

Il cielo e l'uomo: problemi e metodi di astronomia culturale

Atti del VII Convegno Nazionale
della Società Italiana di Archeoastronomia
*Roma, Museo Nazionale Romano,
Terme di Diocleziano*
28 - 29 settembre 2007

A cura di
Elio Antonello

Società Italiana di Archeoastronomia
2010

Indice

Presentazione	iii
---------------------	-----

Parte prima. Orientamenti astronomici, geometrie e metodi

Osservazioni sulla basilica sotterranea di Porta Maggiore in Roma	3
Parte prima: <i>I. Sciortino</i>	
Parte seconda: <i>L. Labianca</i>	
L'orientamento astrale del Tempio del Kothon di Mozia	15
<i>L. Nigro</i>	
Archeoastronomia: metodi e strumenti	25
<i>P. Moscati</i>	
The orientation of the Rujm el-Hiri Southeast Gate.....	35
<i>A. Polcaro, V.F. Polcaro</i>	
La geometria pitagorica della tomba a tholos del tesoro di Atreo di Micene.....	39
<i>M. Ranieri</i>	
Ipotesi sulla fondazione e sulla forma dell'insediamento di Drupad Kila (U.P.- India)	45
<i>A. Dallaporta, L. Marcato</i>	
I rapporti tra architettura e corpi celesti nell'antica Mesopotamia.....	55
<i>L. Verderame</i>	
Contenuti geometrici, metrici e calendariali delle strutture architettoniche preispanche mesoamericane	63
<i>M. Ranieri</i>	
Criteri di orientazione astronomica nelle strutture fortificate dell'Irlanda altomedioevale	81
<i>A. Gaspani</i>	
Archeoastronomia Ligustica: bilancio di venti anni di ricerche.....	97
<i>M. Codebò, H. de Santis</i>	
Penetrazione della luce del Sole al tramonto del solstizio d'inverno ed al tramonto equinoziale in una struttura a <i>tholos</i> del promontorio del Caprione (Lerici, La Spezia).....	109
<i>S. Berti, E. Calzolari, S. Marchi</i>	

Parte seconda. Astronomia e civiltà umana

Tempo della creazione e ciclo precessionale nella Bibbia	119
<i>E.A. Bianchi, M. Codebò, G. Veneziano</i>	
Le feste romane dei solstizi: <i>Fors Fortuna</i> e <i>Saturnalia</i>	133
<i>L. Magini</i>	

Glimpses into the Inca astronomy from a Jesuit document of the early 17 th century	137
<i>L. Laurencich, G. Magli</i>	
Quel cane di Sirio: una stella su Roma antica. Antropologia astronomica nella poesia e nella trattatistica latina.....	147
<i>D. Ienna</i>	
XP, SATOR e le radici ebraiche del cristianesimo. La simbologia olistica e l'astronomia culturale.....	163
<i>T. Brescia</i>	
I luoghi dell'astronomia in città: Roma e Praga, due capitali sullo stesso meridiano.....	173
<i>N. Lanciano</i>	
Il Salone dei Mesi di Schifanoia: dal rilievo alla lettura critica	181
<i>M. Incerti</i>	
Note sulla datazione della SN 1054 dalle fonti orientali.....	187
<i>G. Lupato</i>	

Parte terza. Storia dell'astronomia

Ipotesi e considerazioni circa la geografia sottostante i due orologi catottrici del XVII secolo realizzati a Roma dal Maignan	193
<i>M. Berardo, N. Lanciano</i>	
La precisione di Galileo sulle distanze dei satelliti Medicei	207
<i>F. Castaldi</i>	
La forma della Terra nei Principia di Newton.....	219
<i>V. Banfi</i>	

Parte quarta. Cultura e società

Il Far West dei Greci: tutto vero? Tutto vero!.....	231
<i>S. Frau</i>	

Contenuti geometrici, metrici e calendariali delle strutture architettoniche preispaniche mesoamericane¹

Marcello Ranieri

INAF, IASF-Roma, Via del Fosso del Cavaliere 100, 00183, Roma, Italy

Premessa generale sulla geometria arcaica

Questa ricerca è parte di una più ampia indagine sulla geometria arcaica, che si avvale del confronto tra forme geometriche desunte da concreti presupposti teorici e quelle riconoscibili dalle analisi effettuate con strumenti di grafica computerizzata (CAD) sulle planimetrie delle strutture architettoniche dell'archeologia. L'odierna versatilità ed efficacia degli strumenti CAD e di calcolo rende possibile tale confronto. Quando la qualità dei rilievi grafici assicura un buon grado di affidabilità, l'analisi permette la stima in termini matematici probabilistici della verosimiglianza delle ipotesi fatte restituendo affidabili e quantitative informazioni di tipo geometrico (forme), numerico (numeri impiegati per ottenerle) e metrico (unità di lunghezza impiegata).

Il repertorio delle forme geometriche nell'architettura arcaica non è ampio e si restringe a poche forme regolari di base: le rettangolari (quadrato, rettangolo, triangolo rettangolo) e le circolari (cerchio, ellisse, settore circolare). Quelle non riconducibili alle suddette categorie possono essere genericamente indicate come forme irregolari.

La forma circolare è frequente in contesti specifici (ad esempio quello delle architetture nuragiche) e si osserva spesso (e non solo in tali contesti) in composizioni riconducibili a composizioni del cerchio con il quadrato: "quadrato con cerchio inscritto" (QC), "cerchio con quadrato inscritto" (CQ) o, di maggiore interesse, quelle anulari riconducibili ad un cerchio con inscritto un quadrato, a sua volta con un cerchio inscritto (CQC). Questa composizione ha due particolarità. La prima è che l'area del cerchio esterno è il doppio di quella del cerchio interno che a sua volta è uguale all'area dell'anello. La seconda è che traguardando tangenzialmente il cerchio interno da qualsiasi punto di quello esterno si ottengono due direzioni tra loro ortogonali (Figura 1, sinistra).

