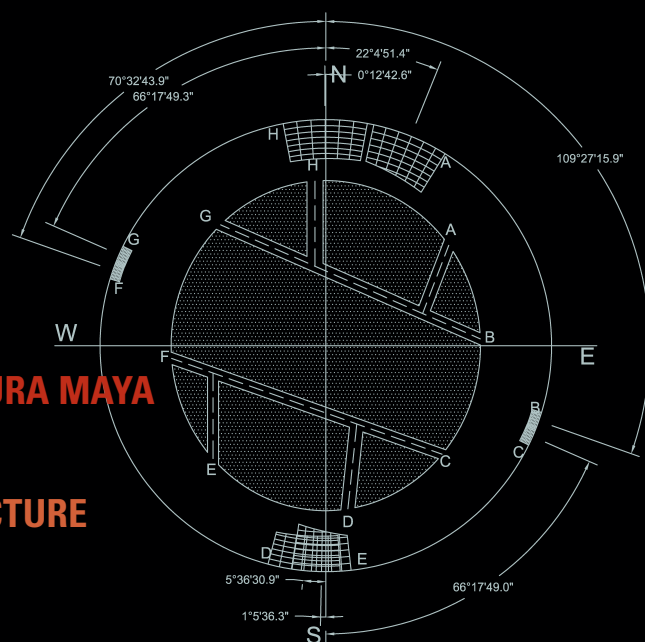


## LA TORRE DE PUERTO RICO, CAMPECHE. ESTUDIO DE UN CASO ÚNICO EN LA ARQUITECTURA MAYA

## THE PUERTO RICO TOWER, CAMPECHE. STUDY OF A UNIQUE CASE IN MAYAN ARCHITECTURE

José Luis Higón Calvet, Manuel May Castillo



Uno de los aspectos más sobresalientes de la cultura Maya es su notable avance en materia de astronomía. Según las investigaciones más recientes, los conocimientos astronómicos de los mayas se pueden constatar en las inscripciones de los monumentos escultóricos, en los códices y en algunas edificaciones destinadas a este fin. La torre cilíndrica de Puerto Rico, Campeche, única en su tipo documentada en la Península de Yucatán, ha sido relacionada con fenómenos de conmemoración astronómica. Durante el mes de junio de 2010 se ha realizado una expedición científica al sitio con la finalidad de actualizar la información disponible del monumento y realizar estudios previos de cara a su puesta en valor.

La metodología empleada para el análisis consiste básicamente en la búsqueda de datos e información, mediante fuentes directas e indirectas, así como en determinar su estado de conservación desde la observación directa. La información así obtenida sobre el

edificio permite una interpretación del mismo desde un punto de vista astronómico.

El estudio de este singular monumento permite identificar sus características únicas en el área Maya y descubrirlo como un producto genuino de la tecnología constructiva propia de esta importante cultura. Por medio de la difusión cultural se pretende promover actuaciones de rescate que detengan su deterioro y permitan su conservación de cara al futuro.

---

*One of the most outstanding aspects of Mayan culture is its remarkable progress in the subject of astronomy. According to very recent research, astronomical knowledge of the Mayans can be confirmed on the inscriptions of sculptural monuments, codices and some buildings dedicated to this purpose. The cylindrical tower of Puerto Rico, Campeche, the only one of its type documented in the Yucatan peninsular, has been*

*related with phenomena of astronomical commemoration. During the month of June 2010, a scientific expedition took place to the site with the aim of updating available information about the monument and carrying out preliminary studies regarding its valuation.*

*Methodology used for the analysis consists basically of searching for data and information, via direct and indirect sources, as well as determining its state of preservation from direct observation. The information thus obtained regarding the building allows us to interpret it from an astronomical point of view. The study of this singular monument enables us to identify its characteristics, unique within the Mayan area, and to discover it as a genuine product of constructive technology inherent in this important culture. By means of cultural diffusion, the aim is to promote interventions of recovery in order to bring a stop to its deterioration and allow for future preservation.*



## Astronomía en la cultura Maya

El conocimiento astronómico desarrollado por los mayas es uno de los aspectos más sobresalientes de su cultura. Son varios los investigadores de la cultura Maya que coinciden en que las observaciones astronómicas permitieron establecer un calendario agrícola capaz de determinar los ciclos de lluvias, sequías y momentos propicios para el cultivo de la tierra (Aveni et Al. 2004; Milbrath y Peraza 2003; Broda 1990, 2004). Lo cual resulta fundamental en el desarrollo de las sociedades.

Las fuentes documentales que han permitido a los investigadores conocer el desarrollo del conocimiento astronómico de los mayas son fundamentalmente: Las inscripciones monumentales, los códices y la arquitectura en su conjunto.

### Inscripciones

Existen inscripciones en la Estela 1 de La Mojarra en la costa de Veracruz que vinculan los acontecimientos de eclipses con apariciones de Venus. Algunas inscripciones monumentales de Palenque correlacionan acontecimientos importantes para el gobernante Chan Bahlum y el movimiento retrógrado del planeta Júpiter. También en Palenque existe una fecha modelada en estuco que hace referencia a una cierta conjunción planetaria (Aveni 2005:228-232).

### Códices

Son tres los códices de origen maya que han llegado hasta nuestros días: *El Códice de Dresde*, *el Códice de París* y *el Códice de Madrid*. Existe un cuarto Códice llamado *Grolier* del que persiste la polémica entre los investigadores acerca de su autenticidad.

Según Eric Thompson el contenido del *Códice de Dresde* se agrupa en tres

divisiones: colección de almanaques y el calendario de 364 días de culto y adivinación que ocupa la mayor parte del documento, material de tipo astronómico-astroológico que incluye tablas de eclipses y de Venus; y por último profecías para el año y el ciclo Katún 1 (Durbin 1974). Anthony Aveni ha identificado tablas de Marte en los Códices de *Dresde* y *Madrid* (Aveni 2005: 269-274) y también relaciona las inscripciones del edificio Las Monjas de Chichén Itzá con dibujos de las páginas 23 y 24 del *Códice de París* que identifica como un Zodiaco (op. cit.:275-280). Meredith Paxton (Paxton 1997) relaciona el dibujo de las páginas 75 y 76 del *Códice de Madrid* con el Tzolkin 2 en asociación con el Haab 3 y las posiciones del Sol en el horizonte durante los solsticios. El *Códice Grolier* también se ha identificado como un calendario de Venus de aquella época (Aveni 2005:265).

### Arquitectura

Varios investigadores coinciden en que existen edificaciones que desempeñaron funciones de observación y conmemoración astronómica ó que guardaban una estrecha relación con acontecimientos astronómicos. (Muñoz 2006:105-109; Sprajc 1990,1995; Broda 2004; Milbrath y Peraza 2003).

El grupo E de Uaxactún es un Complejo de Conmemoración Astronómica que indica las salidas del Sol durante los equinoccios y solsticios, función descubierta por Franz Blom en 1924.

