

# Astronomia culturale in Italia

Lavori presentati a Convegni Nazionali  
della Società Italiana di Archeoastronomia

A cura di  
Elio Antonello

Società Italiana di Archeoastronomia  
2011

## Indice

Presentazione ..... iii

### **V Convegno Nazionale della SIA (Milano, 23-24 settembre 2005)**

Una proposta per la discussione del concetto di tempo ..... 3  
*Elio Antonello*

On the relationship between archaeoastronomy and “exact” sciences ..... 15  
*Giulio Magli*

La cronometria egizia: il tempo del cocodrillo ..... 23  
*Nedim R. Vlora*

Un quadrato per cielo. Riflessioni sulla natura celeste del quadrato e sulle sue applicazioni nell’India antica ..... 33  
*Annamaria Dallaporta, Lucio Marcato*

L’astronomia nell’Irlanda antica e medioevale ..... 43  
*Adriano Gaspani*

Orientamenti astronomici di alcune cattedrali della Terra di Bari..... 59  
*Nedim R. Vlora, Raffaele Falagario*

Palaeoclimate and archaeoclimate. The natural causes ..... 63  
*Giovanni P. Gregori*

On the reversal of the rotational momentum of Earth: a derivation and analysis of the Herodotus equation..... 89  
*Emilio Spedicato*

### **VI Convegno Nazionale della SIA (Campobasso, 22-23 settembre 2006)**

Ricerche preliminari di archeoastronomia sui templi dell’area sannitico-molisana .. 99  
*Mario Pagano, Franco Ruggieri*

Contenuti geometrici, numerici, metrici e astronomici del tempio nuragico a pozzo “Su Tempiesu” di Orune ..... 105  
*Marcello Ranieri*

Orientamenti astronomici delle cattedrali della Provincia di Bari.....	117
<i>Nedim R. Vlora, Raffaele Falagario</i>	
Allineamenti e direttrici sulla superficie terrestre in età medievale .....	129
<i>Nedim R. Vlora</i>	
La ‘Preta ru Mulacchio’ sul ‘Monte della Stella’ .....	141
<i>Domenico Ienna</i>	
Riferimenti a corpi celesti di frammenti scultorei dal sito di Kampil (Uttar Pradesh, India) .....	151
<i>Annamaria Dallaporta, Lucio Marcato</i>	
Il ciclo dell'anno a Inis Mòr – Arainn. Credenze e tradizioni del calendario presso la comunità delle isole Arann (Irlanda) .....	163
<i>Adriano Gaspani</i>	
L'osservatorio in pietra di Bric Pianarella (Savona) .....	177
<i>Mario Codebò, Henry De Santis, Gianluca Pesce</i>	
Ricerche di paleoastronomia nel sito archeologico di Lagorara in Val di Vara, La Spezia (3600 a.c. – 2000 a.c.) .....	187
<i>Enrico Calzolari</i>	
<b>Supplementi ai Convegni</b>	
La determinazione dell'asse del mondo con il lituo presso gli Etruschi .....	199
<i>Carlo Frison</i>	
Calakmul (Mexico): geometria, struttura e orientamenti astronomici del sito con nuovi dati .....	211
<i>Silvia Motta, Adriano Gaspani</i>	
La concezione dell'interno della Terra. “Miti” antichi e di oggi .....	223
<i>Giovanni P. Gregori</i>	

# Calakmul (Mexico): geometria, struttura e orientamenti astronomici del sito con nuovi dati

Silvia Motta, Adriano Gaspani

*INAF - Osservatorio Astronomico di Brera, Milano*

**Abstract:** It has recently become understood that Calakmul, whose ruins are located in the high forests of the southern Campeche region, was one of the greatest empires in the Mayan world; in 2002 Calakmul was added to UNESCO's list of World Heritage Sites. The original aim of the present work was to investigate a possible use of the *E - Structure* in order to mark the rising points of the moon at the standstills. In particular the moon was collimated towards the corner of the structure IV. In fact the rising moon at the major standstill ( $\delta = +\varepsilon + \iota$ ) was seen towards the extreme northern corner of the structure IV (sect. *a*). The rising moon at the intermediate upper standstill ( $\delta = +\varepsilon - \iota$ ) was seen at the meridional corner of the section *a* of the structure IV. Similarly at the extreme southern lunar standstill ( $\delta = -\varepsilon - \iota$ ) the moon was seen at the meridional corner of the top of the section *c* of the structure IV. Finally the rising moon at the intermediate minor standstill ( $\delta = -\varepsilon + \iota$ ) was seen towards the northern corner of the segment *c* of the structure IV.

**Riassunto:** E' stato recentemente riconosciuto che Calakmul, le cui rovine sono situate nella foresta più intricata nella regione meridionale di Campeche, fu uno degli imperi più potenti del mondo Maya; nel 2002 è stata annoverata nella lista dei patrimoni dell'UNESCO. L'originalità di questo lavoro consiste nel ricercare un possibile uso della "*E - group*" come marcatore dei punti di levata della Luna ai lunistizi. In particolare gli spigoli della Struttura IV possono essere usati come collimatori di levate lunistiziali. Infatti il sorgere alla sua massima digressione settentrionale ( $\delta = +\varepsilon + \iota$ ) veniva osservata verso lo spigolo più a nord della Struttura IV (sect. *a*). La levata della Luna nel punto lunistiziale intermedio superiore ( $\delta = +\varepsilon - \iota$ ) veniva osservata verso lo spigolo meridionale della medesima struttura. Allo stesso modo nel punto di osservazione lunare estremo più a sud ( $\delta = -\varepsilon - \iota$ ) la luna veniva osservata sullo spigolo meridionale del tetto della sezione *c*. Infine la levata al lunistizio intermedio inferiore ( $\delta = -\varepsilon + \iota$ ) veniva vista verso lo spigolo più a nord della sezione Strutt. IV (*c*). Questo suggerisce la possibilità che anche gli altri "*E-group*" prodotti dalla cultura Maya possano essere analogamente astronomicamente significativi dal punto di vista lunare oltre che solare.

