

Artículo recibido el 7 de mayo de 2018; Aceptado para publicación el 5 de septiembre de 2018

El universo simbólico de los astros como aspecto etnomatemático

The symbolic universe of the stars as an ethnomathematical aspect

Luz Marina Pereira-González.¹

Resumen

En este artículo se presenta un apretado recorrido por Occidente, Mesoamérica y los Andes centrales que devela puntos comunes que llevaron al hombre desde un período temprano de la humanidad a crear un universo simbólico que respondía a su forma de explicar los hechos del mundo circundante y que le permitía predecir el comportamiento de fenómenos que garantizaran su subsistencia. Estos caminos los halló en el firmamento. Su capacidad de raciocinio y de observación, lo llevaron a dar los primeros pasos en la ciencia. Mirando el cielo comenzó a encontrar determinismos y regularidades y a establecer las primeras relaciones entre los hechos del firmamento y los fenómenos mundanos. La comprensión inicial del universo requirió de un registro de datos que dio lugar tanto a la escritura como a los primeros calendarios. Las coincidencias en el desarrollo, los referentes comunes y los hallazgos arqueológicos recientes, dan cuenta de la existencia de un orden subyacente que nació en el seno de cada cultura con el fin de alumbrar la oscuridad del desconocimiento del mundo, comprender, construir, crear, enseñar y sentar las bases, para dar solución a los problemas cotidianos dejando a su paso las huellas indelebles de su proceso de matematización, es decir, de su raíz etnomatemática. Particularmente, la observación de la Luna y el Sol, no sólo dio origen a los calendarios, sino que dio lugar a una serie de códigos simbólicos que se fueron transmitiendo, y recreando, por interacción social, conformando un simbolismo cosmológico cuya influencia es innegable en el desarrollo de la geometría, de la aritmética, de la trigonometría, de la astronomía y del devenir histórico del hombre como ente bio-psico-socio-cultural.

Palabras clave: Universo Simbólico; Cosmología; Astros; Mesoamérica; Calendarios; Etnomatemática.

Abstract

This article presents a close tour for both, West and Mesoamerica and the central Andes that unveils common points that led man from an early period of humanity to create a symbolic universe that responded to his way of explaining facts of surrounding world and that allowed him to predict the behavior of phenomena that guaranteed his subsistence. These roads were found in the firmament. His powers of reasoning and observation led him to take the first steps in science. Looking at the sky he began to find determinisms and regularities and to establish first relations between firmament facts and worldly phenomena. Initial understanding of the universe required data records that gave rise to both, writing and early calendars. The coincidences in the development, common referents and recent archaeological discoveries pointing to the existence of an underlying order that was born within each and every culture in order to illuminate the darkness of the world's ignorance, to understand, to construct, to create, to teach and to lay the foundations, in order to solve daily problems leaving behind indelible traces of their *mathematization process*, that is, their ethnomathematical root. Particularly, Moon and Sun observations not only gave birth to calendars, but also gave rise to a series of symbolic codes that were transmitted and recreated, by social interaction, forming a cosmological symbolism whose influence is undeniable in the development of geometry, arithmetic, trigonometry, astronomy and the historical evolution of man as a bio-psycho-socio-cultural entity.

Keywords: Symbolic Universe; Cosmology; Astros; Mesoamerica; Calendars; Ethnomathematic

¹ Ingeniería en Biotecnología, Universidad Técnica del Norte, Ibarra -Ecuador. Email: lmperreira@utn.edu.ec

1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda constante del hombre por comprender el mundo que le rodea y dar solución plausible a los problemas a los que se va enfrentando en su vida cotidiana, ha determinado a través de su historia su acercamiento a conceptos perfectibles que dan cuenta de una sabiduría cuyas raíces son tan lejanas como fascinantes.

Desde la perspectiva cassireana (Cassirer, 1968), el hombre, a través del tiempo, fue plasmando la infinitud del universo físico en un universo simbólico que le hizo posible la comprensión de los sucesos del entorno circundante. En ese punto de confluencia, la realidad física, inconmensurable en su vastedad, cede terreno a la actividad simbólica del hombre para lograr, a través de procesos de abstracción, plasmarse de forma imperecedera en los vestigios de las huellas históricas de su evolución. Tiene entonces su proceso cultural un basamento simbólico, porque su esencia, su raigambre a lo humano, en cuanto ser racional, nace de su capacidad de interpretar, de abstraer, de sintetizar y de asignar significados.

Paralelo al avance de las matemáticas, y nutriéndose de éstas, desde sus primeros vestigios, el hombre sintió la necesidad de explicar de alguna manera ciertos fenómenos naturales que se escapaban de su control. De esta forma, fue descubriendo por observación que hay sucesos que podían estar asociados con los astros, es así como relaciona la claridad con la presencia del Sol y la oscuridad con la ausencia de éste; la cantidad de luz nocturna con las fases de la Luna y éstas con la fertilidad o esterilidad de la tierra. Posteriormente, se da cuenta de la regularidad de estos eventos y toma consciencia de las implicaciones del transcurso del tiempo.

A medida que avanza, despojado de experiencias precedentes, en un ambiente hostil y desconocido que lo conturba y lo aterra, siente la necesidad de disponer de una forma primitiva para registrar sus conocimientos y transmitir, aún sin lenguaje, sus ideas a otros congéneres. Es así como el hombre prehistórico, hace unos 35.000 años, comienza a realizar sus primeros dibujos en las paredes de las cavernas, (Perret, 1995). Su instinto de supervivencia le obliga a buscar un sistema de referencia que le ayude a orientarse y a conseguir alimento. Comienza entonces a buscar en el cielo las respuestas a sus innumerables vacíos y, de esta forma, empieza a descubrir los primeros asterismos.

2. VINCULACIÓN ETNOMATEMÁTICA DE LOS ASTROS AL UNIVERSO SIMBÓLICO

Una recreación natural de los hechos, sustentada por la lógica, ha llevado a autores como Riquelme y Laín-Calvo (1875/1925) a asegurar que el germen de la astronomía surgió con el hombre y la observación del cielo debió influir en sus primeros pasos en la escritura. La afirmación anterior encuentra sustento en algunos grabados del Paleolítico superior que datan de 30.000 años a.C. (Marshack 1972), como la placa ósea de la Abri Blanchard en Dordogne, Francia; que contenía representaciones de la Luna en sus fases creciente y menguante. A finales de esa Era, unos 20.000 años a.C., se hacían grabados en piedra que contenían representaciones de constelaciones como la Osa Mayor, la Osa Menor o las siete estrellas que conforman las Pléyades, (Martínez, Miralles, Marco y Galadí-Enríquez, 2005). No obstante, el que podría ser el calendario más antiguo del mundo (8000 a.C.) fue descubierto en Aberdeenshire, Escocia (Gaffney et al., 2013), en él se calculaba el paso del tiempo haciendo un seguimiento a los meses lunares e incluía una corrección astronómica anual para mantener el vínculo entre el transcurso del tiempo indicado por las fases de la Luna, el año solar y las estaciones correspondientes. Este hallazgo desplazaría la creencia de que el primer calendario lunar habría surgido en Babilonia y apuntaría a que las observaciones del Sol, la Luna y las estrellas, habrían comenzado en un período temprano de la humanidad. Si estos primeros grabados de fenómenos celestes datan de la era Paleolítica, habría que aceptar que el hombre dio sus primeros pasos en el conocimiento astronómico mucho antes de hacer tales registros.

