
ACTIVIDAD MATEMÁTICA Y ASTRONÓMICA DEL GRUPO OLMECA EN EL SITIO DE LA VENTA

Alberto CAMACHO RÍOS,
Instituto Tecnológico de Chihuahua II, TecNM, México
Bertha Ivonne SÁNCHEZ LUJÁN,
Instituto Tecnológico de Cd. Jiménez, TecNM, México

RESUMEN

Se informa de dos cuestiones fundamentales que comprenden la actividad científica desarrollada por los olmecas, cercana a las etapas del pre-clásico temprano, alrededor de 1750 a.C., y su apogeo durante el pre-clásico medio, entre los 900 a.C. y 400 a.C.

La actividad se examina desde el sistema numérico desarrollado por el grupo indígena, definido por la naturaleza de los números que representan las revoluciones de los planetas que comúnmente observaban.

El análisis parte del estudio geométrico de varios monumentos, de los que sobresale una pirámide cónica levantada cerca del año 1500 a.C., en el sitio de La Venta, ubicado en el extremo oeste del estado de Tabasco, México. Los resultados destacan los conocimientos matemáticos y astronómicos que tenían, hasta ahora poco conocidos.

Palabras clave: olmecas, revoluciones sinódicas, templo-pirámide, sistema numérico vigésimo-trecenal.

OLMECA'S MATHEMATICAL AND ASTRONOMICAL ACTIVITY IN "LA VENTA"

ABSTRACT

Two fundamental issues regarding scientific activity developed by the Olmec are reported, near the stages of Early Pre-classic period, about 1750 BC, and its peak during the Middle Pre-classic period, between 900-400 BC.

The activity is examined from the numeral system developed by the indigenous group, defined by the nature of numbers, which represent the revolutions of planets commonly observed.

The analysis is based on the geometric study of various monuments, especially from a conical-shaped pyramid lifted around the year 1500 BC, on the site of La Venta, located in the west end of the State of Tabasco, Mexico. The results highlight the mathematical and astronomical knowledge they had, little known at present day.

Keywords: Olmec, synodic revolutions, temple-pyramid, Vigesimal-Tridecimal numeral system.

1. MAGNITUDES DE LONGITUD Y ÁREA

Según Jammer (2008:24), las magnitudes elementales de longitud, área y volumen no fueron concebidas *in abstracto* con la pureza de las extensiones espaciales en la forma que actualmente las utilizamos. Para entender la definición original de dichas magnitudes –afirma– habría que generalizarlas, dejando de lado, deliberadamente, *la forma y textura de los objetos por medir*.

Ese punto de vista parte de una postura antropocéntrica limitada a la esfera de consideraciones prácticas, en las que las unidades de longitud devienen a las extremidades del cuerpo humano, partiendo de *cantidades de cosas* que caben en las superficies y capacidades. El ejemplo indiscutible de esta posición es la gran cantidad de *tamaños* asignados a la unidad de medida conocida como *pie*, hasta antes de la definición del Sistema Métrico Decimal.

No hay que olvidar que la magnitud que se asignaba a esa unidad era –en cada país y región– apegada al tamaño del pie del rey, virrey o gobernante en turno. Con el tiempo, ello provocó un caos en las actividades comerciales a nivel mundial, que llevó a los científicos franceses de finales del siglo XIX a normar con un nuevo sistema de medidas la multiplicidad de tamaños asignados a las diferentes magnitudes.

En consecuencia, concibieron la unidad de medida *metro*, como la diezmillonésima parte de un arco de meridiano terrestre. De

aquí que la necesidad de medir condujo, inevitablemente, a la generalización y, por consecuencia, a un modo de pensamiento abstracto, apegado a consideraciones científicas sujetas a la estructura geométrica del planeta Tierra.

1.2. SISTEMA NUMÉRICO VIGÉSIMO-TRECENAL Y MAGNITUDES ASTRONÓMICAS

Cuando iniciamos los primeros trabajos de investigación relacionados con la medición en Mesoamérica, entendíamos esa actividad como una serie de acciones que se relacionaban con las propias mediciones que llevaron a los trazos, levantamiento y edificación de los primeros monumentos, principalmente aquellos de Teotihuacán, de principios de la era cristiana: templos, pirámides, tallas monumentales, edificación de villas, etc. Sus sistemas de medición, incluyendo los instrumentos y el sistema numérico, sólo fincaban *aproximaciones* hacia la realidad astronómica y arqueológica de la visión del mundo compartida por los grupos.

Esta postura la adquirimos de los pocos investigadores que compartían la definición de las unidades de medida mesoamericanas, conocidas como unidades T, el *yollotl* (*corazón*) y el *pie*, como desprendidas de las extremidades del cuerpo humano (Castillo, 1972 y Deohuve, 2011).

Sin embargo, a fuerza de *trasladar* a unidades T las medidas en metros de las plataformas, escaleras y temples de los templos-pirámides de Teotihuacán (El Sol, Tláloc-Huitzilopochtli y La Luna), así como las magnitudes que articulan la cuadrícula original de la villa, utilizando para ello mapas y planos confiables elaborados por distinguidos investigadores mexicanos durante las primeras exploraciones al sitio (Marquina, 1951) –es decir, antes de las restauraciones que con el tiempo sufrirían– observamos una regularidad que se alejaba del *más o menos* de las magnitudes y colocaba las mediciones en un estado de precisión que no dejaba dudas de la existencia de un sistema que admitía instrumentos y un universo numérico estable.

Es así que mostramos las coyunturas de la existencia del Sistema Numérico Vigésimo-Trecenal, que contiene notaciones que fueron forjadas a lo largo de varios siglos por los ingenieros y astrónomos mesoamericanos, para utilizarlo con mayor precisión (Camacho, 2017:86).