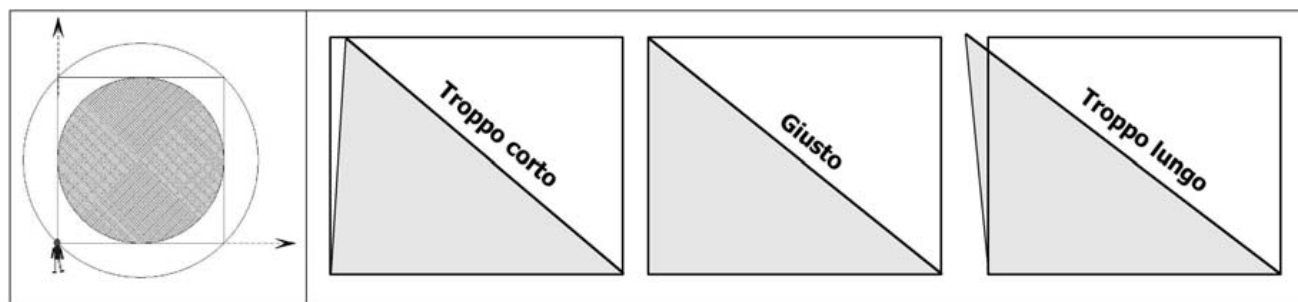


Fig. 1.

Nelle strutture architettoniche arcaiche la presenza di segmentazioni rettangolari è nettamente preponderante rispetto alle circolari ed alle irregolari ed inoltre nella quasi totalità dei casi si riscontra una notevole perfezione nell'esecuzione degli squadri. Tale

¹ Una versione analoga in lingua Inglese è stata presentata al 15th SEAC Meeting & VIII Oxford International Conference *Astronomy & Cosmology in Folk Traditions and Cultural Heritage*, Klaipeda, Lithuania, 2007. Una versione preliminare è stata presentata al Convegno di Studi "Astronomia e Archeologia a Confronto", S. Flavia (Palermo), Marzo 2004.

evidenza obbliga a ricercare la natura delle metodologie di squadra impiegate e le implicazioni sui modi compositivi delle forme, sia nella fase ideativa e di progetto che in quella esecutiva della costruzione. La valutazione delle metodiche ipotizzabili porta a prediligere quella dello squadra per terne numeriche di interi che andiamo ora ad illustrare brevemente, rimandando ad una precedente pubblicazione (Ranieri, 1997) il lettore interessato ad un approfondimento.

Nella pratica di cantiere, il filo a piombo è stato in passato - e continua largamente ad esserlo nel presente - strumento adeguato e maggiormente impiegato nel controllo delle verticalità della costruzione. Una precisione del primo d'arco può essere raggiunta infatti non appena si operi su altezze di qualche metro. A sua volta, con analoga precisione, l'orizzontalità del piano può essere verificata - come è documentato che si facesse nel passato - impiegando per riferimento il piano dell'acqua stagnante: una procedura che al giorno d'oggi corrisponde alla funzione della livella ad acqua nella "messa in bolla" dei moderni teodoliti. Viceversa sul piano orizzontale stesso - cioè "in pianta" - il controllo dell'ortogonalità delle forme non può giovare del filo a piombo. Per l'analisi sul piano orizzontale valgono tre considerazioni fondamentali. La prima - del resto alla base di ogni indagine metrologica - è che le lunghezze del complessivo o delle parti devono poter essere ricondotte ad un numero intero di unità di lunghezza.² La conseguenza immediata è che se le lunghezze dei due segmenti ortogonali sono espresse da numeri interi anche la diagonale "giusta" dovrà essere espressa da un numero intero. La seconda è che sul piano orizzontale la correttezza dello squadra tra due segmenti resta solo affidata alla lunghezza del terzo segmento che li unisce in diagonale (Figura 1, destra). La terza è infine che per una varietà di motivi, sia pratici di cantiere (per l'esecuzione e per il controllo) che per l'ideazione e la memorizzazione del progetto, tali numeri interi devono risultare piccoli (indicativamente inferiori a 60). Questa condizione sembrerebbe restringere molto la possibilità di impiego di terne numeriche per la realizzazione degli squadri architettonici ma un'indagine su tutte le combinazioni con proprietà squadranti esistenti mostra una realtà diversa. Si potrà infatti rivolgere l'attenzione non solo alle combinazioni **A, B, C** in grado di rispettare in modo rigoroso la condizione d'ortogonalità imposta dal cosiddetto "teorema di Pitagora"

$C^2 = A^2 + B^2$, nel qual caso la terna **A-B-C** sarà una **Terna Precisa (P-terna)**, ma anche a quelle combinazioni che pur non rispettando in modo rigoroso la condizione di ortogonalità consentono di generare rettangoli quasi precisi, producendo squadri non perfetti ma ampiamente adeguati alle necessità del caso:

$C^2 \approx A^2 + B^2$, in questo caso **A-B-C** sarà una **Terna Quasi-precisa (Q-terna)**.

Per la realizzazione di rettangoli quasi precisi esistono numerose Terne Quasi-precise valide, anche composte da numeri piccoli. La Tabella 1 ne riporta un elenco assieme alle Terne Precise. In più del 50% dei casi la precisione è migliore di 15 primi d'arco (colonna " α " di Tabella 1). In particolare la realizzazione di quadrati precisi è preclusa dalla natura stessa dei numeri interi che ci assicura che non esistono combinazioni precise possibili.³ Per i quadrati comunque esistono combinazioni, come ad esempio **7-7-10, 12-12-17, 17-17-24** ecc., in grado di permettere ottime costruzioni approssimate.

Nei rilievi, l'impiego dei numeri può essere messo in evidenza individuando le segmentazioni rettangolari, misurandone i lati e confrontando poi il valore del rapporto tra i lati (la proporzione) con i valori delle proporzioni espressi dalle terne. In generale la

² Al più con l'addizionale di frazioni semplici di esse quali ad esempio $1/2, 3/2, 3/4, \dots$

³ Infatti non può risultare mai $A^2 + A^2 = C^2$: corrisponderebbe a $C = A\sqrt{2}$ ovvero $\sqrt{2} = C/A$ ma $\sqrt{2}$ è irrazionale.

possibilità di riconoscere una chiara corrispondenza dipende non solo dalla conoscenza delle terne valide esistenti, ma dall'aver piccoli errori nelle misure dei lati e dalla coerenza generale della geometria della pianta con un'unica unità di misura.

Tab. 1. Terne precise (grassetto) e quasi precise con A e $B < 35$. α è la differenza da 90° dell'ortogonalità generata.