Para atravesar los desiertos, para la pesca, para determinar el momento adecuado para la siembra y para la recolección de los frutos; para hacer frente a las inundaciones y a los cambios del clima que eran determinantes para la vida, para orientarse durante sus viajes, para realizar sus celebraciones, para conocer la migración estacional de los animales que habrían de servirle de alimento, el hombre necesariamente debió fijar su vista en el cielo y luego compilar, organizar y sistematizar las observaciones realizadas. En estos primeros, pasos tuvo una particular importancia las observaciones de la Luna, ya que la calidad de la luz nocturna depende de sus fases y éstas tienen un comportamiento periódico que fue la clave que permitió originalmente dividir el tiempo en meses y luego en semanas; pero en la

creación de los calendarios no sólo fue determinante observar el cielo, sino medir, de alguna forma, la posición de los astros. Esta interpretación de la realidad, que connota aspectos sociales, culturales, físicos, antropológicos y cosmobiológicos, da cuenta de que el cuerpo de tradición teórica, el universo simbólico, que aporta “*el orden para la aprehensión subjetiva*” (Haba, 1952, p.312), estuvo mediado por la necesidad de avanzar en el conocimiento matemático para lograr, con la comprensión del mundo circundante, incrementar las probabilidades de supervivencia. Esta comprensión, necesariamente, implicó la existencia de conceptos matemáticos como recta, ángulo, distancia, continuidad, proporciones, periodicidad, espacio, órbita, posiciones relativas de dos objetos, cálculo de distancias y estimación de los períodos de retorno del Sol, la Luna y los planetas.

Puede decirse entonces que los astros constituyeron parte fundamental de ese universo simbólico que le permitió al hombre, desde épocas tempranas, alumbrar la oscuridad del desconocimiento del mundo, comprender, construir, crear, enseñar y sentar las bases, para dar solución a los problemas cotidianos dejando, a su paso, las huellas indelebles de su proceso de matematización.

En atención a la luminaria utilizada para el cálculo del tiempo, existieron tres tipos de calendarios: lunares, solares y luni-solares (Bresciano, 2006) que fueron construidos sobre la base de los ciclos astronómicos como la rotación de la tierra sobre su eje (días), los períodos correspondientes a las fases lunares (meses) y la traslación de la Tierra alrededor del Sol (año). En particular, en el calendario civil egipcio el día del Año Nuevo, conocido como “*la apertura del año*” (Brier, 2008), era sincronizado el 21 de junio con el amanecer helíaco de Sotis (nombre dado a la estrella Sirius) tras sesenta días de invisibilidad, y fue el primero calendario conocido de origen solar (3000-2800 a.C). El hecho de iniciar el año con el orto helíaco de una estrella, también liga su nacimiento a la astronomía, reforzando la relación entre el universo simbólico de los astros y la matemática subyacente en los calendarios.

En Mesoamérica (Chavero, 1876; Girard, 1948) tanto los mayas (siglo III a.C) como los aztecas (siglo XIV) utilizaron entre sus calendarios, de origen olmeca, los de tipo solar con ciclos anuales de 365 días; y en los Andes centrales, los incas (Zuidema, 1966; Aveni y Brotherston, 1983) utilizaron un calendario lunisolar, de 360 días organizados en 12 meses

con un decimotercer mes intercalado cada 3 años, y ubicaron el inicio del año en el solsticio de junio. La introducción de estas correcciones evidencia que poseían el conocimiento del desfase existente entre la posición del sol y el registro calendárico imperante y la concepción de que los años tenían un inicio dependiente de las posiciones celestiales de los astros connota claramente la existencia de una escala de razón.

Por su parte, la concepción del cero en la cultura maya no sólo aporta un elemento matemático de vital importancia, sino que está ligado a la cosmovisión del universo simbólico, en tanto cierre de ciclo, que asume la forma dialéctica de principio-fin (Ortiz-Franco y Magaña, 1973). La observación del movimiento del Sol durante el día permitió a los mayas entender el principio filosófico que unió su concepción del mundo con la matemática: *“un mismo símbolo toma diferentes valores dependiendo del sitio en que se encuentre en el cosmos”* (Cabrera, 1995, p. 214). Estas observaciones del cielo fueron transferidas al pensamiento matemático estableciendo niveles valorativos, de abajo hacia arriba, pero sin categoría jerárquica de importancia y, con base en el movimiento de rotación de la tierra y la inclinación de ésta con respecto al Sol, lograron escribir los números con el uso de un sistema en base veinte, en el que daban a cada número un valor según la posición ocupada en la columna donde estaba situado (Duque Sánchez, 2013). La importancia de esta cosmovisión maya radica en que no consideraron el cero como vacío, unido al concepto de ausencia, sino, por el contrario, le asignaron el significado de plenitud, de generación de vida, *“como la unidad matemática que está completa y pasa a ser una nueva categoría”* (Rodríguez Raigoza, 2016, p.46). Lo relevante de esta concepción es que el surgimiento de una nueva categoría no requiere la destrucción de la anterior sino construye algo nuevo a partir de lo precedente (Cabrera, 1995). Este concepto resuena con el principio dialógico del Pensamiento Complejo de Edgar Morin (2001) y la categoría de autoorganización de carácter autopoiético de Maturana (1997), lo que indica a todas luces que la forma como se concibió la matemática en esta civilización también tuvo un carácter epistémico-gnoseológico que se evidencia en su universo simbólico.