Como el nombre lo indica, el sistema surge de los números que hemos llamado el *ordenador* 13 y el *computacional* 20. Es un modelo ordenado, de naturaleza acumulativa y se asemeja bastante al sistema decimal, instalándose como un sistema dinámico de fácil comprensión y utilidad, cuyos números se desprenden de las combinaciones posibles de los enteros positivos, así como de los ya citados 13 y 20.

En este sentido, el sistema es un sub-conjunto de los números racionales, del cual sencillamente se eliminan los enteros negativos, en tanto el cero y el punto decimal no son visibles, pero ostensibles.

Del lado del sistema numérico se encuentra el *Tlalquahuítl*, es decir, el instrumento de medición, que incluye dos fragmentos que le componen: los ya mencionados *yollotl* y *pie*, los cuales miden –en unidades T– 0.333... el primero, y 0.111... el segundo, siendo la medida del *Tlalquahuítl* una unidad T.

El *Tlalquahuítl* contiene tres fragmentos de *yollotl*, mientras que cada uno de éstos se divide en tres segmentos de *pie*, razón por la que se le conocía como *Tlalquahuítl de tres yollotls*. En metros, cada fragmento mide, el *yollotl*: 0.8333 m, el *pie*: 0.2777... m y el *Tlalquahuítl*: 2.50 m. De modo que una longitud de 10 m viene a ser de: $10/2.5 = 4$ unidades T, o bien, un metro es como 0.4 T.

Al igual que los científicos franceses atrajeron el metro-patrón de la diezmillonésima parte del arco del meridiano terrestre, los sabios mesoamericanos atrajeron el primer fragmento del instrumento de medición del centro mismo de su universo planetario. La operación para determinarlo fue dividir las constantes astronómicas, 0.8666... y 2.6 que se desprenden del movimiento planetario, como: $0.8666... / 2.6 = 0.333... T$.

La segunda constante es la proporción entre los movimientos sinódico de 585 días y sidereal de 225 días del planeta Venus, en la expresión numérica utilizada por los grupos mesoamericanos. Es decir: $585 / 225 = 2.6$, mientras que la primera se deduce de dividir esta última por 3, esto es: $2.6 / 3 = 0.8666\dots$

Ambas constantes: 2.6 y 0.8666..., entre otras también importantes, fueron fundamentales en las actividades de observación, y principalmente en la construcción de pirámides, como dejaremos ver más adelante.

La determinación del pie precisó dividir de nuevo por tres el fragmento de *yollotl*. Para llegar a la unidad T fue suficiente con multiplicar por tres al *yollotl* mismo, teniéndose que: $3 \times 0.333\dots = 0.999\dots = 1T$.

Hay que aclarar que el movimiento sinódico de un planeta es el tiempo que tarda para encontrarse en conjunción, es decir, alineado con el Sol y la Tierra, habiendo iniciado su movimiento en esa posición. Mientras que, su ciclo sidereal, es la cantidad de días que el mismo planeta tarda en realizar sobre su órbita un giro de 360 grados sexagesimales. Por ejemplo, para la Luna, las culturas mesoamericanas concebían su movimiento sinódico en 29.5 días, siendo el período sidereal de 27.23077... días.

Sin embargo, en la actividad de la astronomía mesoamericana, la nominación como tal de los tres fragmentos tiene una razón de ser específica; es decir, no sólo sirven para sacar adelante los trazos y el levantamiento de los edificios. Cada fragmento determina un modelo escalar que representa otra unidad de medida que se comprende en *días*. Estos mismos, dependiendo de la escala, representan un día.

Por ejemplo, las magnitudes de la villa de Teotihuacán se midieron y trazaron en unidades T, incluyendo sus fragmentos asociados. Es así que una de las longitudes de la base rectangular de la Plaza de la Luna mide 66.375 T, o simplemente 66.375 días, puesto que en metros es de 165.9375, de donde resulta: $165.9375 / 2.5 = 66.375 T/días$.

Fue así que el sistema de medición surgió de un proceso racional desprendido del movimiento de los planetas, que por su aplicación en la astronomía deviene más útil que el propio Sistema Métrico Decimal. La explicación para entender esto último se encuentra en el amplio conocimiento que los sabios mesoamericanos tenían de las revoluciones de los planetas Venus, Tierra, Marte, Mercurio y de la Luna. Los números que determinan esas revoluciones se muestran evidentes en las medidas de las pirámides y otros monumentos, puesto que su edificación tuvo por objeto servir de instrumento para llevar el *control* del tiempo de los propios movimientos.

No obstante, el sistema de medición se encuentra, desde varios siglos atrás de la era cristiana, en estado de *Institución*, en el que no se perciben procesos y recursos *prácticos* (Jammer, 2008) que lleven a la construcción de los fragmentos, sino que estos últimos se muestran como meros *objetos* que fueron utilizados en las actividades de medición, lo cual es evidente hasta unos cuatro siglos antes de la era cristiana.

Ello indica que la construcción y definición del sistema, desde una postura antropocéntrica, así como su propia evolución, debió ser alcanzada varios siglos atrás. Los monumentos que se analizan enseguida dan cuenta de estas últimas afirmaciones.

1.3. DINAMISMO DEL SISTEMA

1.3.1. La diosa azteca Tlaltecuhтли y un vaso cónico encontrado en Chichén Itzá

Es el caso de la elaboración de monumentos más pequeños, como la talla de la Tlaltecuhтли encontrada en 2006 en el Templo Mayor y elaborada por *talladores* de la cultura azteca alrededor de los años que van de 1470 a 1480. Ésta fue primero diseñada en pies indígenas, mide 13 x 15 (Matos-Moctezuma y López Luján, 2010:39). Para ese monumento, a cada pie le corresponden 20 días, de modo que las magnitudes miden, bajo esa escala, 260 x 300 días.