Por otro lado, están los edificios que producen efectos de luz y sombra durante los solsticios y equinoccios con motivos sacros: El edificio Q162 en Mayapán y El Castillo en Chichén Itzá (Milbrath y Peraza, 2003).

El Caracol de Chichén Itzá, es identificado como observatorio astro-

## Astronomy in Mayan culture

Astronomical knowledge developed by the Mayans is one of the most outstanding aspects of their culture. Several researchers of Mayan culture agree that astronomical observations allowed an agricultural calendar to be established which was capable of determining cycles of rains, droughts and favourable moments for cultivating the land (Aveni et Al. 2004; Milbrath y Peraza 2003; Broda 1990, 2004). This was fundamental in the development of societies.

The documentary sources that have enabled researchers to be aware of the development of astronomical knowledge of the Mayans are fundamentally: monumental inscriptions, codices and architecture in its entirety.

### Inscriptions

There are inscriptions on La Mojarra Stela 1 on the Veracruz coast that link the events of eclipses with appearances of Venus. Some monumental inscriptions of Palenque correlate important events for governor Chan Bahlum and the retrograde movement of planet Jupiter. In Palenque there is also a date modelled in stucco that makes reference to a certain planetary conjunction (Aveni 2005:228-232).

### Codices

Three codices of Mayan origin have remained up to present day: *The Dresde codex*, *the Paris codex* and *the Madrid codex*. A fourth codex, called *Grolier*, exists about which controversy persists among researchers as regards its authenticity. According to Eric Thompson the content of *the Dresde codex* is grouped into three divisions: a collection of almanacs and the 364 day calendar of cult and divination that takes up most of the document, astronomical-astrological type material that includes tables of eclipses and Venus; and last of all prophecies for the year and the Katún 1 cycle (Durbin 1974). Anthony Aveni has identified Mars tables in the *Dresde and Madrid* codices (Aveni 2005: 269-274) and also relates inscriptions of the building Las Monjas de Chichén Itzá with pictures on pages 23 and 24 of the *Paris Codex* which he identifies as a Zodiac (op. cit.:275-280). Meredith Paxton (Paxton 1997) relates the picture on pages 75 and 76 of the *Madrid codex* with Tzolkin 2 in association with Haab 3 and the Sun's positions on the horizon during the solstices. The *Grolier codex* has also been identified as a Venus calendar from that era (Aveni 2005:265).

70°32'43.9"  
65°17'49.3"

22°4'51.4"

12°42.6"



### 1. Mosaico fotográfico de la Torre de Puerto Rico.

### 1. Photographic mosaic of the Puerto Rico Tower.

## Architecture

Several researchers agree on the existence of buildings that fulfilled functions of observation and astronomical commemoration or that had a close relationship with astronomical events. (Muñoz 2006:105-109; Sprajc 1990,1995; Broda 2004; Milbrath y Peraza 2003).

Group E of Uaxactún is an Astronomical Commemoration Complex indicating sunrises during the equinoxes and solstices, a function discovered by Franz Blom in 1924.

On the other hand, there are buildings that produce effects of light and shadow—during the solstices and equinoxes—with sacred motives: the Q162 building in Mayapán and El Castillo in Chichén Itzá (Milbrath and Peraza, 2003).

The Caracol de Chichén Itzá, is identified as being an astronomical observatory: it has openings which face specific positions of Venus and according to Milbrath and Peraza (op. cit.) they also enable us to observe the Sun's positions on dates dividing the solar year into intervals of 105 and 260 days for agricultural purposes.

The building named *Satunsat 4* of the city Oxkintok and the Templo de las Siete Muñecas (1-sub) on the Dzibilchaltún site are cases that probably combined functions of observation, astronomical commemoration and sacred exaltation. An important archaeoastronomical study on the matter has been developed by Sprajc (1990,1995).

In order to achieve such progress the Mayas, besides their unarguable development in architecture, managed to combine the layout of the buildings in close connection to the elements of the heavenly vault. For Miguel Rivera the Mayan city is like a Heliópolis “*drawn up according to courses and directions as defined by the sun*” and proposes a new approach to the study of architecture and urbanism considering this characteristic to be vital (Rivera 2001:68,120-122).

## Method and Equipment

The methodology used consists of collecting data via direct and indirect sources, as well as determining its state of preservation from direct observation. An astronomical study has been carried out based on the data obtained. Field work carried out in June 2010, in which dimensional information of the element and photographic documentation were collected, has allowed us to document the current state of the



nómico, tiene vanos orientados hacia posiciones específicas de Venus y según Milbrath y Peraza (op. cit.) también permiten observar las posiciones del Sol en fechas que dividen el año solar en intervalos de 105 y 260 días con fines agrícolas.

El edificio denominado *Satunsat 4* de la ciudad de Oxkintok y el Templo de las Siete Muñecas (1-sub) del sitio Dzibilchaltún son casos que probablemente conjugaron funciones de observación, conmemoración astronómica y de exaltación sacra, un importante estudio arqueoastronómico al respecto ha sido elaborado por Sprajc (1990,1995).

Para alcanzar tales avances los mayas, además del indiscutible desarrollo en arquitectura, lograron conjugar la disposición de las edificaciones en estrecha relación con los elementos de la bóveda celeste. Para Miguel Rivera la ciudad maya es como una Heliópolis “*trazada según los rumbos y las orientaciones que el sol define*” y propone un nuevo acercamiento al estudio de la

arquitectura y el urbanismo considerando ésta característica como de primer orden (Rivera 2001:68,120-122).

## Método y equipo

La metodología empleada consiste en la toma de datos mediante fuentes directas e indirectas, así como determinar su estado de conservación desde la observación directa. En base a los datos obtenidos se ha realizado un estudio astronómico. La investigación de campo realizada en junio de 2010 ha permitido documentar el estado actual del monumento. En ella se recogió la información dimensional del elemento y documentación fotográfica. En el levantamiento arquitectónico se ha empleado tanto el método tradicional como el método fotogramétrico. Atendiendo a las recomendaciones de Aveni (2005:303) se han considerado las variables: latitud del lugar, época de construcción y las elevaciones en el horizonte. Así mismo las lecturas de la brújula respecto al



2. Documentación gráfica elaborada por Andrews sobre la Torre de Puerto Rico en 1989.

2. Graphic documentation developed by Andrews about the Puerto Rico Tower in 1989.

norte magnético se han relacionado con el norte verdadero. Esto con la finalidad de reproducir exactamente en los planos resultantes la dirección en que la edificación está dispuesta.

Equipo utilizado: cinta métrica, metro, nivel de mano, plomada, distanciómetro laser de la marca Leica y GPS marca Garmin, brújula, cámara fotográfica digital.

## La Torre de Puerto Rico

Ubicada en el municipio de Xpujil, Campeche, México, sus coordenadas geográficas son N18° 36.941' W89° 22.599' a 272 m de altitud. Actualmente la torre se ubica dentro de una parcela concesionada a un agricultor en régimen ejidal, el uso de suelo es agrícola y su contexto inmediato es de vegetación densa, con edificios cercanos en forma de montículos cubiertos de tierra y vegetación.