La astrología occidental, por su parte, tiene su origen en la astrología del Cercano Oriente. Los primeros registros de los que se tiene conocimiento, se encontraron en escritura cuneiforme, en tablillas de arcilla halladas en Mesopotamia hacia el 2100 a.C (Amorim

Machado de, 2012). En Nínive, ciudad a orillas del río Tigris, fue hallada la Tablilla de Venus Ammisaduqa, (Iglesias y Vives, 2010; Reiner y Pingree, 1975). La “*Tablilla 63*”, como también es conocida, pertenece a la “*Enuma Anu Enlil*”, una obra mayor dedicada a la astrología, que contiene una copia de las observaciones sobre el orto helíaco del planeta Venus (aparición del planeta por el Este tras el período de invisibilidad), correspondientes al siglo XVII a.C. La información contenida en esta tablilla representa un aporte incuestionable, pues ha permitido fijar la cronología absoluta de la antigua Babilonia y es una clara muestra de que, mucho antes de que la ciencia naciera en forma rigurosa, el hombre había encontrado el camino para escrutar los misterios del cielo y que ese nivel de precisión sólo fue posible gracias a sus tempranos procesos de matematización.

Para Rogers (1998), el jefe de la división Júpiter de la Asociación Astronómica de Gran Bretaña, en el mapa del cielo de la antigua Babilonia las constelaciones tenían dos roles: uno de ellos era personificar a los dioses y sus símbolos para propósitos religiosos, especialmente en el zodíaco; y el otro, representar en el cielo las actividades rústicas, los animales y, a la vez, proporcionar un calendario agrícola. En todo este período, que abarca casi 3000 años, la presencia del simbolismo astrológico estuvo unida a la observación astronómica de los planetas, las luminarias y las constelaciones, y da cuenta de los objetos-símbolo y las metáforas existentes en la astrología y los signos zodiacales que aparecieron en las últimas fases. Desde esta perspectiva, el universo simbólico de los astros podría entenderse como un sistema de codificación de la realidad que si bien estuvo permeado por la cosmovisión de cada cultura, por una parte, posee un innegable valor semántico que lo constituye el hecho de apoyarse en significantes colectivos; y por la otra, el reagrupamiento en constelaciones producto de la observación de las estrellas y de la armonización entre los calendarios, la geometría y la aritmética (Guinard, 1999-2003) eleva el símbolo astrológico a un nivel de “permanencia transhistórica” y transcultural (Guinard, 1999-2003; Durand, 1985, Aurigemma, 1976).

A pesar de que en Babilonia se dan los primeros pasos en la astrología, es en el Egipto y en la Grecia helenísticos es donde se desarrolla la astrología horoscópica (Gramaglia, 2006); pero dado que para su nacimiento fue preciso antes el desarrollo de la astronomía matemática, tal como afirma Tester (1990), ésta no podría remontarse más allá del siglo IV

a.C. y su verdadero florecimiento debe reconocerse como obra de los griegos. Sin embargo, no se puede decir que la astrología haya nacido en Grecia, pues es un hecho conocido que los griegos no tenían como dioses al Sol, la Luna o los planetas.

3. APORTES DE OCCIDENTE A LA EVOLUCIÓN DE LA ASTRONOMÍA

Con auxilio de la arqueoastronomía, y puesto que la astronomía y la astrología tuvieron una raíz común, se puede inferir que la diseminación de la astrología puede haber tomado una ruta cultural que partió de los caldeos, llegó a los egipcios, luego a los fenicios, a los griegos, a los romanos y de éstos a las demás civilizaciones, conformando un simbolismo cosmológico que se nutrió del desarrollo de la geometría y ejerció una influencia innegable en el devenir histórico del hombre como ente bio-psico-socio-cultural.

La astronomía mesopotámica fue principalmente descriptiva (Tester, 1990). Las observaciones precisas y tabuladas no debieron surgir antes de 700 a.C y se refirieron, en su mayoría, exclusivamente a la Luna, los eclipses y los movimientos planetarios. Esto lo corrobora el hecho de que Ptolomeo en el siglo II d.C. se quejara de la ausencia de observaciones confiables. Sin embargo, hacia el 1000 a.C se produce en Mesopotamia un importante aporte astrológico con la obra de literatura profética conocida como *Enuma Anu Enlil* que contenía predicciones para la nación, el rey y los príncipes y en la que se describían con exactitud algunos fenómenos celestes como los eclipses de la Luna y el Sol (Filoramo, 2001; Prat Ferrer, 2008). Por su parte, la astrología egipcia prácticamente no tuvo vinculación con la astronomía matemática de la era helenística y, según Neugebauer (1969), su mayor aportación parece haber sido el calendario.

Las evidencias que han sobrevivido, indican que para los griegos las matemáticas constituían la clave para la comprensión del universo y, siendo así, tiene sentido que hayan sido desarrolladas para dar soluciones prácticas a problemas derivados de otras áreas. No resulta entonces sorprendente la afirmación de Ptolomeo en relación a que la trigonometría hubiese sido creada para dar soporte a la astronomía; ya que tanto en el período clásico como en el alejandrino, las matemáticas, entre otras áreas, comprendían la aritmética, la geometría y la astronomía, (Kline, 1992). El aporte de los griegos a la astronomía fue mayormente teórico y se dio, principalmente, en el campo de la interpretación simbólica. Entre otros, algunos matemáticos griegos que contribuyeron de forma decidida al avance

del conocimiento astronómico, fueron: Pitágoras (VI a.C) con la concepción del pensamiento matemático como una herramienta para explorar la armonía y belleza del universo (Guzmán Ozámis, 2001); Anaximandro (611/610-547/546 a.C) con la construcción del gnomon, el estudio de los giros solares y la oblicuidad de la eclíptica (Gregory, 2016; Góngora, 1976) ; Tales de Mileto (624- 548/545 a.C) con la predicción de eclipses y el descubrimiento del uso de la Constelación de la Osa Menor para la navegación nocturna (Díaz Gómez, 2002); Cleostrato de Tenedos (520-432 a.C), a quien se atribuye haber reconocido los doce signos del zodiaco; Eudoxo (408-355 a.C) con su concepción estrictamente matemática de las esferas homocéntricas desde la visión platónica del mundo (Bares Partal, 1996); Platón (427-347 a.C.) con su obra astronómica el Timeo en la que reta a “*salvar los fenómenos*”, (Platón, 360 a.C/2016); Aristóteles (384-322 a.C) con el reconocimiento de la posibilidad de una ciencia astronómica y la concepción de un mundo supralunar formado por los astros y el Primer Motor, siendo estos divinos e incorruptibles, que se constituyó en un paradigma astronómico en la Edad Media; Heráclides de Ponto (388-310 a.C), quien partiendo de su concepción geocéntrica, plantea la hipótesis de que Mercurio y Venus no se mueven alrededor de la Tierra, sino alrededor del Sol (Coronado, 2011); Aristarco de Samos (310-230 a.C) quien explicó las fases de la luna; propuso el modelo heliocéntrico concibiendo al Sol como el centro del universo y, sobre la base de la geometría euclídea, realizó el primer intento eficaz para medir la distancia del Sol y la Luna desde la Tierra, (Valenzuela Vila, 2010; Coronado, 2011); Hiparco de Nicea (190-120 a.C), quien construyó un observatorio astronómico, tomó mediciones del Sol, la Luna y los planetas, determinó el ángulo de la eclíptica (Kline, 1992), hizo un catálogo de estrellas, descubrió la precesión de los equinoccios y la diferencia entre el año sideral y el tropical (Neugebauer, 1975); Hiparco, como padre de la trigonometría (influenciada por el estilo babilónico) al aplicarla en la astronomía griega, logró transformar a esta última de una ciencia teórica a una ciencia predictiva y práctica (Matheus Vargas, 2013); Apolonio de Perge (262 - 190 a. C.), creador de la astronomía matemática cuantitativa, determinó los puntos en los que los planetas permanecen estacionarios para iniciar su movimiento aparente de retrogradación, (Kline, *Op. Cit.*).