Observe que las magnitudes en pies fueron multiplicadas por el número computacional 20, quedando los números: 260 que repre-

senta al *año ritual*, cotidiano en las culturas mesoamericanas y 300, que finca la proporción 2.6 con el movimiento sinódico de Marte de 780 días; esto es: $780 / 300 = 2.6$.

Observe también que las magnitudes 260×300 son en proporción con la constante fundamental antes vista: $0.8666\dots$ o bien, su recíproca, $1.153846\dots$. Es decir: $300 / 260 = 15 / 13 = 1.153846\dots$

Ello muestra la cualidad astronómica de las magnitudes y permite establecer una *correlación*, o bien una relación de dependencia con su producto, es decir: $260 \times 300 = 78,000 = 780 \times 100$.

La correlación indica que, cuando Marte ha recorrido 100 revoluciones o sínodos de 780 días, al mismo tiempo han sucedido 300 años rituales de 260 días cada uno, siendo que en ambos transcurso acontecen 78,000 días.

La talla mide, en metros, $4.1666\dots = 25 / 6 \times 3.6111\dots = 65 / 18$.

Para trasladar esas magnitudes a unidades en pies, basta con dividir las, colocándolas previamente en cm, por un pie de $27.777\dots$ cm.

Es decir: $416.666\dots / 27.777\dots = 15$, y $361.111\dots / 27.777\dots = 13$.

El reconocimiento de las magnitudes en días se determina, en este caso, multiplicando por 20 cada una de ellas, lo cual permite distinguirles como *magnitudes astronómicas*.

En casos particulares de monumentos más pequeños, discos solares, o incluso vasijas, como platos, jarrones, estatuillas, códices, entre otros, la simple transformación de metros a *yollotls*, o bien a pies, determina las correspondientes magnitudes astronómicas en días, las cuales se identifican por pertenecer y contener multiplicidades de los números y constantes astronómicas que representan el movimiento de tal o cual planeta.

No obstante, entre más pequeños sean los objetos, la magnitud del pie que divide sus propias magnitudes debe acotarse como

0.2777... cm, puesto que los órdenes de magnitud bajan un nivel semejante a los milímetros en el sistema métrico decimal. En este sentido es que se estaría hablando de un *mili-pie* mesoamericano o también de un *mili-yollotl* de 0.8333 cm.

Por ejemplo, una ofrenda en forma de vaso (Figura 1) fue encontrada durante exploraciones realizadas al Templo de Chac Mool (Morris *et al.*, 1931:184-185), edificado alrededor del año 700 d.C. en Chichén Itzá.

El vaso tiene forma de cono truncado cuyos diámetros de los círculos en los extremos miden: mm, la base, por mm, en la parte del cuello. Cuenta con un bisel donde desplanta el cuello que inicia a los cm de la base, siendo el largo total cm. El vaso fue diseñado y elaborado en jadeita y concha, utilizando como unidad de medida el mili-pie indígena de 0.2777... cm.

Enseguida disponemos las magnitudes en cm, así como su traslación a unidades astronómicas en *días*. Observe que se han dividido estas últimas por un mili-pie de 0.2777... cm.

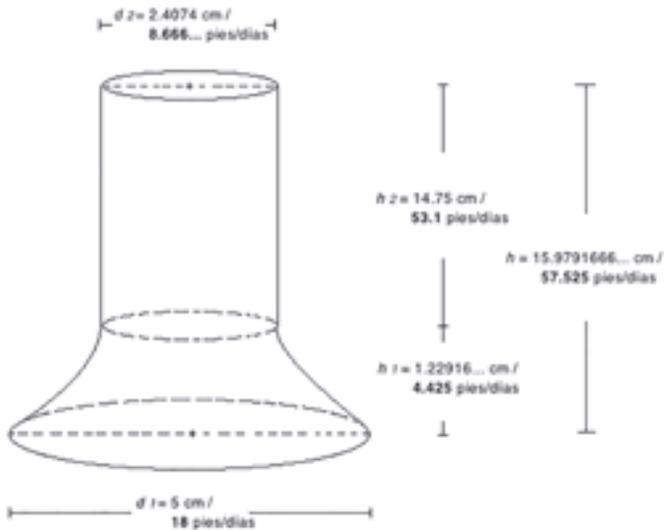
En algunas de las magnitudes se han incluido-excluido en negrillas algunos milímetros, algo así como mm, por exceso o por defecto, adecuando con ello las magnitudes a su realidad astronómica original. Esa inclusión no causa problema a las dimensiones de la vasija, puesto que se pueden considerar dentro de cierta *tolerancia*, posible de especificar, debido al desgaste natural sufrido por la pieza.

$$d_1 = 5.0 / 0.2777... = 18, d_2 = 24.074 / 0.2777... = 8.666...$$

$$h = 15.9791666 / 0.2777... = 57.525, h_1 = 1.229 / 0.2777...$$

$$= 4.425, h_2 = 14.75 / 0.2777... = 53.1.$$

Figura 1. Vasija – Vaso cónico idealizado encontrado durante excavaciones al Templo de Chac Mool en Chichén-Itzá. El diseño no cuenta con escala.



Fuente: Elaboración propia, de acuerdo con la descripción de Morris et al., 1931:184-185.

Es fácil corroborar que las magnitudes 57.525 y 4.425 se encuentran en proporción con el ordenador 13, en la forma: $57.525 / 4.425 = 13$, mientras que las magnitudes 53.1 y 4.425 lo son con el número 12, esto es: $53.1 / 4.425 = 12$, toda vez que la proporción entre los números 57.525 y 53.1, lo son a través de la constante 1.08333..., puesto que: $57.525 / 53.1 = 13 / 12 = 1.08333...$

No obstante, el número 1.08333... resulta ser la proporción entre los movimientos sinódico y sideral de la Luna, esto es: $29.5 / 27.23077 = 1.08333...$

Suponga que se deseara determinar un promedio del área del plano que se forma, utilizando para ello los diámetros y la longitud entre los extremos del vaso.