El primero en reportar la existencia de este singular monumento fue E.W. Andrews IV en el año 1968 y George Andrews (1989) la menciona en su estudio comparativo de las torres de planta cuadrada en la región de los Chenes, unos 130 km al norte. Andrews IV sugirió que el edificio pudo haber desempeñado alguna función astronómica o astrológica aunque según Aveni, quien realizó mediciones en 1978, los alineamientos de los ductos no tuvieron relación con orientaciones astronómicas importantes y la función exacta de la torre seguía siendo un misterio aunque también apoya la hipótesis de Andrews que sugiere que los ductos funcionaran como “psicoductos” 5 (Aveni 2005: 383). Broda (2004) relaciona las cuatro torres de la región de los Chenes con los pasos cenitales aunque no menciona la *Torre de Puerto Rico*.

George Andrews (1989) la describe como una torre de planta redonda aca-

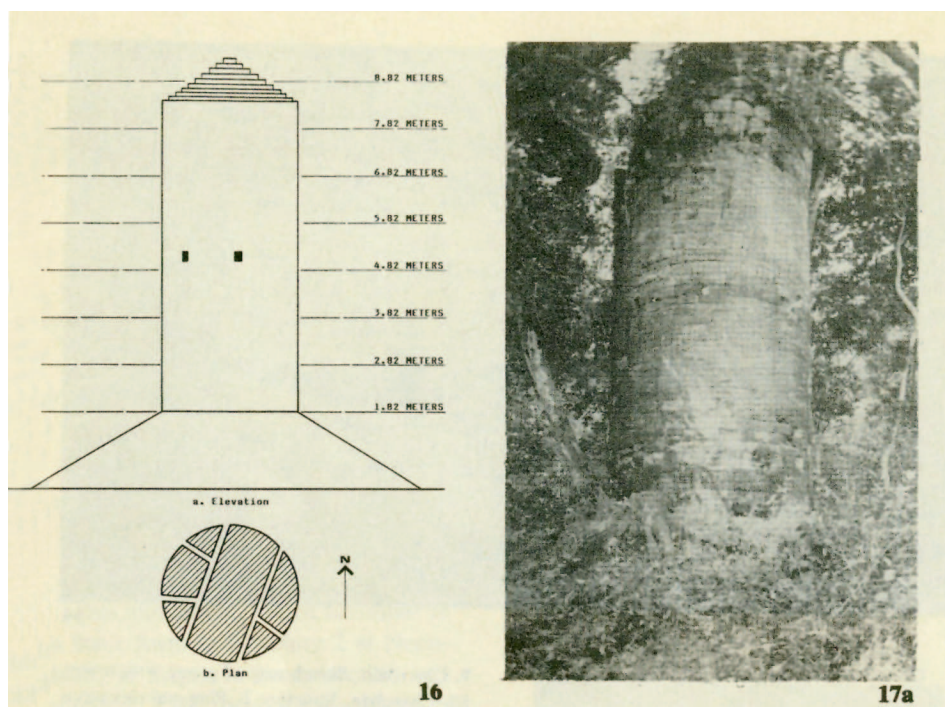
3. Trabajos de conservación en 1995. Imagen D. Antonio Benavides.

3. Preservation work in 1995. Image D. Antonio Benavides.

monument. Both traditional and photogrammetric methods were used during the architectonic survey. The variables have been considered with close attention being paid to Aveni's recommendations (2005:303): latitude of the place, period of construction and elevations on the horizon. Also compass readings regarding magnetic north have been related to true north with the aim of an exact reproduction of the direction of the building's layout on the resulting planes. Equipment used: metric tape, tape measure, hand level, plumb line, laser-EDM (Leica) and GPS (Garmin), compass, digital photographic camera.

## The Puerto Rico Tower

Located in the municipality of Xpujil (Campeche, Mexico), its geographical coordinates are N18° 36.941' W89° 22.599' with an altitude of 272 m. The tower is currently located on a plot of land granted to a farmer based on the cooperative system (ejidal system). Land use is agricultural and its immediate context is of dense vegetation, with nearby buildings in the form of mounds covered with soil and vegetation. The first person to report the existence of this singular monument was E.W. Andrews IV in the







year 1968 and George Andrews (1989) mentions it in his comparative study of the square floor-plan towers in the Chenes region, some 130 km to the north. Andrews IV suggested that the building could have fulfilled some astronomical or astrological function although according to Aveni, who carried out measurements in 1978, the alignments of the ducts bore no relation on important astronomical orientations and the exact function of the tower still remained a mystery. However he also supports Andrews' hypothesis suggesting that the ducts acted as "psychoducts" (Aveni 2005: 383). Broda (2004) relates the four towers of the Chenes region with the zenith passages although he makes no mention of the *Puerto Rico Tower*.

George Andrews (1989) describes it as a round floor-plan tower with a pointed finish and layered in form, resting on a conic base 8.42 metres in diameter and 1.6m high, the tower itself having a diameter of 2.95 m and a height of 6.57 m including the highest layer. He also identifies five ducts, two of which cross the tower from side to side. However he rules out any relation with the openings found on the crests of the Chenes tower. He also highlights the fact that the external surface of the tower is made up of *beautiful* stone blocks, carved on their external face in a curved form, in order to make up the cylinder.

In 1995, the *Puerto Rico Tower* was subject to an intervention of preservation on behalf of the workers of the National Institute of Anthropology and History (Benavides 1999) who brought a stop to its deterioration and enabled it to be preserved. However, since this point, no maintenance work has been carried out due to difficult site access and it currently displays a different aspect due to different pathologies which have affected it over time.

Our data shows that the floor plan of the *Puerto Rico Tower* tends slightly towards an ellipse, whose main axis measures 2.9 metres. The total height from the ground up to the higher part measures 7.45 metres, differing from G. Andrews' diagram where the maximum elevation was in excess of 8.8 metres. The base measures 4.32 by 4.54 metres, with rounded corners and a step of some 0.7 by 2.40 metres on either side, differing from G. Andrews' conic base. Twelve ducts distributed over two levels and with an average section of 10x14 cm were documented.

Originally the tower was higher and the form of the higher part is unknown, given that the first

bada en punta de forma escalonada que descansaba sobre una base cónica de 8.42 metros de diámetro por 1.60 de alto, que la torre misma tenía 2.95 metros de diámetro y 6.57 metros de alto incluyendo el escalonamiento superior. Identifica también cinco ductos, dos de los cuales atraviesan la torre de parte a parte, pero descarta cualquier relación con las ranuras encontradas en las crestas de las torres de los Chenes. También destaca que la superficie exterior de la torre está compuesta de *belllos* bloques de piedra cortados en su cara exterior de forma curva para conformar el cilindro.