Mención especial debe hacerse al gran compilador de la astronomía matemática griega el

astrónomo Ptolomeo (100-170 d.C.) (Mínguez, 1995), quien con su tratado de trece libros que conforman el *Almagesto* y las mejoras allí planteadas sobre varios temas astronómicos, influyó de gran manera las concepciones ulteriores del Universo.

No podría afirmarse, sin embargo, que el origen de la astronomía en Grecia date del siglo VI a.C; ya que, en algunos versos de la *Odisea*, Homero hace referencia a las constelaciones y cómo éstas sirven de guía para la navegación: “*sus párpados el sueño no consienten:/ El ojo siempre fijo está observando/ Las Pléyades y Bootes el tardío,/ y las Osa que, siempre a Orión siguiendo...*”, (Homero, siglo VIII a.C./1851, p.120). También Hesiodo (700 a.C. /1964) en su obra “*El trabajo y los días*”, hace alusión a diferentes constelaciones y a la estrella Sirius, para indicar el tiempo de recoger las cosechas.

4. PRESENCIA DEL SIMBOLISMO ASTRAL EN MESOAMÉRICA Y EN LOS ANDES CENTRALES

En Mesoamérica, término acuñado por Kirchoff (1943/2009), México resulta ser el epicentro donde florecen las civilizaciones antiguas. Para Bernal (1960), la civilización Mesoamericana nace en el Valle de Oaxaca y la zona olmeca, siendo esta última, a su parecer, la cuna original, entre 600 y 300 a.C.; pero sólo incluye bajo denominación de culturas a aquellas que tuvieron manejo de escritura y de principios científicos, al menos, de matemáticas y astronomía. Sin embargo, según datos arqueológicos, en Mesoamérica los asentamientos humanos primarios, que corresponden a los olmeca, se encontraron en San Lorenzo, y datan de 1600-1500 a.C, (Florescano, 2007).

Los olmecas, fueron fundadores del centro ceremonial La Venta, en Tabasco (900-400a.C.), (Lowe, 1998), desarrollaron un lenguaje simbólico y lo resumieron en el “*mito de la creación del cosmos que domina el imaginario colectivo de Mesoamérica*” y luego lo “*grabaron indeleblemente en el trazo y los monumentos de su ciudad, transformándola en un código de piedra*”, (Florescano, 2012, p.27). Además, levantaron un complejo arquitectónico constituido por varias edificaciones que corresponde al primer centro con características urbanas encontrado en Mesoamérica. Hacia el 400 a. C., la cultura olmeca había desarrollado la escritura, la astronomía, el calendario de 360 días y un año solar de 365 días, (Delgado de Cantú, 2002).

Los edificios construidos por los olmecas en La Venta y los zapotecas (600 a. C-800 d.C),

en Monte Albán (sur de Oaxaca), los del centro ceremonial Uaxactún (328-899 d.C.), República de Guatemala (Arellano, 1988), los existentes en la ciudad de Copán en Honduras, reconocida como la Alejandría del mundo maya por alcanzar notables progresos astronómicos y matemáticos; los de la ciudad sagrada del Chichén-Itzá en la Península de Yucatán, México (Šprajc y Sánchez Nava, 2013); y otros grandes centros ceremoniales como Teotihuacán (200-750 d.C) y El Tajín (250-1150 d.C) tienen orientaciones que denotan claramente la influencia astronómica presente en sus construcciones, vinculadas a símbolos del “*poder regenerativo de la naturaleza*” y al “*poder vivificador de la muerte*”, respectivamente, Tomasini (2013). Se encontraban alineados en la dirección norte-sur, que corresponde al desplazamiento del Sol durante seis meses del año: Día a día, el punto de salida del Sol va variando en su movimiento anual norte-sur, y se sitúa ligeramente desplazado respecto a su posición de salida del día anterior. Ese recorrido aparente del Sol sobre el horizonte, toca uno de sus puntos extremos hacia el 21 de junio cuando el Sol alcanza el punto máximo de su recorrido hacia el norte. Adicionalmente, los lados de las construcciones consideradas sagradas por estos pobladores de Mesoamérica estaban orientados en correspondencia a los puntos cardinales. Todas estas estructuras constituyen claras muestras de que la matemática constituyó el soporte de la astronomía y que ambas estuvieron presentes en la evolución de estas culturas.

Más allá de los restos arqueológicos encontrados, de las culturas mesoamericanas queda un testimonio plasmado en códices que da cuenta de sus visiones particulares del mundo, su organización política, cultural, su religión y sus avances en la construcción del conocimiento. En estos códices, existen símbolos recurrentes como el Sol, Venus, la Luna, las Pléyades, los cometas, las constelaciones y denota un particular interés en el caso de los eclipses. La creencia arraigada en estas culturas era que el Sol desempeñaba el rol de ser dador de vida; pero que al mismo tiempo, estaba “*siempre al riesgo de debilitarse y sucumbir*”, (León-Portilla, 1995). Y fue precisamente esa concepción de opuestos lo que llevó a los pobladores mesoamericanos a rendir cultos y ofrendas al astro rey, implorando su permanencia y, con ella, el orden perfecto del universo.

En función de los ciclos solares que observaba, el hombre de Mesoamérica construyó su calendario en el que se establecían los ciclos agrícolas y el augurio para los días en que

podrían darse momentos para eventos propicios o adversos. Comienza entonces a darse, más allá de un conocimiento astronómico, un significado simbólico en el intento por develar los secretos del universo y su influencia sobre los habitantes de la Tierra.