La media entre ambos diámetros es de: $18 + 8.666... / 2 = 13.333$ días.

El producto de esta magnitud por la altura del vaso determina el área promedio en días para el plano. Ésta es: $13.333... \times 57.525 = 767$ días. La magnitud 767 días correlaciona con los ciclos sinódico y sideral de la Luna, así como con la constante astronómica 2.6, puesto que: $13.333... \times 57.525 = 767 = 29.5 \times 26 = 27.23077... \times 28.1666...$

La información astronómica que el tallador-diseñador ha legado en la elaboración del vaso –vía sus magnitudes– se puede mirar a través del siguiente significado: *En 767 días, la Luna desarrolla 26 recorridos sinódicos de 29.5 días cada uno.*

1.3.2. EL JUB'SOK

Hemos llamado *jub'sok* –que en lengua maya significa *caracol*– al número racional 3.14666... que fue la clave para el diseño y trazo de los círculos concéntricos que llevaron a la construcción de la Torre del edificio conocido como El Caracol, en Chichén Itzá.

Este último se ha simbolizado con la letra π ; a su determinación se llega a través del movimiento sinódico de 29.5 días de la Luna, en la forma: $29.5 / 9.375 = 3.14666...$, donde la magnitud 9.375 m corresponde al diámetro mayor de la plataforma de la base de la Torre del observatorio¹.

El número $\pi = 3.14666...$ tiene la misma función que el irracional (π) y asume diferentes órdenes de magnitud: área, longitud, proporción, etc.

Observe el lector que el área circular de la base del vaso cónico analizado, cuyo radio es de nueve días, se puede calcular a través del número $\pi = 3.14666...$, haciendo las mismas operaciones que se realizan con el número (π), es decir, $A = r^2 \pi$: $A = 9^2 \times 3.14666... = 254.88$ días.

La característica del área circular así calculada, es que correlaciona con los movimientos de la Luna, haciendo interactuar las constantes fundamentales, 2.6, 1.6, 2.25 y 1.08333... en la forma: $254.88 = 27.23077... \times 2.6 \times 1.6 \times 2.25 = 29.5 \times 2.6 \times 1.6 \times 2.25 / 1.08333...$

Además, el área circular –254.88 días– es proporcional al área del plano de 767 días, antes calculada, es decir: $767 / 254.88 = 3$ días.

No obstante, la longitud de la pirámide de la Luna, 57.525 días, dividida por el número = 3.14666... deviene de manera equivalente a medio año solar de 182.8125 días.

Esto es: $57.525 / 3.14666... = 18.2825$ días, lo cual indica la versatilidad del *jub'sok* como enlace entre diferentes magnitudes astronómicas (el año solar mesoamericano fue concebido en 365.625 días, como se muestra más adelante).

De esta manera, el diseño del vaso contiene valiosos registros relacionados con los movimientos del satélite, consignados en las medidas del objeto, que seguramente fueron observados y registrados por los astrónomos mayas.

En los casos anteriores, el lector puede poner en relieve cuestiones importantes que tienen que ver, por ejemplo, con las operaciones aritméticas que los talladores e ingenieros empleaban para los diseños y, con ellas, *impregnar* en las vasijas y monumentos las respectivas revoluciones de los planetas en días.

También se pueden cuestionar los avanzados conocimientos astronómicos y matemáticos que estos grupos tenían en su haber. En realidad, la cuestión más importante que deseamos enfatizar habría que centrarla en la *precisión* empleada por el diseñador para la elaboración de la vasija, puesto que de las medidas se desprenden magnitudes de naturaleza milimétrica difíciles de alcanzar.

Incluso, el grupo de ingenieros del equipo, Morris *et al.* (1931) debieron emplear para la consignación de las medidas un vernier de limitada aproximación a milímetros que ya existían en 1923 cuando fue encontrado el vaso. Lo único que al respecto se puede afirmar,

es que los grupos que pertenecían a la civilización mesoamericana debieron contar con esos conocimientos e instrumentos de medición, semejantes al vernier, desde por lo menos unos 1500 años a.C.

Mostraremos más adelante que el *jub'sok* estuvo presente en la elaboración de los primeros monumentos olmecas, desde unos 1500 años a.C. En el siguiente apartado también señalaremos la colocación del año solar de 365.625 días en las magnitudes de los lados de un monumento olmeca, que fue utilizado bajo esa magnitud a lo largo de la existencia de la civilización mesoamericana.

2. FENÓMENOS ASTRONÓMICOS EN LOS SITIOS OLMECAS DE LA VENTA Y SAN LORENZO

2.1. *Magnitudes astronómicas del movimiento planetario*

Un pequeño monumento fue encontrado por el arqueólogo norteamericano M. Stirling en el año de 1955 en el sitio olmeca de San Lorenzo, Veracruz. El bloque de piedra fue elaborado en basalto y, su superficie, finamente pulida. Fue catalogado con las siglas LZ-1 y representa una escultura múltiple: en sí misma es un torso humano-felino con una serpiente que lo circunda. El torso es aparentemente masculino, grueso, y sobre la espalda se observa una banda vertical en alto relieve, que puede interpretarse como una cola pegada al cuerpo. Las magnitudes del bloque son consignadas por la investigadora en 65 cm de altura por 75 cm de ancho y 75 cm de profundidad (Cypfers, 2004:233), sin mencionarse el peso ni la posible fecha de elaboración.

