



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Contribución al conocimiento de los moluscos
dulceacuícolas del antiguo lago de la Ciudad de México
obtenidos de la zona arqueológica de Tlatelolco,
México**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Bióloga

Presenta:

Sofía Peláez Parra

DIRECTOR DE TESIS:

M. en C. Brian Urbano Alonso

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 2020





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.

1.- Datos de Alumno:

Sofía Peláez Parra

5524105446

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

309223461

2.- Datos de tutor:

M. en C. Brian Urbano Alonso

3.- Datos de sinodal 1:

Dra. María Martha Reguero Reza

4.- Datos de sinodal 2:

Lic. Lucía Sánchez de Bustamante

5.- Datos de sinodal 3:

Dra. Jazmín Deneb Ortigosa Gutiérrez

6.- Datos de sinodal 4:

M. en C. Xochitl Guadalupe Vital Arriaga

7.- Datos de del Trabajo escrito:

“Contribución al conocimiento de los moluscos dulceacuícolas del antiguo lago de la Ciudad de México obtenidos de la zona arqueológica de Tlatelolco, México”

Páginas 70

2020

Agradecimientos

Quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ciencias y al Laboratorio de Malacología del ICML, ya que me ha desarrollado como bióloga, alumna y persona, siempre quedará marcada por la formación que me ofreció.

Un sincero agradecimiento al M. en C. y tutor Brian Alonso Urbano y a la Dra. María Martha Reza, ya que ellos me apoyaron en el transcurso de mi estadía en el laboratorio, la confianza que ofrecieron y la facilidad con que puede trabajar. Y no sólo eso, siempre brindan a todos los alumnos un ambiente en el laboratorio de asesoría, apoyo, compañerismo, amistad, confianza y calidez.

A la arqueóloga Lucía Sánchez de Bustamante, que me apoyo muchísimo en los temas de arqueología de mi tesis, la facilidad con que me dio acceso al material que requería y para resolver mis dudas, con mucha amabilidad.

A la Dra. Deneb y a la M. en C. Xochitl que forman parte de mi jurado, gracias por sus correcciones y comentarios objetivos hacia mi tesis, me ayudaron mucho a mejorarla.

Al Dr. Dillon, del Departamento de Biología del Colegio Charleston, el Dr. Taehwan Lee, del Departamento de Ecología y Biología Evolutiva de la Universidad de Michigan, al Dr. Cummings, de la Colección de Moluscos de Historia Natural de la Universidad Illinois y a la Dra. Edna Naranjo García, del Instituto de Biología de la UNAM, ya que sin ellos no hubiera podido corroborar mis resultados, además sin conocerme y a la distancia, me ofrecieron su ayuda con mucha cortesía y disposición.

Agradezco profundamente a mi madre y padre, que han sido el pilar de mi vida, por darme tanto amor y apoyo, el cual, me siguen brindando, ya sin ustedes no sería la persona que soy ahora.

A mi hermana Cecilia, ya que ella es la persona que más lecciones de vida me ha dado, y que gracias a ella veo y siento la vida de diferentes formas.

A mis amigos Sam, Lore, Sergio, Claudia, Olinka y Joge, con lo que durante toda la trayectoria de la carrera hemos compartido aventuras, locuras, golpes, aprendizajes, rizas, frustraciones, etc. Con ustedes me siento completamente libre de ser quien soy.

Índice

Resumen	7
1. Introducción	8
1.1. Los moluscos.....	8
1.1.1. Bivalvos de agua dulce.....	9
1.1.2. Gasterópodos de agua dulce	11
1.2. Importancia de los moluscos	12
1.3. Antigua cuenca de México.....	13
2. Antecedentes.....	15
3. Justificación	17
4. Hipótesis.....	18
5. Objetivo general.....	18
5.1. Objetivos particulares	18
6. Descripción del área de estudio.....	19
6.1. Origen de las muestras.....	19
6.1.1. Templo Gran Basamento	20
6.1.2. Templo mayor	21
6.1.3. Caja de Agua.....	21
7. Método	22
7.1. Obtención del material en cada contexto	22
7.1.1. Gran Basamento.....	22
7.1.2. Templo Mayor	23
7.1.3. Caja de Agua.....	24
7.2. Trabajo de laboratorio.....	27
7.3. Identificación del material.....	27
7.4. Obtención de fechas del depósito de las conchas dentro de cada contexto arqueológico.....	33
8. Resultados.....	36
8.1. Taxonomía de moluscos.....	36
8.2. Descripción de las conchas de moluscos dulceacuícolas de las especies identificadas	38
8.2.1. Clase Bivalvia.....	38
8.2.2. Clase Gastropoda	41
8.3. Distribución actual y registros en México de las especies identificados	46
8.4. Especies encontradas y fecha de depósito en cada contexto arqueológico ..	49

9. Discusión.....	50
10. Conclusión.....	59
11. Literatura citada.....	60
12. Anexo. Glosario de términos arqueológicos.....	70

Resumen

Este es un estudio de material conchiliológico obtenido de relleno de construcción de la zona arqueológica de Tlatelolco, de tres diferentes excavaciones: la primera corresponde al Templo Gran Basamento, la segunda se llevó a cabo en el Templo Mayor y la tercera fue la denominada Caja de Agua del Imperial Colegio de la Santa Cruz de Santiago, las cuales se ejecutaron entre años los 2002 a 2011. El trabajo tuvo como objetivo conocer la diversidad de moluscos que existía en la antigua cuenca de México, durante la época prehispánica y colonial. Para ello se identificó el material conchiliológico al menor nivel taxonómico posible y se comparó su distribución con el registro actual de moluscos dulceacuícolas en la Ciudad de México. Se dató la edad de depósito de las conchas a través de diferentes métodos: arqueomagnetismo, análisis comparativo de cerámica y análisis comparativo de diseño pictográfico. Se obtuvo el registro de 224 conchas correspondientes a once especies, de las cuales siete: *Anodonta impura*, *Physella acuta*, *Cyclocalyx casertanum*, *Planorbella trivolvis*, *Pseudosuccinea columella*, *Sphaerium striatinum* y *Valvata humeralis*, se consideran nativas de la cuenca; las especies; *Sphaerium (Musculium) lacustre* que es un nuevo para la Ciudad de México; *Physa* cf. *skinneri* que es un nuevo registro en el país y dos especies de origen marino: *Oliva* sp. y *Ostrea* sp. En cuanto, al momento de depósito de las conchas dentro de cada construcción, se obtuvieron las fechas siguientes: 1468-1519 d. C. para el templo Gran Basamento, 1326-1364 d.C. para el Templo Mayor y 1560-1660 d. C. para la Caja de Agua. La investigación indica que los moluscos dulceacuícolas encontrados en los diferentes contextos arqueológicos pertenecieron a la antigua cuenca de México. Además, la evidencia del registro fósil, arqueológico y actual sugiere que estos habitaron el lugar desde el pleistoceno hasta mediados del siglo pasado. Lamentablemente, la influencia humana sobre la Ciudad de México es la principal causa de la extinción y pérdida de la diversidad de los moluscos continentales en el área.

1. Introducción

1.1. Los moluscos

El filo *Mollusca* es uno de los grupos más diversos del reino animal, con estimaciones de 80,000-100,000 especies descritas y una posible diversidad total de alrededor de 200,000 especies (Strong *et al.*, 2008). Se encuentran distribuidos en ambientes marinos, dulceacuícolas y terrestres, por lo que es posible observar una gran variedad de modificaciones y adaptaciones en su anatomía (Fernández, 2012). Además, es un grupo muy antiguo, con un abundante registro fósil del Cámbrico temprano, que datan de hace 543 millones de años (Strong *et al.*, 2008).

Los moluscos son animales de cuerpo blando, que tienen generalmente las siguientes características (Fernández, 2012). La cabeza que se encuentra bien diferenciada, en ella se localizan los ojos y tentáculos sensoriales, en su parte ventral se halla la boca, dentro de ella está la rádula, que son hileras de pequeños dientes, que sirven para triturar su alimento (Fernández, 2012); la masa visceral, que se ubica en la región posterodorsal, aquí se encuentran la mayor parte de los sistemas digestivo, de excreción y reproducción; el pie, localizado en la parte ventral, que esta provisto de fuertes músculos, ya que su función principal es para que el molusco se mueva o se fije algún sustrato (Fernández, 2012); y la cavidad del manto, ubicado en la parte posterior del cuerpo, éste es un hueco que se forma entre la masa visceral y el pie, aquí se encuentran las branquias (órganos encargados del intercambio gaseoso) y donde los sistemas digestivo, de excreción y reproducción desembocan (Fernández, 2012). Y, todo el cuerpo se encuentra cubierto por una epidermis llamado manto o paleo (Fernández, 2012), que es una capa de células cuboidales y glandulares, encargados de producir el moco en la región ventral y la concha o espículas en la región dorsal, con el fin de separar y proteger al animal del medio exterior (Fernández, 2012). Otra característica que comparten los moluscos es que poseen larvas trocófora y véliger (Fernández, 2012).

El filo *Mollusca* se agrupa en ocho clases: Solenogastres, Caudofoveata, Polyplacophora, Scaphopoda, Cephalopoda y Monoplacophora, que solo habitan ambientes marinos; la clase Bivalvia que habita en ambientes marinos y dulceacuícolas, y la clase Gastropoda que tiene la capacidad de vivir en ambientes marinos, dulceacuícolas y terrestres (Fernández, 2012). En México existe un registro de 262 especies dulceacuícolas vivientes (Czaja *et al.*, 2020; Contreras-Arquieta, 2000). El registro de gasterópodos vivientes en México es de 193 especies dulceacuícolas, de las cuales, 75 de estas se consideran endémicas locales debido a su distribución restringida (Czaja *et al.*, 2020) y 10 son introducidas (Naranjo-García y Castillo-Rodríguez, 2017). La clase Bivalvia, por su parte, cuenta con 69 especies dulceacuícolas, de las cuales 33 son endémicas y cuatro son introducidas (Contreras-Arquieta, 2000; López-López *et al.*, 2009).

1.1.1. Bivalvos de agua dulce

Los moluscos de la clase Bivalvia son animales exclusivamente acuáticos, la mayoría se encuentra en los fondos blandos, algunos pueden moverse excavando con ayuda de su pie y otros son completamente sésiles y viven adheridos a sustratos duros (Fernández, 2012). Todas las especies son bentónicas y principalmente son suspensívoras, detritívoras y algunas son simbioses o parásitas (Martínez y Rivas, 2009). Su forma corporal es de simetría bilateral, comprimida lateralmente, la cabeza es muy reducida, no poseen rádula y las conchas se conforman de dos valvas con formas, tamaños, colores y ornamentaciones muy variables (Padilla y Cuesta, 2003). Las valvas están unidas en la región dorsal, mediante un sistema de dientes y huecos que engranan entre sí como una bisagra, llamada charnela y una estructura elástica llamada ligamento, que permite la apertura de la concha (Fernández, 2012). Al mismo tiempo, los músculos aductores llevan a cabo el mecanismo de cierre de las valvas, los cuales pueden dejar una impresión muscular en el interior de la concha (Fernández, 2012). El umbo es una estructura donde inicia el

crecimiento de la concha y se encuentra ubicado en el ápice (García-Cubas y Reguero, 2007) (Fig. 1).

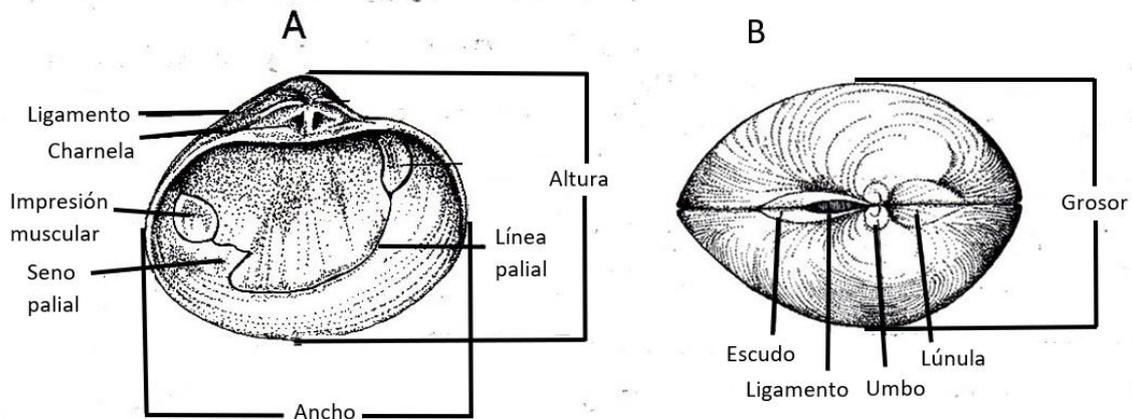


Figura 1. Esquema del interior de la concha de un bivalvo (A) y las dos valvas articuladas en vista dorsal (B). Modificado de Sabelli (1982).

Las familias de bivalvos que colonizaron ambientes dulceacuícolas pertenecen al clado Autolamellibranchia (Ponder y Lindberg, 2008), el cual se divide en dos grupos, Pteriomorphia y Heteroconchia. El primero es epifaunal, tiene gran importancia económica e incluye diez superfamilias, de las cuales, solo Arcoidea posee moluscos de agua dulce (Ponder y Lindberg, 2008). El segundo, Heteroconchia se divide en Palaeoheterodonta y Heterodonta (Ponder y Lindberg, 2008). El grupo Palaeoheterodonta se caracteriza por tener una concha equivalva, con márgenes cerrados, ser nacarada y poseer una charnela taxodonta (con varios dientes iguales) (García-Cubas y Reguero, 2007). El grupo Heterodonta incluye a los mejillones de agua dulce Unionida, el cual, es un grupo diverso, distribuido en todos los continentes, excepto Antártica. El grupo Heterodonta, incluye a la mayoría de los linajes de bivalvos vivos (Ponder y Lindberg, 2008), su concha es porcelanosa, nunca es nacarada, y tienen una charnela con dientes cardinales y laterales (García-Cubas y Reguero, 2007).

1.1.2. Gasterópodos de agua dulce

La clase Gastropoda tiene la distribución más amplia del filo, ha colonizado ambientes marinos, dulceacuícolas y terrestres. Presentan asimetría corporal en su etapa adulta debido a la torsión, que consiste en un giro del manto en sentido antihorario de 90° a 180°; como consecuencia, hay un cambio en la posición del manto, afectando algunos órganos del lado derecho (Fernández, 2012). La concha tiene forma de cono enrollado helicoidalmente, el crecimiento es en espiral y a cada giro se le llama vuelta. Las vueltas pueden ser convexas o planas y al fusionarse la pared interna de las vueltas, se origina la columela, la cual, en muchos casos se prolonga formando un canal sifonal (García-Cubas y Reguero, 2004). La superficie de la concha puede ser lisa u ornamentada de costillas, tubérculos, cordones, estrías y/o nódulos, los cuales pueden estar dispuestos de forma axial o perpendicular (García-Cubas y Reguero, 2004) (Fig. 2).

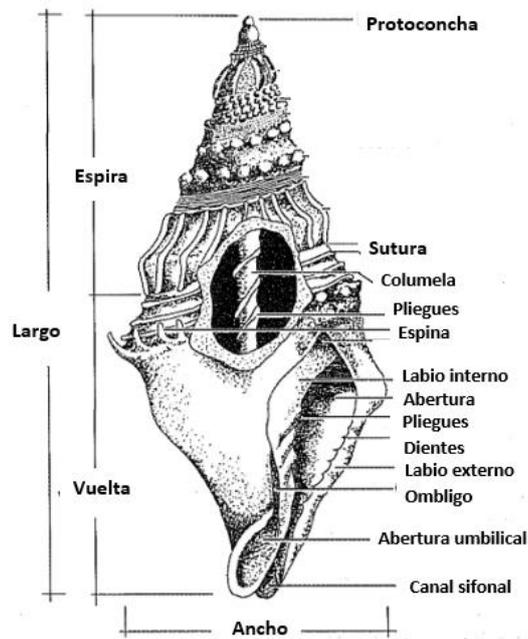


Figura 2. Esquema de las principales estructuras de la concha de un gasterópodo. Modificado de García-Cubas (1981).

Los gasterópodos que viven en aguas continentales se distribuyen en todo el mundo, excepto en la Antártica (Strong *et al.*, 2008). Estos pertenecen a dos grupos taxonómicos: Caenogastropoda y Heterobranchia (Bouchet y Rocroi,

2005). Los Caenogastropoda de agua dulce representan diversos linajes y múltiples eventos de colonización independientes. Estos gasterópodos son exclusivamente dioicos, presentan reproducción sexual, tienen nichos ecológicos estrechos, ya que tienen rangos geográficos restringidos, sus tiempos de maduración son largos, de baja fecundidad y son relativamente longevos, haciéndolos más susceptibles a las amenazas humanas (Lydeard *et al.* 2004; Strong *et al.*, 2008). En cuanto a los heterobranquios son menos diversos y evolutivamente presentaron pocos eventos de colonización independientes, estos son hermafroditas y en algunos casos son capaces de autofecundarse (Strong *et al.*, 2008). Los heterobranquios pulmonados tienen una capacidad limitada para explotar hábitats de aguas más profundas ya que carecen de branquias o ctenidios, pero están mejor adaptados para colonizar aguas poco oxigenadas (Strong *et al.*, 2008) y muchos son capaces de sobrevivir fuera del agua por lo menos 48 horas (Van Leeuweny y Van der Velde, 2012).

1.2. Importancia de los moluscos

Los moluscos son un recurso importante para los humanos, ya que han sido utilizados ampliamente como alimento desde épocas prehistóricas, sus conchas se han utilizado como recipientes, adornos, moneda y materia prima, siendo un producto comercial tanto a nivel local como a nivel internacional (Fernández, 2012) y su presencia se ha manifestado en diversas expresiones artísticas, como monumentos, edificios, esculturas, pinturas y literatura en diferentes culturas (Olivera, 1994).

Por su parte, los moluscos de agua dulce son un grupo importante en la medicina y la veterinaria, ya que con frecuencia son huéspedes intermediarios de tremátodos (Burch y Cruz-Reyes, 1987) que afectan seriamente al hombre, animales silvestres y domésticos (Naranjo-García y Olivera, 2007). Igualmente, los moluscos dulceacuícolas son utilizados como indicadores de la calidad del agua, debido a sus hábitos sedentarios, su longevidad y los diferentes grados de tolerancia a la salinidad, temperatura, pH y contaminantes (Naranjo-García y Mesa, 2000), y dadas las diversas respuestas de las especies, se han empleado

diferentes grupos de moluscos como indicadores de contaminación, ya sea por la desaparición de especies, el predominio de especies, o por su capacidad de acumular contaminantes (Baqueiro-Cárdenas *et al.*, 2007; Albarrán *et al.*, 2017). Además, si las comunidades de conchas son fósiles, permiten hacer inferencias paleoambientales (Evans, 1972).

1.3. Antigua cuenca de México

El Valle de México es una cuenca endorreica (Alcocer y Escobar-Briones, 1992) formada por la lava y ceniza de los volcanes cercanos que bloquearon las salidas del agua de la cuenca (Valek, 2000). Esta se localiza a una altitud de 2,240 msnm, tiene una superficie de 9,600 km², y se encuentra rodeada por las sierras Tres Cruces, Nevada, Chichinautzin, Tepoztlán y Tepotzotlán, los cerros de la Estrella, El Pino, Chimalhuacán, Chiconautla y Gordo, además de los volcanes Popocatepetl, Ixtaccíhuatl y Tláloc (Espinosa, 1996).

La cuenca de México era un complejo lacustre de cinco cuerpos de agua interconectados, llamados: lago Xaltocan, Zumpango, Texcoco, Xochimilco y Chalco (Alcocer y Escobar-Briones, 1992) (Fig. 3). Estos lagos eran someros, de alrededor de 5 m de profundidad y de una superficie de entre 1,500 y 2,000 km² (Valek, 2000). La cuenca se dividía en dos regiones: la región noreste, en la que el clima era seco, árido, donde el agua de los lagos de Xaltocan, Zumpango y Texcoco era salada, y la región del suroeste, donde el clima era húmedo, fresco e incluía a los lagos de Xochimilco y Chalco, los cuales poseían agua dulce (Espinosa, 1996).