En 1995, la *Torre de Puerto Rico* fue objeto de una intervención de conservación por parte de trabajadores del Instituto Nacional de Antropología e Historia (Benavides 1999) que frenaron su deterioro y permitieron su conservación, aunque desde entonces no se han realizado trabajos de mantenimiento dado el difícil acceso al sitio. Actualmente presenta un aspecto diferente debido a diversas patologías que la han afectado con el paso del tiempo.

Nuestros datos muestran que la planta de *Torre de Puerto Rico* tiende ligeramente hacia una elipse, cuyo eje mayor es de 2.9 metros. La altura total desde el suelo hasta la parte superior es de 7.45 metros lo que difiere del dibujo de G. Andrews cuya cota máxima superaba los 8.80 metros. La base mide 4.32 por 4.54 metros, con esquinas redondeadas y un escalón por cada lado de unos 0.70 por 2.40 metros, diferente de la base cónica de G. Andrews. Se documentaron doce ductos repartidos en dos niveles con una sección promedio de 10x14 cm.

En su origen la torre fue mas alta y se desconoce la forma que tuvo la parte superior, ya que las primeras imágenes provistas por G. Andrews la muestran co-

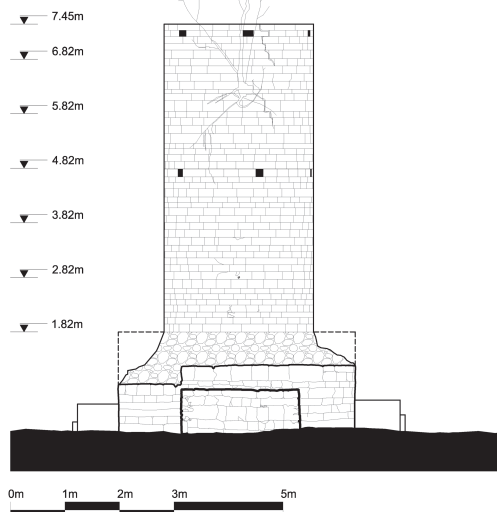
lapsada en parte, habiéndose consolidado y restaurado la parte que quedó en pie (Benavides 1999). Así mismo la base cónica encontrada por Andrews al parecer serían escombros que cubrían una base cuadrada que fue consolidada en la misma intervención de 1999.

Por último, los doce ductos que se pueden ver actualmente fueron encontrados y consolidados en 1999 (Ibíd.), uno de ellos se encontraba muy deteriorado y su rumbo estaría según Benavides (1999) entre 0° y 10°. Cabe señalar que Andrews publica una imagen de la torre donde se pueden intuir los ductos del nivel superior aunque solo documenta cinco en el nivel inferior.

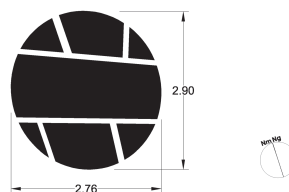
El sistema constructivo es a base de mampostería de piedra y mortero de cal que constituyen el relleno sólido, recubierto por sillares finamente cortados de pequeñas dimensiones con aparejo en atadura e intersticios finos, propios del estilo arquitectónico Rio Bec (Piña Chan 1985:27), también fueron encontrados en el relleno sillares reutilizados de edificios anteriores (Benavides 1999), lo cual reafirma la tradición constructiva de los antiguos mayas. Los ductos en el exterior están definidos por la separación de los sillares pequeños y en el interior se conforman con pequeñas lajas horizontales en toda su longitud, siendo igualmente una solución característica en la arquitectura maya. Dentro de la misma área geográfica, existen columnas en el sitio de Hormiguero, en la Estructura II (Ibíd.: 88) que parecen miniaturas de la *Torre Puerto Rico* aunque con una función claramente distinta. Asimismo existen otras torres en los sitios de Xpujil, Rio Bec y Hormiguero pero con forma cuadrada y esquinas redondeadas, con funciones meramente decorativas que parecen ser representaciones de templos sobre basamentos.



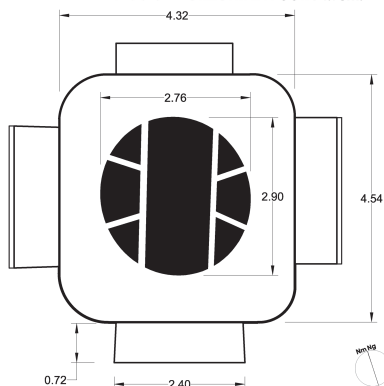
ALZADO NORTE



SECCION HORIZONTAL A COTA 7.29m.



PLANTA Y SECCION HORIZONTAL A COTA 4.73m.



## Estado de conservación

El monumento se encuentra afectado por agentes naturales al estar expuesto a la intemperie, sometido a los procesos físicos y químicos de la naturaleza. Presenta humedades, filtraciones y crecimiento de vegetación. Cabe resaltar que la torre se encuentra en una latitud afectada frecuentemente por fenómenos meteorológicos como huracanes y tormentas tropicales que aceleran el proceso de deterioro.

Las humedades han propiciado la aparición de algas, líquenes y musgo que deterioran la superficie del monumento, de forma que actualmente no presenta restos del acabado de estuco, que sí fueron encontrados en el año 1999. En el alzado norte se puede apreciar una gran grieta en la cual se ha anclado una planta que crece en la parte superior.

En los ductos no se han alojado aves, quirópteros o roedores pero sí se ha detectado una colmena de avispas que obstruye uno de ellos en el nivel inferior en la cara este. No se han detectado saqueos en la torre ni en los montículos cercanos, aunque existe el grave problema de la agricultura que ha provocado graves daños a los montículos, siguiendo el método de *tumba y quema* <sup>6</sup> se han calci-

nado los sillares de piedra y se ha destruido el microclima que producían los árboles, quedando expuestos a la radiación solar y los fenómenos climáticos. Hemos constatado que además se cultiva zacate, <sup>7</sup> lo cual hace pensar que también se realizaran actividades ganaderas en el mismo sitio. El área de cultivo ha avanzado hasta llegar a pocos metros de la torre.

## Estudio Astronómico

La metodología aplicada para el análisis astronómico se basa en la búsqueda de coincidencias entre las direcciones de los elementos de la Torre y la posición sobre el horizonte de los puntos del orto y el ocaso del Sol y de la Luna en los solsticios, en los equinoccios, y durante los pasos cenitales (pasos del Sol sobre la vertical del lugar). A efectos de constatar dichas coincidencias, generaremos dos tipos de imágenes, que por superposición permitan identificar las direcciones de los elementos del edificio sobre la bóveda celeste.

La primera de las imágenes que utilizaremos en la comparación es una proyección estereográfica de las trayectorias solares y lunares sobre la bóveda celeste. Respecto de las trayectorias

## 4. Representación del Alzado Norte, Planta y Secciones Horizontales de la Torre de Puerto Rico.

## 4. Representation of North Elevation, Floor Plan and Horizontal sections of the Puerto Rico Tower.

images provided by G. Andrews show it to be partly collapsed, having consolidated and restored the part which remained standing (Benavides 1999). Likewise the conic base found by Andrews would appear to be rubble covering the square base that was consolidated in the same intervention in 1999.