La utilidad de esos números en la fabricación del monolito es darle una rigidez única, que representa el ideal de la ciencia mesoamericana en la búsqueda de la precisión, principalmente en el contenido astronómico que determinan las magnitudes de los monumentos. El producto de las tres magnitudes: $65 \times 75 \times 75 = 365,625$ establece 1000 años solares de 365.625 días cada uno, así como 625 movimientos sinódicos de 585 días del planeta Venus, 1625 movimientos siderales de 225 días del mismo planeta, 468.75 revoluciones sinódicas de 780

días del planeta Marte y 1406.25 años rituales mesoamericanos de 260 días cada uno.

Las magnitudes de las revoluciones de los planetas ya han sido discutidas (Camacho, 2017:88), incluso, algunas de ellas aparecieron en las propias magnitudes de la talla de la Tlaltecuhtli.

Es el caso del sínodo de Marte de 780 días, presente en el vaso cónico antes analizado. Esa información es posible incorporarla en una sola correlación de la siguiente manera: $365.625 = 365.625 \times 1,000 = 585 \times 625 = 225 \times 1,625 = 780 \times 468.75 = 260 \times 1,406.25$.

En la correlación se distinguen las revoluciones de los planetas, las cuales se pueden colocar en proporción unas con otras, para verificar con ello la existencia de las constantes que aparecieron anteriormente. Por ejemplo, las proporciones que se determinan con los movimientos de Venus y Tierra, es decir: $585 / 225 = 2.6$, $585 / 365.625 = 1.6$.

La correlación muestra que la realidad de la astronomía mesoamericana era estructuralmente rígida, puesto que involucra la mayoría de las revoluciones por ellos observados. El propósito de este escrito es mostrar esa evidencia.

2.2. Gran pirámide

La Venta es un sitio arqueológico ubicado al Noroeste del estado de Tabasco, en las coordenadas 18°05'42" Norte y 94°02'38" Oeste, ubicándose entre los 1 y 10 metros sobre el nivel del mar. Se considera el centro ceremonial y poblacional más importante de la cultura olmeca, cuya ocupación inició –en el pre-clásico temprano– alrededor de 1750 a.C. Llegó a su apogeo durante el pre-clásico medio, entre los 900 a.C. y 400 a.C., y fue abandonado alrededor del 400 a.C. Se encuentra sobre una isla fangosa configurada por el río Tonalá, cercano al Golfo de México. Si bien la isla cuenta una extensión aproximada de 5.2 km², la villa se extiende sobre unas 200 hectáreas.

En el centro de la isla los edificios son de un trazo arquitectónico planificado y crean una plaza en forma de rectángulo irregular,

con una pirámide principal localizada en el centro, cuya superficie exterior tiene diez entradas y diez salidas, que le conceden la forma de un molde *redondeado y ondulado*. La villa cuenta con montículos y monumentos en el Norte y Sur y se han descubierto cuatro cabezas colosales y ocho altares. La pirámide es de forma cónica y es considerada la más antigua del territorio mesoamericano².

La hipótesis principal de la que partimos para su análisis, es que la magnitud original de la altura debió ser múltiplo del *jub'sok*:
 $= 3.14666\dots$

Es decir, llegó a medir realmente los 31.4666...m contra los 31.4 m citados en la página *web*, con un margen de error de 6.666 cm. De igual manera, el diámetro propuesto en dicha página es solamente aproximado, puesto que no se ha medido con precisión, siendo su valor real de $D = 128.2697355$, con un error de 26.97355 cm. Las magnitudes así consideradas tienen un valor específico al centro de las propias magnitudes astronómicas contenidas en la disposición del monumento, como se muestra enseguida.

Bajo los supuestos comentados, la pirámide fue diseñada dentro de un cilindro sostenido en una base circular común (Figura 2). La base tiene por radio $r = D / 2 = 64.134867$ m, de modo que su área, en días, calculada utilizando el número deviene en: $A = 3.14666\dots \times (64.134867)^2 = 12,943.125$ días.

El área de la base –12,943.125 días– es proporcional con los movimientos de Venus y los ciclos sinódico y sidereal de la Luna, incluyendo los dos años lunares. Lo es también con la longitud larga: 57.525 T, de la pirámide de la Luna en Teotihuacán, que para la época en que fue edificado el monumento cónico de la Venta, no existía³.

Esta última magnitud juega un papel importante en el movimiento de la Luna sobre la pirámide, puesto que es múltiplo de la magnitud 383.5 días⁴, que determina un año sinódico, siendo que: $57.525 / 38.35 = 1.5$.

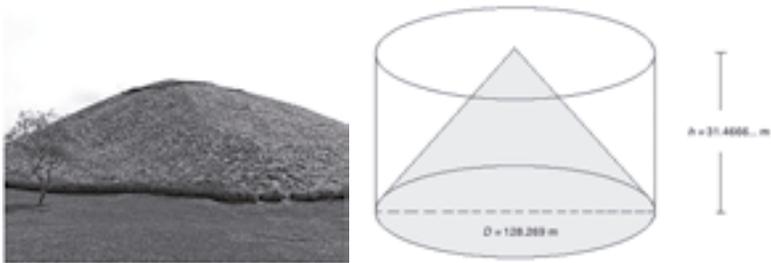
Además, se relaciona de manera equivalente con el año sidereal de 354 días de la Luna y con el año solar de 365.625 días, como se

puede mirar en la siguiente correlación: $12,943.125 = 365.625 \times 35.4 = 383.5 \times 33.75 = 225 \times 57.525 = 585 \times 22.125$.

Figura 2. Pirámide principal en el sitio La Venta, Tabasco.