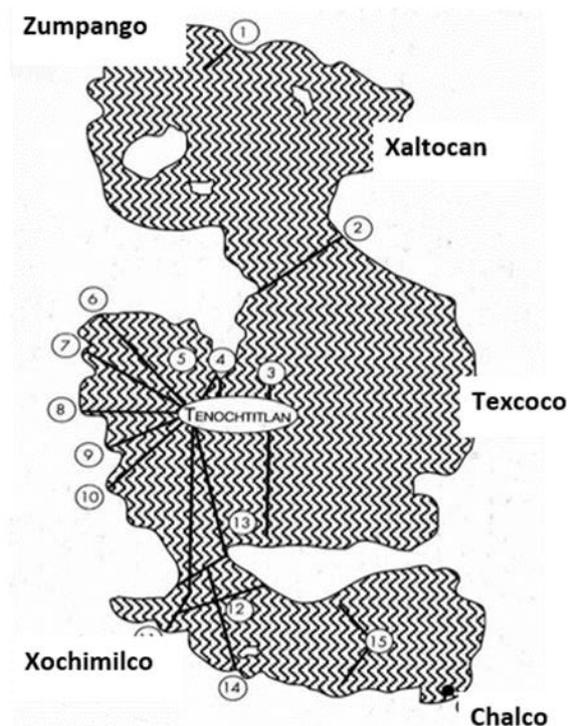


Figura 3. Mapa de la cuenca de México, con los cinco lagos que lo constituyen. Modificado de Valek (2000).

Xochimilco y Chalco, los cuales poseían agua dulce

La cuenca se alimentaba principalmente de las lluvias, ríos estacionales y manantiales; con respecto a la salida del agua, ésta era principalmente por filtración y evaporación. En cuanto al clima, es similar al actual, presentando dos temporadas anualmente: seca y lluviosa. La temporada seca, centrada en el invierno que abarca de noviembre a abril, producido por la circulación del aire polar de Norteamérica y del Pacífico del norte sobre la cuenca, no permite la entrada de los húmedos vientos alisios del sur, provocando que los cielos estén despejados y, por lo tanto, no permite la formación de nubes. La temporada lluviosa, centrada en el verano, abarca de mayo a octubre, se genera a partir del calentamiento del hemisferio norte, lo que debilita los vientos del norte, generando el predominio de las corrientes húmedas de los vientos alisios, que propician la formación de nubes y la descarga de fuertes lluvias (Espinosa, 1996).

Durante la época prehispánica, los mexicas desarrollaron un sistema de diques, debido a que en cada estación y año variaba notoriamente la extensión y profundidad de estos cuerpos de agua, lo que les permitió regular el flujo de agua para evitar inundaciones en las ciudades de Tenochtitlan y Tlatelolco; además, les permitió separar el agua salada del lago de Texcoco de las aguas dulces provenientes de lagos del sur, para el desarrollo de cultivo en chinampas (Alcocer y Escobar-Briones, 1992; Espinosa, 1996; Valek, 2000).

Con la llegada e invasión de los españoles en 1519 los diques fueron destruidos. Posteriormente, el modo de vida español trajo consigo muchos cambios, como el crecimiento de la ciudad; por lo que los lagos se convirtieron en un problema, debido a las inundaciones. A pesar de construir diversas obras hidráulicas durante el siglo XVI, se decidió secar el complejo lacustre en 1607, para ello se necesitaron cuatro siglos y enormes obras de ingeniería (Alcocer y Escobar-Briones, 1992) (Fig. 4).

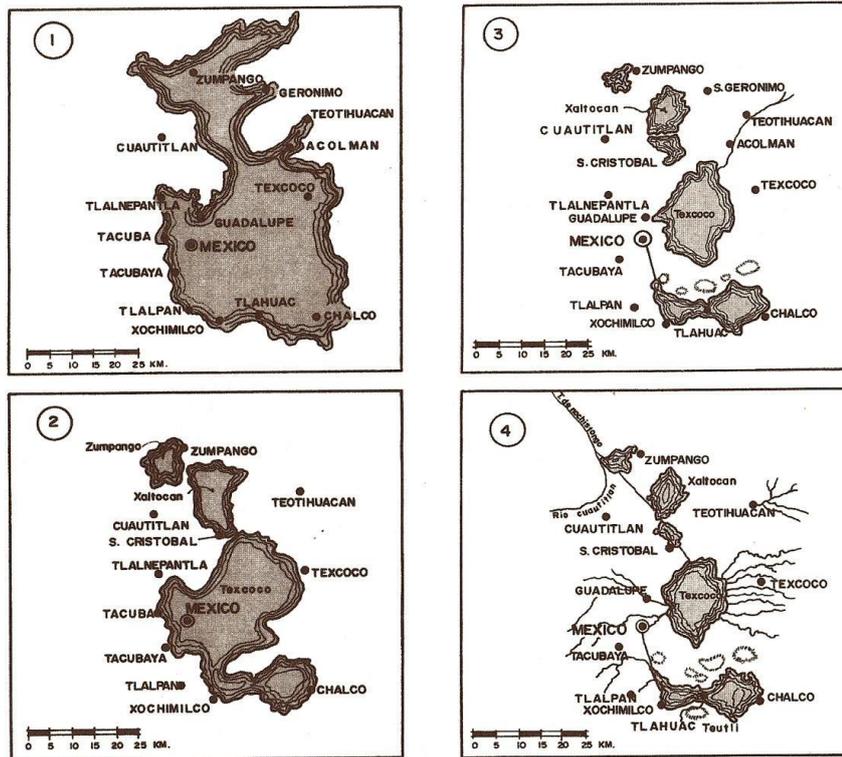


Figura 4. Cuenca de México entre los años 1607 a 1889. Tomado de Valek (2000).

2. Antecedentes

Los trabajos que se han realizado de moluscos dulceacuícolas en la Ciudad de México son escasos, por lo que actualmente se desconoce la comunidad de moluscos que habita en la mayor parte de su territorio. Además, se ha perdido un gran fragmento de estos ecosistemas naturales junto con su fauna (Olivera y Naranjo-García, 2016).

De acuerdo con Olivera y Naranjo-García (2016) actualmente se han registrado en la Ciudad de México ocho familias de moluscos dulceacuícolas, diez géneros y quince especies. Sin embargo, otras fuentes mencionan la existencia de las especies: *Pisidium milum* (Lozada, 2010); *Biomphalaria orbicula* (Thompson, 2011) y *Nephronaias aztecorum* (López et al., 2012), dichas especies no se encuentran en el registro de Olivera y Naranjo-García (2016) (Tabla 1).

Tabla 1. Lista de especies de moluscos dulceacuícolas registrados en la cuenca de México (Martens, 1980; Pilsbry, 1903; Contreras, 1917, 1930; Morrison, 1945; Bourgeois, 1948; Jacobson, 1952; Blanco, 2003; Guzmán y Polaco, 2008; Villanueva, 2009; Lozada, 2010; Thompson, 2011; *et al.*, 2012; Rivera, 2013; Czaja *et al.*, 2020).

Clase	Familia	Género	Especie
Bivalvia	Unionidae	<i>Anodonta</i>	<i>Anodonta impura</i> Say, 1829
		<i>Nephronaias</i>	<i>Nephronaias aztecorum</i> Philippi, 1847
	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i>	<i>Cyclocalyx casertanum</i> Poli, 1795
			<i>Cyclocalyx milum</i> Held, 1836
	<i>Sphaerium</i>	<i>Sphaerium (Musculium) transversum</i> Say, 1829	
		<i>Sphaerium striatinum</i> Lamarck, 1818	
Gastropoda	Ancylidae	<i>Ferrissia</i>	<i>Ferrissia</i> sp.
		<i>Laevapex</i>	<i>Laevapex papillaris</i> Von Martens, 1899
	Hydrobiidae	<i>Tryonia</i>	<i>Tryonia mariae</i> Morrison, 1945
	Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i>	<i>Ladislavella elodes</i> Say, 1821
			<i>Lymnaea stagnalis</i> Linnaeus, 1758
		<i>Pseudosuccinea</i>	<i>Pseudosuccinea columella</i> Say, 1817
	Physidae	<i>Physella</i>	<i>Physella acuta</i> Draparnaus, 1805
	Planorbidae	<i>Biomphalaria</i>	<i>Biomphalaria orbicula</i> Morelet, 1849
		<i>Gryaulus</i>	<i>Gryaulus parvus</i> Say, 1817
		<i>Planorbella</i>	<i>Planorbella duryi</i> Wetherby, 1879
			<i>Planorbella trivolvis</i> Say, 1817
	Valvatidae	<i>Valvata</i>	<i>Valvata humeralis</i> Say, 1829

Los registros de moluscos dulceacuícolas de origen arqueológico igualmente son escasos, pero existen algunos registros en zonas cercanas y dentro de la Ciudad de México. En el municipio de Chalco se localizó un montículo de sedimento datado en los periodos Tolteca temprano y Azteca tardío donde se registraron tres especies de moluscos dulceacuícolas; *Planorbella trivolvis*, *Physella acuta* y *Anodonta impura*, un terrestre; *Polygyra coulony*, y una concha de la familia Succineidae (Guzmán y Polaco, 2008). En las ruinas de Tlatelolco se han registrado especies de moluscos dulceacuícolas como *Helisoma orbiculae*, reconocida como endémica de los lagos de agua dulce del altiplano central y especies del género *Sphaerium* (Blanco, 2003). En la ofrenda 125 del Templo Mayor de Tenochtitlan se encontraron dos especies de bivalvos dulceacuícolas *Anodonta impura* y *Nephronaias aztecorum* (López *et al.*, 2012). Mientras que en la zona arqueológica de Teotihuacán dentro de los túneles al este de la Pirámide del Sol se identificaron las especies *Helisoma orbiculae*, *Physella acuta*, *Planorbella trivolvis*, conchas pertenecientes a los géneros *Unio* y *Sphaerium*, y conchas que corresponden a las familias Succineidae y Lymnaeidae (Villanueva, 2009). Cabe mencionar que no se logró corroborar la existencia de la especie *Helisoma orbiculae* con la literatura citada en este trabajo.

En cuanto a estudios de moluscos dulceacuícolas fósiles en la Ciudad de México, sólo existe un trabajo, donde sedimentos lacustres de Tláhuac que pertenecieron al Pleistoceno tardío se analizaron e identificaron siete especies de moluscos dulceacuícolas: *Tryonia mariae*, *Ferrisia* sp., *Gyraulus parvus*, *Planorbella trivolvis*, *Sphaerium subtransversum*, *Physella acuta*, *Pisidium* sp. y *Valvata humeralis* (Morrison, 1945).

3. Justificación

Las muestras de malacofauna encontrada en distintos **contextos arqueológicos** controlados, pueden brindar un panorama de los procesos de colonización y extinción que experimentaron poblaciones de moluscos en el pasado. El presente trabajo, permite conocer parcialmente la diversidad de

moluscos dulceacuícolas que habitó en el antiguo lago de la Ciudad de México y, además, ayuda a comprender los cambios históricos que ha sufrido el área.

4. Hipótesis

Si los moluscos encontrados en los sedimentos pertenecieron a la cuenca de México, las especies identificadas corresponderán a registros anteriores de moluscos continentales o que anteriormente no hayan sido registradas.

Se espera que, las especies encontradas en los sedimentos estén extintas en lo que actualmente es la Ciudad de México, a causa de la pérdida de su ecosistema.

5. Objetivo general

Conocer parte de la diversidad de moluscos que existió en el antiguo lago de México, mediante el estudio de muestras que se obtuvieron de material de construcción de diferentes contextos arqueológicos dentro de la zona arqueológica de Tlatelolco.

5.1. Objetivos particulares

- Analizar el material conchiliológico obtenido de muestras de material de construcción y sedimentos de la zona arqueológica de Tlatelolco al menor nivel taxonómico posible.
- Revisar la actual distribución en México de las especies identificadas, con ayuda de material bibliográfico y consulta de colecciones.
- Comparar la distribución del material conchiliológico identificado con el registro de moluscos dulceacuícolas en la Ciudad de México.
- Datar el rango de edad en el que las conchas fueron depositadas en cada contexto de la zona arqueológica de Tlatelolco.

6. Descripción del área de estudio

De acuerdo con la versión oficial, “la ciudad de Tlatelolco o montículo redondo fue fundada en 1337 al norte de Tenochtitlan por miembros disidentes de la élite mexicana” (Matos, 2008). Actualmente, la zona arqueológica de Tlatelolco se ubica al Norte de la Av. Manuel González, al este del Eje central Lázaro Cárdenas, al sur de la Av. Ricardo Flores Magón y al poniente de Paseo de la Reforma, en la colonia Guerrero, de la alcaldía Cuauhtémoc en la Ciudad de México, situándose en las coordenadas 19°27'4.63" N 99°8'15.01" O y a una altitud de 2,229 msnm (Fig. 5).

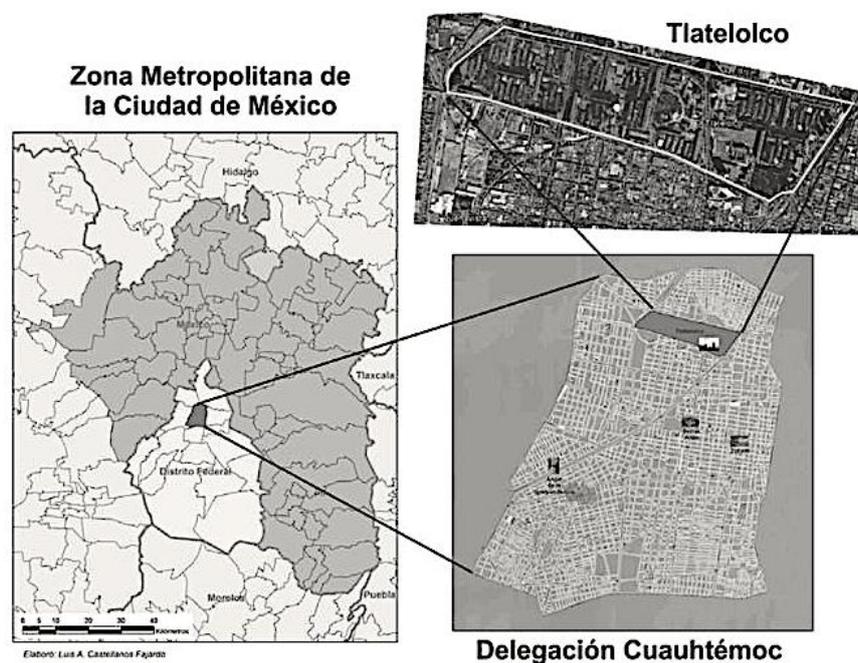


Figura 5. Mapa con la ubicación de Tlatelolco. Tomado de López y Toscana (2016).

6.1. Origen de las muestras

El material estudiado fue obtenido del **relleno constructivo** de tres diferentes excavaciones realizadas por el grupo de arqueólogos del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), bajo la supervisión del Dr. Salvador Guilliem, Director del Proyecto Tlatelolco: la primera excavación se realizó en el Templo Gran Basamento durante las temporadas 2007, 2008, 2009 y 2010; la segunda excavación se llevó a cabo en el Templo Mayor durante las temporadas 2008, 2009, 2010 y 2011, y la tercera fue hecha en la denominada Caja de Agua

del Imperial Colegio de la Santa Cruz de Santiago Tlatelolco, entre las temporadas 2002 y 2009 (Guilliem, 2008a; Guilliem, 2008b) (Fig. 6).

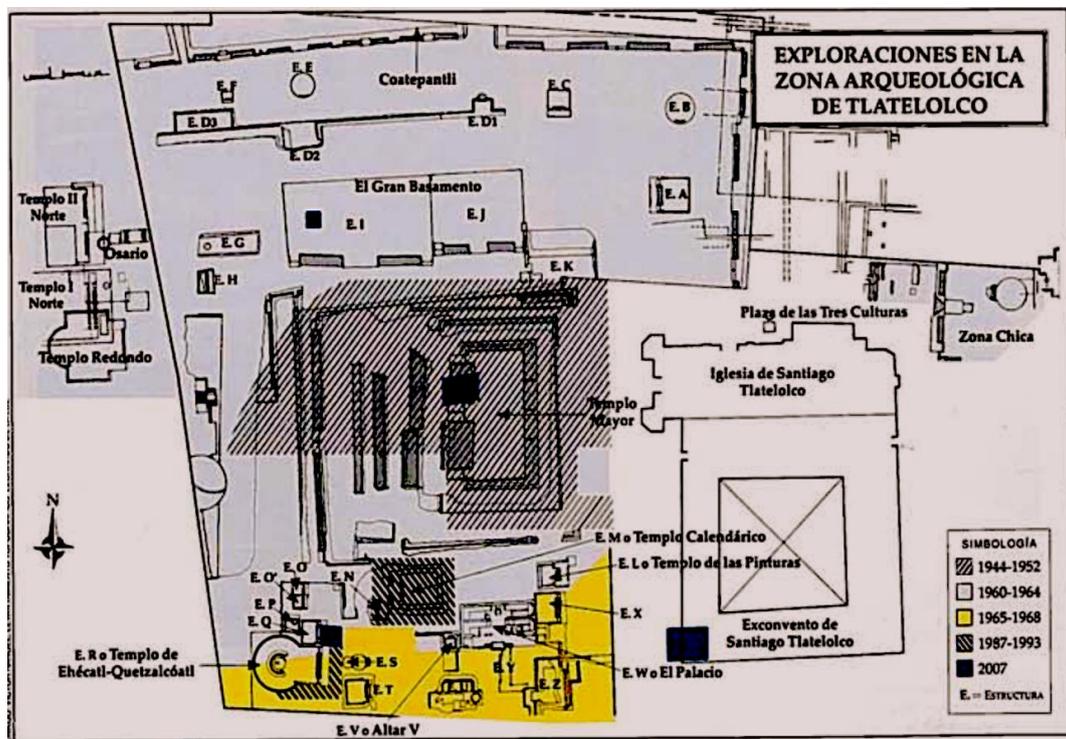


Figura 6. Plano general de la zona y las exploraciones arqueológicas de Tlatelolco. Tomado de Guilliem (2009).

6.1.1. Templo Gran Basamento

El Gran Basamento es un contexto arqueológico de cantera rosa lo que lo hace único dentro del recinto ceremonial. Es de una planta rectangular que tiene 40 m de Este a Oeste y 20 m de Norte a Sur, y se encuentra ubicada al sur del Templo Mayor (Fig. 7). Se cree que la construcción del Templo Gran Basamento estuvo consagrada para la élite militar de Tlatelolco, debido a sus características arquitectónicas y los vestigios de los entierros encontrados (Guilliem, 2008a).



Figura 7. Fotografía del Templo Gran Basamento. Tomado de Guilliem (2010).

6.1.2. Templo mayor



Figura 8. Templo Mayor. Tomado de Guilliem (2008).

El Templo Mayor se ubica en la parte central de la zona arqueológica, es la construcción más grande, y se asemeja al Templo Mayor de Tenochtitlan. Es una plataforma de tres cuerpos con amplias escalinatas partida en dos por **alfardas** centrales y laterales, se construyó en siete etapas y se cree que era un edificio ceremonial

dedicado a los dioses Huitzilopochtli y Tláloc (Guilliem, 2008a) (Fig. 8).

6.1.3. Caja de Agua

De acuerdo con Guilliem, la Caja de Agua es una pila o depósito de agua, fue construida con el propósito de que la población de México-Tlatelolco tuviera agua potable. Además, en él se expresó el nuevo orden religioso impuesto por los conquistadores españoles mediante un bello mensaje pintado en muros de su interior (Fig. 9).



Figura 9. Caja de Agua. Tomado de Guilliem (2008b).

La Caja de Agua se encontró en su mayor parte en la habitación suroeste del Exconvento del Imperial Colegio de la Santa Cruz de Santiago Tlatelolco (Guilliem, 2008b).

7. Método

7.1. Obtención del material en cada contexto

7.1.1. Gran Basamento

Durante la temporada 2007 en el templo denominado Gran Basamento se realizó la primera área de exploración, es decir, la **cala 1** o cala central, orientada de Norte a Sur. Sobre la cala, se trazó una retícula de 4 cuadros, de 1 por 1 m, con la nomenclatura SW, NW, SE y NE y se excavó hasta una profundidad total de 1.5 m, en la cual se distinguieron **8 capas** (Guilliem, 2009; 2010) (Fig. 10).



Figura 10. Retícula de la cala central o cala I, temporada 2007. Tomada de Guilliem (2009).

En la temporada 2008 se trazó la primera fase de una segunda cala (cala II) de manera perpendicular a la cala I, la cual, midió 3 m de Norte a Sur por 10 m de Este a Oeste y se localizó en la parte central de la superficie del templo. En 2009 se llevó a cabo la segunda fase de la cala II, la cual consistió en la ampliación de la cala, 4 m hacia el Sur y 1 m hacia el Norte. Al finalizar, se obtuvo una cala de 10 m de Este a Oeste por 8 m de Norte a Sur. A causa de la ampliación de la cala II se dividió el proceso en 3 secciones: Área Norte, Banco Central y Muro 3-bases, esto con el fin de poder explorar las tres áreas de manera simultánea (Fig. 11). Ya definida la retícula se excavaron 4 capas, con una profundidad total de 2 m (Guilliem, 2009; 2010).