Para los mayas clásicos (250-950 d.C.), posiblemente como cultura heredada de los olmecas, el guión escrito en el cielo no era menos importante. De hecho, en los códices hallados, entre ellos el de Dresde, se puede comprobar que conocían y se interesaban en el estudio de los planetas, sus ciclos y posiciones. Las inscripciones durante este período colocan al descubierto un complejo sistema de conteo de las lunaciones que algunos autores han comparado con los calendarios babilónicos de los antiguos griegos y fue la base para elaborar la tabla, incluida en el Códice de Dresde, que permite predecir la ocurrencia de eclipses (Iwaniszewski, 2016). Particularmente, se ha comprobado que las orientaciones de las estructuras arquitectónicas en la Isla de Cozumel (ocupada en el Preclásico Tardío) no sólo tenían un basamento astronómico relacionado con las salidas y puestas del Sol sino también con las posiciones extremas de la Luna llena que se presenta en la cercanía de los solsticios, de forma que las edificaciones construidas cumplían la función de calendarios observacionales compuestos fundamentalmente por múltiplos de 13 y 20 días (Šprajc, 2016), que se corresponde con las 260 unidades del *Tzolkin* (13x20), que constituía el calendario de base ritual, organizado en 20 trecenas, el cual, partiendo de un inicio común, luego de 52 años (13x4) lograba sincronizarse con el *haab*, calendario de base solar de 365 días (Galindo Trejo, 2016). Es importante resaltar que los cuatro colores existentes en el calendario solar se corresponden con los cuatro puntos cardinales y con los cuatro elementos imperantes en la astrología (fuego, aire, tierra y agua) y que en la estructura del *Tzolkin* “*las salidas y puestas de Sol separadas por intervalos de 13 días y sus múltiplos se producían en las fechas con el mismo numeral*” (Šprajc, 2016, p.65).

Por su parte, los aztecas, asentados en el centro y sur del México actual, que alcanzaron su máximo esplendor entre 1200 y 1521 d.C., realizaron mediciones precisas de las revoluciones sinódicas del Sol la Luna, Marte y Venus, estudiaron los eclipses y alcanzaron conocimientos meteorológicos, (Cardona, 2013).

En cuanto a los incas (1100-1532 d. C.), habitantes del territorio conocido como Tahuantinsuyo, dividieron su imperio en cuatro partes que representaban los cuatro

caminos reales o “*suyus*”, los cuales constituían una cuatripartición definida por líneas que representaban el movimiento del Sol durante el año y que fungían como miras astronómicas. El primer eje con dirección oeste-suroeste denotaba los puntos del recorrido realizado por el sol entre su orto en el solsticio de junio y su ocaso en el solsticio de diciembre; mientras que el segundo eje, con dirección noroeste-sureste, indicaba el recorrido del Sol desde su puesta en el solsticio de junio y su salida en el solsticio de diciembre (Miño Garcés, 1994).

Para (Kirchoff, 1943/2009), las culturas desarrolladas en Ecuador y al norte del Perú, no serían otra cosa que el resultado de la difusión de la cultura Mesoamericana; sin embargo, hace un par de décadas la antropóloga y arqueóloga peruana Ruth Shady Solís (1997), realizó hallazgos que corresponderían al período Arcaico Tardío (3000-1500 a.C), (Shady Solís, 1997); pero a diferencia de aquéllas, que enriquecieron sus diversos procesos culturales gracias a la interacción que existió entre ellas, la de Caral-Supe habría sido una civilización que se desarrolló en completo aislamiento, (Shady Solís, 2006). Con base en sus investigaciones, considera que la sociedad de Supe poseía avanzados conocimientos en ciencia y tecnología, que le permitió lograr avances significativos en el aprovechamiento de los recursos, entre ellos, la construcción de las primeras ciudades planificadas del nuevo mundo, y que este proceso se habría dado entre 2900 y 2000 a. C, (Shady Solís, 2005): “*Usaron la aritmética y geometría en el diseño y construcción de grandes edificaciones y en la construcción de canales de riego. Realizaron estudios astronómicos y elaboraron calendarios para ejecutar las diversas actividades sociales*”, (Shady Solís, 2006, p. 26). Según estos hallazgos, la Olmeca pasaría a ser entonces la segunda civilización que se habría desarrollado en América y habría aparecido unos 1500 años después de la Caral-Supe, (Shady Solís, 2006). Este patrón común en la alineación de estructuras arquitectónicas, cargado de un simbolismo con características rituales, que respondía básicamente a los movimientos del Sol y la Luna, otorgó a la geometría esa connotación sagrada que tuvieron los calendarios en las diferentes culturas de América.

5. EL UNIVERSO SIMBÓLICO DE LOS ASTROS

El apretado recorrido anterior por Occidente, Mesoamérica y los Andes centrales, presenta sin duda puntos comunes que llevaron al hombre, en su proceso de culturización, a buscar

vías para predecir el comportamiento de fenómenos que le permitieran su subsistencia. Estos caminos los halló en el firmamento. Su capacidad de raciocinio y de observación, le permitieron dar sus primeros pasos en la ciencia. Unos con más prudencia y dedicación, otros con más instinto y agudeza, pero todos con la necesidad básica de conocer, y de alguna forma predecir, las fuerzas perturbadoras de la naturaleza.

A este proceso también se unió la creencia de que, de la misma forma en que podían ser anticipados los comportamientos de los ciclos para sus cosechas, podía ser posible encontrar una relación entre los eventos del cielo y los sucesos que determinan la vida de los hombres. Así nace la astrología en todas las culturas, usando como soporte para su desarrollo a la astronomía y ésta a la física y a las matemáticas.

Adicionalmente, para poder interpretar la influencia de los astros en el destino de los hombres, fue necesario el desarrollo de una geometría simbólica. Poseer el conocimiento de esta conexión constituía una cuota de poder que era reservada a las cúpulas religiosas y a los sabios. Con esta aplicación, las matemáticas, más allá de representar la ejemplificación de la perfección y la armonía, entraban a formar parte de los recintos sagrados reservados a aquello que posee la explicación de lo que para algunos resulta inexplicable.

El valor de estos símbolos, expresados a través del mito y el rito, constituyeron para el desarrollo cultural del hombre su raigambre a lo humano, su huella imperecedera en el tiempo, la prueba de que no pudo (ni puede) vivir escindido del símbolo porque su pensamiento, su esencia, su fibra humana, posee, en palabras de Mèlich (1998, p.61), una “necesidad simbólica”.

Reconocer esta necesidad, es también aceptar que

“el universo se ordena en una geometría simbólica y según una escala de valores que atribuye un lugar a cada elemento, tanto espiritual como material. Si ese lugar está claramente determinado, el elemento que se le atribuye es a la vez uno y múltiple: siendo él mismo, es al propio tiempo una parte del Todo, del que encubre sus cualidades y su secreto. Entre el mundo y cada elemento existen afinidades, correspondencias. Por ello, ocuparse de un aspecto específico de la creación significa, al propio tiempo, enfrentarse con el universo entero”, (Kappler, 2004, p.18).