Izquierda, pirámide principal en el sitio La Venta, Tabasco. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/La_Venta

Derecha, la pirámide simulada por un cono incluida sobre un cilindro con la misma base circular. Fuente: *Elaboración propia*



De acuerdo con estos últimos resultados, el montículo representa un observatorio astronómico sobre el que se verificaban los movimientos de la Luna, teniendo como referentes para el conteo los años solar y ritual, así como los ciclos sinódico y sidereal del planeta Venus. Es un monumento geométrico que representa los conocimientos matemáticos y astronómicos de uso, a los que el grupo olmeca había llegado unos 15 siglos a.C.

Para entender cómo es que ocurren las revoluciones del satélite sobre el monumento, es necesario adecuar la correlación anterior con el año ritual de 260 días y utilizar la constante 1.08333... que les proporciona.

2.3. Pirámide-observatorio

La constante 1.40625 días hace corresponder los años ritual y solar en la proporción: $365.625 / 260 = 1.40625$.

Si enseguida se adecúa la correlación anterior, solamente con la primera parte: $129,431.25 = 365.625 \times 354$, que incluye al año solar, y si esta última se divide por 12, queda una correlación entre el año solar y el movimiento de sinódico de 29.5 días de la Luna, es decir: $10,785.9375 = 365.625 \times 29.5$.

Dividiendo enseguida la correlación anterior por la constante 1.08333..., se llega a otra correlación entre el año solar y el movimiento sidereal de la Luna: $9,556.25 = 365.625 \times 27.23077$.

La correlación con el año ritual y el movimiento sinódico resulta de dividir: $10,785.9375 = 365.625 \times 29.5$, por la constante 1.40625, siendo el resultado: $7,670 = 260 \times 29.5$.

Al dividir la primera correlación: $129,431.25 = 365.625 \times 354$, por la constante 1.40625, se llega a otra en función del año ritual, que involucra a su vez al año sidereal lunar, es decir: $92,040 = 260 \times 354 = 12 \times 29.5$.

De igual manera, si ésta se multiplica por la constante 1.08333..., se logra la correlación entre el año ritual y el año sinódico lunar de 383.5 días, es decir: $99,710.25351 = 260 \times 383.5 = 260 \times 13 \times 29.5$.

De estas últimas se deducen las correspondencias del año solar con los años lunares; éstas son: $140,217.544 = 365.625 \times 383.5$, y $129,431.25 = 365.625 \times 354$.

Para ejemplificar sobre el control del movimiento de la Luna, supuesto por encima del promontorio, se hará tomando de ejemplo la correlación: $7,670 = 260 \times 29.5$, que involucra al año ritual.

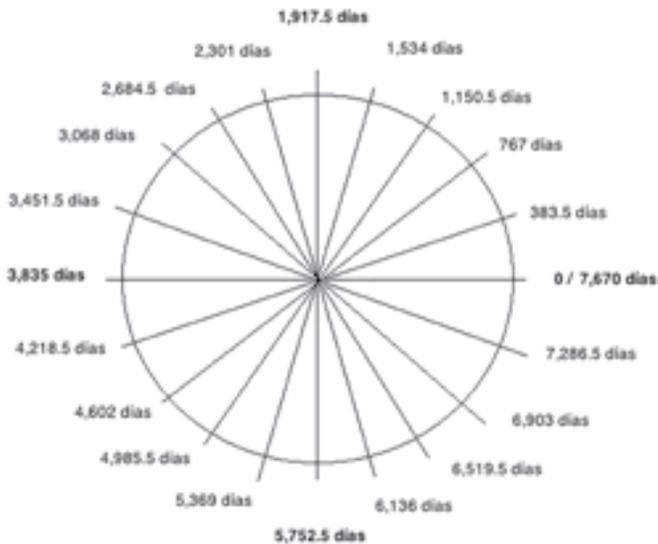
Hemos simulado el movimiento de la Luna sobre la pirámide (Figura 3), dividiéndola en las veinte partes iguales, diez entradas y diez salidas que tiene, las cuales simulan *bajadas de agua* de lluvia o arroyos, colocadas en segmentos simétricos sobre el montículo.

Suponiendo que la Luna inicia su movimiento sinódico en la parte derecha del eje horizontal, de Este a Oeste, en cada segmento

de partición se verifica un movimiento sinódico de 29.5 días, que a su vez determina un año sinódico de 383.5 días. En la práctica, es suficiente conocer el inicio del movimiento sinódico de la Luna sobre el eje 0 días, de modo que 29.5 días después ocurra la coincidencia del movimiento total con el eje determinado por la siguiente bajada de agua.

Figura 3. Planta.

Conteo en días que se corresponden con el año ritual del movimiento angular, así como de los movimientos sinódico y sidereal de la Luna sobre el promontorio cónico.



Fuente: Elaboración propia

El observatorio permite verificar 260 movimientos sinódicos que transcurren en una revolución completa sobre el montículo en 7,670 días, los cuales coinciden con los 20 movimientos determinados por la magnitud de 383.5 días. Observe que el número 260, si bien corresponde al año ritual, en este caso solamente sirve para contabilizar

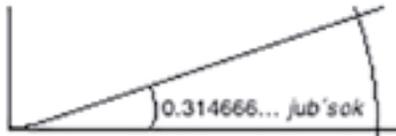
las revoluciones sinódicas. La forma equivalente de mirar el mismo movimiento, cuyo conteo se llevaría con el año solar, es a través de la correlación: $10,785.9375 = 365.625 \times 29.5$.

Advierta que la división en 20 partes del montículo no es casual, puesto que los 360 grados sexagesimales del recorrido total, se parten designando cada segmento circular que determinan las bajadas de agua en 18 grados para cada una de ellas (Figura 4).