## Introduzione

La civiltà Maya si sviluppò su un vasto territorio del Centro America a partire dal II secolo a.C. (tardo preclassico), fino al IX A.D. (tardo classico). Questo territorio non fu mai unificato in un unico impero, ma rimase sempre suddiviso in tante città-stato dominate da dinastie guerriere. Tra il 200 e il 300 A.D. fiorirono innumerevoli città ricche di complessi architettonici, di sculture e opere pittoriche. Successivamente, attorno all'anno 1000 A.D., si verificò il tracollo delle strutture politiche ed economiche. In breve tempo le città vennero abbandonate e la vegetazione lentamente ricoprì gli edifici. Nel 1931 in una di queste radure Cyrus Lundell scoprì le rovine di una antica città che chiamò Calakmul, che in lingua

Maya significa “*la città delle due piramidi adiacenti*”; in lingua Maya *ca* significa *due*, *lak* adiacenti e *mul* piramidi, data la presenza di due piramidi alte circa 50 metri che la dominano. Si sa ora da studi recenti che il nome originale all’epoca Maya del IX secolo era *Uxtetun*<sup>1</sup>.

## Il sito

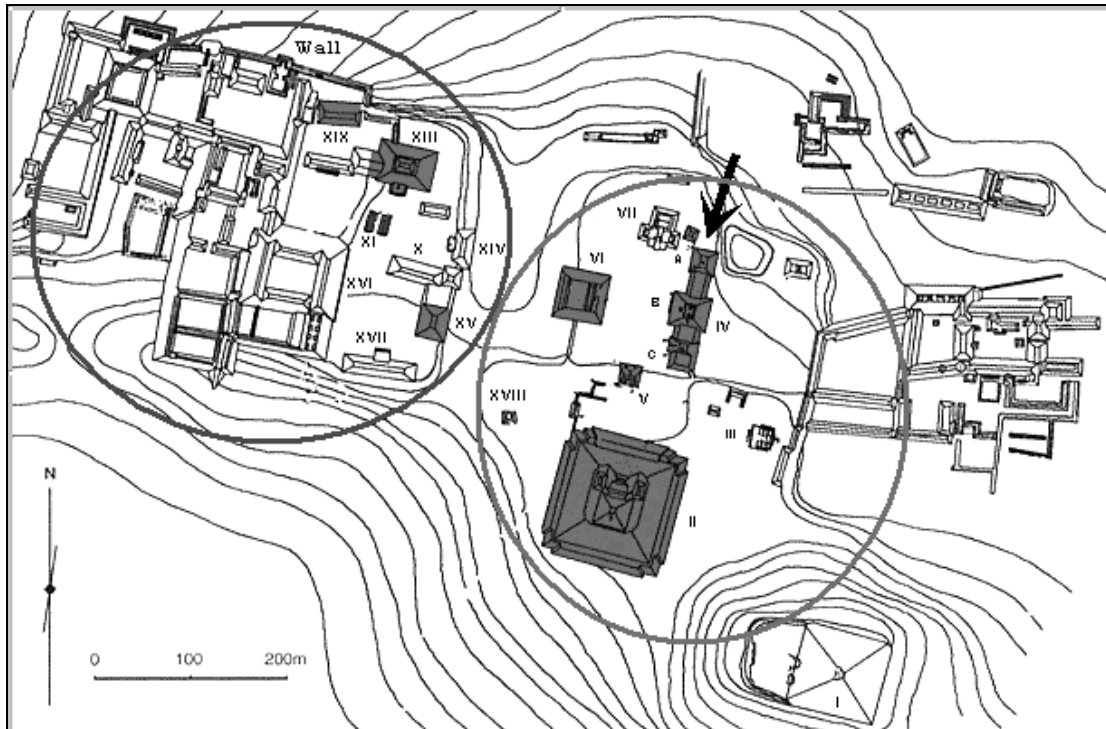
Il sito è ubicato ad una latitudine di 18° 06’ 18” N, longitudine 89° 48’ 39” W e a una quota di 260 metri s.l.m.<sup>2</sup> ed è localizzato nello stato messicano del Campeche, al confine tra lo stato di Quintana Roo e il Guatemala. Il sito archeologico ha un’estensione di circa 70 kmq su cui sono state rinvenute 6250 strutture di cui solo una parte è stata attualmente riportata alla luce. L’importanza del sito è tanto maggiore in quanto sono state rinvenute 117 stele ricoperte da fittissime iscrizioni, glifi, pittogrammi e segni appartenenti ai vari calendari Maya. Benché la scrittura Maya sia già stata parzialmente decifrata col ritrovamento della lastra di Palenque e degli unici tre codici intatti a noi pervenuti (il codice di Dresda, il Codice Tro-Cortesiano ed il Codice Perisiano) queste stele risultano molto importanti dal punto di vista della cronologia Maya data la presenza su di esse di iscrizioni che contengono espliciti e ben precisi riferimenti calendariali. Dal 1984 gli archeologi Folan, Morales e Carrasco stanno eseguendo scavi per riportare alla luce ulteriori rovine ancora avviluppate dalla vegetazione. A loro si deve il ritrovamento di una tomba intatta, localizzata in uno di questi edifici (Struttura III). I Maya edificavano le loro città orientandole lungo particolari linee astronomicamente significative connesse con i punti di levata e di tramonto sia del Sole che della Luna. Essi stabilivano la direzione degli assi delle loro città e quelli dei palazzi più importanti usando il percorso diurno dell’ombra degli edifici, per determinare con l’anticipo di un paio di mesi del loro calendario solare la data del passaggio del Sole allo zenit locale<sup>3</sup>. Questo fenomeno, che alla latitudine dello sviluppo della cultura Maya avveniva due volte durante l’anno in accordo con il periodo delle piogge, era ritenuto molto importante ai fini della pianificazione dell’agricoltura. L’area occupata dal sito di Calakmul può essere suddivisa in due sezioni: la prima, chiamata *Plaza Central*, è un vasto spazio aperto delimitato dalla struttura II a sud e dalle strutture VII e VIII a nord, dalle strutture IV a est e VI ad ovest; la seconda, denominata *Gran Acropolis*, che rappresenta anche il nucleo centrale del sito, è circondata da un canale ed è dominata da due enormi acropoli adiacenti (da qui il nome del sito) che dall’alto dei loro 50 metri dominano la foresta. L’obiettivo del presente studio è quello di stabilire l’esistenza o meno di edifici astronomicamente allineati nel sito di Calakmul e in caso positivo, determinare quali furono gli astri obiettivo degli allineamenti.