Figura 11. Esquema de la Cala II. Tomado de Guilliem (2009).

7.1.2. Templo Mayor

En las temporadas 2008 y 2009 de Templo Mayor se realizaron dos puntos de excavación, el primero fue el túnel en la fachada oriental del Templo Mayor y la segunda exploración se llevó a cabo en el costado Norte del Templo Mayor, “excavación de la parte superior” (Fig. 12). En la temporada 2011 se retomó la exploración del túnel del costado Norte de la fachada occidental (Guilliem, 2011a).

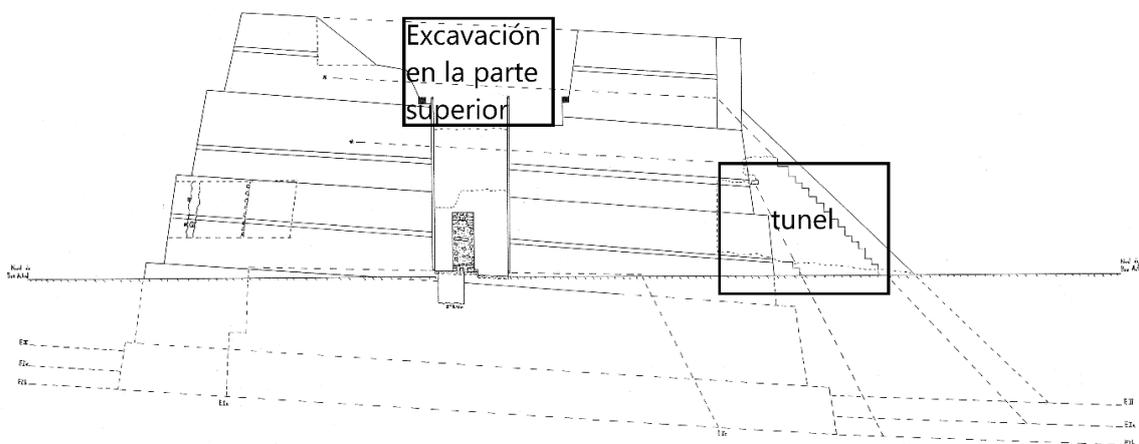


Figura 12. Plano del corte transversal del Templo Mayor. En los cuadros se encuentra la ubicación de las excavaciones realizadas en el templo durante las temporadas 2007, 2008 y 2009. Tomado de Guilliem (2011a).

Ya que las muestras provienen de la exploración del túnel, solo se tomó en cuenta el muestreo y el registro de este. En la exploración del túnel se realizaron dos retículas: una vertical, donde se establecieron los ejes x - y, con cuadros de 10 por 10 cm y una nomenclatura de letras y números, en la que se excavaron los **estratos** II, IV, V, VII; la segunda retícula fue horizontal, en esta retícula se realizaron 19 cuadros a través del túnel, cada cuadro midió 50 por 50 cm, ahí se encontraron los estratos III, VI y VIII (Fig. 13). Al finalizar la excavación, el túnel midió un total de 12 m de longitud (Guilliem, 2011a).



Figura 13. Fotografía de la retícula vertical de 10 por 10 centímetros (A) y fotografía de la retícula horizontal de 50 por 50 centímetros (B). Tomada de Guilliem (2011a).

7.1.3. Caja de Agua

La Caja de Agua fue localizada en el 2002 en la fachada del Exconvento del Imperial Colegio de la Santa Cruz de Santiago Tlatelolco debido a una obra de mantenimiento del lugar (Guilliem, 2003). La exploración se extendió por siete años y abarcó el exterior -fachada poniente-, como el interior de cuarto del claustro. Se realizaron **excavaciones extensivas** como cuatro calas, de las cuales, las calas Norte, Sur y Oriental compartieron la misma retícula, con cuadros que medían 1 por 1 m, con una nomenclatura de números y letras; por otro lado, la cala Oeste utilizó una retícula independiente, dada su localización exterior (Sánchez de Bustamante, 2017) (Fig. 14).

La cala Oeste fue el lugar donde se descubrió accidentalmente la Caja de Agua, por lo que fue la primera en realizarse y en explorarse, en los años 2003 y 2004; posteriormente se retomó en los años 2007 y 2009. La exploración tuvo en total 1.65 m de profundidad y una superficie de 1.60 m de Este a Oeste y 2.8 m de Norte a Sur (Sánchez de Bustamante, 2017).

Por otro lado, la cala Sur se trató de una excavación de 0.80 m de Norte a Sur por 3.55 m de Este a Oeste y 1.20 m de profundidad, que se inició en el 2005 y se retomó en el 2009 (Sánchez de Bustamante, 2017). La excavación de la cala Norte midió 5 m de Este a Oeste por 0.68 m de Norte a Sur, la cual se trató de una excavación escalonada y se registraron las siguientes profundidades: 1.17 m, 0.82 m, 0.42 m y 0.39 m, llevándose a cabo en los años 2006 y 2008, con un avance gradual (Sánchez de Bustamante, 2017).

Por último, la cala Oriental o Central se realizó en los años 2006 y 2007, su superficie midió 3.9 m de Norte a Sur por 1 m y su profundidad fue de 1.68 m (Guilliem, 2008b; Sánchez de Bustamante, 2017).

Para las tres excavaciones se utilizaron herramientas para **contextos primarios** o delicados, tales como cucharillas, picahielos, brochas, espátulas, agujas de disección y pinceles. De acuerdo con el procedimiento de registro, una vez identificada la evidencia arqueológica –cultural y biológica-, se lavó el material y se colocó en bolsas de plástico anexando una etiqueta con los siguientes datos: capa, **nivel**, asociado a, cuadro, material y fecha; posteriormente se guardaron en cajas de cartón (Guilliem, 2011a). En cada caso, se utilizó bibliografía específica para la identificación de los elementos o ejemplares y se recurrió a especialistas en diferentes disciplinas para una adecuada catalogación y manejo de las evidencias. Asimismo, algunos de los materiales fueron enviados a laboratorios del INAH y de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), para diversos estudios y análisis.



Figura 14. Plano de la excavación final de la Caja de Agua. Ubicación de las calas en la exploración, junto con su retícula correspondiente. Tomado de Sánchez de Bustamante (2017).

7.2. Trabajo de laboratorio

Las conchas se dejaron remojando en agua alrededor de 10 minutos para quitar el exceso de sedimento; luego, con un pincel y con cuidado, se retiraron los residuos, se secaron con toallas de papel "sanitas", y posteriormente, se observaron los caracteres morfológicos de la concha, para lo cual se utilizó un microscopio estereoscópico de la marca ZEISS, modelo Stemi 305.

7.3. Identificación del material

La identificación en bivalvos se basó principalmente en Herrington (1962) para la familia Sphaeriidae y para la familia Unionidae se utilizó a Williams (2014). Para identificar a nivel de género se tomó en cuenta el tipo de charnela que poseía la concha (Fig. 15), el tamaño, y la dirección de los umbos: posterior y anterior (Fig. 16), y para identificar a nivel de especie se tomó en cuenta la forma general de la concha (Fig. 17), la ornamentación (Fig. 18) y la posición de los dientes laterales y cardinales (Fig. 19).

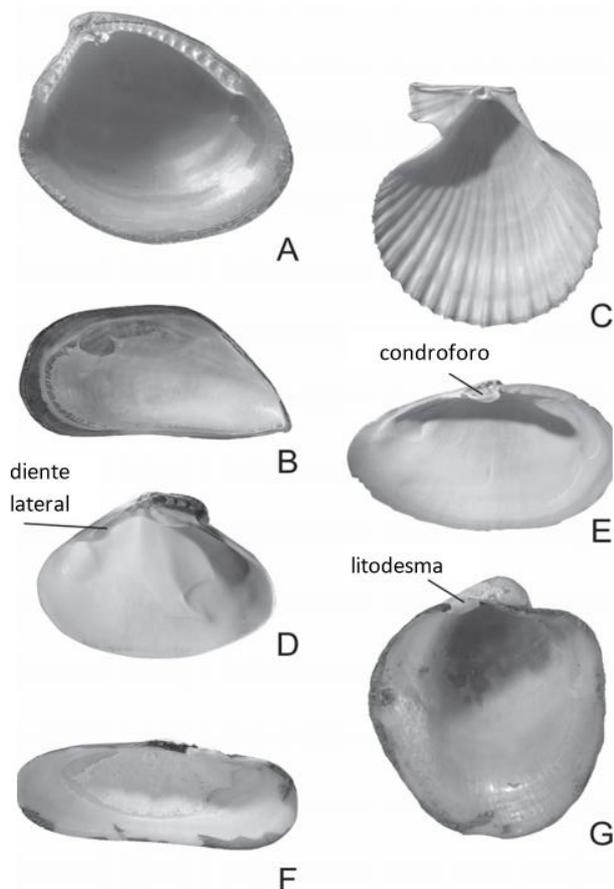


Figura 15. Esquema de los tipos de charnelas en bivalvos: taxodonta (A), disodonta (B), isodonta (C), astenodonta (D), Astenodonta (E), anodonta (F) y litodosmodonta (G). Modificado de Coan y Valentich-Scott (2006).

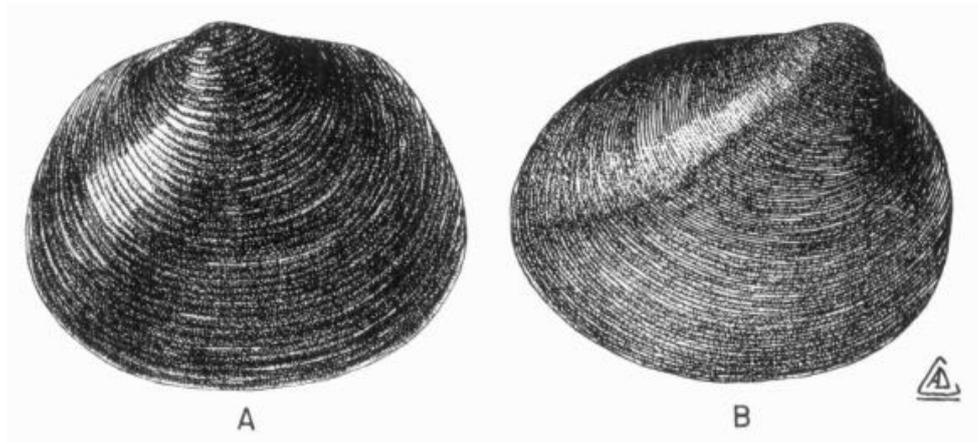


Figura 16. Dirección de los umbos de las conchas de los bovalvos *Sphaerium* (A) y *Pisidium* (B). Tomado de Herrington (1962).

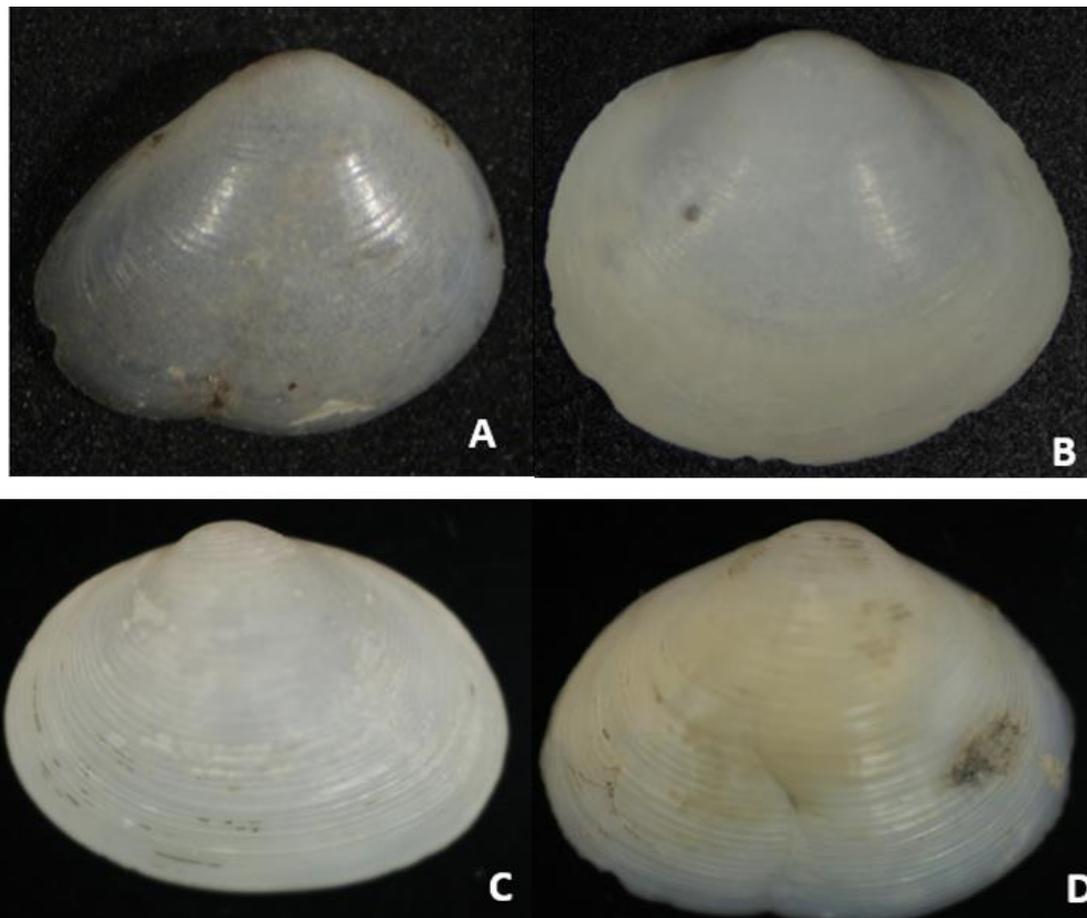


Figura 17. Morfología de conchas de bivalvos de la familia Sphaeriidae: subtriangular (A), tetragonal (B), ovalada (C) y triangular (D). Fotografías de Sofia Peláez P.

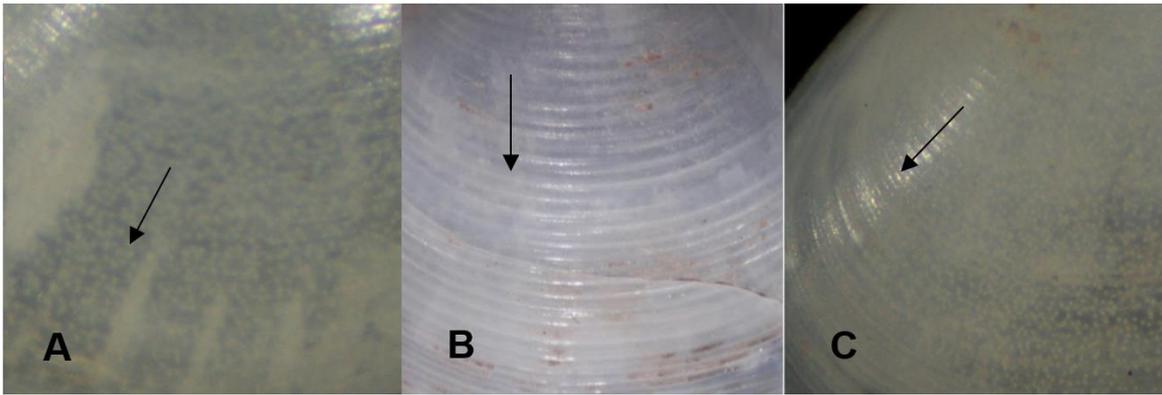


Figura 18. Tipos de escultura en conchas de bivalvos de la familia Sphaeriidae: poros (A), líneas gruesas (B) y finas (C). Fotografías de Sofía Peláez P.

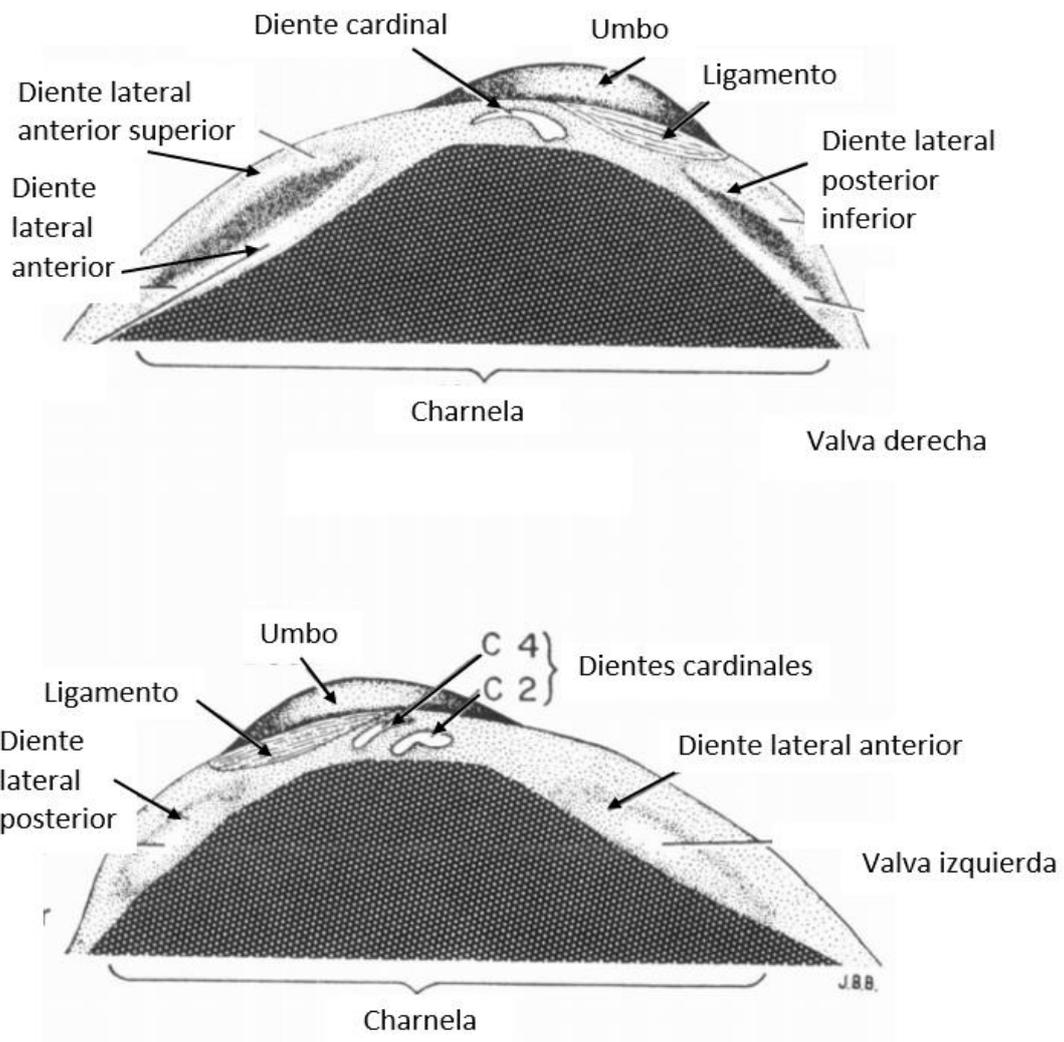


Figura 19. Morfología interna de la concha del bivalvo *Pisidium*. Tomada de Herrington (1962).

Para la identificación de los gasterópodos se basó principalmente en Burch y Cruz-Reyes (1987), y Burch y Tottenham (1980), para todas las familias de gasterópodos, y las características que se tomaron en cuenta para identificar a nivel de género fueron la forma (Fig. 20), el tamaño (Fig. 21) y la dirección de las vueltas (Fig. 22), y para identificar a nivel de especie se tomó en cuenta fue la ornamentación (Fig. 23), el callo parietal, el ombligo, la abertura (Fig. 24), la sutura, el perfil de las vueltas (Fig. 25) y se contó el número de vueltas que tenía la espira.