Es fácil establecer que al ángulo que subtiende a los arcos de 18 grados, le corresponde un valor en unidades del número *jub'sok* de un décimo del mismo, es decir: $3.14666... / 10 = 0.314666...$ A esa magnitud se llega considerando al *jub'sok* de manera semejante a la proporción que se hace comúnmente con el número (π). Se tiene así la proporción: $180 : 3.14666... :: 18 = 0.314666...$

Figura 4. Partición en 20 segmentos circulares del montículo.

El ángulo que subtiende al segmento circular es de $0.314666... \text{ jub'sok}$.



Fuente: Elaboración propia

Puesto que el área circular de la base, 12,943.125 días, se parte en 20 sectores iguales, se tiene un área para cada sección de: $12,943.125 / 20 = 647.15625$ días, la cual es a su vez proporcional con los movimientos de la Luna, Venus y el año solar. Observe que al dividirla por un año sideral de 354 días, resulta un valor equivalente a un centésimo de medio año solar de 182.8125 días, es decir: $647.15625 / 354 = 1.828125$.

No obstante, tanto el número computacional 20, representado físicamente por las 20 bajadas de agua, así como el ordenador 13,

juegan un papel importante en el modelo correlacional que se deduce del área circular: 12,943.125 días.

Observe que si esta última cifra se divide por 13, resulta un segmento de área proporcional con el año solar, puesto que: $12,943.125 / 13 = 995.625$ días. De donde: $995.625 = 365.625 \times 13 \times 2.723077\dots$ días, siendo que el valor de la proporción $-2.723077\dots$ días– es equivalente con el movimiento sideral del satélite.

Si además el área se divide por el ciclo sideral de Venus, queda una proporción entre el año sinódico de 383.5 días de la Luna y la constante fundamental 1.153846..., es decir: $995.625 = 225 \times 3.835 \times 1.153846\dots$ días.

Ello muestra la rigidez de la estructura geométrica y astronómica del monumento. No obstante, esa rigidez se verifica con certeza con el volumen del material con que fue levantado, como se describe enseguida.

2.4. ESTRUCTURA DEL MOVIMIENTO

El volumen en días del cilindro que contiene a la pirámide es de: $12,943.125 \times 31.4666\dots = 407,277$ días.

Este último se corresponde con los ciclos de la Luna, así como con las magnitudes de los años sinódico y sideral del mismo satélite, de 383.5 y 354 días, en la forma: $407,277 = 383.5 \times 29.5 \times 36 = 354 \times 27.23077 \times 42.25$.

Si enseguida se obtiene el volumen del material con el que fue levantado el monumento, utilizando para ese efecto el *jub'sok* en la forma ya vista, se tiene que: Volumen = $1/3 \times 3.14666\dots \times r^2 \times$ altura.

Es decir: Volumen = $1/3 \times 3.14666\dots \times (64.1348)^2 \times 31.4666\dots = 135,759$ días.

Lo interesante del volumen de la pirámide cónica $-135,759$ días– es que se puede expresar como el producto de los años lunares sinódico y sideral, es decir: $135,759 = 383.5 \times 354$, así como por sus revoluciones mensuales: $135,759 = 29.5 \times 27.23077 \times 195$.

El producto $-135,759 = 383.5 \times 354$ da para reflexionar en la rigurosa estructura con la que fue construida la pirámide, pero, principalmente, en cuestiones más profundas, que tienen que ver con las unidades de capacidad que llevaron a levantar el montículo con los 135.759 m³, de barro, equivalentes al producto entre ambos años lunares: 383.5×354 días.

Si enseguida se retoma el cociente entre los volúmenes del cilindro y el cono: $407,277 / 135,759 = 3$, la magnitud 407,277 días se puede expresar, como: $407,277 = 135,759 \times 3$, cifra en la cual es posible representar al número 3 a partir de constantes fundamentales, en la forma: $3 = 2.6 \times 1.153846\dots$

Cambiando esas constantes en la expresión anterior, así como el valor de 2.6, a partir de la proporción de los movimientos de Venus, resulta: $407,277 = 135,759 \times 2.6 (585 / 225) \times 1.153846\dots$

O bien: $407,277 = 135,759 \times 585 / 225 \times 1.153846\dots$

Multiplicando ambos lados de la expresión por 225, para luego dividir el resto por la constante 1.153846..., queda la correlación: $19,419,015 = 585 \times 383.5 \times 354$.

La magnitud 19,419,015 días finca una Gran Multiplicidad (GM), que agrupa la totalidad de las magnitudes incorporadas en el montículo cónico.

Observe enseguida cómo es que la GM correlaciona con los años solar y ritual, el movimiento sideral de Venus y el propio movimiento sinódico de Marte, incluyendo los años sinódico y sideral de la Luna:

$$19,419,015 = 365.625 \times 383.5 \times 354 \times 1.6$$

$$19,419,015 = 260 \times 383.5 \times 354 \times 2.25$$

$$19,419,015 = 225 \times 383.5 \times 354 \times 2.6$$

$$19,419,015 = 780 \times 383.5 \times 35.4 \times 7.5.$$

CONCLUSIONES

Los conocimientos involucrados en el diseño y levantamiento del montículo cónico, por ejemplo, las magnitudes de longitud, área y volumen, así como el número *jub'sok*, = 3.14666..., son un indicio del amplio conocimiento que el grupo olmeca tenía 15 siglos a.C. de esos conceptos, así como del desarrollo al que habían llevado a la astronomía.

No obstante, en la cultura olmeca se encuentran otros *orígenes* del conocimiento. Principalmente se aprecian modelos geométricos del todo desarrollados: rectas, rectángulos, cuadrados, círculos, arcos de círculo, cuerdas, conos, cilindros circulares, elipses, etc., así como conocimientos fundamentales que involucran las longitudes, áreas y volúmenes, en forma de magnitudes y proporciones a diferentes escalas y, sobre todo, los conocimientos de astronomía a los que dan estructura.