Este simbolismo imbricado en la naturaleza humana, requiere de un significado que haya sido aceptado por convención. El símbolo sólo puede ser comprendido por el hombre. El

signo, por el contrario, “*representa a un objeto, pero no lo hace bajo todos los aspectos, sino que está en lugar de él sólo con referencia a una suerte de idea. A esta idea Peirce la llama fundamento del representamen*” (Walde Moheno von der, 1990, p.91). En ese fundamento, en el sentido platónico de esencia, hay sin duda una forma representacional al momento en que la idea es captada: el “*fundamento*” queda evidenciado en la reproducción del concepto, pero a su vez está permeado por la interpretación del receptor, de tal forma que una idea jamás podría ser aprehendida de forma idéntica a como ha sido concebida por el emisor.

Debido a ello, el principio del simbolismo es universal y posee una aplicabilidad general; pero no se caracteriza, como lo hace el signo, por su uniformidad sino por su variabilidad, (Cassirer, 1968). Cuando se hace inteligible el sentido del símbolo, como llave que abre paso a la representación del mundo, entra en escena la concepción del espacio abstracto y, con ella, la posibilidad de ubicar un objeto en relación a otros objetos y determinar su posición individual dentro de un sistema general.

El simbolismo nace como vehículo de comunicación, de la necesidad del hombre de compartir sus ideas con otros. Sobre esta concepción básica, la escritura, que fue avanzando desde los jeroglíficos hasta adquirir reglas gramaticales y de sintaxis, hizo posible el surgimiento de los idiomas. La astrología en su bagaje simbólico no posee referente idiomático, ello hace que pueda ser catalogada como una escritura semasiográfica (Gleb, 1976; Montexano, 2014), que puede ser comprendida por cualquier persona conocedora de su valor ideográfico. En ella, la fuerza de la semejanza se impone sobre el carácter diferencial, (Navarrete Franco, 1997), que connota la naturaleza de un alfabeto.

Aunque en la antigüedad la astronomía y la astrología tuvieron una cuna común, con el paso del tiempo la astronomía evolucionó para convertirse en ciencia y la astrología fue a parar en un lugar impreciso, entre el arte y el misticismo, siendo reconocida generalmente como una pseudociencia. A pesar de que los astrónomos han llegado a convertirse en los detractores más férreos de la astrología en la actualidad, hay algunos puntos sobre los que cabe llamar la atención: 1) La obra astrológica de mayor impacto en la antigüedad, por su concepción científica, fue el Tetrabiblos del astrónomo Ptolomeo, quien fuera el mismo autor del Almagesto, tratado de astronomía escrito en el siglo II, que mantuvo su vigencia

por trece siglos (Tester, 1990); y 2) La astrología “murió” a comienzos del siglo XVII, pero a finales del siglo XIX, una combinación de las culturas orientales y de la tradición esotérica occidental, la hizo renacer como el ave fénix en un mundo post-racional, para volver desde el sincretismo a posicionarse con fuerza en el siglo XX. En palabras de Mazzucchelli (2013), quien concibe a la astrología como una “*máquina de asemejar*”:

“De hecho, aunque los hombres no se ponen de acuerdo acerca de lo que es, algo interesante tiene que haber en la astrología, si ha seguido viva a pesar de que murió definitivamente ya dos veces -entre los años 500 y 1200, y en el siglo XVII. La ciencia no ha podido matarla, tal vez porque, hasta ahora, ningún científico ha constatado que los viejos símbolos -y entre ellos los planetarios y zodiacales-, hayan abandonado el sótano de nuestra psique, donde están las bases de nuestra capacidad para interpretar el libro del mundo”.

3) La posición de George Sarton (1959, p.165), el más importante historiador de la ciencia en el mundo, considerado el padre de esta disciplina, en relación al origen de la astrología griega: “*uno casi podría afirmar que la astrología griega fue fruto de su racionalismo*”; así como su percepción del principio fundamental de la astrología: “*una correspondencia entre las estrellas y los hombres, que permitía que las primeras influyeran en éstos no era irracional*”; y, finalmente, 4) La conclusión a la que arriba Tester (1990, p. 22), en la introducción de su obra que es considerada por muchos como el libro más serio que se haya escrito sobre la historia de la astrología occidental: “*Ya sea que se le vea como una verdadera ciencia, un arte, una añagaza o algo intermedio, ha sido un ítem importante en el acervo mental del hombre occidental a lo largo de veintitrés siglos, y su historia es parte de la nuestra*”.

6. CONCLUSIONES

Las primeras culturas de Occidente, Mesoamérica y los Andes centrales, mediante la armonización de distintas herramientas matemáticas y producto de la observación de los objetos celestes, fueron plasmando la infinitud del universo físico en un universo simbólico que les permitió comprender los sucesos del entorno circundante.

Las primeras manifestaciones, desde los grabados del paleolítico superior (30.000 a.C) hasta el que podría considerarse el calendario más antiguo del mundo (8000 a.C) descubierto en Escocia, incluyen representaciones del Sol, de las fases de la Luna y de las constelaciones, lo cual evidencia que desde épocas tempranas lograron comprender que

el comportamiento periódico de los astros repercutía de forma directa en sus actividades cotidianas y que allí se encontraba la clave que permitiría establecer la división del tiempo. Si bien el aporte de los griegos a la astronomía fue mayormente teórico y se dio, principalmente, en el campo de la interpretación simbólica, el desarrollo del universo simbólico de los astros en Mesoamérica y en los Andes centrales tuvo por característica fundamental el reconocimiento del Sol y la Luna como deidades capaces de determinar el curso de los acontecimientos cotidianos. Así, en función de los calendarios se establecían los ciclos agrícolas y el augurio para los días en que podrían darse momentos para eventos propicios o adversos. Esto hizo posible que existiera un significado simbólico que daba cuenta de cómo a partir de los conceptos matemáticos se fueron estructurando, a la par del desarrollo astronómico, los rituales propios de cada cultura. Esta comprensión necesariamente implicó la existencia de conceptos matemáticos como recta, ángulo, distancia, continuidad, proporciones, periodicidad, espacio, órbita, posiciones relativas de dos objetos, cálculo de distancias y estimación de los períodos de retorno del Sol, la Luna y los planetas.

Particular mención merece la concepción del cero en la cultura Maya que no connota la acepción de vacío, sino que está ligado a la cosmovisión de la forma dialéctica principio-fin, creadora de nuevas categorías que no exigen la destrucción de las anteriores. Este pensamiento resuena con el principio dialógico del Paradigma de la Complejidad de Edgar Morin (2001) y la categoría de autoorganización de carácter autopoietico de Maturana (1997) lo que indica que la forma como se concibió la matemática en esta civilización también tuvo un carácter epistémico-gnoseológico que se evidencia en su universo simbólico.