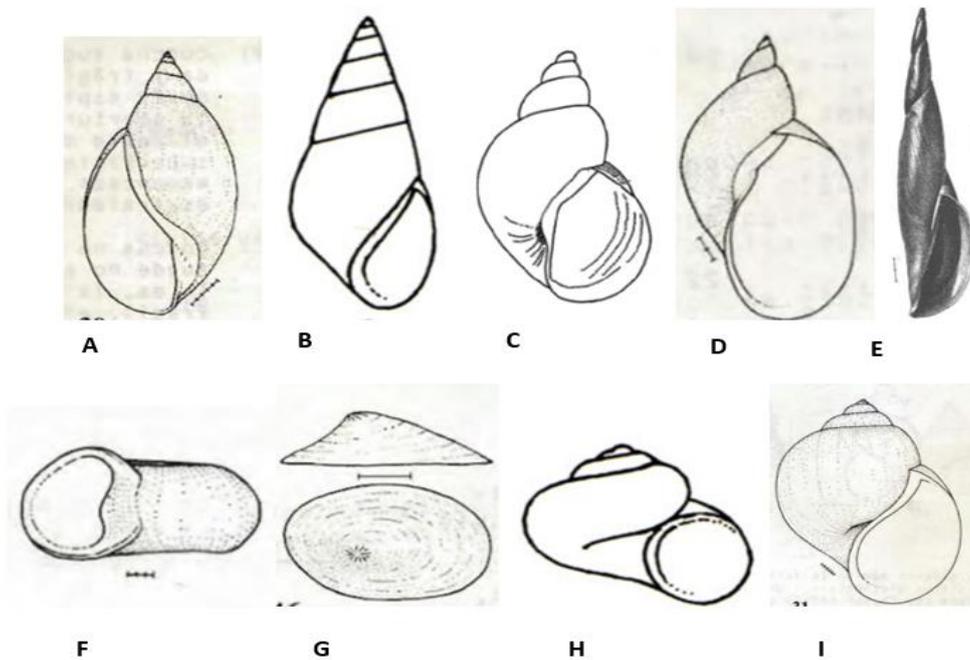


Figura 20. Morfología de las conchas de caracoles dulceacuícolas. A) Fusiforme o forma de huso, B) cónica, C) oval elongada, D) succiforme, E) aguja F) discoidal G) pateliformes, H) deprimida y I) globosa. Modificado de Burch y Cruz-Reyes (1987).

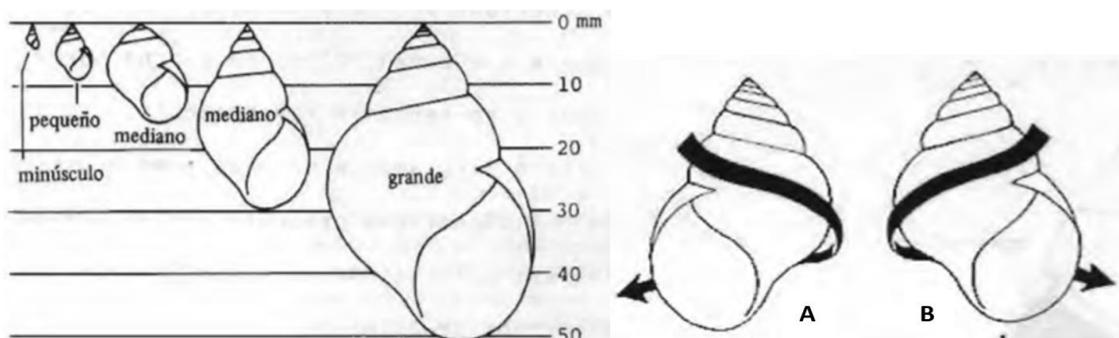


Figura 21. Rangos de tamaños que presentan las conchas de gasterópodos dulceacuícolas. Tomado de Burch y Cruz-Reyes (1987).

Figura 22. Dirección de las vueltas en conchas de gasterópodos. A) Levógiro; B) dextrógiro. Tomado de Burch y Cruz-Reyes (1987).

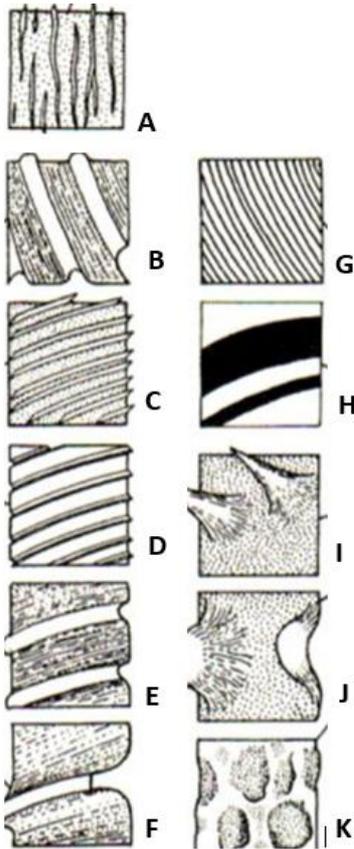


Figura 23. Tipos de escultura de la concha de gasterópodos de agua dulce. A) Arrugas, B) costillas, C) líneas de estriación, D) líneas de incisión, E) liras, F) carina, G) líneas de crecimiento, H) bandas de colores, I) espinas, J) nódulos y K) amartillado. Tomado de Burch y Cruz-Reyes (1987).

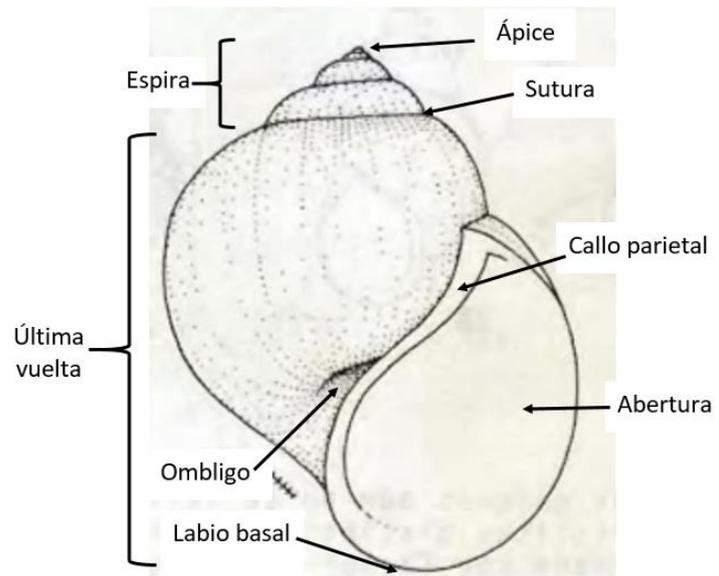


Figura 24. Principales estructuras de una concha gasterópoda. Modificado de Burch y Cruz-Reyes (1987).

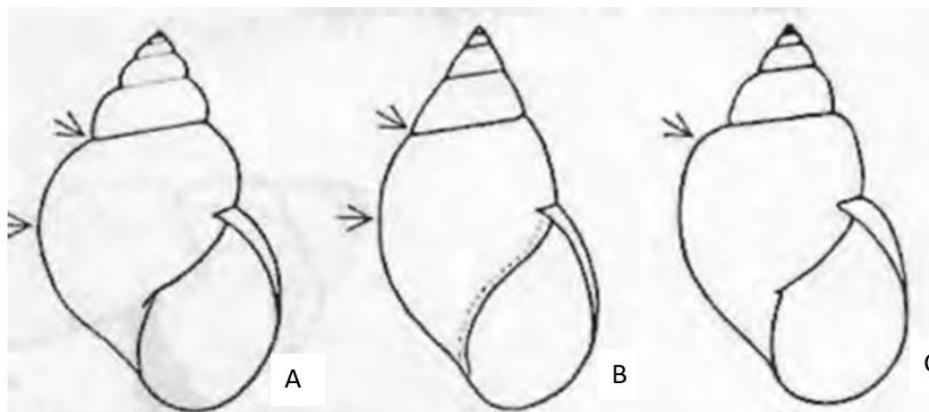


Figura 25. Giros y suturas de las conchas. A) Concha con giros redondeados, suturas sin dientes, B) concha con giros aplanados y sutura poco pronunciada, C) concha con giros en forma de hombro y suturas bien marcadas. Tomado de Burch y Cruz-Reyes (1987).

Ya determinadas las características de cada muestra se utilizó literatura especializada y claves para identificar hasta nivel de género y especie en los casos que fue posible; posteriormente, se comparó con los ejemplares de las muestras con ilustraciones, fotografías y ejemplares de la Colección Malacológica “Dr. Antonio García-Cubas” del Laboratorio de Malacología del ICML de la UNAM (COMA), a cargo de la Dra. Martha Reguero, además se consultó de forma electrónica las bases de datos colecciones de los siguientes museos: North Carolina State Museum of Natural Sciences (NCMNS), Instituto Smithsonian, Natural Museum Collection Mollusca (Mus. Coll. Mollusca), Florida Museum of Natural History, Invertebrate Zoology Collection (IZ Coll.), Senckenbg. Mus. Frankfurt. Sektion Malakologie (Senckenbg. Mus. - Sek. Mal.) y el Muséum national d'Histoire naturelle, Collection du Mollusques, Paris, Francia (MNHN- IM). La literatura utilizada para la identificación fue: Brown, 2005; Burch y Cruz-Reyes, 1987; Burch y Tottenham, 1980; Herrington, 1962; Naranjo-García y Mesa, 2000; Pilsbry, 1903; Rivera, 2013; Taylor, 2003; Thompson, 2011; Vinarski, 2013.

La Dra. Naranjo, del Instituto de Biología de la UNAM, corroboró la identificación de las especies pertenecientes a la familia Planorbidae. Por otra parte, el Dr. Dillon, del Departamento de Biología del Colegio Charleston, corroboró la identificación de las especies correspondientes a las familias Lymnaeidae, Physidae y Valvatidae; el Dr. Taehwan Lee, del Departamento de Ecología y Biología Evolutiva de la Universidad de Michigan, lo hizo con las especies de la familia Sphaeriidae y, finalmente, el Dr. Cummings, de la Colección de Moluscos de Historia Natural de la Universidad Illinois, identificó las especies de la familia Unionidae.

Y finalmente se realizó una revisión en colecciones (no se consultaron de forma presencial, la consulta fue a través de la red) y bibliográfica de los géneros y especies identificados, para comparar la distribución espacial y temporal entre las muestras arqueológicas y las especies actuales.

7.4. Obtención de fechas del depósito de las conchas dentro de cada contexto arqueológico

Para datar la edad en la que fueron depositadas las conchas en cada contexto se utilizaron diversos métodos ya que las condiciones de los depósitos en cada contexto fueron diferentes y las técnicas aplicadas en la arqueología presentan limitaciones por la antigüedad, lo que permite el empleo simultáneo de técnicas relativas y absolutas como medida de corroboración.

7.5.1. Templo Gran Basamento

Para determinar el momento de depósito de las conchas encontradas en el Templo Gran Basamento se utilizaron dos métodos de datación: arqueomagnetismo y análisis comparativo de cerámica. El análisis arqueomagnético fue realizado por la Dra. Ana María Soler Arechalde, del Instituto de Geofísica y el análisis comparativo de cerámica lo realizó la arqueóloga Lucía Sánchez de Bustamante.

La fecha más antigua, lo determinaron a través de análisis arqueomagnético, ya que se contaba con fragmentos de estuco provenientes de un piso localizado *in situ*, en cuya posición se registraron materiales arqueológicos que contienen minerales magnéticos, principalmente óxidos de hierro y, por lo tanto, tienen la capacidad de registrar las variaciones del campo magnético terrestre (Soler, 2014). Por otra parte, la fecha más reciente se fundamentó mediante el análisis comparativo de fragmentos de cerámica prehispánica, colonial y moderna, debido a que es uno de los materiales más comunes de la vida cotidiana, es muy abundante dentro del registro arqueológico y se considera un buen indicador para localizar áreas de actividad, por consiguiente, es útil para dar una cronología tentativa (Guilliem, 2011b). La cerámica que recolectaron junto con las conchas, primero la clasificaron en periodos cerámicos prehispánicos: Azteca I (1250 y 1299 d. C.), Azteca II (Azteca II Temprano, 1299 a 1351 d. C., y Azteca II Tardío, 1351 a 1403 d. C.), Azteca III (Azteca III Temprano, 1403 a 1455 d. C. y Azteca III Tardío, 1455 a 1507 d. C.), Azteca IV (1507 a 1519 d. C.) (Vaillant, 1938), en cerámica de origen colonial y moderna (Guilliem, 2009, 2010). Para el proceso de clasificación tomaron en

cuenta la forma, el acabado de superficie, la técnica de manufactura, las dimensiones y la técnica decorativa. Al ser analizados los materiales identificaron dos tipos de relleno: uno moderno, a causa de la reconstrucción que sufrió el basamento durante los años de 1960 y uno prehispánico (Guilliem, 2009, 2010). Posteriormente, se establecieron que las conchas se encontraron en el relleno de origen prehispánico, debido a que el 63 % de la cerámica perteneció al periodo Azteca III, 20 % al periodo Azteca II, 11 % no se pudo asignar a algún periodo, 2 % correspondió al periodo Azteca IV y solo 2 % de cerámica fue de origen colonial.

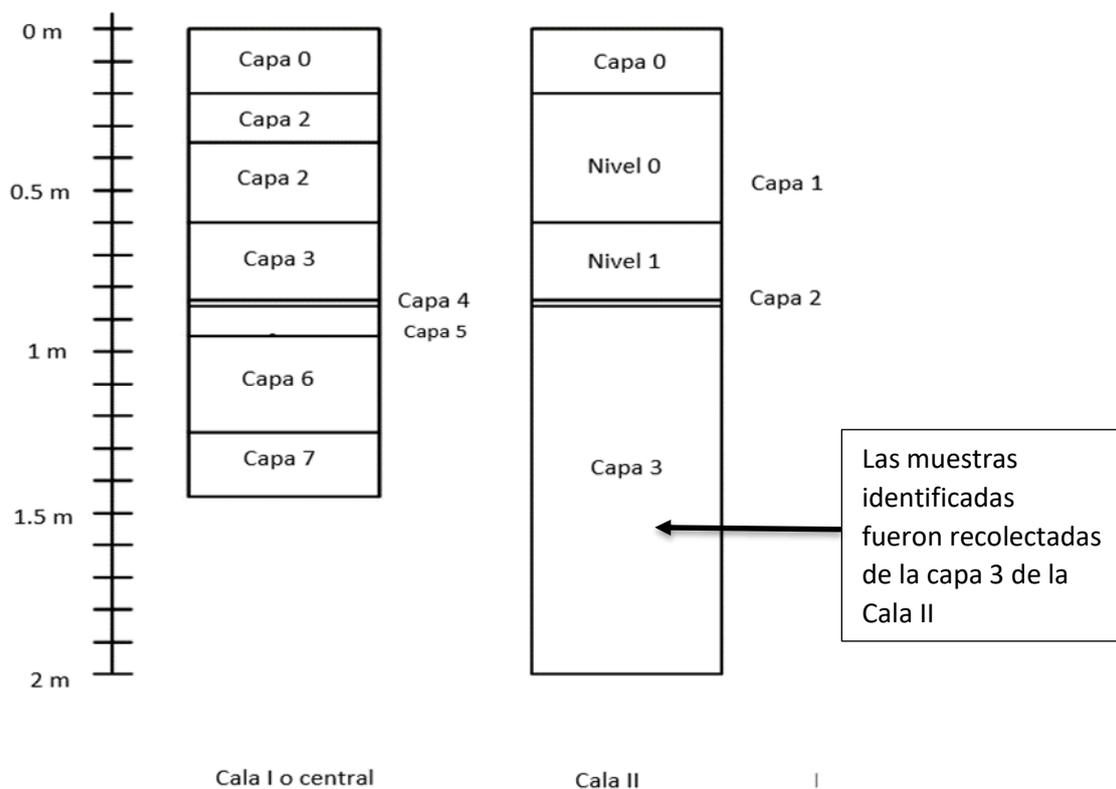


Figura 26. Columna estratigráfica de la Cala central y Cala II del Templo Gran Basamento. Las conchas y la cerámica fueron recolectadas en la capa 3 de la Calla II del Templo Gran Basamento. Modificada de Guilliem (2010).

7.5.2. Templo Mayor

Para establecer el momento de depósito de las conchas encontradas en el Templo Mayor, primero el equipo del Proyecto Tlatelolco localizó las muestras dentro de él. Estas se ubicaron entre las etapas de construcción, etapa constructiva I (Ic) y etapa constructiva II (E-II), esto es importante, porque el

Templo Mayor fue construido en siete etapas y estas proporcionaron información de la edad de depósito, ya que cada una corresponden al gobierno de un tlatoani (tlatoani, se refiere al gobernante de los mexicas) (Matos, 2008; Simeón, 1997). Además, es fácil seguir la secuencia, ya que los templos están construidos de forma sucesiva, uno sobre otro y, por lo tanto, las etapas van cubriendo a las construcciones anteriores, quedando encapsuladas (López *et al.*, 2003a) (Fig. 27).

La metodología que se utilizó para obtener las dos fechas de depósito de las conchas fue a través del análisis arqueomagnético, realizado por la Dra. Ana María Soler Arechalde en fragmentos de estuco de las escalinatas de cada etapa de construcción, con este análisis se obtuvo la fecha más antigua y la más reciente (Guilliem, 2011a). También, durante la excavación descubrieron que la E-II del templo no fue intervenida, ya que ninguno de los muros se encontró perforado o alterado y solo se hallaron materiales de origen prehispánico, como fragmentos de vasijas, piezas de obsidiana talladas y huesos de animales, lo que indica que el relleno era de origen prehispánico (Guilliem, 2011b).

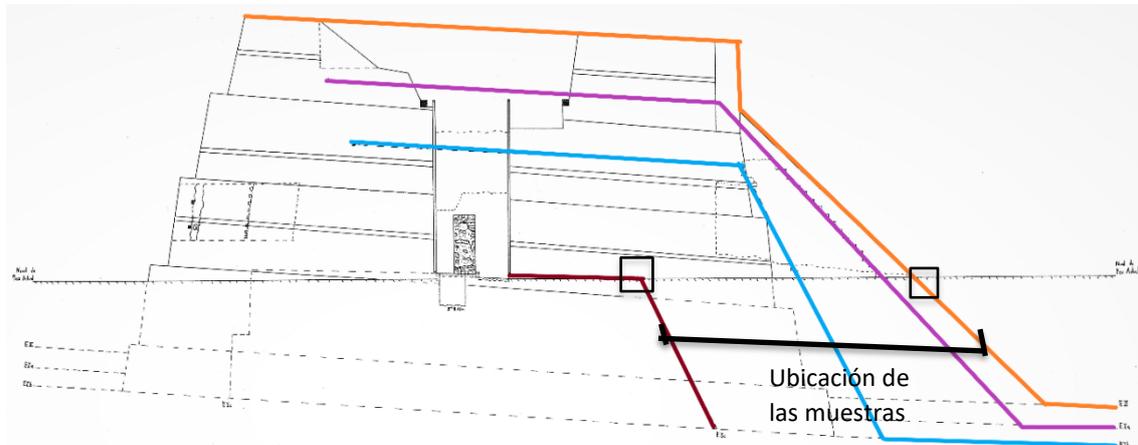


Figura 27. Plano del corte transversal del Templo Mayor. En el plano se muestra la ubicación de donde fueron encontradas las conchas (entre las etapas de construcción Ic [línea café] y E-II [línea naranja]) se tomó el material conchiliológico y los cuadros negros indican el lugar donde fueron tomadas las muestras de estuco sometidas al análisis arqueomagnético. Modificado de Guilliem (2011a).

7.5.3. Caja de Agua

Para datar el momento en que fueron depositadas las conchas en la Caja de Agua se investigó la fecha de construcción de la misma y su fecha de clausura.

La primera fecha de datación se obtuvo a través del análisis comparativo del diseño pictográfico del mural de la Caja de Agua y lo determinó la arqueología Lucía Sánchez de Bustamante. Ella organizó las escenas, elementos y rasgos, comparó pinturas de fuentes prehispánicas del Códice Florentino con grabados europeos y grabados novohispanos (Sánchez de Bustamante, 2017). Este análisis le permitió identificar las diferencias, la correspondencia de la técnica y el **estilo** entre los recursos pictóricos y establecer que el mural fue creado por pintores indígenas con influencia occidental, es decir, los pintores preservaban conocimiento de tradición prehispánica, guardando el mayor porcentaje de similitud el mural de la Caja de Agua con el Códice Florentino. De acuerdo con la arqueóloga Lucía Sánchez de Bustamante, de esta forma, fue posible plantear la hipótesis de que la Caja de Agua fue construida entre los años 1560 a 1580 d. C. (Sánchez de Bustamante, 2017).

