras immunitum* vista lateral del ejemplar TUAT-3-26 de la sección Lutita Tuape, estrato 3.

E) *Immunitoceras umbilicostatus* vista lateral del ejemplar ASI-3-1 de la sección Agua Salada 1, estrato 3.

F) *Immunitoceras umbilicostatus* vista lateral del ejemplar TUAT-3-5 de la sección Lutita Tuape, estrato 3.

G1-3) *Immunitoceras umbilicostatus* vista lateral (G1, G3) y ventral (G2), del ejemplar TUCC-3-1 de la sección Cerro la Ceja, estrato 3.

Escala grafica= 1 cm.



## LÁMINA 6

A) *Immunitoceras umbilicostatus* vista lateral del ejemplar TUAT-3-6 de la sección Lutita Tuape, estrato 3.

B) *Immunitoceras umbilicostatus* vista lateral del ejemplar TUAT-3-14 de la sección Lutita Tuape, estrato 3.

C) *Kazanskyella minima* vista lateral del ejemplar ASI-1-1 de la sección Agua Salada 1, estrato 1.

D) *Kazanskyella minima* vista lateral del ejemplar ASII-25-1 de la sección Agua Salada 2, estrato 25.

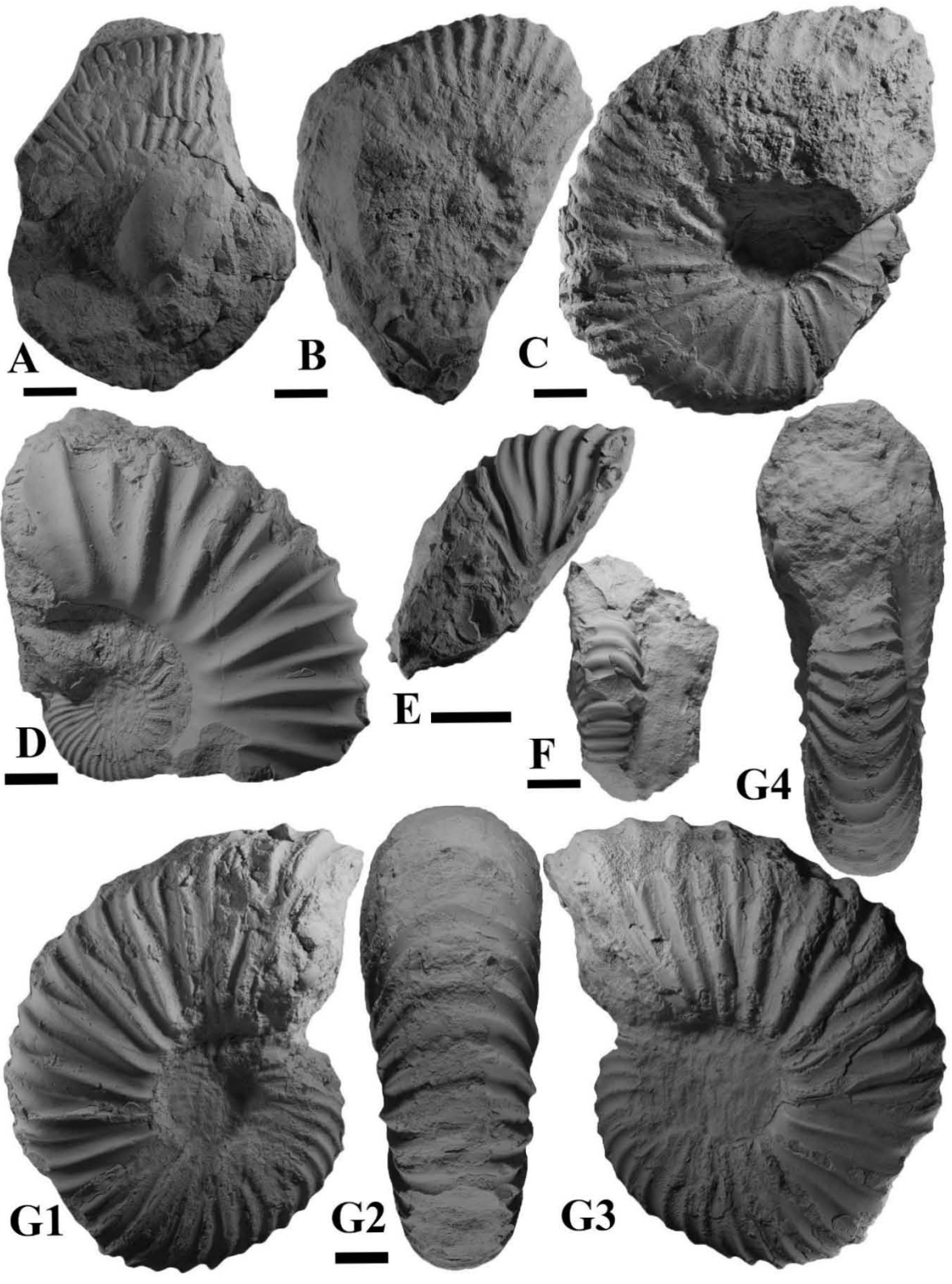
E) *Kazanskyella minima* vista lateral del ejemplar ASIII-25-3 de la sección Agua Salada 3, estrato 25.