La dirección del orto o el ocaso del Sol durante los solsticios y los equinoccios determinaban las alineaciones de las estructuras arquitectónicas en Mesoamérica y los Andes centrales. Particularmente, en la Isla de Cozumel también estuvieron orientadas por las posiciones extremas de la Luna llena que se presenta cercana a los solsticios. Estas disposiciones están relacionadas con la función de calendarios observacionales que cumplían las edificaciones y con el simbolismo sagrado del Sol como “dador de vida”, pues, al determinar las estaciones, definía los ciclos agrícolas que resultaban fundamentales

para la subsistencia. Este patrón común de la alineación de las edificaciones otorgó a la geometría esa connotación sagrada que tuvieron los calendarios en las diferentes culturas de Mesoamérica y los Andes centrales.

Del universo simbólico que se deriva del firmamento, quizás el más controvertido sea el correspondiente a la dimensión astrológica, ello no obsta para desmerecer su influencia como detonante del conocimiento en la historia del hombre. Extrapolando la aseveración para los dominios del mito que formula Séjourné (2004), se podría decir que el universo simbólico de los astros también posee una categoría de raíz social, porque lleva en su esencia las luces y las sombras de la cosmogonía de un pueblo y de su interpretación del mundo a partir de su visión como unidad compleja que, al mismo tiempo, es biológica, psicológica, social, simbólica y cultural.

Desde esta perspectiva que converge en lo simbólico, con la determinación de la eclíptica, las posiciones relativas de los planetas en el zodíaco y los aportes a la elaboración del calendario, se construyeron los cimientos sobre los cuales habrían de erigirse las bases conceptuales de la astronomía y de la cosmología científica, (Cassirer, 1968; Gomis Blanco, 1993). Todo ello, dada la relevancia de la interacción social y cultural que connota, otorga al universo simbólico de los astros un aspecto etnomatemático relevante en el devenir histórico del hombre.

REFERENCIAS

- Amorim Machado, C. de. (2012). *O papel da Tradução na Transmissão da Ciência. O caso do Tetrabiblos de Ptolomeu*. Rio de Janeiro: MAUAD.
- Arellano, Fernando. (1988). *El arte hispanoamericano*. Caracas: Ex Libris.
- Aurigemma, L. (1976). *Le signe zodiacal du Scorpion dans les traditions occidentales de l'Antiquité gréco-latine à la Renaissance*. Paris: Mouton / E.H.E.S.S.
- Aveni, A y Brotherston G. (Comps.) (1983). *Calendars in Mesoamerica and Peru: Native American Computations of Time*. Oxford: British Archaeological Reports.
- Bares Partal, J.D. (1996). El "Reto de Platón". *La ciencia de los filósofos*, 27-43.
- Bernal, I. (1960). Toynbee y Mesoamérica, *Estudios de Cultura Náhuatl*, 2, 43-58
- Bresciano-Lacava, J.A. (2006). *Medición y configuración del tiempo histórico. Características técnicas de los principales sistemas cronológicos*. Montevideo: Universidad de la República.

- Cabrera, E. (1995). Cosmogonía Maya. En *La Cosmovisión Maya* (v 1). Guatemala: Liga Maya.
- Cardona, A. R. (2013). *Breve historia de la Astronomía*. Madrid: Fareso.
- Cassirer, E. (1968). *Antropología Filosófica. Introducción a una filosofía de la cultura*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Coronado, G. (2011). Heráclides y Aristarco. Propuestas astronómicas no ortodoxas en el pensamiento griego. *Coris. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4, 3-7.
- Chavero, A. (1876) *Calendario azteca*. México, D.F.: Jens y Zapiain.
- Delgado de Cantú de, G.M. (2002). *Historia de México, El proceso de gestación de un pueblo* (4a. ed., Vol. 1). México, D.F.: Prentice Hall.
- Díaz Gómez, J. L. (2002). Tales de Mileto. *Apuntes de Historia de las Matemáticas*, 1(1), 13-18
- Duque Sánchez, H. (2013). *El sentido del número en la cultura maya*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Durand, G. (1985). En *L'astrologie, Antoine Faivre (dir.), collection des Cahiers de l'Hermétisme*, Paris: Albin Michel
- Filoramo, G. (2001). *Diccionario Akal de las religiones*. Madrid: Akal.
- Florescano, E. (2007). Los olmecas: el primer reino de Mesoamérica. *Revista de la Universidad de México*, 38, 5-18.
- Florescano, E. (2012). *Ensayos fundamentales*. México, D.F: Taurus
- Gaffney, V., Fitch, S., Ramsey, E., Yorston, R., Eugene, Ch., Baldwin, E., Bates, R., Gaffney, Ch., Ruggles, C., Sparrow, T., McMillan, A., Cowley, D., Fraser, Sha., Murray, Cha, Murray, H., Hopla, E. y Howard, Cha. (2013). Time and a Place: A luni-solar 'time-reckoner' from 8th millennium BC Scotland. *Internet Archaeology* 34.
- Galindo Trejo, J. (2016). La orientación calendarico-astronómica de las estructuras arquitectónicas en Mesoamérica: Una práctica cultural de origen ancestral. En *El papel de la arqueoastronomía en el mundo maya: el caso de la Isla de Cozumel* (pp.21-37). Ciudad de México: UNESCO.
- Girard, R. (1948). *El calendario maya El calendario maya-méxico, origen, función función, desarrollo y lugar de procedencia*. México, D.F: Stylo.
- Gleb, I. (1976). *Historia de la escritura*. Madrid: Alianza Editorial.
- Gomis Blanco, A. (1993). *Las civilizaciones fluviales. Egipto y Mesopotamia*. Madrid: Akal
- Góngora, E. (1976). La obra astronómica de Anaximandro. *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*, 38, 31-36.