Lastly, the twelve ducts which can currently be seen, were found and consolidated in 1999 (Ibídem). One of these was found to be in a much-deteriorated state and, according to Benavides (1999), its direction would be somewhere between 0° and 10°. It is worth highlighting that Andrews publishes an image of the tower where the ducts on the higher level are suspected to be, although only five are documented on the lower level.

The constructive system is based on stone masonry and calcium mortar which make up the solid filling, covered by ashlars finely carved into small dimensions with tied bond and fine interstices, typical of the Rio Bec (Piña Chan 1985:27) architectonic style. Ashlars, reused from previous buildings, were also found in the filling (Benavides 1999). This reaffirms the constructive tradition of the ancient Mayas. The outer ducts are defined by the separation of the small ashlars and in the interior they settled for small horizontal slabs in its entire longitude, another characteristic solution of Mayan architecture. Inside the same geographical area, there exist columns on the Hormiguero site, in Structure II (Ibídem: 88) that seem to be miniatures of the *Puerto Rico Tower* yet with a clearly different function. Likewise there exist towers on the sites of Xpujil, Rio Bec and Hormiguero although they are of square form and rounded corners, with merely decorative functions which seem to be representations of temples on plinths.

## State of Preservation

The monument is affected by natural agents, having been exposed to the elements and subjected to the physical and chemical processes of nature. It shows signs of damp, leaks and growth of vegetation. It is worth noting that the tower is located on a latitude, commonly affected by meteorological phenomena such as hurricanes and tropical storms which speed up the process of deterioration.

The damp has led to the appearance of algae, lichens and moss which deteriorate the surface of the monument in such a way that there no



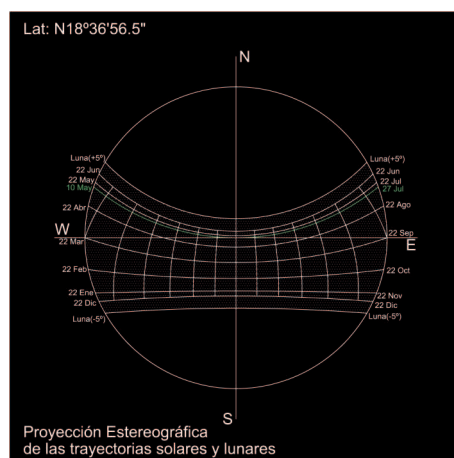
longer exist any of the stucco finishing remains that were indeed found in the year 1999. On the north elevation a large crack can be seen in which a plant has set root in the higher part. No birds, bats or rodents have set up home in the ducts but a nest of wasps has been detected which obstructs one of them on the lower level on the east side. Lootings have not been detected either in the tower or nearby mounds. However the serious agricultural problem which has led to serious damage to the mounds exists: in accordance with the *slash and burn* method, stone ashlar have been burned and the microclimate which produced trees, exposing them to solar radiation and climatological phenomena, has been destroyed. We have stated that zacate 7, is also cultivated which leads us to believe that farming activities also took place on the same site. The area of cultivation has crept forward now reaching up to a few metres from the tower.

## Astronomical Study

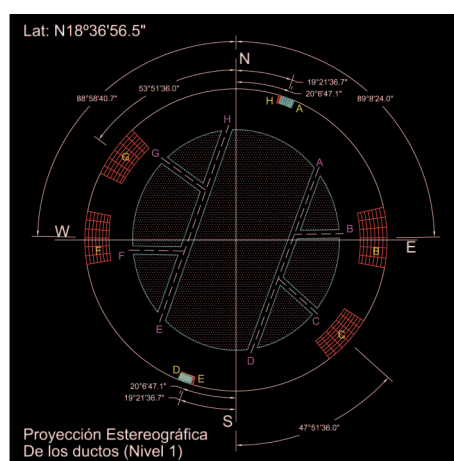
The method applied for astronomical analysis is based on the search for coincidences between the directions of the elements of the Tower and the position on the horizon of the points of ortho and setting of the Sun and Moon in the solstices, in the equinoxes and during the zenith passages (the Sun's passage over the vertical of the place). For the purposes of verifying said coincidences, we will generate two types of images. By overlapping them this will enable us to identify the directions of the elements of the building onto the vault of heaven.

The first of the images that we will use in the comparison is a stereographic projection of solar and lunar trajectories onto the vault of heaven. As regards the solar trajectories, as well as the latitude of the place, the difference between the values of declination measured at present and those registered at the moment of the tower's construction, have been considered, accepting that it was erected during the Late Classical period (600-900 D.C.). In the case of the Moon, its maximum deviation in respect to the ecliptic has been measured, evaluating this in an extreme value of 5°. By plotting said deviation on a stereographic map, together with the solar trajectories, the base image for the astronomical study is obtained. (figure 05)

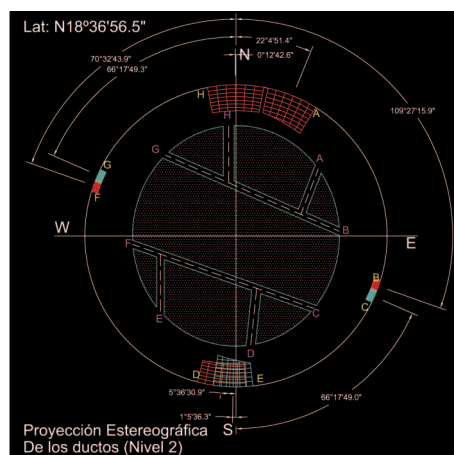
With the aim of obtaining the second type of images that we shall use in the comparisons, we



5



6



7

5. Proyección estereográfica de las trayectorias solares y lunares, para la ubicación geográfica de la Torre.

6 y 7. Posición y dirección de los ductos (Nivel 1 y 2) referidos al norte verdadero en proyección estereográfica.