F) *Kazanskyella minima* vista frontal del ejemplar ASI-3-2 de la sección Agua Salada 1, estrato 3.

G1-4) *Kazanskyella minima* vista lateral (G1, G3) ventral (G2) y frontal (G4) del ejemplar ASIII-25-2 de la sección Agua Salada 3, estrato 25.

Escala grafica= 1 cm.





## LÁMINA 7

A1-2) *Kazanskyella minima* vista ventral (A1) y lateral (A2) del ejemplar ASIII-25-1 de la sección Agua Salada 3, estrato 25.

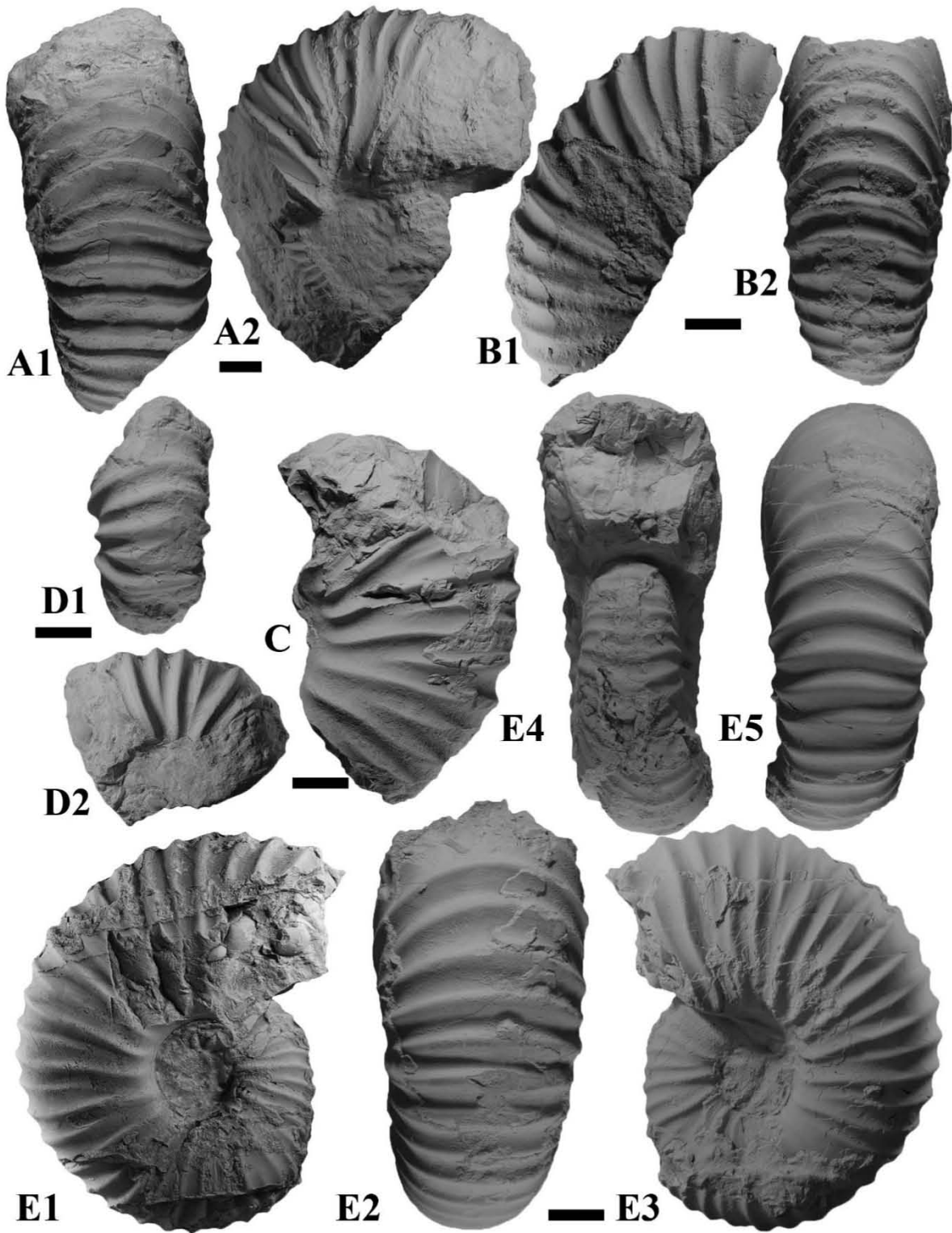
B1-2) *Kazanskyella minima* vista lateral (B1) y ventral (B2) del ejemplar ASIII-35-1 de la sección Agua Salada 3, estrato 35.