En cuanto a la fecha de clausura del espacio, se determinó a través de un fragmento de porcelana china de estilo Wu Tsai que se encontró, esta pieza, de acuerdo con Fournier (1990), es característica del siglo XVII, particularmente de la segunda mitad de dicho siglo, periodo Kangxi de la dinastía Qing (Fournier, 1990). La presencia de este material en la parte inferior del depósito permitió inferir que los materiales encontrados dentro de la Caja debieron ser depositados durante la segunda mitad del siglo XVII (Sánchez de Bustamante, 2017).

8. Resultados

8.1. Taxonomía de moluscos

Se encontraron en total 222 conchas, de las cuales, sólo se logró identificar a nivel de especie 197 conchas, que pertenecen a once especies, de las 197, 120 conchas correspondieron a la clase Bivalvia y fueron identificadas en cuatro especies de agua dulce: *Anodonta impura*, *Cyclocalyx casertanum*, *Sphaerium striatinum* y *Sphaerium (Musculium) lacustre*, y una especie marina: *Ostrea* sp. Y 77 conchas pertenecen a la clase Gastropoda y se identificaron en seis especies, de las cuales, cinco son gasterópodos dulceacuícolas: *Physa* cf. *skinneri*, *Physella acuta*, *Planorbella trivolvis*, *Pseudosuccinea columella* y *Valvata humeralis* y una especie marina: *Oliva* sp.

A continuación, se presenta la lista de especies y acomodo taxonómico de los moluscos identificados, de acuerdo con: Lee y Foighil (2003), para la familia Sphaeriidae; Graf y Cummings (2018), para la familia Unionidae (Williams *et al.*, 2017); Vinarski (2013), para la familia Physidae; para las familias Lymnaeidae y, Thompson (2011), para las familias Physidae, Planorbidae y Valvatidae.

Phyllum Mollusca Linnaeus, 1758

Clase Bivalvia Linnaeus, 1758

Subclase Heterodonta Neumayr, 1884

Orden Veneroida Adams & Adams, 1856

Familia Sphaeriidae Gray, 1824

Género *Cyclocalyx* Dall, 1903

Cyclocalyx casertanum Poli, 1795

Género *Sphaerium* Scopoli, 1777

Sphaerium (Musculium) lacustre Müller, 1774

Sphaerium striatinum, Lamarck, 1818

Subclase Palaeoheterodonta Newell, 1965

Orden Unionida Stoliczka, 1871

Familia Unionidae Rafinesque, 1820

Género *Anodonta* Lamarck, 1799

Anodonta impura Say, 1829

Subclase Pteriomorphia Beurlen, 1844

Orden Ostreida Férussac, 1822

Superfamilia Ostreoidea Rafinesque, 1815

Familia Ostreidae Rafinesque, 1815

Género *Ostrea* Linnaeus, 1758

Ostrea sp.

Clase Gastropoda Cuvier, 1795

Subclase Caenogastropoda Cox, 1960

Orden Neogastropoda Wenz, 1938

Superfamilia Olivoidea Latreille, 1825

Familia Olividae Latreille, 1825

Género *Oliva* Bruguière, 1789

Oliva sp.

Subclase Heterobranchia Burmeister, 1837

Superfamilia Lymnaeoidea Rafinesque, 1815

Familia Lymnaeidae Rafinesque, 1815

Subfamilia Lymnaeinae Rafinesque, 1815

Género *Pseudosuccinea* F. C. Baker, 1908

Pseudosuccinea collumella Say, 1817

Familia Physidae Fischer & Cross, 1886

Subfamilia Physinae Fischer & Cross, 1886

Género *Physa* Draparnaud, 1801

Physa skinneri D. W. Taylor, 1954

Género *Physella* Haldeman, 1842

Physella acuta Draparnaud, 1805

Familia Planorbidae Rafinesque, 1815

Subfamilia Helisomatinae F. C. Baker, 1928

Género *Planorbella* Haldeman, 1842

Planorbella trivolvis, Say, 1817

Subclase Vetigastropoda Salvini-Plawen, 1980

Superfamilia Valvatoidea Gray, 1840

Familia Valvatidae Gray, 1840

Género *Valvata* Müller, 1774

Valvata humeralis Say, 1829

8.2. Descripción de las conchas de moluscos dulceacuícolas de las especies identificadas

8.2.1. Clase Bivalvia

Familia Sphaeriidae

La familia Sphaeriidae es una familia de bivalvos pequeños (2-15 mm), las valvas son de tamaños aproximadamente iguales, se encuentran unidas por un ligamento corto en el margen dorsal, a veces poco desarrollado, las impresiones musculares están desarrolladas y normalmente son oscuras (Herrington, 1962). La charnela de la familia es heterodonta, consiste en dientes cardinales y laterales (anteriores y posteriores). La valva izquierda, tiene dos dientes cardinales y dos laterales, uno anterior y otro posterior; en cuanto a la valva derecha, tiene un diente cardinal y cuatro laterales, dos en cada extremo (anterior y posterior), algunas especies presentan una disposición de dientes diferente (Korniushin, 2006).

Para identificar a nivel de género se observó la dirección del umbo. En las especies que pertenecen al género *Cyclocalyx*, el umbo se dirige hacia el extremo posterior. Por otro lado, en las especies que corresponden al género *Sphaerium*, el umbo se dirige hacia el extremo anterior (Herrington, 1962).

La especie *Cyclocalyx casertanum* tiene una concha pequeña que mide entre 2 y 8 mm de ancho, su forma es subtriangular, como ornamentación tiene pequeños poros y estrías finas concéntricas bien definidas, con más de 8 estrías por milímetro y el sinónimo con que normalmente se encuentra a la especie es *Pisidium casertanum* (Herrington, 1962; Korniuschin, 2006; Taehwan, 2018 com. pers.) (Fig. 28).



Figura 28. *Cyclocalyx casertanum* con vista del exterior (A) y el interior (B) de la concha. Fotografía de Sofía Peláez P.

La especie *Sphaerium (Musculium) lacustre* es un bivalvo que mide alrededor 8 mm de ancho, tiene forma de trapecoide y ornamentación con más de ocho estrías concéntricas finas por mm (Herrington, 1962) (Fig. 29). Se caracteriza por poseer una estructura llamada calycle, que es similar a un capuchón, que se encuentra en el umbo y lo separa de la concha embrionaria (Taehwan, 2018 com. pers).

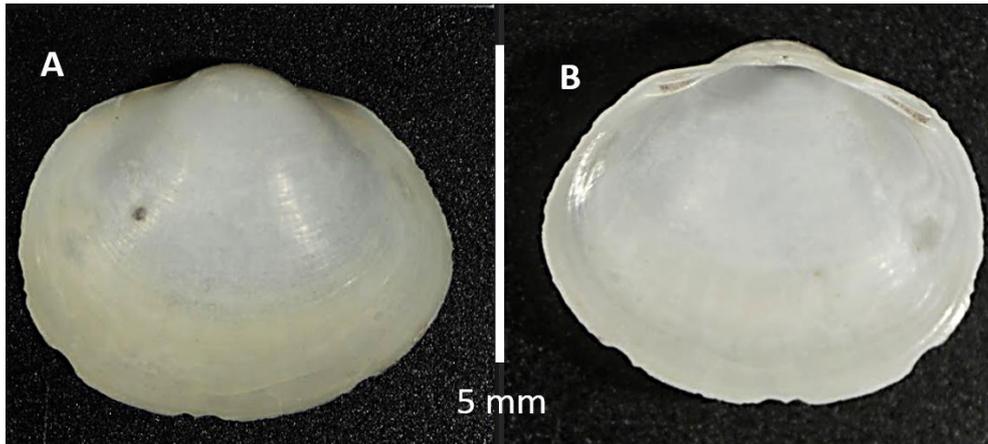


Figura 27. *Sphaerium (Musculium) lacustre* con vista del exterior de la concha (A) e interior de la concha (B). Fotografía de Sofía Peláez P.

La especie *Sphaerium striatinum* tiene una concha que mide entre 8 y 15 mm de ancho, su forma va de ovalada a triangular y de ornamentación posee gruesas estrías concéntricas, es decir, con menos de ocho estrías por milímetro, espaciadas de forma no uniforme, que también están bien marcadas en la región del umbo (Herrington, 1962) (Fig. 30).



Figura 30. *Sphaerium striatinum* con vista del exterior (A) y el interior (B) de la concha. Fotografía de Sofía Peláez P.

Familia Unionidae

La familia Unionidae es un grupo de bivalvos de gran tamaño (5-30 cm), las valvas son de tamaños aproximadamente iguales, se encuentran unidas por un ligamento localizado a lo largo del margen dorsal, las impresiones musculares están desarrolladas; la marca anterior es más prominente y definida que la marca posterior (Williams *et al.*, 2014). La charnela, en la valva izquierda tiene dos

dientes pseudocardinales y cuatro laterales, dos en cada extremo (anterior y posterior); en cambio, la valva derecha tiene un diente pseudocardinal y dos laterales, uno anterior y otro posterior. Por otra parte, algunas especies tienen dientes reducidos o no lo poseen (Williams *et al.*, 2014).

Para identificar al género *Anodonta* fue necesario centrar las observaciones en la charnela, ya que este género se caracteriza por carecer de dientes. Otras características que tiene el género es su escultura fina o lisa y la forma de la concha ovalada (Williams *et al.*, 2014).

La especie *Anodonta impura* tiene una concha frágil, ovalada y el color del periostraco va del marrón al amarillo, y el umbo está a la altura de la charnela (Olivera y Naranjo-García, 2016) (Fig. 31).

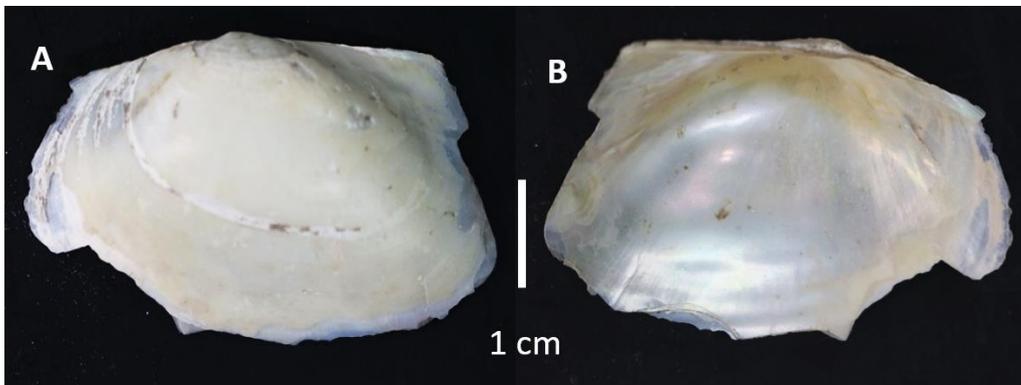


Figura 31. *Anodonta impura* con vista del exterior (A) y el interior (B) de la concha. Fotografía de Sofía Peláez P.

8.2.2. Clase Gastropoda

Familia Lymnaeidae

Los caracoles de la familia Lymnaeidae tienen tallas de 7 a 50 mm, sus formas son diversas: oval elongada, succiforme, globosa, de aguja o de lapa, pero nunca son aplanadas con forma de disco, la dirección de las vueltas es hacia la derecha, la espira es elevada y carece de opérculo (Baker, 1911; Burch y Tottenham, 1980).

La concha del género *Pseudosuccinea* es de tamaño pequeño, mide entre 6 y 12 mm de largo, su forma es succineiforme, la espira es generalmente corta con alrededor de 3 vueltas, la superficie tiene una apariencia de opaca a brillante, la escultura va de muy marcada a solo tener microescultura, la abertura

es ovalada y grande, la cual mide alrededor de $\frac{3}{4}$ del total de la concha; se caracteriza por ser un género monoespecífico, es decir, solo una especie pertenece al género (Baker, 1911).

La concha de *Pseudosuccinea columella* se confunde fácilmente con los succineidos ya que son muy similares, pero se distingue por poseer una marcada microescultura en espiral sobre la superficie de la teleoconcha, llegando a formar una fina retícula (Martínez, 2013) (Fig. 32).

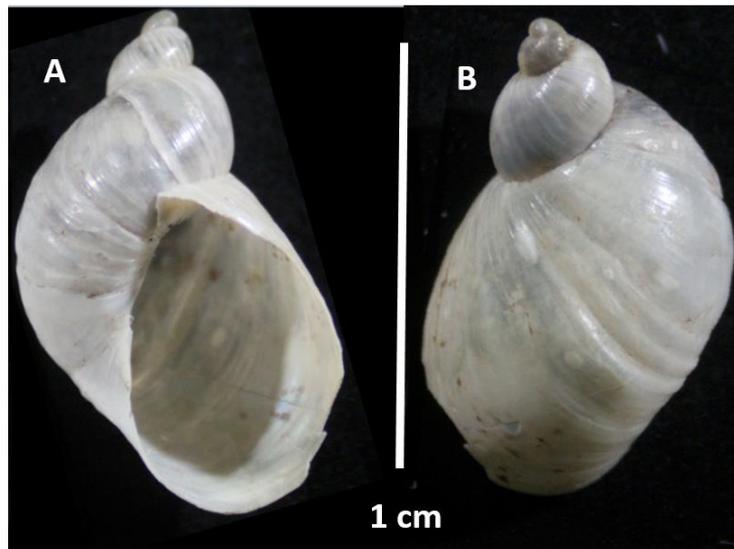


Figura 32. *Pseudosuccinea columella* con vista ventral (A) y dorsal (B) de la concha. Fotografía de Sofía Peláez P.

Familia Planorbidae

La familia Planorbidae contiene organismos de tamaños variables, desde 2 hasta 40 mm de diámetro, la mayoría tiene forma de disco, la dirección de las vueltas es levógira, generalmente las conchas tienen la espira plana o hundida, pero hay unas pocas especies que tienen la espira elevada y carecen de opérculo (Burch y Tottenham, 1980).

En el género *Planorbella*, la concha de los adultos tiene un tamaño mayor a 8 mm de diámetro, su forma es de disco aplanado, la espira es hundida con un máximo de 5 vueltas, el ápice es plano y la superficie varía de opaca a brillante, posee líneas de crecimiento marcadas, puede presentar carinas, y la abertura tiene forma de aurícula. Tomando en cuenta el lado apical, se puede reconocer al género por la formación de un cono truncado, a diferencia del

género *Helisoma*, donde se observa un cono completo, y tampoco es deprimido (cóncavo), como el género *Biomphalaria* (Burch y Tottenham, 1980).

En la especie *Planorbella trivolvis*, la concha de los adultos mide entre 8 y 15 mm, pero hay ejemplares que presentan gigantismo y llegan a medir hasta 25 mm de diámetro (Dillon, 2004), el color es variado y suele ser ámbar, marrón, blanco o gris, la superficie va de brillante a opaca y puede ser translúcida o no. Su ornamentación es marcada, el lado apical tiene una carina marcada, pero el lado del umbilical generalmente no tiene carina o es poco marcada, el ombligo es profundo y amplio. La abertura tiene forma de aurícula y el callo se limita al margen de la abertura, es decir, sin extenderse como en *Helisoma duryi* (Pérez, 2004) (Fig. 33).



Figura 33. *Planorbella trivolvis* con vista del lado apical (A), el lado umbilical (B) y la abertura (C) de la concha. Fotografía de Sofía Peláez P.

Familia Physidae

La familia Physidae tiene tamaños variables de 3 a 40 mm, la concha generalmente es fusiforme a globosa, la dirección del enrollamiento de las vueltas es levógira, todas las especies tienen una espira elevada y carecen de opérculo (Te, 1978; Taylor, 2003).

La concha del género *Physa* es pequeña, mide un máximo de 12 mm de largo, la concha es fusiforme a ovalada, la espira es elevada y tiene de 2 a 3 vueltas, el ápice es redondeado, la ornamentación es poco marcada y en el ápice la ornamentación es inconspicua, la abertura es mayor que 50% de la

longitud de la concha, pero también puede medir casi toda la longitud total de la concha y la sutura del género va de poco marcada a inconspicua (Taylor, 2003). Por otro lado, la concha del género *Physella* mide entre 10 y 25 mm, tiene forma de huso, la espira es elevada y cuenta con alrededor de cuatro vueltas, el ápice es afilado, la superficie va de opaca a brillante, la escultura puede ser marcada a solo tener microescultura y la abertura mide alrededor de $\frac{3}{4}$ del total de la concha (Taylor, 2003).

La especie *Physa* cf. *skinneri* es un molusco muy pequeño y su concha mide entre 2 a 6 mm, su forma es ovalada y estrecha, es decir, no es globosa, de color blanco opaco, con ápice redondeado, la espira tiene dos vueltas, la ornamentación está poco marcada, el callo es una delga banda blanca y la abertura mide un 60% de la longitud de la concha (Burch y Tottenham, 1980) (Fig. 34).

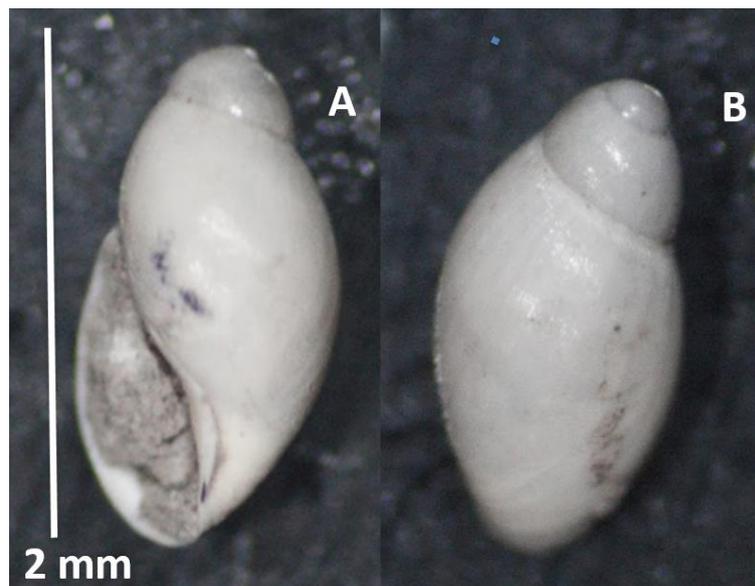


Figura 34. *Physa* cf. *skinneri* con vista ventral (A) y dorsal (B). Fotografía de Sofia Peláez P.

Physella acuta mide entre 12 a 25 mm de largo, la superficie de la concha varía de opaco a brillante, la ornamentación que presenta son líneas de crecimiento finas o marcadas, excepto en la proximidad de la sutura y la abertura, que suelen ser más marcadas que en el resto de la concha. La espira es alta y constituye el 15 % de la longitud total, la abertura es ovalada y amplia,

el callo parietal generalmente es blanco y ancho, y la columela posee un ligero pliegue longitudinal (Núñez, 2011) (Fig. 35).

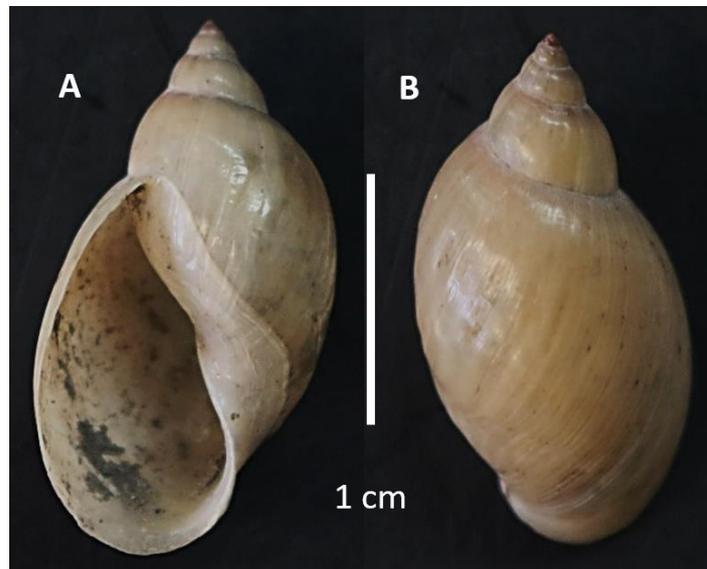


Figura 35. *Physella acuta* con vista ventral (A) y dorsal (B). Fotografía de Sofía Peláez P.

Familia Valvatidae

La familia Valvatidae tiene una concha pequeña, que mide máximo de 8 mm de diámetro, su forma es deprimida, la dirección de las vueltas de la concha es dextrógira, la espira puede ser elevada, plana o poco hundida, tiene un opérculo multiespiral (Burch y Tottenham 1980) y en América solo se distribuye el género *Valvata* (Strong *et al.*, 2008; Thompson, 2011).