SIMBOLO	TERNA (A-B-C)			r (B/A)	α ($^\circ$ ')		SIMBOLO	TERNA (A-B-C)			r (B/A)	α ($^\circ$ ')	
Q	5	5	7	1.0	1	9	4/W	18	30	35	1.6666	0	3
Q	7	7	10	1.0	1	10	GA/2	7	12	14	1.7143	1	1
Q	12	12	17	1.0	0	12	2/SB	11	19	22	1.7273	0	16
Q	17	17	24	1.0	0	12	$\sqrt{3}$	15	26	30	1.7333	0	4
V	20	21	29	1.05	0	0	MA	4	7	8	1.75	1	1
VA	15	16	22	1.0667	0	21	MB	12	22	25	1.8333	0	20
VB	13	14	19	1.0769	0	38	M	8	15	17	1.875	0	0
VC1	10	11	15	1.1	1	2	MC	12	23	26	1.9167	0	19
VC2	18	20	27	1.1111	0	24	2Q	4	8	9	2.0	0	54
S	8	9	12	1.125	0	24	2Q	9	18	20	2.0	0	53
SA	13	15	20	1.1538	0	53	2Q	13	26	29	2.0	0	20
SB	19	22	29	1.1579	0	16	2QA	13	27	30	2.0769	0	10
SC	11	13	17	1.1818	0	12	2QB	9	19	21	2.1111	0	10
W/2	20	24	31	1.2	0	54	2VC1	5	11	12	2.2	1	2
SD1	14	17	22	1.2143	0	7	$\sqrt{5}$	9	20	22	2.2222	0	29
SD2	17	21	27	1.2353	0	5	WA	10	23	25	2.3	0	30
3/W	20	25	32	1.25	0	3	W	5	12	13	2.4	0	0
D	3	4	5	1.3333	0	0	WB	10	25	27	2.5	0	28
LDR	19	27	33	1.4205	0	3	WC	11	28	30	2.5455	0	28
LD	16	23	28	1.4375	0	5	Φ^2	5	13	14	2.6	0	53
G/2	13	19	23	1.4615	0	7	$\sqrt{7}$	11	29	31	2.6364	0	5
L	10	15	18	1.5	0	11	2D	6	16	17	2.6667	0	54
LA	17	26	31	1.5294	0	16	$\sqrt{8}$	6	17	18	2.8333	0	17
LT	13	20	24	1.5385	0	46	G	12	35	37	2.9166	0	0
$\pi/2$	7	11	13	1.5714	0	22	3Q	6	18	19	3.0	0	16
W/L=ΦA	10	16	19	1.6	0	54	π	7	22	23	3.1429	0	45
ΦP	28	25	53	1.6071	0	0	$\sqrt{10}$	6	19	20	3.1667	0	45
ΦB	11	18	21	1.6364	0	35	2LV	7	23	24	3.2857	0	21
LVC	14	23	27	1.6429	0	21	GA	7	24	25	3.4286	0	0

Considerazioni di carattere metodologico per le strutture mesoamericane

Con poche eccezioni, per una maggiore uniformità dei risultati, le analisi dei monumenti sono state tutte effettuate sulle planimetrie tratte dal volume di Marquina (Marquina, 1951). Dei circa 200 monumenti descritti, 150 planimetrie sono state ritenute utilizzabili per l'analisi.

Interi Calendariali

Nel repertorio di proporzioni ($r=B/A$) generate dalle terne squadranti la differenza tra due valori adiacenti può in alcuni casi risultare piccola così da rendere problematica la scelta. Le interpretazioni "triadiche" possono allora risultare di scarsa affidabilità se l'incertezza sul valore della proporzione (stimato dalla planimetria) è superiore in media al 3% circa.

Tuttavia, diversamente da quanto osservato per i monumenti del "vecchio mondo", i numeri interi delle proporzioni triadiche, sebbene chiaramente presenti, non sembrano essere le componenti principali del repertorio numerico delle architetture mesoamericane; si osserva viceversa una preferenza per i numeri **13**, **18** e **20**, quelli dei calendari Tzoklin (13 mesi di 20 giorni) ed Haab (18 mesi di 20 giorni) e per i loro multipli. Si è allora introdotta una classe di "interi calendariali" che include i multipli di 9 (18/2), di 10 (20/2) e di 13 (Tabella 2).

Tab. 2. Interi Calendariali entro il valore 300. Corrispondono al 27% circa degli interi.

9	10	13	18	20	26	27	30	36	39	40	45	50	52	54	60	63	65	70	72
78	80	81	90	91	99	100	104	104	110	117	120	126	130	135	140	143	144	150	153
156	160	162	169	170	171	180	182	189	190	195	198	200	207	208	210	216	220	221	225
230	234	240	241	243	247	250	252	260	261	270	273	279	280	286	288	290	297	299	300

Best-Fits e Good-Fits

Per le centinaia di siti Mesoamericani, analisi accurate anche di soli 100 monumenti richiederebbero un lavoro di circa 100 anni/uomo. Si è pensato allora ad un lavoro con analisi meno qualificate, ovvero con buoni fit (*good-fits*) anziché con i fit migliori (*best-fits*): un approccio “su grandi numeri” nella speranza che la statistica dei risultati potesse aiutare ad enucleare - qualora esistessero - le principali caratteristiche geometriche comuni. Questo tipo di analisi ha riguardato circa 150 monumenti per un lavoro complessivo di alcuni anni. Come si vedrà i risultati sono stati più che incoraggianti con alcuni risultati inattesi di innegabile importanza. Per una valutazione non soggettiva, sono stati introdotti tre parametri per il controllo della bontà dei *good-fits*.

- Il parametro “**grafic**”: rappresenta il graficismo cioè lo spessore (equivalente nel reale) delle linee del disegno planimetrico misurato in cm in CAD su una linea di spessore medio. È la maggior causa di errore nell’associazione a numeri interi di lunghezze e di forme. Forme ed interi sono accettati solo se le linee delle forme interpretative (o delle linee del misuratore del CAD per i segmenti) cadono entro lo spessore delle linee del rilievo grafico o al più – e solo per una piccola percentuale (<5%) per ogni singolo monumento – non più lontano di 1 *grafic*.
- L’incertezza sulla scala metrica, che non si ripercuote sull’associazione delle forme, è tuttavia causa di errore nella valutazione delle unità di lunghezza. Il parametro “**sc.un.**” è il graficismo misurato in cm in CAD sui disegni della scala sulle planimetrie e varia nel nostro caso tra lo 0,16 % (4 cm su 25 m) e l’1,5 % (15 cm su 10 m) mantenendosi in media attorno al 7 per mille.⁴
- Il parametro “**Rcal**”: rappresenta il numero di lunghezze che risultano espresse da un Intero Calendariale su un insieme di N misure CAD; questo valore va confrontato con la probabilità che un intero scelto a caso ha di essere calendariale: tale probabilità è rappresentata da una funzione di densità statistica che oscilla molto vicino ad un valore atteso del 27%.