C) *Kazanskyella minima* vista lateral del ejemplar ASIII-25-9 de la sección Agua Salada 3, estrato 25.

D1-2) *Kazanskyella minima* vista ventral (D1) y lateral (D2) del ejemplar ASIII-25-7 de la sección Agua Salada 3, estrato 25.

E1-5) *Kazanskyella minima* vista lateral (E-1, E-3), ventral (E2, E5) y frontal (E4) del ejemplar ASIV-6-1 de la sección Agua Salada 4, estrato 6.

Escala grafica= 1 cm.



## LÁMINA 8

A1-4) *Kazanskyella minima* vista lateral (A1, A4), ventral (A2) y frontal (A3) del ejemplar ASIV-8-1 de la sección Agua Salada 4, estrato 8.

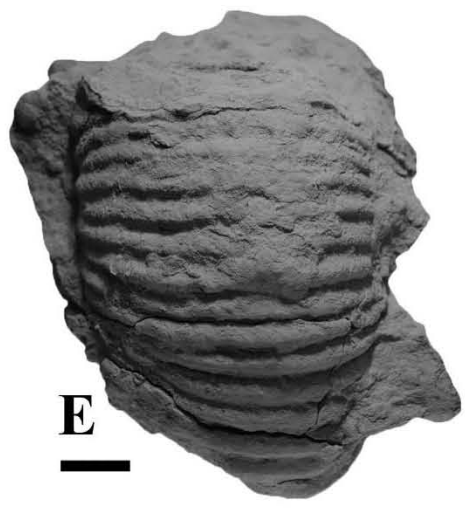
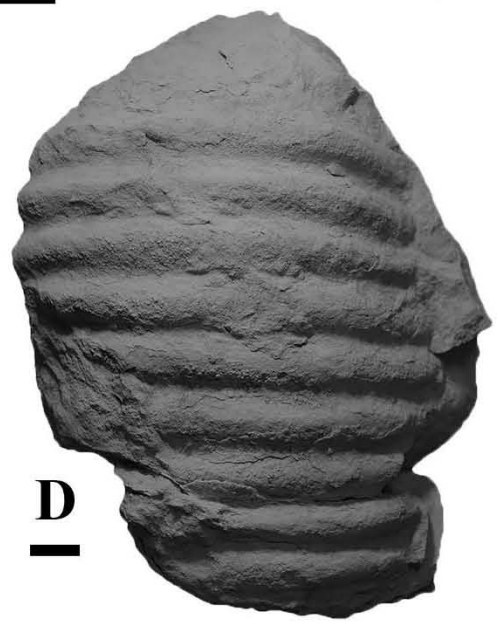
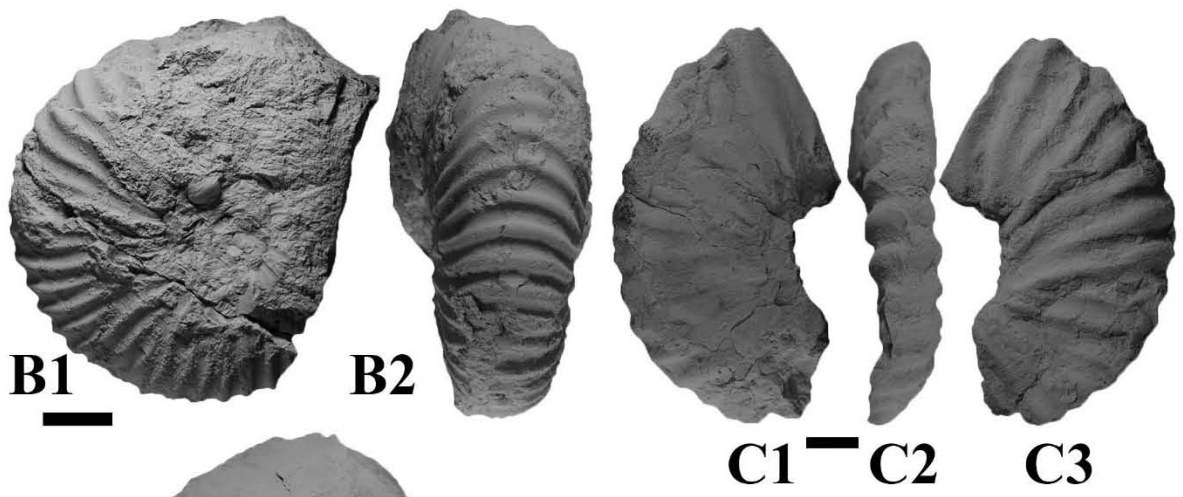
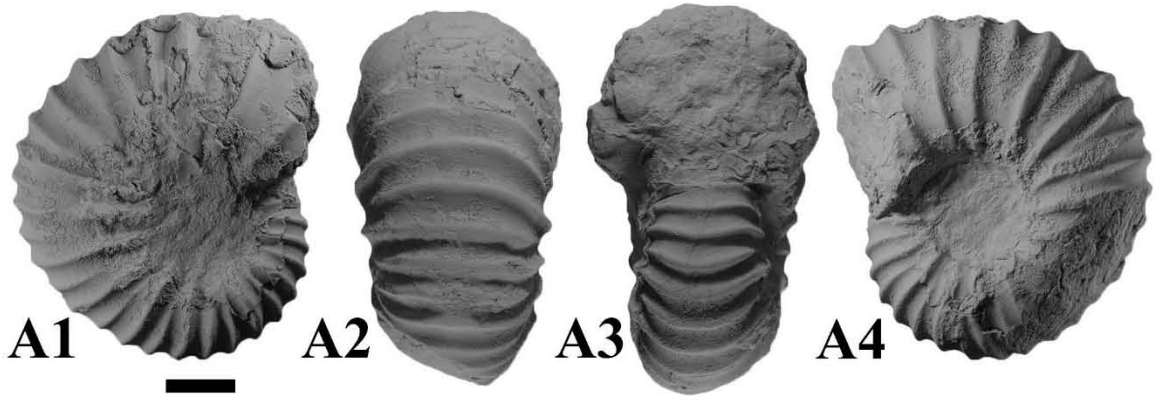
B1-2) *Kazanskyella spathi* vista lateral (B1) y ventral (B2) del ejemplar ASIV-15-1 de la sección Agua Salada 4 estrato 15.