---

<sup>1</sup> Mathews, Bíró (2005).

<sup>2</sup> Le coordinate geografiche sono state desunte da Folan, Morales López (2002), i quali non specificano il Datum geodetico di riferimento.

<sup>3</sup> Coe (1980); Thompson (1970).



**Fig.1.** Calakmul, suddivisione del sito nelle 2 zone: Plaza Central (cerchio a destra), Gran Acropolis (cerchio a sinistra). La freccia nera indica il settore IV che funge da collimatore per un osservatore posto sulla sommità della piramide VI.

### Metodologia di analisi e discussione

Il nostro lavoro si è concentrato sull'analisi di quattro manufatti in particolare. L'analisi della geometria del sito ha mostrato che esso fu edificato lungo due assi ortogonali paralleli alle direzioni cardinali astronomiche. Innanzitutto è stata esaminata la possibilità che la struttura VIII potesse essere stata utilizzata quale osservatorio astronomico, come ipotizzato in passato da alcuni archeologi<sup>4</sup>, e dalla popolazione locale, senza però che sia mai stata eseguita un'appropriata analisi arqueoastronomica. Dai nostri calcoli preliminari ciò è risultato decisamente poco probabile in quanto l'asse della struttura VIII risulta disallineato di circa 12° verso est rispetto al meridiano astronomico locale; eventualmente la struttura VIII potrebbe essere stata utilizzata quale punto di stazione correlato con un corrispondente punto di collimazione posto sulla sommità della struttura II ed avrebbe potuto stabilire, con una approssimazione di una decina di gradi, la direzione del meridiano astronomico locale. La struttura VIII ha una base quadrata il cui lato misura circa 15 metri ed è alta circa 6 metri (il cattivo stato di conservazione del manufatto ne rende difficile la misura precisa); mentre la struttura II, anch'essa a base quadrata, ha un lato di 140 metri ed un'altezza di 55 metri. Nel caso che la struttura VIII fosse effettivamente servita come punto di stazione, nel 700 A.D., dietro la sommità della struttura II era possibile osservare

<sup>4</sup> Dominguez Carrasco (1991, 1993, 1994).

il transito di alcune stelle luminose lungo una direzione caratterizzata da un azimut astronomico pari a  $188^{\circ},3$  e ad un'altezza angolare apparente pari a  $13^{\circ},8$ . Il calcolo astronomico preliminare ha messo in evidenza che le stelle in oggetto potrebbero essere state:  $\alpha$  Carinae (*Canopus*) che transitava ad un'altezza angolare apparente pari a  $15^{\circ},1$ ;  $\alpha$  Crucis (*Acrux*) il cui passaggio avveniva ad un'altezza di  $15^{\circ},8$ ;  $\alpha$  Centauri (*Toliman*) ad un'altezza di  $16^{\circ},8$ . Il fatto che queste direzioni, o solo alcune di esse, possano essere state importanti per gli abitanti di Calakmul, durante il VIII e il IX secolo, è tuttora oggetto di un nostro studio approfondito. Successivamente è stata calcolata la probabilità che l'orientazione dell'edificio corrispondente alla struttura VIII, considerato di per se stesso, possa essere astronomicamente significativa. Il risultato ottenuto mostra però un livello di probabilità dell'ordine solamente dello 1%, quindi l'ipotesi dell'orientazione astronomica deve essere formalmente rigettata. Ci siamo allora concentrati sul blocco architettonico più importante, formato dalle strutture VI e IV, già riconosciuto da altri autori come possibilmente legato all'osservazione degli eventi solari fondamentali per la cultura Maya<sup>5</sup>. In passato, poiché gli edifici costituiscono una caratteristica “*E-structure*” comune nei siti Maya, erano già state riconosciute e confermate le direzioni delle levate equinoziali e solstiziali solari determinabili utilizzando come punto di stazione la sommità della struttura VI e come punti di collimazione le sommità dei tre blocchi che costituiscono la struttura IV, denominate rispettivamente da nord verso sud, a, b, c. La struttura VI, che fianeggia il lato ovest della *Plaza Central*<sup>6</sup>, fu edificata intorno al IV sec. A.D. e rimodellata intorno al IX sec. A.D. in rapporto con la struttura VI per creare ciò che gli studiosi dei Maya chiamano appunto “*E-group*” o “*E-structure*”. La struttura IV è formata da una lunga piattaforma sormontata da tre edifici di diversa altezza; i manufatti localizzati nella parte estrema nord (IVa) e estrema sud (IVc) si elevano di circa 3 metri sopra la piattaforma, mentre l'edificio centrale (IVb) è formato da una substruttura che si erge sopra la piattaforma di circa 5 metri e che a sua volta sostiene una piattaforma di altezza attorno a 1 metro, sopra di essa si ha il monumento vero e proprio alto circa 2 metri; quindi la parte centrale IVb ha una altezza complessiva di circa 8 metri. Per quanto riguarda la struttura VI essa è una piattaforma che giace a ovest della struttura IV, ha forma quadrata alla base con lato di 55 metri e nella parte superiore di 35 metri; la sua altezza totale è intorno ai 9 metri<sup>7</sup>. Quello che va sotto il termine tecnico di “*E-group*” è un arrangiamento strutturale architettonico tipicamente Maya, identificato per la prima volta ad Uaxactun, ove il posizionamento reciproco della piattaforma di osservazione e delle strutture di collimazione fu allineato in accordo con i punti di levata del Sole ai solstizi ed agli equinozi. Un osservatore posto sulla piattaforma sulla sommità della struttura VI, vedeva il sorgere del Sole, nel giorno del solstizio d'estate, dietro la guglia settentrionale (a) della struttura IV, la