Nell’ analisi CAD una lunghezza dovrà essere espressa come un numero intero di unità: perchè la si possa assegnare ad uno tra due valori (interi) vicini deve poter essere misurata con un’incertezza inferiore all’unità di lunghezza stessa. Questa difficoltà può essere superata se si dispone di una pluralità di segmenti lineari per i quali si possa affidabilmente ipotizzare l’impiego della stessa unità. Si dovrà fare attenzione a non confondere segmenti che possono appartenere a differenti fasi costruttive. La ricerca delle unità è stata ristretta a valori paragonabili a “cubiti” compresi tra 40 e 70 cm.

Risultati

Dei circa 200 monumenti descritti da Marquina il 75% sono stati giudicabili elegibili per una analisi CAD. I risultati, per quanto affidabili, devono essere intesi come “virtuali”: essi valgono infatti per i rilievi planimetrici ma potrebbero non valere per le strutture reali e restano condizionati alla effettiva corrispondenza tra i rilievi grafici ed i monumenti reali.

⁴ Sebbene tale indeterminazione grafica sia ben valutabile, occorre segnalare che, al di là del graficismo, l’affidabilità del disegno della scala metrica può essere assai al disotto di quella della planimetria a cui si riferisce. Si dovrà essere consapevoli che, al di là dell’errore risultante dall’analisi, i valori delle unità di lunghezza possono essere affetti da una tara incognita che potrebbe raggiungere valori anche dell’uno-due percento.

Cuicuilco

Il primo monumento descritto nel volume di Marquina è il “*monumento de planta circular*” di Cuicuilco: una gigantesca “piramide circolare” a quattro livelli con circa 135 m di diametro di base e circa 30 m di altezza. Su entrambe le planimetrie - una degli anni 20 dopo lo scavo (Figura 2, sinistra) ed una degli anni 50 dopo il restauro (Figura 2, destra) - si è potuto effettuare un buon fit⁵ con una geometria CQC (12x10-17x10) tra le circonferenze che delimitano la terrazza principale (quella del terzo livello, Figura 2). L’unità di lunghezza *t* che ne è risultata è di $0,575 \pm 0,002$ m⁶ (media dei valori $0,576 \pm 0,002$ m e $0,574 \pm 0,002$ m ottenuti per le due planimetrie). Come verrà mostrato, *t* si conforma ad un gran numero di altri siti e monumenti Mesoamericani, Teotihuacán inclusa.

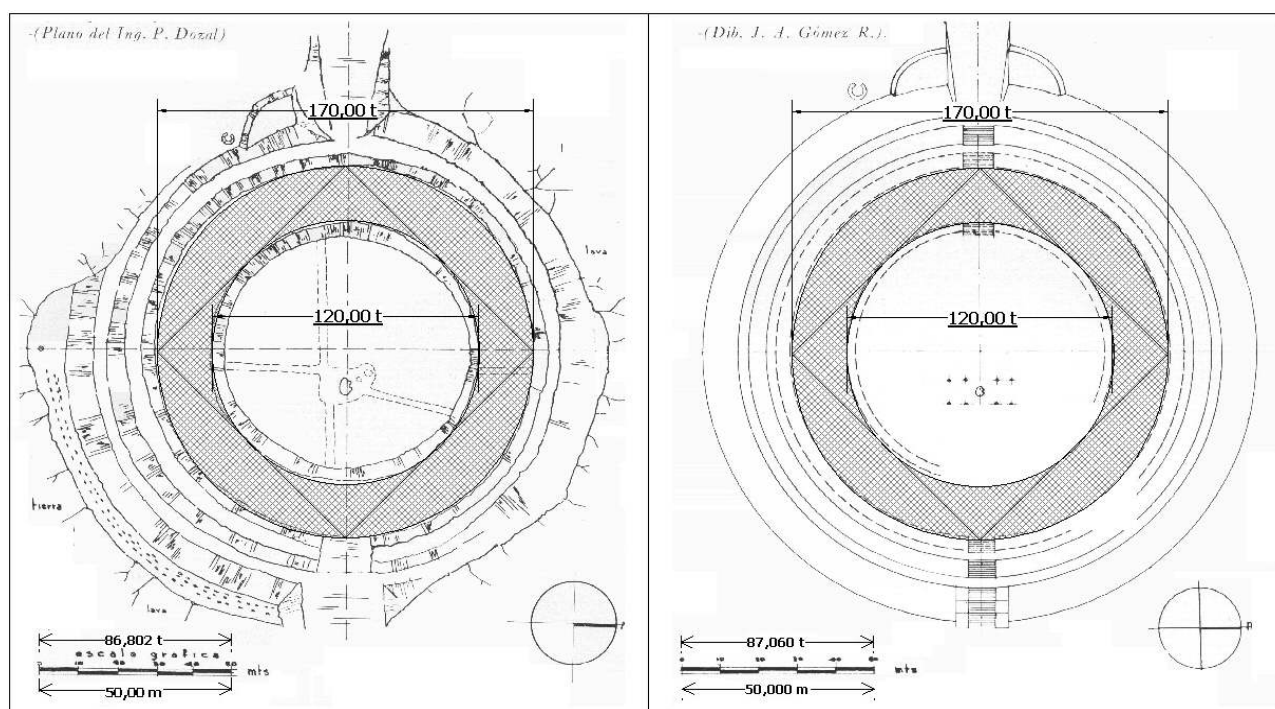


Fig. 2. Cuicuilco: fit di un CQC 12-17 (x 10) per le circonferenze della terrazza principale al terzo livello. Sottolineati i numeri calendariali.

Teotihuacán

Il secondo sito descritto nel volume di Marquina è Teotihuacán. È presentato il piano generale del famoso centro cerimoniale nel suo sviluppo lungo il viale principale, la “*Avenida de los muertos*”. Sono presentate anche le planimetrie della Piramide del Sole, della Piramide della Luna, della Cittadella e di diverse altre realtà monumentali (Tepantitla, Tetitla, Atatelco, Viking Group, Xolalpan).

La Piramide del Sole, la Piramide della Luna e la Cittadella

Nella planimetria (Figura 3) la Piramide del Sole risulta inclusa in un segmento rettangolare le cui dimensioni misurate in CAD sono di $459,3 \pm 0,65$ m e $345,4 \pm 0,65$ m.

⁵ Con **grafic** = 36 e 24 cm rispettivamente e **sc.un.** = 25cm per entrambi.

⁶ L’errore indicato (qui e nel seguito) non è comprensivo dell’errore derivante dall’incertezza sulla scala metrica.