- Gregory, A. (2016). *Anaximander a re-assessment*. London: Bloomsburry Academy
- Guinard, P. (1999-2003). *Astrología: El manifiesto*. Paris: Centre Universitaire de Reserche en Astrologie
- Guzmán Ozámis, M. de. (2001) Lecciones pitagóricas para el siglo XXI. En *Horizontes culturales: las fronteras de la ciencia*, (pp.63-72). Espasa Calpe: España.
- Haba, P. (1952). *Elementos Básicos de Axiología General. Epistemología del discurso valorativo práctico*. San José: Universidad de Costa Rica.
- Hesiodo. (1964). *Los trabajos y los días* (A. González Laso, Trad.). Madrid: Aguilar Trabajo original publicado 700 a.C ?)
- Homero. (1851). *La Odisea* (A. de Gironella, Trad.) Barcelona, España: Imprenta y Librería Politécnica de Tomás Gorchs. (Original publicado en el siglo VIII a.C)
- Iglesias, J. y Vives, H. (2010). *La Tablilla de Ammisaduqa, una mirada al cielo de hace 3.700 años*. Naukas. Madrid: Dinahosting.
- Iwaniszewski, S. (2016). El tiempo y la Luna en la Cultura maya: el caso de Cozumel. En *El papel de la arqueoastronomía en el mundo maya: el caso de la Isla de Cozumel*. (pp.39-55) Ciudad de México: UNESCO.
- Kappler, C. (2004). *Monstruos, demonios y maravillas. A fines de la edad media*. Madrid: Akal
- Kirchoff, P. (2009). *Mesoamérica. Sus límites geográficos, composición étnica y caracteres culturales*. Xalapa: Al fin liebre. (Trabajo original publicado en 1943).
- Kline, M. (1992). *El pensamiento matemático de la Antigüedad a nuestros días*. Tomo I. Madrid: Alianza Editorial
- León-Portilla, M. (1995). Astronomía y cultura en Mesoamérica (2a. ed.). *La ciencia para todos* Recuperado de: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/04/html/sec_5.html
- Lowe, G. W. (1998). *Mesoamérica olmeca: diez preguntas*. Chiapas: Colección científica
- Marshack, A. (1972). The Roots of Civilisation. The cognitive beginnings of man's first art, symbol and notation. *American Anthropologist*, 95(4), 1027-1028.
- Martínez, V. J., Miralles, J.A., Marco, E., Galadí-Enríquez, D. (2005). *Astronomía fundamental*. Valencia, España: Universidad de Valencia.
- Matheus Vargas, K.A. (2013). *Una propuesta para la enseñanza de la trigonometría y la astronomía, desde los conceptos de razón, ángulo y cuerda, basada en la construcción de las tablas de cuerdas del Almagesto de Ptolomeo*. (Trabajo de maestría) Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Maturana, H. (1997). *La realidad: ¿Objetiva o construida? II. Fundamentos biológicos del conocimiento*. Barcelona, España: Antrophos.
- Mazzucchelli, A. (20013). Astrología: la máquina de asemejar. *Insomnia*, 42. Recuperado

- de: <http://www.henciclopedia.org.uy/autores/Mazzucchelli/Astrologia.htm>
- Mèlich, J.C. (1998). *Antropología simbólica y acción educativa*. Buenos Aires: Paidós
- Mínguez, C. (1995). El Prefacio al Almagesto de Ptolomeo. *La Filosofía de los Científicos*, 17-35.
- Miño Garcés, L. (1994). *El manejo del espacio en el imperio inca*. Quito: FLACSO.
- Montexano, G. D. (2014). *¿La escritura nació en Occidente?. Ensayo sobre la Escritura Lineal Paleolítica*. Madrid: Sociedad Internacional de Atlantología Científica.
- Morin, E. (2001). *Introducción al Pensamiento Complejo*. (M. Pakman, Trad.). Barcelona, España: Gedisa. (Trabajo original publicado en 1990)
- Navarrete Franco, R. (1997). *El signo indiscreto de Finnegans Wake*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Departamento de Filología Inglesa.
- Neugebauer, O. (1969). *The exact sciences in Antiquity*. New York: Dover Publications.
- Neugebauer, O. (1975). *A history of Mathematical Astronomy*. New York: Springer-Verlag.
- Ortiz-Franco, L. Y Magaña, M. (1973). La ciencia de los antiguos mexicanos: una bibliografía selecta. *Aztlan: Chicano Journal of the Social Sciences and the Arts*, 4(1), 195-205.
- Prat Ferrer, J. J. (2008). *Bajo el árbol del paraíso. Historia de los estudios sobre el folclore y sus paradigmas*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Perret, X. (1995). Hace mucho tiempo, en Sumer. En *El Correo de la Unesco. Orígenes de la escritura*, 8-10.
- Reiner, E. & Pingree, D. (1975). *Babylonian Planetary Omens*. Malibu: Undena Publications
- Riquelme y Laín-Calvo, J. (1925). Orígenes de la Astronomía. *Revista Europea*, 4(57), 128-134. (Trabajo original publicado en 1875).
- Rodríguez Raigoza, C. (2016). *Acercamiento a la evolución histórica del número cero, en los sistemas de numeración: mediterráneo, oriental y americano*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Rogers, J. (1998). Origins of the ancient constellations: I. The Mesopotamian traditions. *British Astronomical Association*, 108, 1.
- Sarton, G. (1952). *History of Science, Ancient Science Through the Golden Age of Greece* (Vol. I). Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Séjourné, L. (2004). *Cosmogonía de Mesoamérica*. México, D.F.: Siglo XXI Editores
- Shady Solís, R. (2005). Caral-Supe y su entorno natural y social en los orígenes de la civilización. *Investigaciones Sociales*, 9(14), 89-120.
- Shady Solís, R. (2006). *Caral-Supe. La civilización más antigua de América*. Lima: Proyecto Especial Arqueológico Carl-Supe/INC.

Pereira-González, L. (2019). El universo simbólico de los astros como aspecto etnomatemático. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 12(2), 82-102.

Šprajc, I. (2016). Sitios arqueológicos en la Isla de Cozumel: el papel de la astronomía en la planeación arquitectónica y urbana. En *El papel de la arqueoastronomía en el mundo maya: el caso de la Isla de Cozumel*, (pp.57-83). Ciudad de México: UNESCO.

Šprajc, I. y Sánchez Nava, P. F. (2013). Astronomía en la arquitectura de Chichén Itzá: una reevaluación. *SciELO*, 41, 31-60.

Tester, J. (1990). *Historia de la astrología occidental*. Madrid: Siglo veintiuno.

Tomasini, M.C. (2013). Astronomía, geometría y orden: el simbolismo cosmológico en la arquitectura precolombina. *Universidad de Palermo*, 81-92.

Valenzuela Vila, M. M. (2010). El Nacimiento de la Astronomía antigua: Estabilizaciones y desestabilizaciones culturales. *A Parte Rei Revista de Filosofía*, 70, 1-8.

Walde Moheno, L. (1990). Aproximación a la semiotica de Charles S. Peirce. (1990). *Revista de Teoría y Análisis*, 1(2), 89-113.

Zuidema, T. (1966). El calendario Inca. En *Actas del XXXVIII Congreso Internacional de Americanistas*, 2, 25- 30. Sevilla: Sociéte Américaine.