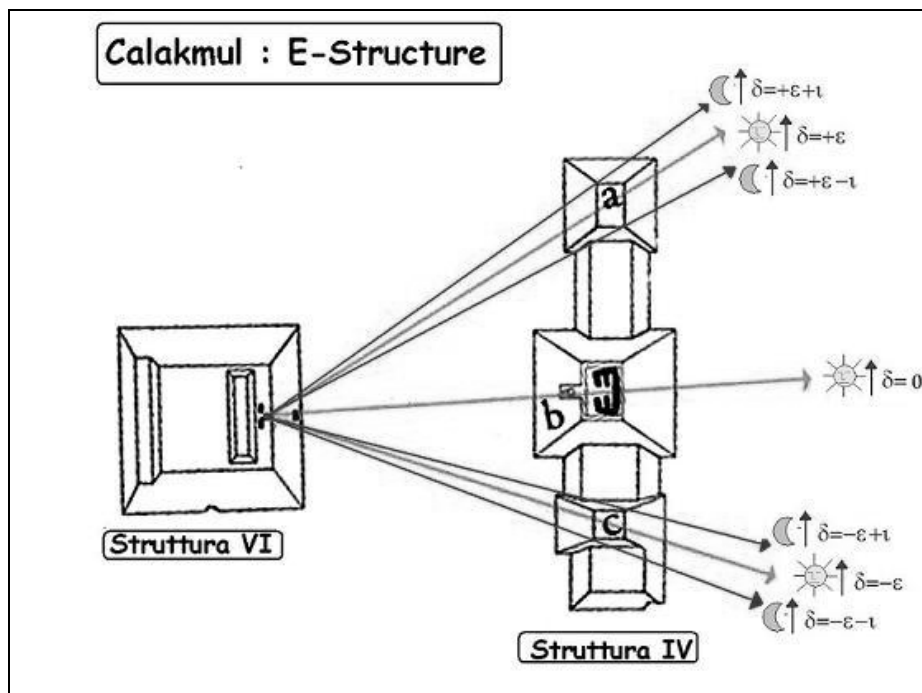
<sup>5</sup> Aveni (1997).

<sup>6</sup> Ruppert, Denison (1943).

<sup>7</sup> Folan (1988).

*Calakmul (Mexico)*

levata dell'astro al solstizio d'inverno dietro la guglia meridionale (c) della stessa struttura e le levate equinoziali dietro la guglia centrale (b). Lo studio delle caratteristiche archeoastronomiche dell'"E-group" di Calakmul ha suggerito un possibile uso più generale ed in particolare che esso potesse essere capace di allineare anche i punti di levata della Luna ai lunistizi estremi ed intermedi durante il ciclo di retrogradazione dei nodi dell'orbita lunare, pari in prima approssimazione a 18,61 anni solari tropici. In particolare gli spigoli delle guglie della struttura IV potevano essere usati come collimatori dei punti di levata della Luna ai lunistizi. Infatti il sorgere dell'astro alla sua massima digressione settentrionale, quando la sua declinazione topocentrica assume il valore  $(\delta = +\epsilon + \iota - P)$ <sup>8</sup> poteva essere osservato dietro lo spigolo più a nord della struttura IV(a). La levata della Luna nel punto lunistiziale intermedio superiore  $(\delta = +\epsilon - \iota - P)$  poteva essere osservata dietro lo spigolo meridionale della guglia settentrionale. Allo stesso modo la levata lunistiziale lunare estrema meridionale  $(\delta = -\epsilon - \iota - P)$  poteva essere osservata dietro lo spigolo meridionale della guglia meridionale della struttura IV. Infine la levata al lunistizio intermedio inferiore  $(\delta = -\epsilon + \iota - P)$  poteva essere osservata verso lo spigolo più a nord della guglia meridionale della stessa struttura.



**Fig. 2.** Calakmul: schema dei punti di levata per il Sole e la Luna nel 800 A.D. (Motta, Gaspani).

Successivamente abbiamo calcolato la probabilità che l'ubicazione della struttura IV rispetto a quella della struttura VI, tale da realizzare un "E-group" astronomicamente significativo, possa essere casuale. Il risultato è una probabilità di casualità molto ridotta tanto che siamo indotti ad accettare la significatività

<sup>8</sup> P è il valore della parallasse lunare.

astronomica con un livello di probabilità pari al 99,37%. Tenendo conto di tutte queste considerazioni e con i dati in nostro possesso, abbiamo calcolato il valore teorico sia degli azimut corrispondenti ai punti di levata del Sole ai solstizi ed agli equinozi, sia degli azimut relativi ai punti di levata della Luna in corrispondenza della sua massima digressione settentrionale, dei punti lunistiziali intermedi e quelli della sua massima digressione meridionale. I valori sono riportati nella Tabella I. Esaminando le mappe, data la scarsa precisione intrinseca del collimatore, gli azimut misurati sono stati compensati in modo da ripartire in maniera uniforme su ognuno l'errore globale in azimut, stimato di circa 3°. I valori misurati compensati sono riportati nella prima riga della tabella.