5. Stereographic projection of solar and lunar trajectories, for geographical location of the Tower.  
6 and 7. Position and direction of ducts (Level 1 and 2) referring to true north in a stereographic projection.

solares, además de la latitud del lugar, se ha considerado la diferencia entre los valores de la declinación medidos en la actualidad, y los registrados en el momento de la construcción de la torre, aceptando que la misma fue erigida en el periodo Clásico-Tardío (600-900 D.C.). En el caso de la Luna, se ha medido su desviación máxima respecto de la eclíptica, evaluando ésta en un valor extremo de 5°. Grafiando dicha desviación sobre una carta estereográfica, junto con las trayectorias solares, se obtiene la imagen base para el estudio astronómico. (figura 05)

Con el fin de obtener el segundo tipo de imágenes que utilizaremos en las comparaciones, procederemos al análisis de la geometría del edificio, y en especial de las direcciones de los ductos que se encuentran distribuidos en dos niveles, a cota 4.73m. y 7.29m. estando sus extremos alineados en la dirección vertical en los dos niveles. A tal fin, se ha grafiado sobre ambas secciones de la Torre las direcciones correspondientes a los ductos medidas respecto del norte verdadero. Para su identificación, se ha nombrado cada perforación con una letra latina mayúscula (de la A a la H). Las ocho perforaciones de cada nivel, se conectan de tal modo que cuatro de ellas definen dos ductos pasantes prácticamente paralelos (A-D y E-H en el primer nivel, B-G y C-F en el segundo); mientras que las otras cuatro perforaciones definen ductos no pasantes, con intersección con los ductos principales. La segunda imagen que utilizaremos para las comparaciones se obtiene proyectando los ductos sobre la bóveda celeste. Dicha operación de proyección equivale a obtener la pirámide visual que produce el ducto, e implica definir la porción de cielo observable a través del mismo (figura 06 y figura 07).

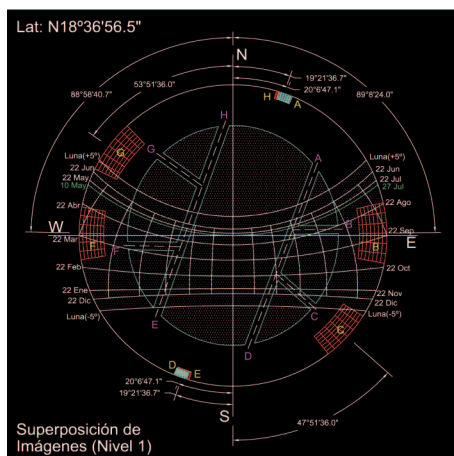




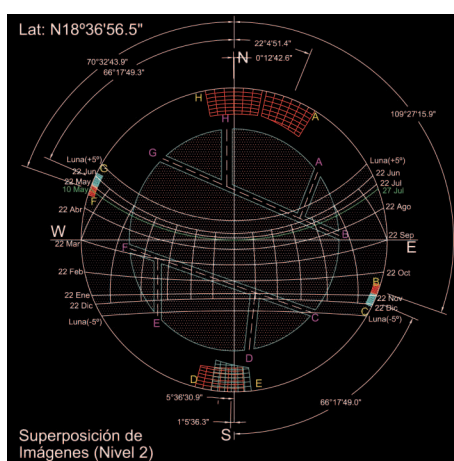
Por superposición de las imágenes obtenidas (figura 05 con las figuras 06 y 07) podemos detectar las zonas de la bóveda celeste en las que las trayectorias del Sol y de la Luna son observables a través de los ductos, generando así las figuras 08 y 09.

En el caso del nivel 1 puede constatar-se que en las porciones de horizonte observable a través de los ductos pasantes (AD y EH), no se producen fenómenos de salida y puesta del Sol o de la Luna. En el caso de los otros ductos, los identificados con las letras C y G tampoco presentan fenómenos de coincidencia relevante con los puntos de orto y ocaso sobre el horizonte. En el caso de las perforaciones B y F, se registra una alineación casi perfecta con la dirección este-oeste, que coincide con el orto y el ocaso solar en los equinoccios. Al igual que en los ductos C y G, la falta de continuidad hace poco probable la posibilidad de observación astronómica directa a través de los mismos, aunque por tratarse del Sol, sí que podría constatar-se la entrada de luz por el ducto al incidir esta sobre la superficie lateral de los ductos AD y EH.

En el caso del nivel 2, la dirección de los ductos pasantes (B-G y C-F) resulta prácticamente perpendicular a los del nivel 1, y registra coincidencias significativas desde un punto de vista astronómico. La dirección C-F marca sobre el horizonte el punto del orto durante el solsticio de invierno en el caso de C, y la dirección del ocaso durante el solsticio de verano en el de F. El ducto B-G, presenta una ligera desviación al oeste, y define la alineación correspondiente al ocaso del paso cenital, marcando de este modo el punto de la puesta del Sol en las fechas del paso sobre la vertical del lugar. En el caso de los restantes ductos, no presentan alineación con fenómenos astronó-



8



9



10

8 y 9. Superposición de imágenes a efectos de comparación.

10. Relación visual entre los asentamientos de Puerto Rico y Buenos Aires en el GIS sobre Ruinas Mayas.

8 and 9. Overlapping of images for comparative reasons.

10. Visual relation between settlements of Puerto Rico and Buenos Aires in the GIS about Mayan Ruins.

shall proceed to the analysis of the building's geometry and in particular that of the directions of the ducts distributed over two levels, at elevations of 4.73m and 7.29m with extreme points aligned in a vertical direction on the two levels. To such an end, the directions corresponding to the ducts, measured from true north, have been plotted onto both sections of the Tower. For identification purposes, each perforation has been named with a capital Latin letter (from A to H). The eight perforations of each level are connected in such a way that four of them define two practically parallel passing ducts (A-D and E-H on the first level, B-G and C-F on the second), whilst the other four perforations define non-passing ducts with intersection with the main ducts. The second image that we shall use for the comparisons is obtained by projecting the ducts onto the vault of heaven. Said operation of projection is equivalent to obtaining the visual pyramid produced by the duct and implies defining the portion of heaven that can be observed through it (figure 06 and figure 07).

By overlapping the images obtained (figure 05 with figures 06 and 07) we can detect the areas of the vault of heaven in which the Sun and Moon's trajectories can be observed through the ducts, thus generating figures 08 and 09. In the case of level 1, it can be verified that in the portions of horizon that can be observed through the passing ducts (AD and EH), phenomena of the Sun and Moon rising and setting are not produced. In the case of the other ducts, nor do those identified with the letters C and G show phenomena of relevant coincidence with the points of ortho and setting on the horizon. In the case of perforations B and F, an almost perfect alignment with the east-west direction is registered, coinciding with the solar ortho and setting in the equinoxes. As with ducts C and G, lack of continuity makes the possibility of direct astronomical observation through them highly unlikely, although given that we are dealing with the Sun, light entry through the duct could be confirmed when it falls upon the lateral surface of ducts AD and EH.

In the case of level 2, the direction of the passing ducts (B-G and C-F) is practically perpendicular to those of level 1, and registers significant coincidences from an astronomical point of view. Direction C-F displays the ortho's point on the horizon during the winter solstice in





the case of C and the sunset's direction during the summer solstice in that of D. The duct B-G shows a slight deviation to the west and defines the alignment corresponding to the sunset of the zenith passage, thus displaying the point of sunset on the dates of passage onto the vertical of the place. In the case of the remaining ducts, they show no alignment with significant astronomical phenomena, even if ducts E and H have an alignment strictly to their respective south and north.