C1-3) *Kazanskyella minima* vista lateral (C1, C3) y ventral (C2) del ejemplar TUAT-3-13 de la sección Lutita Tuape, estrato 3.

D) *Quitmanites* sp. vista ventral del ejemplar TUAT-3-7 de la sección Lutita Tuape, estrato 3.

E) *Quitmanites* sp. vista ventral del ejemplar TUAT-3-16 de la sección Lutita Tuape, estrato 3.

Escala grafica= 1 cm.



## ANEXO 1

Listado de los ejemplares estudiados en la Formación Agua Salada, la columna izquierda indica el número del ammonite y la columna derecha su identificación correspondiente.

<b>AS-R</b>	
AS-R-1	<i>Kazansykella</i> sp.
AS-R-2	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-R-3	<i>Immunitoceras</i> sp.
AS-R-4	Ammonite
AS-R-5	<i>Immunitoceras immunitum</i>
AS-R-6	<i>Immunitoceras umbilicostatus</i>
<b>AS-I-1</b>	
AS-I-1-1	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-I-1-2	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-I-1-3	<i>Kazanskyella minima</i>
<b>AS-I-3</b>	
AS-I-3-1	<i>Immunitoceras immunitum</i>
AS-I-3-2	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-I-3-3	<i>Kazanskyella</i> sp.
AS-I-3-4	<i>Immunitoceras immunitum</i>
<b>AS-I-4</b>	
AS-I-4-1	<i>Immunitoceras immunitum</i>
<b>AS-I-9</b>	
AS-I-9-1	<i>Immunitoceras immunitum</i>
<b>ASII</b>	
AS-II-1-1	<i>Kazanskyella spathi</i>
AS-II-2-1	<i>Kazanskyella spathi</i>
AS-II-3-1	<i>Kazanskyella spathi</i>
AS-II-23-1	<i>Immunitoceras immunitum</i>
AS-II-24-1	<i>Immunitoceras immunitum</i>
AS-II-25-1	<i>Kazanskyella minima</i>
<b>AS-III-25</b>	
AS-III-25-1	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-III-25-2	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-III-25-3	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-III-25-4	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-III-25-5	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-III-25-6	<i>Kazanskyella minima</i>