**Tab. I.**

	Strutt IVa ( Nord)	Strutt IVa (Sud)	Strutt IVb	Strutt IVc (Nord)	Strutt IVc (Sud)
Struttura (val.mis. compen.)	62°,4	69°,3	93°,0	110°,0	118°,5
Struttura (val.mis.)	59°,4	66°,3	90°	107°,0	115°,5
Sole (val.teor)	64°,9 Solst Estate		89°,8 Equinozio		114°,7 Solst Inverno
Luna (val.teor)	59°,6 lunistizio settentrionale	70°,6 lunist.interm settentrionale		109°,5 lunist.interm meridionale	120°,5 lunistizio meridionale

La corrispondenza tra i valori teorici e quelli misurati è quasi totale, questo ci induce a poter proporre il “*E-structure*” come possibile punto di osservazione non solo dei punti di levata del Sole ma anche della Luna.

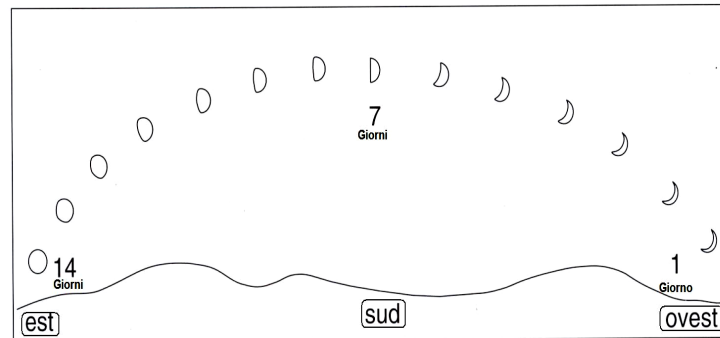
### La Luna nella cultura Maya

Per i Maya era fondamentale l'accordo tra i vari fenomeni celesti e le date dell'almanacco religioso, il *Tzolkin*; impostato sul numero 13, molto importante per i Maya in quanto 13 erano i cieli superiori, ognuno presieduto da un dio protettore, è tuttora utilizzato dai Cakchiquel, popolazione delle montagne del Guatemala. Funzionava così: ogni giorno, dall'1 al 13, viene associato a un “dio portatore del giorno” che appartiene ad una sequenza di 20 divinità. Dopo 260 giorni si ripete lo stesso numero con lo stesso nome del dio. Il *Tzolkin* infatti è composto da 260 giorni.

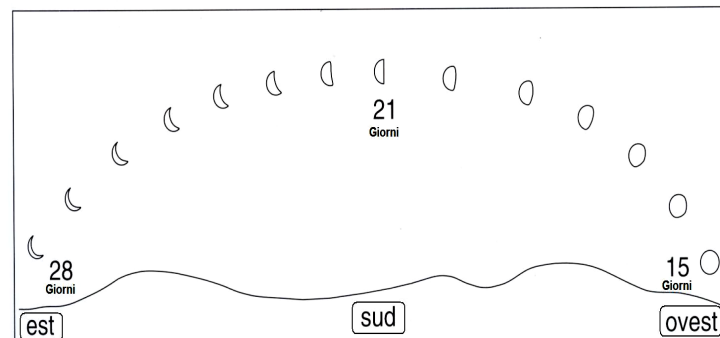
Il Dresda Codex è uno dei 4 libri Maya sopravvissuti alla distruzione effettuata dagli spagnoli. In esso l'epigrafista J. Eric Thompson ha riconosciuto una serie di “capitoli”, di cui uno “*le tavole lunari*”. La parte compresa tra le pagine D51 e

## Calakmul (Mexico)

D58 sono dedicate alle previsioni dei periodi in cui possono manifestarsi eclissi di Sole e di Luna; in particolare D51a viene considerata la tavola delle correzioni. L'eclisse per i Maya era ritenuta un fenomeno molto pericoloso, infatti era rappresentata con figure spaventose. Interessante è la pagina D52b del Codex in quanto compare il *SAROS6585*, a dimostrazione del fatto che si tratta di una tavola delle eclissi<sup>9</sup>.



Visibilità della Luna durante la prima metà del mese sinodico lunare:  
aspetto e posizione della Luna nel cielo al tramonto del Sole



Visibilità della Luna durante la seconda metà del mese sinodico lunare:  
aspetto e posizione della Luna nel cielo all'alba

## La visibilità della Luna a Calakmul

I punti di levata e di tramonto della Luna all'orizzonte astronomico locale dipendono oltre che dalla latitudine  $\varphi$  dell'osservatore, soprattutto dalla declinazione geocentrica della Luna la quale può variare tra i valori estremi  $\delta=(+\varepsilon+i)$  e  $\delta=(-\varepsilon-i)$  con un periodo di 18,612472 anni solari tropici, calcolato per il IX secolo AD. Le fasi della Luna si ripetono seguendo il periodo sinodico di 29,530587 giorni solari medi, anch'esso calcolato per il IX secolo<sup>10</sup>. E' erroneo pensare che si possa vedere sorgere, oppure tramontare, la Luna con qualsiasi fase in quanto la sua fase è determinata dalla posizione reciproca nello spazio tra essa, la Terra ed il Sole e corrisponde in ogni istante ad un ben preciso angolo di fase. Questo fatto quindi stabilisce un vincolo sulla visibilità dell'astro. Inoltre sarà

<sup>9</sup> Romano (1999).