Il loro rapporto $r = 1,330 \pm 0,003$ esprime una proporzione $4/3 = 1,333\dots$ entro lo 0,3%: quella della P-terna **D=3-4-5**. Un fit con un rettangolo 600x800 (3x4 con moltiplicatore 200) conduce ad una unità di lunghezza **t** di $0,574 \pm 0,006$ m, sostanzialmente identica a quella individuata per il monumento circolare di Cuicuilco. Per la vicinanza del valore, si è adottato un valore **t** identico (0,575 m). Questo valore applicato alla planimetria della Piramide vera e propria ha dato il risultato illustrato in Figura 3 (a sinistra) dove gli interi danno tutti buoni fit per le lunghezze misurate in CAD. Degni di nota sono i valori 390 e 400 per le dimensioni della base della piramide ($390=13 \times 30$ e $400=20 \times 20$) ed il fatto che tutti i valori numerici sono calendariali (Rcal =100%).

Per la Piramide della Luna, (sc.un. 41cm, grafic 28cm) non è stato difficile individuare un segmento rettangolare di proporzione = **D** (4/3) all’altezza del secondo livello (Figura 3, destra). Con un moltiplicatore = **40**, un buon fit 120x160 (3x40 x 4x40) può essere ottenuto scalando le misure in unità **t**. Quasi tutte le altre dimensioni che seguono di conseguenza risultano espresse da interi calendariali (Rcal = 84%). Degne di nota sono le dimensioni **108x45** del basamento della scala al livello più basso che attraverso un moltiplicatore (calendariale) **9** esprimono la proporzione della P-terna **W=5-12-13**.

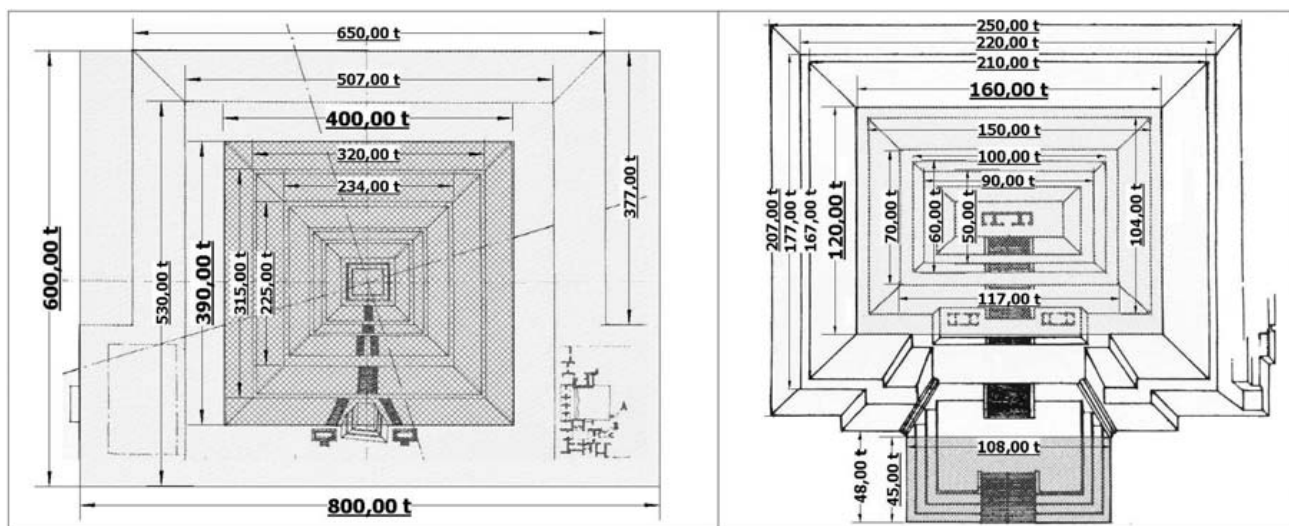


Fig. 3. Teotihuacán: Piramidi del Sole e della Luna. Misure in unità **t** di 0,575 m. Di nota i valori **390** e **400** per la base della piramide del Sole ($390=13 \times 30$ e $400=20 \times 20$) Sottolineati i numeri calendariali.

La planimetria della Cittadella presenta una forte discrepanza tra le misure riportate a mano nel rilievo e le corrispondenti misurate in CAD basate sulla scala metrica del disegno. Sono risultate quindi due diverse unità di lunghezza con notevoli indeterminazioni ($\pm 0,033$ m). La loro media dà un valore (0,563 m) compreso nell’intervallo 0,530 - 0,596 m entro cui ben si colloca anche **t**.

La planimetria generale del sito lungo la “Avenida”

Le distanze lungo la *Avenida* tra i centri della Piramide del Sole, della Piramide della Luna e del Tempio del Serpente Piumato nella Cittadella sono state misurate in CAD in metri e successivamente convertite in unità **t**.

Il risultato (Figura 4) mostra chiaramente che i valori delle lunghezze misurate in unità **t** coincidono (entro meno dello 0,04%) con **2000 t** and **1300 t**, cioè **100** volte i veri e propri numeri del calendario Tzolkin.

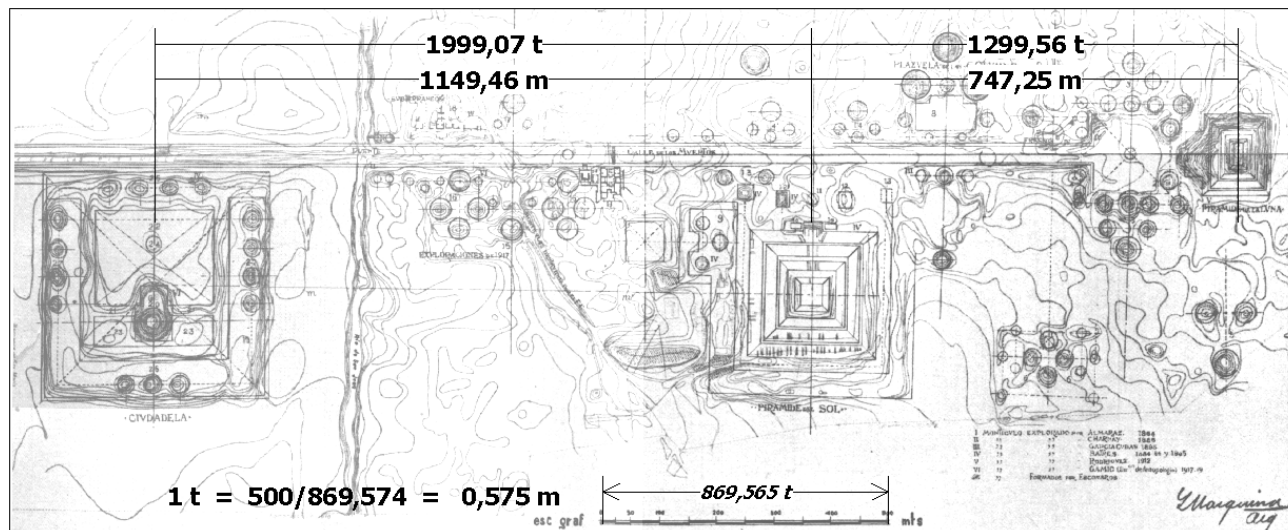


Fig. 4. Teotihuacán: misure in metri ed in unità *t* lungo la “Avenida de los Muertos”.