La concha de la especie *Valvata humeralis* mide máximo 5 mm de diámetro, posee líneas de crecimiento finas y carece de carinas, la espira se encuentra un poco elevada, por encima de la última vuelta y tiene una leve coloración verde pálido (Burch y Tottenham, 1980) (Fig. 36).

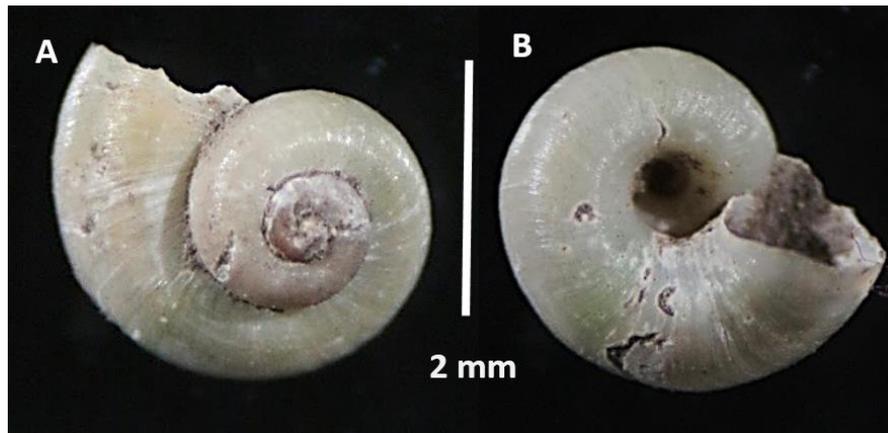


Figura 36. *Valvata humeralis* con vista del lado apical (A) y el lado umbilical (B) de la concha. Fotografía de Sofia Peláez P.

8.3. Distribución actual y registros en México de las especies identificadas

La familia Sphaeriidae se distribuye en todo el mundo excepto en la Antártida, al igual que sus géneros *Cyclocalyx* y *Sphaerium*, tiene una diversidad máxima en la región Holártica (Ellis, 1962; Burch, 1975; Kuiper, 1983). La distribución de la especie *Cyclocalyx casertanum* es cosmopolita (Herrington, 1962). En cuanto a la especie *Sphaerium (Musculium) lacustre* su distribución es principalmente holártica (Sterki, 1916; Zhadin, 1965). Por otro lado, la especie *Sphaerium striatinum* se distribuye en Norte América y Centro América (Herrington, 1962) (Tabla 2).

La familia Unionidae habita en todo el mundo excepto en la Antártida (Bogan, 2008). El género *Anodonta* se distribuye en las regiones Neotropical, Neártica y Paleártica (Graf y Cummings, 2018). Con respecto a la especie *Anodonta impura* su distribución va desde el sur de California, al sur de México (Graf y Cummings, 2018) (Tabla 2).

La familia Lymnaeidae se distribuye en todo el mundo, excepto en la Antártica y el número de especies registradas es mayor en el hemisferio Norte (Strong *et al.*, 2008). La especie *Pseudosuccinea columella* se encuentra ampliamente distribuida, debido a que ha sido introducida en todo el mundo (Malek y Chrosciechowski, 1964) (Tabla 2).

La familia Planorbidae posee una distribución cosmopolita y el género *Planorbella* se distribuye en Norteamérica hasta Perú y en las islas del Caribe (Thompson, 2011). La especie *Planorbella trivolvis* es nativa de Norteamérica,

su distribución natural era del Ártico de Canadá hasta México, pero ha sido introducida en todo el mundo (Dillon, 2018) (Tabla 2).

La familia Physidae tiene una distribución mundial, excepto en la Antártida y en islas remotas (Taylor, 2003). El género *Physa* se distribuye principalmente en Eurasia y en Norteamérica. La especie *Physa skinneri* actualmente se distribuye en el Norte de Estados Unidos, Canadá y Alaska (Taylor, 2003). En cuanto, al género *Physella*, tiene una distribución cosmopolita, debido a que algunas especies han sido introducidas en todo el mundo como en el caso de *Physella acuta* (Dillon *et al.*, 2002) (Tabla 2).

La familia Valvatidae solo se distribuye en el hemisferio norte y el mayor número de especies válidas descritas se sitúan en Eurasia (Strong *et al.*, 2008). La distribución del género *Valvata* es Holártica, sin embargo, hay registros de algunas especies en África del Norte en países como Egipto y Etiopía (Brown, 2005) (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución y registros en México de las especies de moluscos dulceacuícolas identificadas en este trabajo. Nombres y abreviaturas de colecciones citadas: North Carolina State Museum of Natural Sciences (NCMNS), Instituto Smithsonian, Natural Museum Collection Mollusca (Mus. Coll. Mollusca), Florida Museum of Natural History, Invertebrate Zoology Collection (IZ Coll.), Senckenbg. Mus. Frankfurt. Sektion Malakologie (Senckenbg. Mus. - Sek. Mal.), Muséum national d'Histoire naturelle, Collection du Mollusques, Paris, Francia (MNHN- IM) y Colección Malacológica Dr. Antonio García-Cubas (COMA).

Especies	Distribución	Registros en México
<i>Cyclocalyx casertanum</i>	Cosmopolita	Referencias bibliográficas: Cd. México (Pilsbry, 1903) y Lago del Edo. México (Oseguera <i>et al.</i> , 2016).
<i>Spaerium (Musculium) lacustre</i>	Holártica	Edo. México (NCMNS, 1966).
<i>Sphaerium striatinum</i>	De Canadá a Panamá	Referencias bibliográficas: Veracruz (Herrington, 1962) Colección: Veracruz (COMA); Oaxaca (COMA); Edo. Mx. (COMA); Cd. México (COMA).
<i>Anodonta impura</i>	Del sur de California, EE.	Referencias bibliográficas Cd. México (Martens 1890- 1901; Contreras, 1930;

	UU. al sur de México.	Morrison, 1945 [fósil]; Bourgeois, 1948; Jacobson 1952; Hass, 1969). Colecciones: Jalisco (Nat. Mus. Coll. Mollusca, 1093-1908; Senckenbg. Mus. - Sek. Mal., 1929; IZ Coll., 1963, 1970, 1973, 1981, 1989); Cd. México (MNHN- IM, 1894; COMA, 1945).
<i>Pseudosuccinea columella</i>	Nativa de América e introducida en todo el mundo	Referencias bibliográficas: Michoacán (Martens, 1890) Nayarit (Martens, 1899); Tlaxcala (Pérez-Rodríguez y Vicente- Velázquez, 2003); Cd. México (Rivera, 2013); Edo. México y Puebla (Czaja <i>et al.</i> , 2020).
<i>Planorbella trivolvis</i>	Nativa de Norteamérica e introducida en todo el mundo	Referencias bibliográficas: Veracruz (Martens, 1899) Sinaloa (Martens, 1899); Jalisco (Martens, 1899); Guanajuato (Martens, 1899); Cd. México (Martens 1890; Pilsbry, 1920; Contreras, 1930; Morrison, 1945 [fósil]; Jacobson, 1952); Morelos (Paraense y Correa, 1988); Tlaxcala (Pérez-Rodríguez, 1995; Pérez- Rodríguez y Vicente- Velázquez, 2003); Baja California Sur, Durango, Michoacán, San Luis Potosí, Querétaro y Puebla (Czaja <i>et al.</i> , 2020).
<i>Physa</i> cf. <i>skinneri</i>	Centro y Norte de Estados Unidos Canadá, Alaska y Siberia	—
<i>Physella acuta</i>	Nativa de Norteamérica e introducida en todo el mundo	Referencias bibliográficas: Cd. México (Martens 1890; Pilsbry, 1903; Contreras 1917; 1930; Morrison, 1945 [fósil]; Jacobson, 1952; Rivera, 2013); Aguascalientes, Coahuila, Durango y Puebla (Czaja <i>et al.</i> , 2020)
<i>Valvata humeralis</i>	Holártica	Referencias bibliográficas: Cd. México (Pilsbry, 1903); San Luis Potosí (Hinkley, 1907); Michoacán (Baker, 1965). Colecciones: Cd. México (COMA, 1945).

8.4. Especies registradas y fecha de depósito en cada contexto arqueológico

Dentro del Gran Basamento se registró un total de 21 conchas que correspondieron a tres familias y cuatro géneros, de los cuales se identificaron dos especies de la clase Gastropoda y dos especies de la clase Bivalvia (Tabla 3). Para obtener las fechas de depósito de las conchas se decidió utilizar dos métodos de datación: arqueomagnetismo en fragmentos de estuco, para determinar la fecha más antigua y análisis comparativo de cerámica, para obtener la fecha más reciente. A partir de estos métodos se determinó que el momento de depósito fue entre los años 1468 y 1519 d. C. (Guilliem, 2010).

En el Templo Mayor se registraron 190 conchas, que pertenecieron a cinco familias, siete géneros y ocho especies, de las cuales cinco especies fueron de la clase Gastropoda y tres de la clase Bivalvia (Tabla 3). Para determinar las fechas de depósito de las conchas, se realizaron pruebas de arqueomagnetismo en fragmentos de estuco del templo, que dio como resultado un rango de temporalidad de 1326 a 1364 d. C.

En la Caja de Agua se registraron trece conchas pertenecientes a seis familias, siete géneros y siete especies, de las cuales tres especies fueron de bivalvos dulceacuícolas y una marina, otras dos especies fueron de gasterópodos dulceacuícolas y una marina (Tabla 3). Para datar el momento de depósito de las conchas en la Caja de Agua se investigó la fecha de su construcción y su clausura. La primera fecha se determinó a través de la comparación del estilo de diseño pictográfico del mural de la Caja de Agua, el cual sugiere que se construyó entre los años 1560 a 1580 d. C. En cuanto a la fecha de clausura, se determinó con la presencia de material de distribución espacio-temporal limitada, específicamente un fragmento de porcelana estilo Wu Tsai, el cual permite plantear que se clausuró a mediados del siglo XVII (Sánchez de Bustamante, 2017).

Tabla 3. Lista de especies de moluscos dulceacuícolas identificados, número de conchas identificados y la fecha de depósito, en cada contexto arqueológico.

Especies	Templo Gran Basamento		Templo Mayor		Caja de agua	
	No. de conchas	Fecha de depósito	No. de conchas	Fecha de depósito	No. de conchas	Fecha de depósito
<i>Cyclocalyx casertanum</i>	1	1468 a 1519 d. C.	42	1326 a 1364 d. C	1	1560 a mediados del siglo XVII
<i>Sphaerium (Musculium) Lacustre</i>			1			
<i>Sphaerium striatinum</i>	10		56		1	
<i>Anodonta impura</i>					7	
<i>Pseudosuccinea columella</i>			5			
<i>Physa cf. skinneri</i>			1			
<i>Physella acuta</i>	1		8		1	
<i>Planorbella trivolvis</i>	9		49			
<i>Valvata humeralis</i>			2			

9. Discusión

En este estudio se reportaron nueve especies de moluscos dulceacuícolas, de las cuales siete: *Anodonta impura*, *Cyclocalyx casertanum*, *Sphaerium striatinum*, *Physella acuta*, *Planorbella trivolvis*, *Pseudosuccinea columella*, y *Valvata humeralis*, se consideran nativas de la cuenca, ya que poseen registros anteriores, la especie *Sphaerium (Musculium) lacustre* presenta solo un registro en el Estado de México y es el primer registro en la Ciudad de México y la concha identificada como *Physa cf. skinneri*, podría ser el primer registro del país. También se logró datar el momento de depósito de las conchas, que corresponden a las siguientes fechas: en el Templo Gran Basamento las conchas se depositaron entre los años 1468-1519 d. C., en el Templo Mayor sucedió el depósito entre los años 1326-1364 d. C. y en la Caja de Agua el entierro se dio entre los años 1560 y 1660 d. C. Siendo importante, ya que, la datación de las muestras del presente trabajo junto con la evidencia fósil, arqueológica y resiente, que ya existe, sugiere que algunas especies habitaron la cuenca de México desde el Pleistoceno hasta mediados del siglo XX, pero también nos muestra que ciertas especies de las familias Lymnaeidae, Physidae y Planorbidae son capaces de tolerar variaciones y condiciones ambientales

adversas (Valdovinos *et al.* 2004). Asimismo, es importante mencionar que el material conchiliológico se considera nativo de la cuenca de México, esto se sabe porque se han realizado estudios, donde se han analizado el contenido de minerales y materiales orgánicos, de todos los materiales utilizados para construir los contextos arqueológicos y con base a los resultados de los análisis, se ha logrado rastrear la ubicación de los lugares de dónde fueron extraídos los materiales de construcción, y por lo tanto se sabe que los rellenos constructivos son sedimentos de origen lacustre y de la cuenca de México (López *et al.*, 2003).

Clase Bivalvia

La familia Sphaeriidae es el grupo de bivalvos dulceacuícolas más pequeños, tiene una distribución cosmopolita y viven en diversos ambientes (Lee & Foighil, 2003), de dicha familia, sólo se han registrado tres especies en la Ciudad de México: *Cyclocalyx casertanum*, *Sphaerium transversum* y *Sphaerium striatinum* (Contreras- Arqueta, 2000). En este trabajo se identificaron tres especies de la familia Sphaeriidae: *Cyclocalyx casertanum*, *Sphaerium*, *Sphaerium striatinum*, que ya se tenían registrados en la Ciudad de México y *Sphaerium (Musculium) lacustre*, que es un nuevo registro para ciudad.

La especie *Cyclocalyx casertanum* fue la tercera especie de molusco con mayor número de individuos identificados, el segundo bivalvo más abundante, con un registro de 44 conchas y se encontró en las tres exploraciones, lo que indica que vivió en la cuenca durante las fechas de los entierros, 1326-1364, 1468-1519 y 1560-1660 d. C. (Tabla 3), cabe mencionar que, también se cuenta con un registro en Tlalpan, Ciudad de México de 1903 (Pilsbry, 1903) (Tabla 2), lo que sugiere, que esta especie vivió en la cuenca de México por lo menos de 1326 a 1903, última fecha de su registro en la Ciudad de México. Por lo tanto, la presencia del registro de este organismo en diferentes momentos históricos en la cuenca de México, en momentos que sufrió grandes cambios ambientales y su amplia distribución (cosmopolita, Tabla 2), indica que es una especie que tiene la capacidad de adaptarse, a tolerar las variaciones ambientales y de colonizar nuevos ambientes (Lee y Foighil, 2003). *Cyclocalyx casertanum* es la especie de la familia más común en Norte América (Makie, 2007). Si se quisiera hallar a *Cyclocalyx casertanum* se tiene que buscar en sustratos de lodo, arcilla,

grava, o macrófitas, en manantiales, arroyos y lagos (Herrington, 1962; Mackie, 2007), además existe la probabilidad de que *Cyclocalyx casertanum* se encuentre en lagos cercanos a la Ciudad de México, ya que hay registros en los lagos de El Sol y La Luna en el Nevado de Toluca en el Estado de México (Oseguera *et al.* 2016).

En cuanto a, *Sphaerium (Musculium) lacustre* sólo se encontró un ejemplar en el Templo Mayor (fecha de entierro: de 1326 a 1364 d. C.), siendo este el único registro que hay de la especie para la cuenca de México (Tabla 3). Es importante mencionar, que es un bivalvo que tiene una distribución holártica (Tabla 2), y se encuentra ampliamente distribuido en Estados Unidos y Canadá (Mackie, 2007), pero se ha mencionado su distribución podría extenderse a Centroamérica, Sudamérica, Australia y las islas de Hawái (Heard, 1963). A pesar, de que presente una amplia distribución en Estados Unidos y Canadá, en México sólo se ha registrado una vez en el Río Lerma en el Estado de México (Norton, 2019). La ausencia de registros de esta especie se puede deber a la falta de su búsqueda, pero si se quisiera hallar a *Sphaerium (Musculium) lacustre* se tendrá que buscar en estanques, lagos y ríos, siendo más probable de encontrarla en estanques que en aguas corrientes, tomando en cuenta que es una especie que puede habitar profundidades de hasta 12 m (Boycott, 1936; Walter y Kuiper, 1978).

La especie *Sphaerium stratinium* fue el molusco y el bivalvo más abundante con un registro de 57 conchas identificadas, y al igual que *Cyclocalyx casertanum* se encontró en las tres diferentes exploraciones, por lo tanto, *Sphaerium stratinium* habitó la cuenca durante las fechas de los entierros: 1326-1364; 1468-1519 y 1560-1660 d. C. (Tabla 3), hasta 1945, último registro de *Sphaerium stratinium* en Xochimilco, Ciudad de México (Tabla 2). La presencia del registro de este organismo en diferentes periodos históricos y su amplia distribución en todo Norteamérica y Centro América (Mackie, 2007) (Tabla 2), indica que es un organismo que tiene la capacidad de adaptarse a cambios ambientales como la desecación que ocurrió en la cuenca de México. *Sphaerium Striatinium* es la segunda especie de la familia Sphaeriidae más común en Norte América (Makie, 2007), por lo cual, si se busca en México, se

aconsejaría que se buscara en ríos, arroyos, estanques y lagunas, en sustratos duros ya que los prefieren ante los sustratos suaves (Korniushin, 2006).

La familia Unionidae se considera un grupo muy diverso entre los bivalvos de agua dulce y se distribuyen en todos los continentes, excepto en la Antártida (Graf y Cummings, 2007). Actualmente existe el registro de 89 especies en México (Graf y Cummings, 2007) y solo el registro de las especies nativas y endémicas de México: *Anodonta impura* y *Nephronaias aztecorum* en la Ciudad de México (López *et al.*, 2012; Olivera y Naranjo-García, 2016). En este estudio solo se encontró el registro de siete conchas incompletas de la especie *Anodonta impura*, dentro de la Caja de Agua que datan de 1560 a 1660 d. C. (Tabla 3). A pesar, de que solo se encontraron conchas de *Anodonta impura* en la Caja de Agua en este trabajo, existe el registro fósil que perteneció al Pleistoceno en sedimento lacustre de Tláhuac (Morrison, 1945), los registros arqueológicos de *Anodonta impura* en Templo Mayor de Tenochtitlan (López *et al.*, 2012) y de Chalco de los periodos Tolteca temprano y Azteca tardío (Guzmán y Polaco, 2008), además de un registro de 1945 en Xochimilco (Lozada, 2010) (Tabla 2.). Lo cual, nos dice que fue una especie que habitó la cuenca de México desde el Pleistoceno hasta 1945, pero que lamentablemente se encuentra extinta en lo que fue la cuenca de México (Olivera y Naranjo-García, 2016). Hoy en día, se conoce poco de *Anodonta impura* y, con la bibliografía citada en este trabajo no se logró encontrar cuál es su distribución actual en México, pero si se encontraron algunos registros en el país como lo muestra la Tabla 2.

Clase Gastropoda

La familia Lymnaeidae es el grupo de gasterópodos dulceacuícolas anfíbio, que habitan normalmente en la línea de agua, viven en diversos ambientes y tiene una distribución cosmopolita (Baker, 1911). En la Ciudad de México se han registrados las especies: *Ladislavella elodes*, *Lymnaea stagnalis* y *Pseudosuccinea columella* de la familia (Thompson, 2011; Rivera, 2013) (Tabla 1). En este trabajo, sólo se encontraron cinco conchas de la especie *Pseudosuccinea columella* en el Templo Mayo de Tlatelolco (Tabla 3) y el único registro previo que hay de esta especie es del 2013 en la Ciudad de México, en

la reserva del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria (Rivera, 2013; Olivera y Naranjo-García, 2016). A pesar de la ausencia de registros entre los años 1326 y 2013, fecha de depósito de la concha en este trabajo, esta debió habitar la cuenca durante su existencia y durante los cambios que sufrió ya que es una especie que posee una alta adaptabilidad, que le ha permitido colonizar todos los continentes (Malek y Chrosciechowski, 1964) (Tabla 2 y 3). Si se quisiera hallar a *Pseudosuccinea columella* se debe buscar en ambientes lóticos (pueden estar perturbados), muchas veces se le encuentra en la parte superior de las capas de lirios u otro tipo de vegetación y por encima de la línea de agua (Baker, 1911).