AS-III-25-7	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-III-25-8	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-III-25-9	<i>Kazanskyella minima</i>
<b>AS-III-35</b>	
AS-III-35-1	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-III-35-2	<i>Kazanskyella</i> sp.
AS-III-35-3	<i>Kazanskyella</i> sp.
AS-III-35-4	<i>Kazanskyella</i> sp.
AS-III-35-5	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-III-35-6	<i>Kazanskyella</i> sp.
AS-III-35-7	<i>Kazanskyella spathi</i>
<b>AS-IV</b>	
AS-IV-3-1	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-IV-6-1	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-IV-6-2	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-IV-8-1	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-IV-10-1	<i>Kazanskyella minima</i>
AS-IV-15-1	<i>Kazanskyella spathi</i>
<b>AS-VI</b>	
AS-VI-11-1	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-2	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-3	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-4	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-5	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-6	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-7	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-8	<i>Immunitoceras?</i> sp.
AS-VI-11-9	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-10	<i>Beudanticeras</i> sp.
AS-VI-11-11	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-12	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-13	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-14	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-15	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-16	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-17	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-18	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-19	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-20	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-21	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-22	<i>Acanthohoplites</i> sp.
AS-VI-11-23	<i>Huastecoceras?</i> sp.

AS-VI-11-24	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-25	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-26	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-27	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-28	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-29	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-30	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-31	<i>Immunitoceras umbilicostatus</i>
AS-VI-11-32	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-33	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-34	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-35	<i>Beudanticeras</i> sp.
AS-VI-11-36	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-37	<i>Beudanticeras</i> sp.
AS-VI-11-38	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-39	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-40	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-41	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-42	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-43	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-44	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-45	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-46	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-47	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-48	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-49	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-50	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-51	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-52	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-53	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-54	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-55	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-56	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-57	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-58	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-59	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-60	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-61	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-62	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-63	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-64	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-65	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-66	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-67	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-68	<i>Huastecoceras?</i> sp.



AS-VI-11-69	<i>Huastecoceras?</i> sp.
AS-VI-11-70	<i>Quitmanites</i> sp.
AS-VI-11-71	<i>Quitmanites</i> sp.

Listado de los ejemplares estudiados en la Formación Mural (miembros Cerro la Ceja y Lutita Tuape), la columna izquierda indica el número del ammonite y la columna derecha su identificación correspondiente.

<b>TUCC-2</b>	
TUCC-2-1	Ammonite
TUCC-2-2	<i>Dufrenoyia</i> sp.
TUCC-2-3	<i>Colombiceras</i> sp.
<b>TUCC-3</b>	
TUCC-3-1	<i>Immunitoceras umbilicostatus</i>
<b>TUAT-1</b>	
TUAT-1-1	Ammonite
<b>TUAT-2</b>	
TUAT-2-1	<i>Immunitoceras umbilicostatus</i>
<b>TUAT-3</b>	
TUAT-3-1	<i>Immunitoceras immunitum</i>
TUAT-3-2	<i>Immunitoceras immunitum</i>
TUAT-3-3	<i>Kazanskyella minima</i>
TUAT-3-4	<i>Quitmanites</i> sp.
TUAT-3-5	<i>Immunitoceras umbilicostatus</i>
TUAT-3-6	<i>Immunitoceras immunitum</i>
TUAT-3-7	<i>Quitmanites</i> sp.
TUAT-3-8	<i>Quitmanites</i> sp.
TUAT-3-9	Ammonite
TUAT-3-10	<i>Immunitoceras</i> sp.
TUAT-3-11	<i>Immunitoceras</i> sp.
TUAT-3-12	<i>Immunitoceras immunitum</i>
TUAT-3-13	<i>Kazanskyella minima</i>
TUAT-3-14	<i>Immunitoceras immunitum</i>
TUAT-3-15	<i>Immunitoceras immunitum</i>
TUAT-3-16	<i>Quitmanites</i> sp.
TUAT-3-17	<i>Immunitoceras immunitum</i>
TUAT-3-18	<i>Immunitoceras immunitum</i>
TUAT-3-19	<i>Immunitoceras umbilicostatus</i>
TUAT-3-20	<i>Acanthohoplites</i> sp.

TUAT-3-21	<i>Immunitoceras immunitum</i>
TUAT-3-22	<i>Immunitoceras</i> sp.
TUAT-3-23	<i>Immunitoceras</i> sp.
TUAT-3-24	<i>Kazanskyella minima</i>
TUAT-3-25	<i>Immunitoceras immunitum</i>
TUAT-3-26	<i>Immunitoceras immunitum</i>
TUAT-3-27	<i>Immunitoceras</i> sp.