Una così stretta coincidenza, unita al fatto che - come si mostra di seguito - la stessa unità *t* genera buoni fit in tutte le 13 planimetrie di Teotihuacán e le 2 di Cuicuilco rende difficile considerare casuali le coincidenze. Il risultato, a mio modo di vedere, mostra piuttosto che, attraverso i numeri, a Teotihuacán lo spazio (le distanze tra i tre monumenti principali) ed il tempo (il calendario) furono intenzionalmente, saldamente ed incancellabilmente legati assieme. Teotihuacán è riconosciuta da tutti gli studiosi come il più importante e sacro centro cerimoniale delle culture preispaniche Messicane; il risultato è pertanto di speciale importanza e chiede di essere verificato sia su più accurate planimetrie che sul sito reale.

Tepantitla, Xolalpan, Viking, Tetitla, Atatelco, Quetzalpapalotl

Le planimetrie di questi gruppi offrono situazioni particolarmente favorevoli all’analisi, dovute principalmente alle minori dimensioni dei manufatti. La Figura 5 mostra i fits per Tetitla, gruppo Viking, Tepantitla e Xolapan. Si riscontrano alti valori di Rcal doppi o tripli del valore aspettato di 27% (46%, 43%, 40% e 73% rispettivamente) e la presenza di interi riconducibili a P-terne e Q-terne (D, L, Q, 2Q, 3/W, 4/W). Risultati simili si ottengono per Atatelco e per il Palazzo del Quetzalpapalotl⁷, per i quali tutti i fit sono in unità *t* entro lo spessore delle linee del disegno.

Siti nelle regioni vicine a Teotihuacán

Per Cholula, Xochicalco, Tula, Calixtlahuaca, Tenayuca, Tenochtitlan, Teopanzolco e Tzintzuntzan sono state analizzate 21 planimetrie. La tabella 3 riassume i risultati e include Cuicuilco e Teotihuacán per un totale di 35. La tabella mostra con chiarezza che l’unità permette buoni fit per la grande maggioranza dei monumenti delle regioni vicine a Teotihuacán, con contenuti di numeri calendariali mediamente molto superiori al valore del 27% aspettato per la casualità.

Monte Albán

Monte Albán è, come Teotihuacán, importante luogo sacro degli antichi Mesoamericani. Il sito, di dimensioni assai minori, è strutturato anch’esso con i suoi tre monumenti principali

⁷ Le planimetrie per il Palazzo del Quetzalpapalotl sono tratte da Acosta (1964).

Tab. 3. Risultati per i siti delle regioni vicine a Teotihuacán.

SITI E MONUMENTI	Rcal (%)	grafic (cm)	scala (m)	sc.un. (cm)	sc.un. (%)	Unità (m)	
Cuicuilco							
1	1	-	±36	50	±24	0.48	0.574
2	2	-	±24	50	±25	0.48	0.576
Teotihuacan							
3	Pir.Sole	100	±63	100	±66	0.66	0.574
4	Pir.Luna	91	±66	100	±41	0.41	0.575
5	Cittadella	100	±188	100	±65	0.65	0.563
6	Avenida	100	±97	500	±199	0.40	0.575
7	Tepantitla	40	±12	30	±12	0.40	0.575
8	Viking	43	±16	30	±20	0.67	0.575
9	Tetitla a	46	±12	30	±11	0.37	0.575
10	Tetitla b	78	±12	30	±11	0.37	0.575
11	Atatelco	64	±9	30	±12	0.40	0.575
12	Xolalpan	73	±10	30	±12	0.40	0.575
13	Quetz.p.	30	±5	25	±4	0.16	0.575
14	Quetz.p	32	±5	4	±4	1.00	0.575
Cholula							
15	Piramide	60	±35	100	±45	0.45	0.575
Xochicalco							
16	Mon. Des.	30	±15	10	±15	1.50	0.576
17	Pelota	62	±18	50	±23	0.46	0.578
Tzintzuntzan							
18	Yacata	70	±26	20	±31	1.55	0.575
Tula							
19	Ed.Hidalgo	90	±12	20	±18	0.90	0.576
20	Edificio 1	-	±6	10	±7	0.70	0.574
21	Pelota	64	±11	20	±25	1.25	0.580
Tenayuca							
22	Pi. 1ª epoca	28	±26	30	±35	1.17	0.575
23	Pi. 2ª epoca	65	±31	30	±29	0.97	0.575
24	Pi. 3ª epoca	47	±30	30	±21	0.70	0.575
25	Pi. 4ª epoca	32	±30	30	±32	1.07	0.575
26	Pi. 5ª epoca	39	±12	30	±20	0.67	0.575
27	Pi. 6ª epoca	33	±16	30	±23	0.77	0.575
28	Pi. tutte le ep.	56	±31	30	±15	0.50	0.568
Tenochtitlan							
29	Plan. Gen.	52	±101	130	±97	0.75	0.589
Tepoztlan							
30	Tepozteco	24	±9	10	±7	0.70	0.575
Teopanzolco							
31	Piramide	35	±15	10	±13	1.30	0.561
Calixtlahuaca							
32	Te.Ci. 1ª ep.	46	±7	10	±13	1.30	0.575
33	Te.Ci. 2ª ep.	56	±7	10	±13	1.30	0.575
34	Te.Ci. 3ª ep.	30	±7	10	±13	1.30	0.575
35	Te.Ci. 4ª ep.	47	±7	10	±13	1.30	0.575