La familia Planorbidae tiene una distribución cosmopolita y vive en diversos ambientes (Baker, 1911). En la Ciudad de México se han registrado las especies: *Biomphalaria orbicula*, *Gyraulus parvus*, *Planorbella duryi* *Planorbella trivolvis* (Thompson, 2011; Rivera, 2013) (Tabla 1) y en este trabajo se identificaron 56 conchas pertenecientes a la especie *Planorbella trivolvis*, que representa a la especie de gasterópodo más abundante, el segundo molusco con mayor abundancia y se recolectó en los tres entierros (Tabla 3). *Planorbella trivolvis* es nativa de Norteamérica, pero ha sido introducida en todo el mundo y tiene una gran plasticidad fenotípica, lo que ha conducido a una proliferación de sinónimos, incluyendo: *P. amon*, *P. binnyi*, *P. corpulentum*, *P. intertextum*, *P. Pilsbry*, *P. subcrenatum*, *P. tenue* y *P. truncatum* (Dillon, 2018), en México se ha registrado en 17 estados (Martens 1890; Pilsbry, 1920; Contreras, 1930; Morrison, 1945; Jacobson, 1952; Pérez-Rodríguez, 1995; Pérez- Rodríguez y Vicente- Velázquez, 2003; Czaja *et al.*, 2020), lo cual, indica que es un molusco común en México (Tabla 2). En cuanto a los registros en la cuenca de México, *Planorbella trivolvis* tiene registros que pertenecen a diferentes momentos históricos como: el registro fósil de conchas que pertenecen al Pleistoceno (Morrison, 1945), el registro arqueológico en Teotihuacán (Villanueva, 2009) y en Chalco (Guzmán y Polaco, 2008), y registros en los últimos 130 años en humedales de Xochimilco y Tláhuac (Martens, 1890; Contreras, 1930; Jacobson, 1952). Por lo tanto, los registros tomados en diferentes momentos históricos, indica que *Planorbella trivolvis* habitó la cuenca por lo menos desde el Pleistoceno hasta la última fecha de registro en 1952 (Morrison, 1945; Jacobson,

1952). Esta capacidad de sobrevivir a grandes cambios ambientales y a colonizar nuevos ambientes, se debe a que *Planorbella trivolvis* puede habitar en ambientes limpios o eutróficos, pero sin ocurrir en aguas ácidas y son comunes en cuerpos de agua lóticos (Dillon, 2018). Son hermafroditas y capaces de reproducirse de forma sexual y asexual (Burch 1989), y pueden madurar en pocos meses, por ejemplo; en condiciones de laboratorio maduran en tres meses, poniendo de 20 a 40 huevos por semana a partir de entonces, dependiendo de las condiciones de cultivo (Dillon, 2018).

La familia Physidae tiene una distribución cosmopolita, excepto en la Antártica (Taylor, 2003) y en la Ciudad de México sólo se ha registrado la especie: *Physella acuta* (Tabla 1). En este estudio se identificaron 30 conchas, de las cuales, una perteneció al género *Physa* y 29 al género *Physella*. Del género *Physa* solo se encontró una concha de la especie *Physa cf. skinneri* en el Templo Mayor de Tlatelolco (Tabla 3), este hallazgo destaca sobre los demás ya que es el físido más común en Alaska y Canadá, que vive típicamente en estanques de nieve derretida y no se han visto registros de una población más al sur del estado de Utah en Estados Unidos (Dillon, 2019, com. pers.). Para esta especie se planteó tres hipótesis posibles acerca de su origen. La primera hipótesis, que se planteó es que es un juvenil de otra especie debido al tamaño y porque no se encontraron más ejemplares para comparar, sin embargo, de acuerdo con el Dr. Dillon la concha pertenece a la especie *Physa skinneri*, debido a que cumple con las siguientes características morfológicas de la concha: mide entre 2 a 6 mm, su forma es ovalada y estrecha, es decir, no es globosa, es de color blanco opaco, con ápice redondeado, la espira tiene dos vueltas, la ornamentación está poco marcada, el callo es una delgada banda blanca y la abertura mide un 60% de la longitud de la concha (Taylor, 1954; Burch y Tottenham, 1980). Y de aquí surge la segunda hipótesis, la cual también fue planteada por el Dr. Dillon, donde sugiere que la concha puede pertenecer al pleistoceno, primero porque es una concha que vive normalmente en ambientes fríos, en estanques de nieve derretido y segundo, porque los primeros ejemplares descritos eran fósiles pertenecientes al pleistoceno, posteriormente se encontraron más hallazgos fósiles de la especie y consecutivamente se encontraron ejemplares vivientes (Dillon, 2019, com. pers.). Actualmente, se

sabe que es especie es muy abundante y en el Norte de Estados Unidos y Canadá. por lo que, se puede plantear, que las condiciones ambientales fueron favorables para esta especie durante el Pleistoceno en latitudes más al sur, sugiriendo que es posible su presencia en México durante este periodo (Dillon, 2019, com. pers.). Y la tercera hipótesis que se planteó, es que esa concha fue transportada por un ave migratoria, esto porque hay registros de aves migratorias que viajan de Canadá y Estados Unidos a México, son residente durante el invierno en la Ciudad de México (Olmo y Roldán, 2013), existen registros de estas aves migratorias como factores de dispersión de moluscos, el tamaño (2 mm) de la concha permite que sea fácil su transporte por aves, y aunque no existan registros de esta especie transportada por aves, es común el transporte de moluscos dulceacuícolas mediante aves, por ejemplo; el pato *Anas discordis*, ha transportado a los gasterópodos de la especie *Littoridinops monroensis* (Vázquez *et al.*, 2012) y bivalvos de la especie *Dreissena polymorpha* (Banha *et al.*, 2016); el pato *Anas platyrhynchos* ha transportado a los gasterópodos *Gyraulus albus*, *Anisus vortex* y *Radix balthica* (Van Leeuweny y Van der Velde, 2012), y a los bivalvos *Sphaerium fabale*, *Sphaerium occidentale*, *Musculium lacustre*, *Musculium securis* y *Pisidium casertanum*, los cuales se ha demostrado que usan a los patos como mecanismo de dispersión, sobreviviendo al tracto digestivo del ave (Mackie, 1979), también se ha encontrado en este pato que los huevos de caracol sobreviven al tracto digestivo (Malone, 1965); el ave *Charadrius vociferus*, que ha transportado huevos de caracol, que sobreviven al tracto digestivo (Malone, 1965); y el ave *Plegadis chihí* que se le ha encontrado adherido en las plumas organismos de las familias Physidos, Limneidos y Planorbidos (Roscoe, 1955). En cuanto a mi opinión, pienso que la concha si pertenece a la especie *Physa* cf. *skinneri* y no a un juvenil, por las características que presenta y por la sugerencia del Dr. Dillon, pero también creo que es más probable que la concha haya sido transportada mediante un ave migratoria a que haya sobrevivido durante el pleistoceno, por la información que se puede encontrar, pero si se quisiera corroborar su origen, se tendría que buscar más ejemplares de esta especie o realizar un análisis de carbono 14 a la muestra, pero sería una lástima ya que se tendría que destruir.

Del género *Physella* se identificaron 29 conchas, de las cuales sólo diez se identificaron como *Physella acuta*, éstas se encontraron en los tres contextos arqueológicos, lo cual indica que habitó la cuenca durante las fechas de los entierros: 1326-1364; 1468-1519 y 1560-1660 d. C. (Tabla 3), hasta 2013, último registro (Rivera, 2013). También existen varios registros de esta especie durante el siglo XX, finales del siglo XIX y un registro fósil del Pleistoceno en la Ciudad de México (Martens, 1890; Pilsbry, 1903; Contreras, 1917, 1930; Morrison, 1945; Jacobson, 1952; Rivera, 2013) (Tabla1). *Physella acuta* ha logrado colonizar y sobrevivir a los cambiantes ambientes que ha sufrido la cuenca de México, gracias a que tiene la capacidad de habitar en todas y cada una de las aguas dulces, desde el ecuador hasta las latitudes boreales, alcanzando densidades máximas en ambientes lénticos y especialmente perturbados o eutrofizados (Dillon, 2018b). Al ser un gasterópodo de agua dulce muy común con una alta plasticidad fenotípica y se han producido un gran número de sinónimos como: *P. heterostopha*, *P. virgata*, *P. integra* y *P. cubensis* son la misma especie (Dillon *et al.*, 2002; Wethington y Lydeard, 2007; Wethington *et al.*, 2009; Bousset *et al.*, 2014; 2018a; Ebbs *et al.*, 2018). Además, la introducción de un solo caracol de *Physella acuta* en un cuerpo de agua puede producir cientos de caracoles, debido a que maduran sexualmente entre las 5 y 7 semanas (primero como hembras y después como machos), pueden adoptar el papel masculino o el femenino, logran almacenar el esperma de una pareja, lo que les permite fertilizar óvulos posteriormente o en última instancia pueden autofecundarse (Wethington y Dillon, 1991, 1993, 1997).

La familia Valvatidae es un grupo de gasterópodos muy pequeño, que habita en aguas limpias y frescas, que se distribuye solo en el hemisferio norte (Strong *et al.*, 2008). En México solo se distribuyen las especies *Valvata beltrami* y *Valvata humeralis* (Contreras-Arquieta, 2000; Czaja *et al.*, 2020) y en la Ciudad de México solo existe el registro de *Valvata humeralis* (Olivera y Naranjo-García, 2016). En este estudio se identificaron dos conchas como *Valvata humeralis*, recolectadas en el Templo Mayor, con una fecha de entierro de 1326-1364 (Tabla 3). Anteriormente en la cuenca de México solo existe el registro de Pilsbry en 1903 y el resguardo de ejemplares que se encuentran en la Colección Malacológica Dr. Antonio García-Cubas del ICML-UNAM de 1943, por lo que se

puede pensar que fue una especie que habitó la cuenca hasta 1943. Lamentablemente hoy en día se considera una especie extinta en lo que fue la cuenca de México (Olivera y Naranjo-García, 2016) y además sólo existe dos registros de esta especie en San Luis Potosí (Hinkley, 1907) y Michoacán (Baker, 1965) (Tabla 2). Si se quisiera encontrar se debe buscar en aguas muy limpias y frescas, ya sean cerrados o corrientes, pero prefieren las zonas profundas de los lagos (Heard, 1982; Dillon, 2006).

Las investigaciones acerca de la diversidad y el registro fósil, arqueológico y actual de moluscos dulceacuícolas son importante, ya que nos ofrece un panorama más amplio de cómo se van modificando los ecosistemas, nos da información acerca de las características, las condiciones en las que se encontraba y de la existencia de una gran variedad de microambientes de la cuenca de México. Además, es sustancial conocer la diversidad y las condiciones en las que se encuentran las poblaciones de moluscos dulceacuícolas en México, ya que se considera que Estados Unidos y Canadá alberga la mayor diversidad y el nivel más alto en endemismo, y se cree que México posee una diversidad y nivel endemismo de moluscos dulceacuícolas tan alta como dichos países (Neves et al. 1997; Bouchet y Rocroi 2005). Lamentablemente las especies de moluscos dulceacuícolas, son considerados el grupo de moluscos de mayor susceptibilidad a la extinción debido a factores antropogénicos como la degradación del hábitat, modificaciones físicas y químicas del agua debido a las múltiples formas de contaminación (temperatura, anoxia, Cu, Hg, Zn, etc.), canalización, erosión, sedimentación excesiva, extracción de agua subterránea, impactos asociados en las corrientes superficiales y especies invasoras, son las principales causas de la extinción y disminución de las poblaciones de moluscos dulceacuícolas (Johnson *et al.*, 2013). Lo anterior, se ve reflejado en investigaciones, que han determinado los estados de conservación de moluscos dulceacuícolas, por ejemplo, en México existe un registro de los 193 gasterópodos nativos, de los cuales 9 (4.7%) especies están posiblemente extirpadas, 40 (20.7 %) están en peligro crítico, 30 (15.5 %) están en peligro, 15 (7.8 %) son vulnerables y solo 64 (33.2%) se consideran estables (Czaja *et. al.* 2020). En cuanto a los bivalvos dulceacuícolas no se sabe con exactitud cuantas especies habitan en México y no hay estudios

a cerca del estado de conservación en México. También se puede observar en otras investigaciones que no sólo se encuentran en riesgo las poblaciones de México, en Estados Unidos y Canadá las poblaciones de moluscos, también han sido afectadas (Neves et al. 1997; Bouchet y Rocroi 2005), y de las 703 especies de gasterópodos dulceacuícolas que presentan dichos países, el 74 % de los gasterópodos se encuentran en alguna categoría de amenazado, en peligro, vulnerable o extinto (Jhonson *et al.*, 2013), y de los 297 bivalvos dulceacuícolas nativos de Estados Unidos y Canadá, el 71.7 % se consideran en peligro de extinción y solo el 23.6 % se encuentran actualmente como estables (Williams *et al.*, 1992). Por lo tanto, es evidente que en México falta mucho por explorar acerca de los moluscos dulceacuícolas, ya que todavía hay especies que no han sido registradas y no se sabe mucho de las condiciones de sus poblaciones, si se quiere conservar a estos organismos es necesario promover su estudio.

10. Conclusión

La investigación del presente trabajo sugiere que los moluscos dulceacuícolas encontrados en el relleno de construcción de las pirámides y de la Caja de Agua de la zona arqueológica de Tlatelolco, pertenecieron al antiguo sistema lacustre de México, lugar donde hoy se sitúa la Ciudad de México.

En el estudio se registraron nueve especies de moluscos dulceacuícolas, de la cuales, seis especies: *Anodonta impura*, *Cyclocalyx casertanum*, *Sphaerium striatinum*, *Physella acuta*, *Planorbella trivolvis*, *Pseudosuccinea columella* y *Valvata humeralis* tienen un registro en la Ciudad de México y se consideran nativas de la cuenca, *Sphaerium (Musculium) lacustre*, es un nuevo registro para la Ciudad de México y *Physa cf. skinneri*, podría ser el primer registro para el país.

De las nueve especies de moluscos identificados cinco son especies nativas de Norte América: *Cyclocalyx casertanum*, *Sphaerium striatinum*, *Physella acuta*, *Planorbella trivolvis* y *Pseudosuccinea columella*, y han sido introducidas en todos los continentes; *Valvata humeralis* y *Sphaerium (Musculium) lacustre* tienen una distribución holártica; *Physa skinneri* se distribuye principalmente en Estados Unidos y Canadá y *Anodonta impura* que

es una especie endémica de México y solo se distribuye en México y en el estado de California de Estados Unidos.

El momento de depósito de las conchas de cada construcción corresponde a las siguientes fechas: en el Templo Gran Basamento las conchas se depositaron entre los años 1468-1519 d. C., en el Templo Mayor sucedió el depósito entre los años 1326-1364 d. C. y en la Caja de Agua el entierro se dio entre los años 1560 y 1660 d. C.

La evidencia del registro fósil, arqueológico y actual sugiere algunas de las especies habitaron el lugar desde el Pleistoceno hasta mediados del siglo pasado, además los diversos cambios que ha sufrido el ecosistema muestran la alta adaptabilidad de los moluscos a los cambios climáticos y una alta tolerancia a las variaciones. En cuanto a *Sphaerium (Musculium) lacustre* que no presentaron un registro anterior a este en la Ciudad de México, se puede deber a la escasez de estudios y la especie *Physa* cf. *Skinneri*, se tendrían que realizar más estudios para corroborar un primer registro en México.

En México, falta mucho por explorar de los moluscos dulceacuícolas, empezando por saber que especies hay en el país, cuál es su distribución y su estado conservación en México. Esta información no sólo nos brinda información acerca de la biología de las especies, también es información valiosa que puede ser tomada en cuenta para proyectos de conservación y evitar la disminución de las poblaciones de moluscos dulceacuícolas, siendo importante, ya que se considera que México se encuentra en una región con un alto nivel de diversidad y endemismo, y se cree que México posee una diversidad y nivel endemismo de moluscos dulceacuícolas.

11. Literatura citada

- Alcocer, J. y Escobar-Briones, E. 1992. The aquatic biota of the now extinct lacustrine biota of the Mexico basin. *Freshwater Forum*, 2(3): 171–183.
- Albarrán, M. N. C., Rangel, R. L. J., Gama, C. L. M., Arévalo, C. J. A. Moguel-Ordóñez, E. y Pacheco, F. C. J. 2017. Acute salinity tolerance of native and introduced freshwater gastropods of Tabasco, Mexico. *Hidrobiología*, 27(2):145–151.

- Banha, F., Gimeno, I., Lanao, M. Touy, V., Dyrán, C., Peribáñez, M. 2016. The role of wáter fowl and fishing gear on zebra mussel larvae dispersal. *Biological Invasions*, 18: 115-125.
- Baqueiro-Cárdenas, E. R., Borabe, L., Goldaracena-Islas, C. G. y Rodríguez-Navarro, J. 2007. *Rev. Mex. Biodiv*, 78: 1-7.
- Baker, F. C. 1911. The Lymnaeidae of North and Middle American; Recent and Fossil. *Chicago Academy of Sciences (Special Publication)*, 3: 1–539.
- Blanco, P. A. 2003. Identificación taxonómica de restos arqueozoológicos de un ave. Archivo Técnico de la Dirección de Salvamento Arqueológico, INAH. México.
- Bogan, E. A. 2008. Global diversity of freshwater mussels (Mollusca, Bivalvia) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1): 139–147.
- Boucher, P. y Rocroi, J. P. 2005. Classification and nomenclature of gastropod families. *Malacological International Journal of Malacology*, 47(1–2): 1–397.
- Bourgeois, M. E. 1948. *Anodonta impura* (Say) from Mexico. *Minutes Conchological Club Southern California*, 77: 2–3.
- Bousset, L., Pointier, J. P., David, P. y Jarne, P. 2014. Neither variation loss, nor change in selfing rate is associated with the worldwide invasion of *Physa acuta* from its native North America. *Biological Invasions*, 16: 1769–1783.
- Boycott, A. E. 1936. The habitats of the freshwater Mollusca in Britain. *J. Animal. Ecol.*, 5: 116–186.
- Brown, D. 2005. *Chapter 3. Systematic Synopsis: Prosobranchs*. 43–160. En: Brown, D. (Ed.). *Freshwater Snails of Africa and their Medical Importance*. Taylor y Francis Publisher. Department of Zoology, The Natural History Museum. British.
- Burch, J. B. 1975. Freshwater Sphaeriidae clams (Mollusca: Pelecypoda) of North America. *Malacological Publications*. Michigan, U. S. A.
- Burch, J. B. y Cruz-Reyes, A. 1987 Clave genérica para la identificación de gasterópodos de agua dulce. Instituto de Biología, UNAM. México. 1–47.
- Burch J. B. 1989. North American freshwater snails. Publicaciones malacológicas. *Walkerana*. 41–44.
- Burch, J. B. y Tottenham, J. L. 1980. North American freshwater snails: Species list, ranges, and ilustratios. *Walkerana*. 1: 1–365.
- Coan, E. V. y Valentich-Scott, P. 2006. *Chapter 7. Marine Bivalves*. 339–347. En: Sturn, C. F. y Pears, T. A. (Eds). *The Molluscks: A guide to their Study, Collection*. American Malacological Society. U. S. A.