Esos saberes fueron plasmados en diferentes monumentos, como son las cabezas colosales encontradas en la misma región, así como en diferentes tipos de tabletas; es el caso de la Estela C y el Bloque del Cascajal. Cada una de las cabezas colosales representa verdaderas enciclopedias de conocimientos astronómicos.

En tanto, en las estelas se aprecian intentos del grupo por matizar un lenguaje simbólico representacional del sistema numérico vigésimo-trecenal, contrario a lo que investigadores han externado respecto a que ese contenido *representa el producto de un sistema de escritura*. Véase el reporte de Rodríguez *et al.* (2006).

En este escrito hemos intentado mostrar que los principios subyacentes que rigen el comportamiento del universo no fueron privilegio de otras culturas, por ejemplo, la griega y la mesopotámica. Presentamos evidencia de ello, en por lo menos unos 1500 a.C., dentro del grupo olmeca mesoamericano.

La cultura olmeca heredaría a otros grupos el cúmulo de conocimientos que les darían brillo; nos referimos a los teotihuacanos, zapotecas y mayas. Ese esplendor se refleja en la majestuosidad de

sus edificios y monumentos, pero sólo se comprende a partir de la dimensión del conocimiento científico que en ellos todavía se esconde, y no en la mera plástica de su diseño y edificación.

NOTAS

- 1 El lector puede verificar esto último en los mapas del edificio que consigna Ruppert (1935) en su informe sobre la restauración del edificio.
- 2 Según la misma fuente, se edificó formando un montículo de arcilla, que tiene un diámetro medio de 128 m y una altura de 31.4 m (https://es.wikipedia.org/wiki/La_Venta).
- 3 El lector puede verificar la magnitud 57.525 T del lado largo de la pirámide de la Luna en Teotihuacán, en la planta que de esta última se encuentra en la obra de Marquina (1952: 78).
- 4 En lo que sigue se denominará año sinódico a la magnitud que determina los meses lunares, el primero de 383.5 días, mientras que el que determina 12 meses lunares y 13 siderales, es decir, la magnitud de 354 días, se conocerá como año sideral.

BIBLIOGRAFÍA

- CAMACHO, A. (2017). "Astronomical Magnitudes in the Santa María la Asunción Codex", *IOSR-JHSS Journal of Humanities and Social Science*, Vol. 22, núm. 2, pp. 82-92. <http://www.iosrjournals.org/iosr-jhss/papers/Vol.%2022%20Issue2/Version-5/N2202058292.pdf>. DOI: 10.9790/0837-2202058292.
- CASTILLO, V. (1972). "Unidades nahuas de medida", *Estudios de Cultura Náhuatl*, núm. 10, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 195-223.
- DEHOUE, D. (2011). *L'imaginaire des nombres chez les anciens Mexicains*, Francia, Presses Universitaires de Rennes.
- CYPHERS, A. (2004). *Esculturas olmecas de San Lorenzo Tenochtitlán*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- JAMMER, M. (2008). *Concepts d'espace. Une histoire des théories de l'espace en physique*, París, Mathesis-Vrin.
- MARQUINA, I. (1951). *Arquitectura prehispánica*, Memorias del Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, INAH-SEP.

- MATOS-MOCTEZUMA, E. y LÓPEZ, L. (2010). *Escultura monumental mexicana*, México, Fundación Conmemoraciones.
- MORRIS, E.; CHARLOT, J. y AXTEL, A. (1931) *The Temple of the Warriors at Chichén Itzá, Yucatán*, Vol. I, Washington, Carnegie Institution of Washington.
- RODRÍGUEZ, M.; ORTIZ, P.; COE, M.; DIEHL, R.; HOUSTON, S.; TAUBE, K. y DELGADO, A. (2006). "Oldest Writing in the New World", *Science*, Vol. 313, núm. 5793, pp.1610-1614.
- RUPPERT, K. (1935). *The Caracol of Chichén-Itzá*, Washington, Carnegie Institution of Washington.

Alberto CAMACHO RÍOS

Licenciado en la Enseñanza de la Matemática por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, con maestría y doctorado en Matemática Educativa por el Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México. Se encuentra adscrito al Instituto Tecnológico de Chihuahua II, TecNM. Su especialidad es la Enseñanza de la Matemática en el nivel de ingeniería. A lo largo de los últimos tres años realiza investigación sobre el sistema de medición mesoamericano, a través de las magnitudes de los monumentos prehispánicos que aún se conservan. Entre sus últimas publicaciones se encuentran "Astronomical Magnitudes in the Santa María la Asunción Codex", 2017, IOSR Journal of Humanities and Social Science, (22-2):82-92. DOI: <http://www.doi.org/10.9790/0837-2202058292>
Correo Elec.: camachoalberto@hotmail.com

Bertha Ivonne SÁNCHEZ LUJÁN

Doctora en Matemática Educativa por Cicata-IPN. Profesora investigadora en TecNM: Instituto Tecnológico de Cd. Jiménez. Presidenta de la Red de Investigadores Educativos Chihuahua A.C. Miembro del Comité Latinoamericano de Matemática Educativa, miembro del Consejo Mexicano de Investigación Educativa. Líder del Cuerpo Académico "Innovación Educativa y Matemáticas en Nivel Superior" reconocido por Prodep. Acreedora al Premio Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación Chihuahua 2014. Investigadora anfitriona del "Ve-

CAMACHO RÍOS, A. y SÁNCHEZ LUJÁN, B.I.

rano de la Investigación Científica" avalado por la Academia Mexicana de Ciencias. Sus líneas de investigación versan sobre la enseñanza de la matemática a nivel de ingeniería: Orcid <http://orcid.org/0000-0002-3595-8281>
Correo Elec.: ivonnesanchez10@yahoo.com