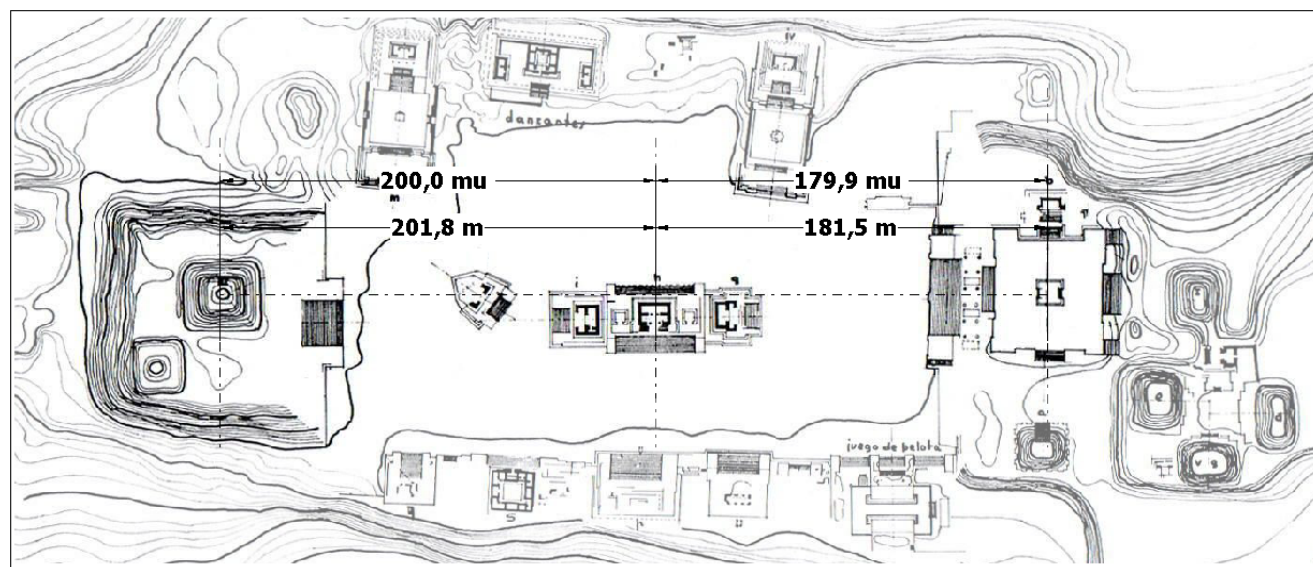


Fig. 6. Monte Albán, misure CAD in metri ed in unità **mu** di = 1,009 m.

“Los Danzantes”, la “Pelota” e l’edificio M.

Dei tre monumenti, due - “Los Danzantes” (Figura 7, sinistra) e l’ Edificio M - sono risultati interpretabili con unità di lunghezza **ma** di 0,499 m. Per “La Pelota” viceversa il buon fit (Figura 7, destra) si è ottenuto in unità **t** (0,575 m) con Rcal = 60%.

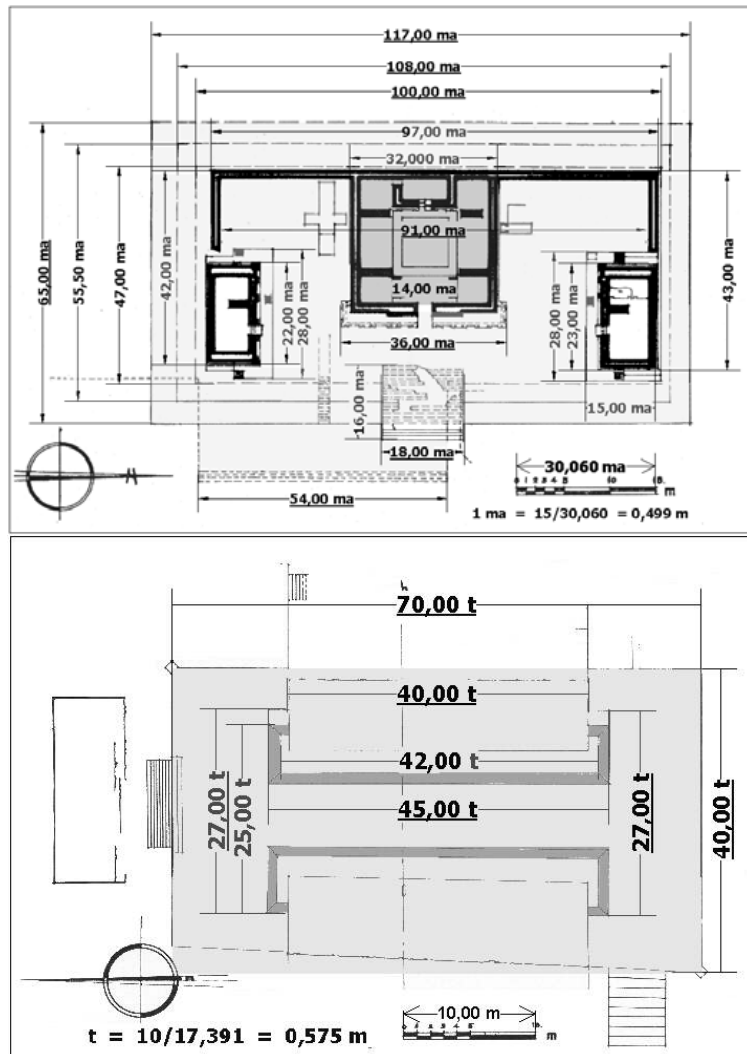


Fig. 7. Monte Alban: a sinistra: “Los Danzantes”, unità **ma** di 0,499; a destra “La Pelota”, unità **t** di 0,575 m. Sottolineati i numeri calendariali.

Siti lungo la costa del Golfo del Messico: Tajin, Cempoala, Misantla

Tajin. Per tutti i 9 rilievi disponibili per i monumenti di Tajin si sono potuti ottenere buoni fit con unità di lunghezza **ma** e con alti valori di Rcal (50% - 63%). Il fit per la Piramide è mostrato in Figura 8 a sinistra, e a destra il fit per l’edificio F nel gruppo del Tajin Chico.

Cempoala. A Cempoala per 7 monumenti su 8 si hanno buoni fit con unità **ma**: **0,499 m**: *Templo del Dios Del Aire* (Figura 9, sinistra) Rcal 40%, *Casa de Montecuzuma* Rcal 36%, *La Plaza* Rcal 68%, *Las Chimeneas-2* Rcal 83%; **0,500 m**: *Las Caritas* (Figura 9, destra) Rcal 51%; **0,487 m**: *Las Chimeneas* Rcal 25%; **0,506 m**: *Templo del Dios Del Aire* (Substruttura.) Rcal 38%. Per la Grande Piramide, con Rcal 42% risulta una unità di 0,463 m vicina a 4/5 t.

Misantla. A Misantla dei due rilievi disponibili si è ottenuto un buon fit per l’Edificio F (Figura 10, destra) con **ma** = 0,499 m (Rcal 46%) mentre per l’Edificio A il fit si è ottenuto con unità di 0,564 m (Rcal 75%) più vicina al valore t.