<sup>10</sup> Gaspani (1996).

possibile assistere al sorgere della Luna solamente quando la sua levata avviene di notte. E' quindi possibile osservare la levata della Luna all'orizzonte quando la sua fase è compresa tra il plenilunio ed il novilunio, cioè quando la Luna è calante, ed il tramonto dell'astro quando la sua fase è compresa tra il novilunio ed il plenilunio, quindi quando la Luna è crescente. Solo al plenilunio è formalmente possibile osservare sia la levata che il tramonto della Luna nella stessa notte, mentre al novilunio nessuno dei due fenomeni è osservabile. Nei siti archeologici di rilevanza astronomica dove sono presenti allineamenti diretti verso i punti di levata della Luna alle declinazioni geocentriche comprese tra  $\delta=(+\varepsilon+i)$  e  $\delta=(-\varepsilon-i)$ , come avviene a Calakmul, essi si devono riferire alla Luna piena (limitatamente alla stagione invernale) oppure calante, mentre gli allineamenti diretti verso il tramonto dell'astro notturno si riferiranno al novilunio che però è sempre invisibile e alla Luna crescente. A Calakmul a causa della sua bassa latitudine geografica la durata della notte invernale non è sufficiente a mostrare al plenilunio sia la levata che il tramonto dell'astro.

Questa situazione deve essere tenuta in grande considerazione quando si interpretano gli allineamenti astronomicamente significativi diretti verso i punti di levata e di tramonto lunistiziali rilevati nei siti archeologici. La letteratura archeoastronomica mostra numerosi studi in cui si mette in evidenza la presenza di allineamenti lunistiziali lunari, ma in fase di interpretazione non vengono assolutamente prese in considerazione le effettive condizioni di visibilità dell'astro quando sorge e tramonta lungo quelle particolari direzioni. Un altro fatto da considerare è che ancora in molti studi archeoastronomici vengono indicate le date dei lunistizi utilizzando le declinazioni lunari geocentriche, cioè come se l'osservatore fosse posizionato al centro della Terra. Se questa ipotesi è valida per il Sole e per le stelle, astri per i quali la parallasse è trascurabile, non lo è per la Luna dato che essa è relativamente vicina alla Terra e la sua distanza è solo grosso modo 30 volte il diametro terrestre; questo fa sì che la sua parallasse non sia trascurabile. L'effetto pratico è che le date di massima o minima declinazione calcolate geocentricamente sono diverse da quelle effettive topocentriche, riferite ad un particolare luogo di osservazione e ad una particolare data, ad esempio quello dove è posto il sito archeologico in cui sono stati rilevati i possibili allineamenti lunari. La variazione dell'azimut di levata o di tramonto di un astro rispetto alla variazione della sua declinazione dipende dalla latitudine geografica dell'osservatore oltre che dalla declinazione dell'astro, quindi gli effetti della parallasse lunare sono maggiori salendo verso le latitudini geografiche elevate. Riassumendo quanto detto possiamo allora affermare che nel caso della Luna è necessario considerare i quattro punti fondamentali di levata nell'arco orientale dell'orizzonte astronomico locale e i corrispondenti quattro punti di tramonto nell'arco occidentale. Tenendo conto anche dei punti di levata e tramonto del Sole ai solstizi e agli equinozi, rileviamo che dal punto di vista archeoastronomico, escludendo le stelle, dobbiamo considerare ben 14 posizioni (8 lunari e 6 solari) di cui la metà al sorgere e l'altra metà al tramonto. Rimane ora da porsi una domanda

### *Calakmul (Mexico)*

fondamentale e cioè a cosa potesse servire ai Maya conoscere le epoche e la posizione dei lunistizi. Questa è una domanda a cui, nello stato attuale delle ricerche, è molto difficile rispondere in quanto il ciclo di retrogradazione dei nodi non ha rilevanza pratica, per esempio dal punto di vista agricolo. Potremmo forse ipotizzare che qualora la Luna fosse stata prossima al lunistizio corrispondente alla declinazione massima ( $\delta = \varepsilon + \iota - P$ ) essa avrebbe percorso un grande arco in cielo rimanendo quindi sopra l'orizzonte per quasi tutta la notte, soprattutto qualora l'astro fosse stato al plenilunio. In questo caso la Luna poteva essere molto utile perchè poteva illuminare il cammino durante gli spostamenti notturni, mentre mezzo mese draconitico dopo la declinazione della Luna era la minima possibile corrispondendo a ( $\delta = -\varepsilon - \iota - P$ ) l'arco descritto sopra l'orizzonte durante la notte era piccolo, e l'illuminazione notturna durava solo poche ore. Questa ipotesi però risulta poco convincente in quanto le declinazioni massime si ripetono ogni 18,612 anni, periodo per la verità piuttosto lungo per programmare spostamenti da effettuarsi in un numero limitato di notti. L'esistenza dei numerosi allineamenti diretti verso questi particolari punti d'arresto sperimentalmente rilevati in una grande quantità di siti distribuiti su tutto il pianeta che si collocano cronologicamente dalla preistoria alla proto-storia delle varie popolazioni è, però, un dato di fatto che non può essere trascurato; ecco che la valenza rituale della Luna potrebbe forse essere una giustificazione più appropriata per spiegare l'esistenza degli allineamenti rilevati. Va sottolineato il fatto che la conoscenza del ciclo lunistiziale lunare poneva in mano, a chi lo conosceva, lo strumento per prevedere alcune eclissi, soprattutto quelle di Luna. Infatti qualora la Luna si trovi alla massima o minima declinazione possibile e contemporaneamente al primo o all'ultimo quarto allora sette giorni dopo è possibile il verificarsi di un'eclisse di Sole o di Luna in quanto l'astro si troverà al nodo e contemporaneamente al novilunio o al plenilunio, quindi con il Sole anche lui posizionato ad uno dei due nodi dell'orbita lunare. Questo metodo è in teoria possibile e praticabile, ma permette la predizione di un numero piuttosto limitato di eclissi e soprattutto a scadenza breve: solo 7 giorni. Lo studio del succedersi delle epoche di lunistizio avrebbe però forse potuto contribuire efficacemente, dopo un certo tempo, all'identificazione del numero di lunazioni corrispondenti a valori interi degli intervalli di 173,3 giorni, che costituirono soprattutto in epoca antica utili predittori per le sequenze di eclissi. A questo punto appare molto chiaramente quanto sia complicato e talvolta aleatorio attribuire grande accuratezza agli allineamenti lunistiziali lunari rilevati nei siti archeologici di rilevanza astronomica e quanto sia parimenti azzardato ritenere che in epoca preistorica e protostorica sia stato possibile materializzare sul terreno tali linee con un'accuratezza superiore a certi limiti. A Calakmul infatti esiste un certo grado di approssimazione nelle linee lunistiziali stabilite dagli spigoli della struttura IV. Esiste ancora un fatto da prendere in considerazione che riguarda la dimensione angolare apparente del disco lunare. Il ragionamento esposto fino ad ora riguarda la declinazione del centro geometrico del disco della Luna visibile da terra, ma dal