On the other hand, alignment in the vertical direction of the ducts on its two levels points towards the hypothesis of the search for shadows in the vertical direction. In the case of some element being inserted into the perforations of the ducts, the shadows projected by said elements would coincide with the dates on which the Sun were to be found on the vertical of the place. In this sense, Andrews (1989) and Broda (2004) put forward the hypothesis that the perception of latitude in Mayan culture was associated with the variation of the date of the Sun's passage onto the vertical of the place. The towers were a typological model that made it possible to confirm this phenomenon when, as the Sun passes over the tower, it projects a shadow coinciding with its floor plan.

Regarding the direction of the passing ducts AD and EH of level 1 (19°21' and 20°06') and B of level 2 (22°04'), it coincides with the direction of the sides of the plinth which serves as the base of the tower. Whilst still not having a direct justification from an astronomical point of view, it turns out to be a very common orientation in Mayan architecture. Having analysed the predominant directions of numerous Mesoamerican ceremonial centres, Aveni (2995) concludes that a high number of them have their axes positioned between 15° and 20° to the east of north. By consulting Witschey and Clifford's Electronic Atlas of Mayan Sites (2000) (<http://MayaGIS.smv.org>) it can be confirmed that in the direction 19°30' to the east of north which coincides with that of the passing ducts in level 1, and at a distance of 11.95km from the Puerto Rico Tower, another Mayan settlement can be found, namely Buenos Aires and as reported by Muller in 1959. Given the topography of the place, relatively flat, it is likely that direct visual relations could be produced between both settlements (Figure 10).

maticos significativos, si bien los ductos E y H tienen una alineación estricta a sur y norte respectivamente.

Por otra parte, la alineación en la dirección vertical de los ductos en sus dos niveles apunta a la hipótesis de la búsqueda de sombras en la dirección vertical. En caso de que se insertara algún elemento en las perforaciones de los ductos, las sombras arrojadas por dichos elementos serían coincidentes en las fechas en las que el Sol se encontrara sobre la vertical del lugar. En este sentido, Andrews (1989) y Broda (2004), plantean la hipótesis de que la percepción de la latitud en la cultura Maya estaba asociada a la variación de la fecha del paso del Sol sobre la vertical del lugar, siendo las torres un modelo tipológico que permitía constatar este fenómeno cuando, al paso del Sol sobre la torre, esta arroja una sombra coincidente con su planta.

Respecto de la dirección de los ductos pasantes AD y EH del nivel 1 (19°21' y 20°06') y B del nivel 2 (22°04'), coincide con la dirección de los lados del plinto que sirve de base a la torre. Aun no teniendo una justificación directa desde el punto de vista astronómico, resulta una orientación muy frecuente en la arquitectura Maya. Aveni (2005) tras analizar las direcciones predominantes de multitud de centros ceremoniales mesoamericanos, concluye que un elevado número de ellos orienta sus ejes entre 15° y 20° al este del norte. Consultando el Atlas Electrónico sobre Sitios Mayas (<http://MayaGIS.smv.org>) de Witschey y Clifford (2000) puede constatare que en la dirección 19°30' al este respecto del norte, que coincide con la de los ductos pasantes en nivel 1, y a una distancia de 11,95 Km. de la torre Puerto Rico, se encuentra otro asentamiento maya, denominado Buenos Aires, re-

portado por Muller en 1959. Dada la topografía del lugar, relativamente plana, es probable que entre ambos asentamientos se pudieran producir relaciones visuales directas (figura 10).

## Conclusiones

Dadas las características morfológicas, tipológicas y constructivas la *Torre Puerto Rico* parece ser un caso único dentro del estilo Rio Bec y —a menos que en el futuro se reporte otro caso similar— en toda el área maya. Los datos reportados con anterioridad precisaban de actualizarse. Se han encontrado más ductos de los reportados anteriormente, constatando en algunos de ellos una clara intencionalidad en su dirección desde el punto de vista astronómico, definiendo la posición sobre el horizonte de los puntos de orto y ocaso en fechas significativas. El monumento se encuentra actualmente en riesgo debido a factores naturales y sociales lo que hace necesario acciones de intervención para la conservación no sólo del monumento en si, sino del contexto inmediato. Asimismo es necesaria la labor de sensibilización de los habitantes del área, y ofrecerles alternativas viables para que las actividades agrícolas no terminen afectando al patrimonio. ■

### NOTAS

1 / Se refiere a un ciclo que dura 20 años.

2 / Calendario sagrado de 260 días.

3 / Calendario solar de 364 días.

4 / Proviene del vocablo en lengua maya "Dzaat": perderse. Stephens lo traduce como "perdedero" o laberinto en referencia a la disposición de los espacios en forma laberíntica

5 / Andrews se refiere a ductos o canales de comunicación con los espíritus de los individuos enterrados bajo, que existen en otros sitios mayas aunque de forma vertical. De acuerdo con Aveni, no se han hecho suficientes excavaciones para determinar si fue un monumento funerario.

6 / Uno de los métodos tradicionales de origen maya, que consiste en talar los árboles y quemarlos antes de la siembra del maíz.

7 / Planta de origen silvestre que actualmente se cultiva para alimentar el ganado. Según los agricultores de la zona se planta con la idea de que crezca después de cultivado el maíz, obteniendo un doble beneficio de la parcela.



## Referencias

- AVENI, ANTHONY F. 1991. Observadores del cielo del México antiguo. FCE, México.
- AVENI, ANTHONY F., SUSAN MILBRATH Y CARLOS PERAZA LOPE. 2004. Chichén Itzá's legacy in the astronomically oriented architecture of Mayapán. En RES 45:123-143.
- ANDREWS, GEORGE F. 1989. Four Unique Free Standing "Towers" in the Chenes archaeological Region. En Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana. Facultad de Arquitectura. UNAM.
- BRODA, JOHANNA. 1990. Calendarios y astronomía en Mesoamérica, su función social. En Estudios de Cultura Náhuatl [en línea]. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas, 1959 - [citado (9 febrero de 2010)]. Anual. Disponible en <http://www.ejournal.unam.mx/titulo2.html?v=2414>
- 2004. La percepción de la latitud geográfica y el estudio del calendario mesoamericano. En Estudios de Cultura Náhuatl [en línea]. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas, 1959 - [citado (9 febrero de 2010)]. Anual. Disponible en <http://www.iih.unam.mx/publicaciones/revistas/nahuatl/pdf/ecn35/719.pdf>
- DURBIN, M. 1974. Archaeology: A Commentary on the Dresden Codex: A Maya Hieroglyphic Book. J. ERIC S. THOMPSON. American Anthropologist, 76: 464-466.
- GREEN R.M. 1985. Spherical Astronomy. Cambridge University Press.
- HIGÓN CALVET, JOSÉ LUIS Y DE VICENTE VALIENTE, VICENTE. 2004. El Cálculo del Vector Solar para su uso en edificación. Ediciones VJ. 42 p.
- MILBRATH, SUSAN Y CARLOS PERAZA LOPE. 2003. Revisiting Mayapán: México's last Maya capital. En Ancient Mesoamerica 14:1-46.
- MUÑOZ COSME, GASPAR. 2006. *Introducción a la arquitectura maya*. Valencia, España. General de Ediciones de Arquitectura. 152 pags.
- PAXTON, MEREDITH. 1997. Códice Madrid: análisis de las páginas 75-76. En Códices y Documentos sobre México. Segundo Simposio. Vol. 1. Coeditado por INAH y CONACULTA. México.
- PIÑA CHÁN, ROMÁN. 1985. Cultura y Ciudades Mayas de Campeche. México, D.F. Editora del Sureste, S.D.R.L. 199 pags.
- RAYA ROMÁN, JOSÉ MARÍA. 2001. Manual de Soleamiento Integral. Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción. 204 p.
- RIVERA DORADO, MIGUEL. 2001. *LA CIUDAD MAYA. UN ESCENARIO SAGRADO*. Madrid. Editorial Complutense, S.A. 348 p.
- SPRAJC, IVAN. 1990. El Satunsat de Oxkintok: ¿Observatorio Astronómico? En *Oxkintok 3*. Madrid, España. Editado por Misión Arqueológica de España en México. Pags. 87-97.
- 1995. El Satunsat de Oxkintok y la estructura 1-sub de Dzibilchaltún: Unos apuntes arqueoastronómicos. En *Memorias del Segundo Congreso Internacional de Mayistas*. D.F., México. Editado por Universidad Nacional Autónoma de México. Pags. 585-600.
- WITSCHY, WALTER R. T. Y CLIFFORD T. BROWN. 2000. Building a GIS System of Ancient Lowland Maya Settlement. Society for American Archaeology Annual Meeting. <http://mayagis.snmv.org/papers.htm> (Acceso 21 marzo 2008).