- Contreras-Arquieta, A. 2000. Bibliografía y lista taxonómica de las especies de moluscos dulceacuícolas en México. *Mexicoa*, 2(1): 40–53.
- Contreras, F. 1917. Observaciones sobre algunos moluscos del Valle y utilidad que presentan. *Boletín de La Dirección de Estudios Biológicos*, 2(1): 3–6.
- Contreras, F. 1930. Moluscos del Lago de Xochimilco, D.F. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM, 1930: 39–46.
- Czaja, A., Meza-Sánchez, I. G., Estrada-Rodríguez, J. L., Romero-Méndez, U., Sáenz-Mata, J., Ávila-Rodríguez, V., Becerra-López, J. L., Estrada-Arellano, J. R., Cardoza-Martínez, G. F., Aguillón-Gutiérrez, D. R., Cordero-Torres, D. G. y Covich, A. P. 2020. The freshwater snails (Mollusca: Gastropoda) of Mexico: updated checklist, endemism hotspots, threats and conservation status. *Sociedad Mexicana de Malacología. México*. 91: e912909
- Dillon, R. T. Jr., Wethington, A. R., Rhett, J. M. y Smith, T. P. 2002. Populations of the European freshwater pulmonate *Physa acuta* are not reproductively isolated from American *Physa heterostropha* or *Physa integra*. *Invert. Biol.*, 121(3): 226–234.
- Dillon, R. T. Jr. 2004. Gigantic pulmonate. Disponible en: <https://fwgna.blogspot.com/2004/11/gigantic-pulmonates.html> [Consultado por última vez: 14/04/2019].
- Dillon, R. T. Jr. 2006. *Freshwater Gastropoda*. 251–259. In: Sturm, C. F., Pearce, T. A. y Valdés, A. (Eds.), *The Mollusks a guide to their study and preservation*. American Malacological Society. U. S. A.
- Dillon, R. T. Jr. 2018. *Helisoma (Planorbella) trivolvis* (Say 1817). Disponible en: http://www.fwgna.org/species/planorbidae/h_trivolvis.html [Consultado por última vez: 14/04/2019].
- Ebbs, E. T., Loker, E. S. y Brant, S. V. 2018. Phylogeny and genetics of the globally invasive snail *Physa acuta* Draparnaud 1805, and its potential to serve as an intermediate host to larval digenetic trematodes. *BMC Evolutionary Biology*, 18(1): 103.
- Ellis, A. E. 1962. British freshwater bivalve molluscs with keys and notes for the identification of the species. *The Linnean Society of London*, 13: 1–92.
- Evans, J. 1972. Land snails in Archaeology. Seminar Press, London and New York. Fischer, P. y H. Crosse. 1870-1900. Études sur les mollusques terrestres et fluviatiles du Mexique et du Guatemala. Mission Scientifique au Mexique et dans l'Amérique Centrale et du Mexique. Imprimerie Nationale, Paris, Septième partie, Tome I, 702 p., Tome II.
- Fernández, A. M. 2012. Phylum Mollusca. 254-260. In: Fernández, A. M. y

- Rivas, G. (Eds.). Niveles de organización en animales. Las prensas de ciencias. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Fournier, Patricia. 1990. *Evidencias Arqueológicas de la Importación de Cerámica en México, con base en los Materiales del exconvento de San Jerónimo. Colección Científica 213*, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- García, J. y Romero, J. R. (1978). *México Tenochtitlan y su Problemática Lacustre*. Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, Cuaderno 21. México. 132.
- García-Cubas, A. 1981. Moluscos de un sistema lagunar tropical en el sur del Golfo de México (Laguna Términos, Campeche). *Anales del Instituto de Ciencias de Mar y Limnología*, UNAM. México. 5: 1–182.
- García-Cubas, A. y Reguero, M. 2004. *Catálogo ilustrado de moluscos gasterópodos del Golfo de México y Mar Caribe*. Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 19–20.
- García-Cubas, A. y Reguero, M. 2007. *Catálogo ilustrado de moluscos bivalvos del Golfo de México y Mar Caribe*. Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 11–16.
- Graf, L. D. y Cummings, S. K. 2007. Review of the systematics and the global diversity of freshwater mussel species (Bivalvia: Unionidae). *Journal of Mollusca Studies*, 73(4): 291-314.
- Graf D. y Cummings, K. 2018. The MUSSEL Project. University of Wisconsin-Stevens Point. The National Science Foundation. Disponible en: <http://mussel-project.uwsp.edu/index.html> [Consultado por última vez: 14/04/2019].
- Guilliem, A. S. 2003. Ofrendas del Templo Mayor de México Tlatelolco. *Arqueología*, INAH, 65-87.
- Guilliem, A. S. 2008a. Exploraciones arqueológicas en 1987-2007 Tlatelolco. *Arqueología Mexicana*, 15(89): 47-52.
- Guilliem, A. S. 2008b. La caja de agua del Colegio de la Santa Cruz de Tlatelolco. *Arqueología Mexicana*, 15(89): 62-65.
- Guilliem, A. S. 2009. Proyecto Tlatelolco 1987-2010, temporada 2009. Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH. México. 8–344.
- Guilliem, A. S. 2010. Proyecto Tlatelolco 1987-2012, temporada 2010. Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH. México. 6–

- Guilliem, A. S. 2011a. Exploración de la Etapa I-II del Templo Mayor, temporada 2011, Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH. México. 5–139.
- Guilliem, A. S. 2011b. Anexos 1 Y 2, informe de datación arqueomagnética. Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH. México.
- Guzmán, A. F. y Polaco, O. J. 2008. Un lugar de jade: sociedad y economía en el antiguo Chalco. Instituto Nacional de Antropología e Historia y University of Pittsburgh. México. 303–326.
- Hass, F. 1969. Superfamilia Unioniacea. *Das Tierreich*. 88: 1–663.
- Heras, M. C. y Martínez. 1992. Glosario terminológico para el estudio de las cerámicas arqueológicas. *Revista Española de Antropología Americana*. España. 22: 17–22.
- Harris, E. C. 1991. *Principios de estratigrafía arqueológica*. Editorial Crítica Barcelona. España. 33–36.
- Heard, W. H. 1963. Survey of the Sphaeriidae (Mollusca: Pelecypoda) of the Southern United States. *Proc. Louisiana Acad. Sci.*, 26: 102–120.
- Heard, W. H. 1982. *Valvatidae*. 67–74. En: Burch, J. B. (Ed.). Freshwater snails (Mollusca: Gastropoda) of North America. Environmental Monitoring and Support Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency. U.S.A.
- Henderson, J. 1929. Non-marine Mollusca of Oregon and Washington. *The Nautilus*. 17:47–190.
- Herrington, H. B. 1962. A revision of the Sphaeriidae of North America (Mollusca: Pelecypoda). *American Midland Naturalist*, 68(2): 1–88.
- Jacobson, M. K. 1952. Some interesting localities on a trip to México. *The Nautilus*, 65(4): 109–114.
- Jhonson, P. D., Bogan, A. M., Brown, K. M., Cordeiro, J. R., Garner, J. T., Harfield, P. D., Lepitizki, D. A. W., Mackie, G. L., Pip, E., Tarpley, T. A., Tiemann, J. S., Whelan, N. V. y Strong, E. E. 2013. Conservation Status of Freshwater Gastropods of Canada and the United States. *Fisheries*, 38 (6): 247–282.
- Korniushin, A. V. 2006. *Non-Unionoid Freshwater Bivalves*. 327–337. En: Sturm, C. F., Pearce, T. A. y Valdés, A. (Eds.). The mollusks. A guide to their study and preservation. American Malacological Society. U.S.A.
- Kuiper, J. G. J. 1983. The Sphaeriidae of Australia. *Basteria*, 47: 3–52.

- Lee, T. y Foighil., D. Ó. 2003. Phylogenetic structure of the Sphaeriidae, a global clade of freshwater bivalve molluscs, inferred from nuclear (ITS-1) and mitochondrial (16S) ribosomal gene sequences. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 137: 245–260.
- López, L. L., Chávez, B. X., Zúñiga, A. B., Aguirre, M. A. y Valentín, M. N. 2012. Un portal al inframundo, Ofrendas de animales sepultados al pie del Templo Mayor de Tenochtitlan. *Estud. cult. Náhuatl*, 44: 9–40.
- López-López, E., Sedeño-Díaz, J. E., Tapia, V. P. y Oliveros, E. 2009. Invasive mollusks *Tarebia granifera* Lamarck, 1822 and *Corbicula fluminea* Müller, 1774 in the Tuxpam and Tecolutla rivers, Mexico: spatial and seasonal distribution patterns. *REABIC*. 4, (3): 435–450.
- López, L. L., Torres, J. y Mountúfar, A. 2003a. Los materiales constructivos del Templo Mayor de Tenochtitlán. *Estud. cult. Náhuatl*, 137–158.
- López, L. L., Torres, J. y Mountúfar, A. 2003b. Tierra, Piedra y Madera para el Templo Mayor de Tenochtitlán. *INAH*. 11 (64): 70–75.
- López, L. L. y Toscana, A. A. 2016. Vulnerabilidad en Tlatelolco a tres décadas de los sismos de 1985. *Política y Cultura, Primavera*, 45: 125–152.
- Lozada, F. O. 2010. Actualización sistemática de los bivalvos de la Colección Malacológica “Dr. Antonio García-Cubas” del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. *Tesis profesional*. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 90, 91, 126, 127, 128 y 129.
- Lydeard, C., Cowie, R. H., Bogan, A. E., Bouchet, P., Cummings, S. K., Frest, T. J. y Thompson, F. G. 2004. The global decline of nonmarine mollusks. *BioScience*, 54(4): 321–330.
- Mackie, G. L. 1979. Dispersal mechanisms Sphaeriidae (Mollusca: Bivalvia). *The Bulletin of the Americana Malacological Union*, 45: 17-21.
- Mackie, L. G. 2007. Biology of Freshwater Corbiculid and Sphaeriid Clams of North America. *Ohio Biological Survey*, 15(3): 209–360.
- Malek, E. A. y Chrosciechowski, P. 1964. Lymnaea (Pseudosuccinea) columella from Venezuela and notes on the distribution of Pseudosuccinea. *Nautilus*, 78: 54–56.
- Malone, C. R. 1965. Dispersal of aquatic gastropods via the intestinal tract of water birds. *Nautilus*, 78: 135–139.
- Martens, E. Von. 1890. *Land and Freshwater Mollusca*. Biological Centrali Americana. i-xxviii: 1-709.
- Martínez, C. M. L. y Rivas, P. 2009. *Paleontología de invertebrados*. Sociedad

- Española de Paleontología e Instituto de Geológico y minero de España. España. 255.
- Martínez, O. A. 2013. Nuevo hallazgo del limneido exótico *Pseudosuccinea columella* (Say, 1817) (Gastropoda: Pulmonata) en la Península Ibérica. *Not. SEM*, 60: 40–42.
- Matos, M. E. 2008. Tlatelolco. *Arqueología Mexicana*, 89: 26–27.
- Morrison, N. P. E. 1945. *Durangonella*, a new Hydrobiine genus from Mexico, with three new species. *The Nautilus*, 59(1): 18–23.
- Naranjo-García, E. y Castillo-Rodríguez, Z. G. 2017. First inventory of the introduced and invasive mollusks in Mexico. *The Nautilus*. 131 (2): 107–126.
- Naranjo-García, E. y Mesa, M. G. 2000. *Moluscos*. 309–404. En: Lanza, E. G., Hernández, P. S. y Carbajal, P. J. L. (Eds.). Organismos indicadores de la calidad de agua Ciudad de México. Instituto de Biología, UNAM. México.
- Naranjo-García E. y Olivera, C. M. T. 2007. *Moluscos dulceacuícolas introducidos en México*. 29–39. En: Ríos, J. E., Esqueda, G. M. C. y Galván, V. C. M. (Eds.). Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México. Sociedad Mexicana de Malacología. México.
- Neves, R. J., A. E. Bogan, J. D. Williams, S. A. Ahlstedt, and P. D. Hartfield. 1997. *Status of aquatic mollusks in the southeastern United States: a downward spiral of diversity*. 43–85. En: G. W. Benz and D. E. Collins, editors (Eds.). Aquatic fauna in peril: the southeastern perspective. Southeast Aquatic Research Institute, Special Publication 1.
- Norton, B. 2019. Colección de moluscos NCSM. Version 1.3. Museo Estatal de Ciencias Naturales de Carolina del Norte. Disponible en: <https://www.gbif.org/occurrence/1438667364> [Consultado por última vez: 14/07/2020].
- Núñez, V. 2011. Revisión de dos especies de Physidae. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(1): 93–108.
- Olivera, M. T. 1994. *Los moluscos en la arqueología*. 55–59. En: Naranjo-García E., Olivera, M. T. y Polaco, O. J. (Eds.). Sociedad Internacional de Malacología y Aplicada. México.
- Olivera, M. T. y Naranjo-García E. 2016. *Moluscos fósiles*. 285–302. En: La Biodiversidad en la Ciudad de México, Volumen I. CONABIO y SEDEMA. México.
- Olmo, L. G. y Roldán, V. E. 2013. *Aves comunes de la Ciudad de México*. CONABIO. México.

- Oseguera L. A., Alcocer, J. y Escobar, B. 2016. Macroinvertebrados bentónicos de dos tropicales de alta montaña en el volcán Nevado de Toluca, en la región central de México. *Hidrobiología*. 26 (3): 419–432.
- Padilla, A. F. y Cuesta, L. A. 2003. *Filo Moluscos*. 47–60. En: A. F. Padilla, y Cuesta, L. A. (Ed.), *Zoología Aplicada*. Ediciones Díaz de Santos, S. A. España.
- Paraense, W.L. & L.R. Correa. 1988. Self-fertilization in the freshwater snails *Helisoma duryi* and *Helisoma trivolvis*. *Memorias del Instituto Oswaldo Cruz*, RJ 83(4): 405-409.
- Pérez, K. E. 2004. *Freshwater Gastropod*. Freshwater Mollusk Conservatio Society. University of Alabana. U. S. A. 2–47.
- Pérez- Rodríguez, R. 1995. Moluscos dulceacuícolas de la Presa de Atlangatepec, Tlaxcala, México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 46: 97–112.
- Pérez- Rodríguez, R. y Vicente- Velázquez, V. 2003. Moluscos de la presa “El Muerto”, Tlaxco, Tlaxcala. (Gastropoda: Pulmonata) y (Pelecypoda: Heterodonta). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* Vol. 1.
- Pilsbry, H. A. 1903. Mexican land and freshwater mollusks. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 55(1903): 761-789.
- Ponder, W. F. y Lindberg, D. R. 2008. *Mollusca Evolution and Phylogeny*. 1–17. En: Ponder, W. F. y Lindberg D. R. (Eds.). *Phylogeny and Evolution of the Mollusca*. University of California Press. U. S. A.
- Renfrew, C. y Bahn, P. 1998. *Archeolog: theories, methods and practice*. Thames y Hudson. U.S.A. 43–62.
- Rivera, G. A. 2013. Malacofauna, terrestre del Pedregal de San Ángel, Núcleo Poniente. *Tesis profesional*. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Ciudad de México. 30–31.
- Roscoe, J. E. 1955. Aquatic snail found attached to feathers of White-faced. *The Wilson Bulletin*, 67(1): 66.
- Sabelli, B. 1982. *Guía de moluscos*. Grijalbo. España.
- Sánchez de Bustamante, L. 2017. Tlatelolco novohispano: espacio de diálogo intercultural. Arqueología e historia de la Caja de agua. *Tesis profesional*. Escuela Nacional de Antropología e Historia. Ciudad de México, México.
- Siméon, R. 1997. *Diccionario de la lengua náhuatl o mexicana, redactado según los documentos impresos y manuscritos más auténticos y precedido de una introducción*. Siglo XXI. México. 674.
- Soler, A. A. M. 2014. Arqueomagnetismo en México 1965-2013. *LatinMag Letters*, 4(4): 1–14.

- Sterki, V. 1916. A preliminary catalog of the North American Sphaeriidae. *Annals of the Carnegie Museum* 10(3-4): 429-477.
- Strong, E. E., Gargominy, O., Ponder, W. F. y Bouchet, P. 2008. Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 149-166.
- Tarbutck, E. J. y Leutgens, F. K. 2005. *Ciencias de la Tierra, una introducción a la geología física*. Prentice Hall, España. 182.
- Taylor, D. W. 2003. Introduction to Physidae (Gastropoda: Hygrophila); biogeography, classification, morphology. *Revista de Biología Tropical*, 51(Suppl. 1): 1-287.
- Te, G. A. 1978. The systematics of the family Physidae (Basokkatophora: Pulmonata). PhD Dissertation, University of Michigan. United State. 325.
- Thompson, F. G. 2011. An annotated checklist and bibliography of the land and freshwater snails of México and Central America. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History*, 50(1): 1-299.
- Vaillant, G. C. 1938. Correlation of Archaeological and Historical Sequences in the Valley of Mexico. *American Anthropologist*, 40(4): 536-573.
- Valdovinos, C., Moya, C. y Olmos, V. 2004. *Biodiversidad de moluscos terrestres en la Ecorregión Valdiviana (Chile)*. 292-306. En: Smith C, J Armesto & C Valdovinos (Ed.). Biodiversidad y ecología de los bosques de la Cordillera de la Costa. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- Valek, V. G. 2000. *Agua reflejo de un valle en el tiempo: historias de la ciencia y la técnica*. Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM. México. 15, 17, 32, 43 y 68.
- Van Leeuwen, C. H. A. y Van der Velde, G. 2012. Prerequisites for flying snails: external transport potential of aquatic snails by waterbirds. *Freshwater Science*, 31: 963-972.
- Vázquez, A. A., Cobian, D., Sánchez, J. y Pointier J. P. 2012. First record of *Littoridinops moranensis*, Frauenfeld, 1863 (Gastropoda. Cochliopidae) in Cuba through a likely natural dispersal evento. *Mollusca Research*, 32 (1), 50-54.
- Villalobos, P. J. A. 2006. ARCHAEO-001 Glosario Ilustrados sobre Urbanismo, Arquitectura y Conservación Arqueológica. Tesis profesional. Escuela Nacional de Antropología e Historia. Ciudad de México, México. 172.
- Villanueva, G. G. 2009. *Malacofauna descubierta en las cuevas*. 1-146. En: Manzanilla N. L. R. (Ed.). El inframundo de Teotihuacán, ocupaciones post-teotihuacanas en los túneles al este de la pirámide del sol. El Colegio Nacional. México.

- Vinarski, M. V. 2013. One, two, or several? How many lymnaeid genera are there? *Ruthenica*, 23(1): 41–58.
- Walter, J. E., & Kuiper, J. G. J. 1978. Über Verbreitung und Ökologie von Sphaeriiden in Zürichsee (Mollusca: Eulamellibrachiata). *Z. Hydrol.*, 40: 60–86.
- Wethington, A. R. y Dillon, R. T. 1991. Sperm storage and evidence for multiple insemination in a natural population of the freshwater snail, *Physa*. *Am. Malac. Bull.* 9:99-102.
- Wethington, A. R. y Dillon, R. T. 1993. Reproductive development in the hermaphroditic freshwater snail, *Physa*, monitored with complementing albino lines. *Proc. Royal Soc. Lond.* 252:109–114.
- Wethington, A. R. y Dillon, R. T. 1996. Gender choice and gender conflict in a non-reciprocally mating simultaneous hermaphrodite, the freshwater snail, *Physa*. *Anim. Behav.* 51:1107–1118.
- Wethington, A. R. y Lydeard, C. 2007. A molecular phylogeny of Physidae (Gastropoda: Basommatophora) based on mitochondrial DNA sequences. *Journal of Molluscan Studies*, 73(3): 241–257.
- Wethington, A. R., Wise, J. y Dillon, R. T. 2009. Genetic and morphological characterization of the Physidae of South Carolina, with description of a new species. *Nautilus*, 123: 282–292.
- Williams, J. D., Bogan, A. E., Butler, R. S., Cummings, K. S., Garner, J. T., Harris, J. L., Johnson, N. A. y Watters, T. 2017. A revised list of the freshwater mussels (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) of the United State and Canada. *Freshwater Biology and Conservation*, 20 (33): 33–58.
- Williams, J. D., Butler, R. S., Warren, G. L. y Johnson, N. A. 2014. *Freshwater mussels of Florida*. The University of Alabama Press. 129–418.
- Williams, J. D., Warren, M. L., Cummings, K. S., Harris, J. L., Neves, R. J. 1992. Conservation Status of Freshwater Mussels of the United States and Canada. *Fishers*, 18 (9): 6–22.
- Zhadin, V. I. 1965. Molluska of fresh and brackish waters of the U.S.R. *Israel Prog. Scient. Transt.* 368.

12. Anexo. Glosario de términos arqueológicos

- Alfarda. Enmarcamiento de escalinata, son los muros que la contienen lateralmente y sigue el desarrollo rampante de la misma (Villalobos, 2006).
- Arqueomagnetismo. Es el estudio de materiales arqueológicos que contienen óxidos de hierro y, por tanto, pueden registrar la variación del campo geomagnético o ser caracterizados mediante experimentos de propiedades magnéticas (Soler, 2014).
- Cala. Estrategia o plan para dirigir la excavación que se caracterizan por ser unidades largas y lineales, que pueden trabajarse de manera homogénea o escalonada, son limitadas en extensión y seccionan la información (Harris, 1991).
- Contexto. Conjunto de objetos que se encuentran dispuestos unos en relación con otros, de tal manera que identifiquen una actividad social realizada en un tiempo y lugar dados (Heras y Martínez, 1992).
- Nivel. Subdivisión del estrato, con una medida no definida (Harris, 1991).
- Estilo. Modo, manera o forma. Carácter especial que el artista o la norma imprime a cada obra durante toda una época (Heras y Martínez, 1992).
- Estrato. Capas paralelas de sedimentos (Tarbuck y Lutgens, 2010).
- Estuco. Se trata de una pasta de cal y arena volcánica muy fina con que se revisten los elementos arquitectónicos, tanto interiores como exteriores, los pisos, las esculturas adosadas y otras partes esculpidas (López, 2003a).
- Relleno. Material que se utilizaba para ampliar los templos, se requerían volúmenes enormes de tierra mezclada con piedra para sepultar la etapa recién clausurada y construir sobre ella la nueva ampliación. Este material se caracteriza por su textura arcillosa, su gran plasticidad, su adherencia y su color café oscuro producto de un alto contenido de materia orgánica (López, 2003b).