punto di vista osservativo è più facile stimare ad occhio nudo il momento del sorgere oppure del tramontare di uno dei due lembi del disco lunare: quello superiore o quello inferiore; ma sia alla levata che al tramonto il lembo superiore è generalmente invisibile a causa della posizione del Sole. Il diametro apparente medio della Luna è dell'ordine di 0°,5 e anche questo valore, leggermente variabile nel tempo, va a sommarsi oppure a sottrarsi alla declinazione dell'astro variando l'azimut astronomico di levata oppure di tramonto all'orizzonte naturale locale. Questa variazione di declinazione, che a prima vista sembra trascurabile, in realtà produce consistenti variazioni dell'azimut di levata oppure di tramonto. In pratica a causa di tutti questi fattori è estremamente difficoltoso stabilire il livello di affidabilità degli orientamenti lunistiziali lunari nei siti archeologici di rilevanza astronomica in quanto dal punto di vista osservativo, ad occhio nudo, nell'antichità era estremamente difficile materializzare sul terreno le direzioni della levata e del tramonto della Luna ai lunistizi con sufficiente precisione utilizzando traguardi costituiti da pali e pietre, mentre era possibile ottenere un risultato più accurato utilizzando qualche particolare orografico dell'orizzonte di sfondo quale "mirino". A Calakmul ed in altri siti Maya in cui sono presenti le caratteristiche "E-Structure" il problema fu affrontato costruendo imponenti strutture architettoniche in cui i punti di stazione e di collimazione sono notevolmente distanti tra loro.

**Tab.2.** Lunistizi a Calakmul dal 600 al 900 A.D. (sinistra) e azimut di levata e tramonto della Luna nell'800 A.D. (destra)

Decl.max	Decl.min
(+e+i): 610	(-e-i): 610
(+e+i): 629	(-e-i): 629
(+e+i): 647	(-e-i): 647
(+e+i): 666	(-e-i): 666
(+e+i): 684	(-e-i): 684
(+e+i): 703	(-e-i): 703
(+e+i): 722	(-e-i): 722
(+e+i): 740	(-e-i): 740
(+e+i): 759	(-e-i): 759
(+e+i): 777	(-e-i): 777
(+e+i): 796	(-e-i): 796
(+e+i): 815	(-e-i): 815
(+e+i): 833	(-e-i): 833
(+e+i): 852	(-e-i): 852
(+e+i): 870	(-e-i): 871.
(+e+i): 889	(-e-i): 889
(+e+i): 908	(-e-i): 908
(+e+i): 926	(-e-i): 926
(+e+i): 945	(-e-i): 945
(+e+i): 964	(-e-i): 964
(+e+i): 982.	(-e-i): 982

Place: calakmul		Latitude: 18.10 Degrees		Year: 800.0								
Decl.	Height of the local horizon (degrees)											
	0		2		4		6		8		10	
	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set
+e+i U	59.6	300.4	60.5	299.5	61.2	298.8	61.8	298.2	62.5	297.5	63.0	297.0
+e+i C	59.7	300.3	60.5	299.5	61.3	298.7	61.9	298.1	62.5	297.5	63.1	296.9
+e+i D	59.7	300.3	60.6	299.4	61.4	298.6	62.0	298.0	62.6	297.4	63.2	296.8
-e-i U	120.4	239.6	121.3	238.7	122.2	237.8	123.1	236.9	124.1	235.9	125.1	234.9
-e-i C	120.4	239.6	121.4	238.6	122.3	237.7	123.3	236.7	124.2	235.8	125.3	234.7
-e-i D	120.5	239.5	121.5	238.5	122.4	237.6	123.4	236.6	124.4	235.6	125.4	234.6
+e-i U	70.5	289.5	71.3	288.7	72.0	288.0	72.7	287.3	73.3	286.7	73.9	286.1
+e-i C	70.6	289.4	71.4	288.6	72.1	287.9	72.8	287.2	73.4	286.6	74.0	286.0
+e-i D	70.7	289.3	71.5	288.5	72.2	287.8	72.8	287.2	73.4	286.6	74.0	286.0
-e+i U	109.4	250.6	110.3	249.7	111.1	248.9	111.9	248.1	112.7	247.3	113.6	246.4
-e+i C	109.5	250.5	110.4	249.6	111.2	248.8	112.0	248.0	112.8	247.2	113.7	246.3
-e+i D	109.6	250.4	110.4	249.6	111.3	248.7	112.1	247.9	112.9	247.1	113.8	246.2