## AGRADECIMIENTOS

A M. arqueólogo Antonio Benavides Castillo por las imágenes y los datos facilitados.

## Conclusions

Given its morphological, typological and constructive characteristics the *Puerto Rico Tower* seems to be a unique case within the Rio Bec style and —unless another similar case is reported in the future— in the entire Mayan area. Previously reported data needed updating. More ducts have been found than those previously reported, with some of these confirming a clear purpose in their direction, from an astronomical point of view, defining the position on the horizon of the points of ortho and sunset on significant dates. The monument is currently at risk due to natural and social factors. This makes it vital that intervention actions are carried out for preservation not only of the monument itself but also of its immediate context. It is also necessary to make the area's inhabitants aware and offer them viable alternatives so that agricultural activities do not end up affecting heritage. ■

## NOTES

- 1 / This refers to a 20 year cycle.
- 2 / Sacred 260 day calendar.
- 3 / Solar calendar of 364 days.
- 4 / Derived from the term 'Dzaat' meaning 'to lose oneself' in Mayan language. Stephens translates this as 'maze' or 'labyrinth' in reference to the layout of the spaces in labyrinthine form.
- 5 / Andrews refers to ducts or channels of communication with the spirits of those buried below, which exist on other Mayan sites although of vertical form. In agreement with Aveni, sufficient excavations have not been carried out in order to ascertain whether it was a burial monument.
- 6 / One of the traditional methods of Mayan origin consisting of cutting down trees and burning them before sowing maize.
- 7 / A plant of wild origin, currently cultivated to feed livestock. According to farmers in the area, it is planted so that it will grow after the maize harvest and hence benefit twofold from the plot of land.

## References

- AVENI, ANTHONY F. 1991. Observadores del cielo del México antiguo. FCE, México.
- AVENI, ANTHONY F., SUSAN MILBRATH Y CARLOS PERAZA LOPE. 2004. Chichén Itzá's legacy in the astronomically oriented architecture of Mayapán. En RES 45:123-143.
- ANDREWS, GEORGE F. 1989. Four Unique Free Standing "Towers" in the Chenes archaeological Region. En Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana. Facultad de Arquitectura. UNAM.
- BRODA, JOHANNA. 1990. Calendarios y astronomía en Mesoamérica, su función social. En Estudios de Cultura Náhuatl [en línea]. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas, 1959 - [citado (9 febrero de 2010)]. Anual. Available on <http://www.ejournal.unam.mx/titulo2.html?v=2414>
- 2004. La percepción de la latitud geográfica y el estudio del calendario mesoamericano. En Estudios de Cultura Náhuatl [en línea]. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas, 1959 - [citado (9 febrero de 2010)]. Anual. Available on <http://www.iih.unam.mx/publicaciones/revistas/nahuatl/pdf/ecn35/719.pdf>
- DURBIN, M. 1974. Archaeology: A Commentary on the Dresden Codex: A Maya Hieroglyphic Book. J. ERIC S. THOMPSON. American Anthropologist, 76: 464-466.
- GREEN R.M. 1985. Spherical Astronomy. Cambridge University Press.
- HIGÓN CALVET, JOSÉ LUIS Y DE VICENTE VALIENTE, VICENTE. 2004. El Cálculo del Vector Solar para su uso en edificación. Ediciones VJ. 42 p.
- MILBRATH, SUSAN Y CARLOS PERAZA LOPE. 2003. Revisiting Mayapán: México's last Maya capital. En Ancient Mesoamerica 14:1-46.
- MUÑOZ COSME, GASPAR. 2006. *Introducción a la arquitectura maya*. Valencia, España. General de Ediciones de Arquitectura. 152 pags.
- PAXTON, MEREDITH. 1997. Códice Madrid: análisis de las páginas 75-76. En Códices y Documentos sobre México. Segundo Simposio. Vol. 1. Coeditado por INAH y CONACULTA. México.
- PIÑA CHÁN, ROMÁN. 1985. Cultura y Ciudades Mayas de Campeche. México, D.F. Editora del Sureste, S.D.R.L. 199 pags.
- RAYA ROMÁN, JOSÉ MARÍA. 2001. Manual de Soleamiento Integral. Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción. 204 p.
- RIVERA DORADO, MIGUEL. 2001. *LA CIUDAD MAYA. UN ESCENARIO SAGRADO*. Madrid. Editorial Complutense, S.A. 348 p.
- SPRAJC, IVAN. 1990. El Satunsat de Oxkintok: ¿Observatorio Astronómico? En *Oxkintok 3*. Madrid, España. Editado por Misión Arqueológica de España en México. Pags. 87-97.
- 1995. El Satunsat de Oxkintok y la estructura 1-sub de Dzibilchaltún: Unos apuntes arqueoastronómicos. En *Memorias del Segundo Congreso Internacional de Mayistas*. D.F., México. Editado por Universidad Nacional Autónoma de México. Pags. 585-600.
- WITSCHY, WALTER R. T. AND CLIFFORD T. BROWN. 2000. Building a GIS System of Ancient Lowland Maya Settlement. Society for American Archaeology Annual Meeting. <http://mayagis.snmv.org/papers.htm> (Access 21st March 2008).

The translation of this paper was funded by the Universidad Politécnica de Valencia, Spain.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Acknowledgements to the archeologist Antonio Benavides Castillo for the images and data provided.