Rise : Azimuth of the rising Moon (degrees)  
 Set : Azimuth of the setting Moon (degrees)  
 (measured eastward from the North direction).  
 U : Upper limb (first gleaming)  
 C : Center of the disk  
 D : Lower limb (last contact)

Esistono varie ragioni per affermare questo. Prima fra tutte il fatto che la Luna giunge alla sua massima ed alla sua minima declinazione mensile una volta ogni mese e la sua declinazione sarà vicina al valore estremo mensile per due o tre

giorni prima e dopo la data del valore estremo. Nell'ambito dei fenomeni che aggiungono incertezza nell'osservazione della luna dobbiamo considerare l'oscillazione dell'inclinazione dell'orbita lunare, l'effetto della variazione mensile della parallasse lunare, la possibilità che la levata della Luna possa essere osservata solamente nelle fasi successive al plenilunio ed invece il tramonto solamente alla fasi che lo precedono e che il bordo del disco lunare per essere visibile deve essere illuminato. Durante l'analisi archeoastronomica di un sito archeologico che si sospetta essere astronomicamente significativo dal punto di vista lunare non si può prescindere dal tenere molto ben presente il livello di incertezza insito nell'osservazione visuale delle posizioni di levata e di tramonto del nostro satellite naturale all'orizzonte naturale locale.

### **Conclusioni**

Dalla nostra analisi è risultato che il “*E-group*” formato dalle strutture IV e VI poteva essere utilizzato per stabilire i punti rilevanti sia delle levate solstiziali ed equinoziali solari ma anche di quelle lunistiziali lunari. Questo è un risultato molto importante in quanto a questo punto potrebbe essere ipotizzato che anche gli altri “*E-group*” presenti in altri siti archeologici appartenenti alla cultura Maya, dislocati nella penisola dello Yucatan, nel Belize, Honduras e Guatemala possano essere astronomicamente significativi non solo dal punto di vista solare, ma anche dal punto di vista lunistiziale lunare. L'analisi di tutti gli “*E-group*” noti nei siti Maya alla ricerca della possibile significatività astronomica lunare è in corso. Il gruppo formato dalle strutture II e VIII invece non risulta astronomicamente significativo per quanto concerne le direzioni solari e lunari: tuttalpiù potrebbe invece includere alcuni possibili allineamenti di tipo stellare, problematica su cui stiamo attualmente lavorando.

### **Bibliografia**

- Aveni, A. 1997, *Stairways to the Stars: Skywatching in Three Great Ancient Cultures*, Wiley.
- Carrasco, D. 1990, *Religions of Mesoamerica*, Harper & Row
- Carrasco Vargas, R., Boucher, S., Alvarez González, P., Tiesler Blos, V., Garcia Vierna, V., García Moreno, R., Vázquez Negrete, J. 1999, A Dynastic Tomb from Campeche, Mexico: New Evidence on Jaguar Paw, A Ruler of Calakmul. *Latin American Antiquity* 10(1):47-58.
- Carrasco Vargas, R., Vázquez López, V.A., Martin S. 2009, Daily life of the ancient Maya recorded on murals at Calakmul, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (46): 19245-19249.
- Carrasco, R., Wolf, M. 1996, Nadzca'an: una antigua ciudad en el suroeste de Campeche, México, *Mexicon* 18 (4): 70-74.

- Cernuti, S., Gaspani, A. 2006, Introduzione all'archeoastronomia: nuove tecniche di analisi dei dati, Fondazione "Giorgio Ronchi", Vol. XXXIX.
- Coe, M. 1980, *I Maya*, Newton Compton
- Domínguez Carrasco, M. d. R. 1991, El Sistema Hidráulico en la Ciudad de Calakmul. *Información* 15. Centro de Investigaciones Históricas y Sociales, Universidad Autónoma de Campeche. En prensa.
- Domínguez Carrasco, M. d. R. 1993, Calakmul, Campeche y su Sistema Hidráulico. En *Los Investigadores de la Cultura Maya*, No.1. Universidad Autónoma de Campeche, Conacyt, México.
- Domínguez Carrasco, M. d. R. 1994, Calakmul, Campeche: Un Análisis de la Cerámica. Colección Arqueología No.4. Universidad Autónoma de Campeche, México.
- Folan, W. J. 1988, Calakmul, Campeche: El Nacimiento de la Tradición Clásica en la Gran Mesoamérica. *Información* 13:122-190. Centro de Investigaciones Históricas y Sociales, Universidad Autónoma de Campeche.
- Folan, M. et al. 1995, Calakmul: New Data from an Ancient Maya Capital in Campeche, Mexico *Latin American Antiquity* 06-4
- Folan, W. J., Morales, L. A. 2002, Calakmul, Campeche, México: la estructura II-H, sus entierros y otras funciones ceremoniales y habitacionales.
- Gaspani, A. 1996, *La retrogradazione dei nodi lunari*.
- Mathews, P. and Bíró, P. 2005, *Maya Hieroglyph Dictionary*
- Romano, G. 1999, *I Maya e il cielo*, CLEUP Padova
- Ruppert, K.J., Denison, J.H. 1943, *Archaeological Reconnaissance in Campeche, Quintana Roo and the Peten*. Carnegie Institution of Washington Publication, 543, Washington, D.C.
- Thompson, J.E. 1970, *La civiltà Maya*, Einaudi, 276-314.