Riassumendo per la costa del Golfo, dei 18 monumenti analizzati (3 siti) 17 condividono la medesima unità di lunghezza **ma** (l’eccezione è l’ Edificio A di Misantla).

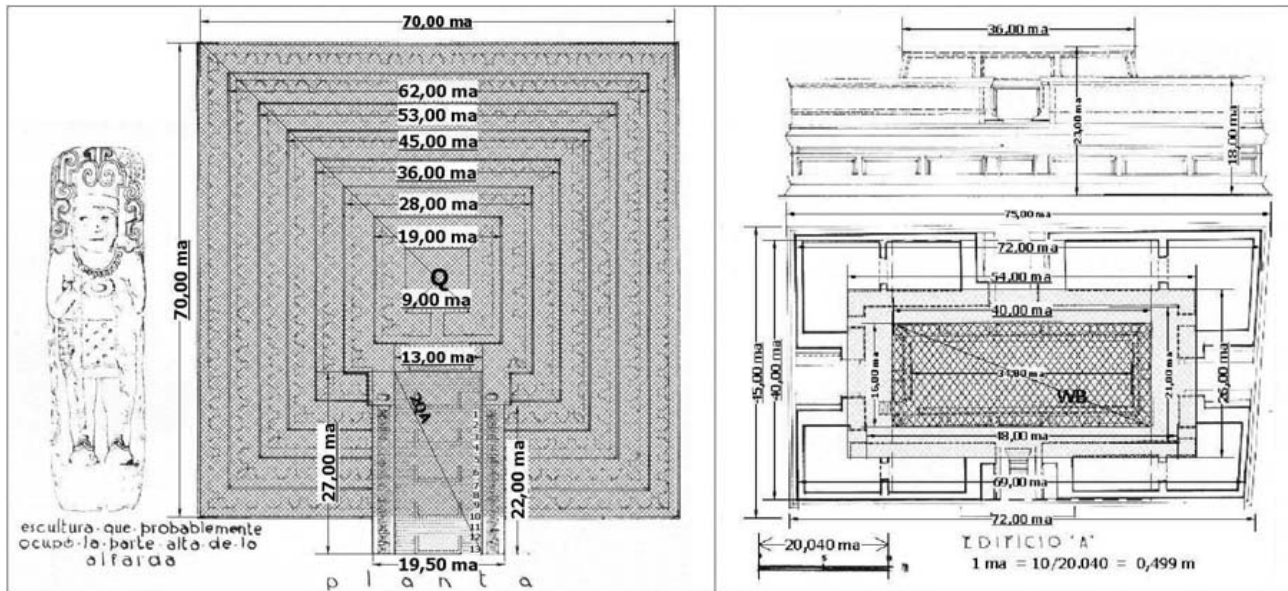


Fig. 8. Tajin: Piramide ed edificio “A” del gruppo Tajin Chico, unità **ma** di 0,499 m. Sottolineati i numeri calendariali.

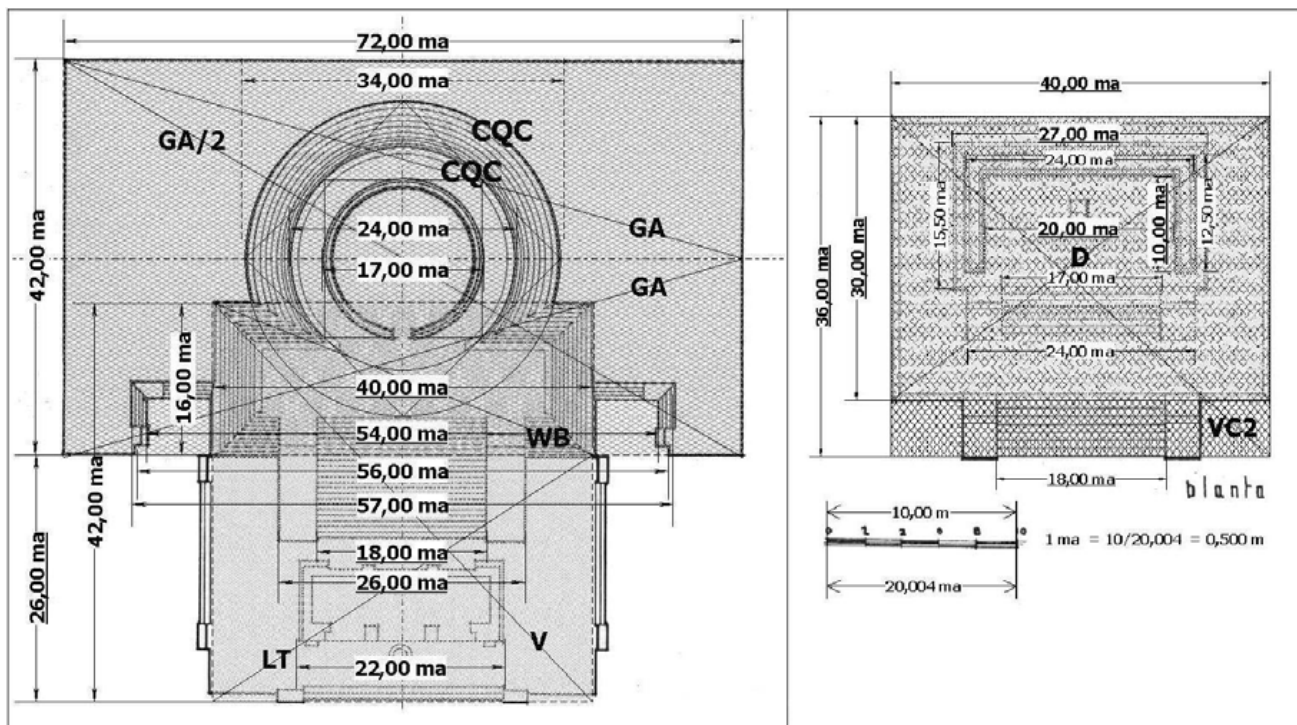


Fig. 9. Cempoala. A sinistra il *Templo del Dios del Aire* in unità **ma** di 0,499 m: si notano la P-terne **GA=7-24-25** (x 3), la P-terna calendariale **V=20-21-29** (x 2), ed i **CQC 12-17** (moltiplicatore 2) e **17-24**. A destra il *Templo de las Caritas* in unità **ma** = 0,500 m: si notano la P-terna **D=3-4-5** (x 10) e la Q-terna calendariale **VC2 = 18-20-27** (x 2).

Gli altri siti dell’Oaxaca: Yucunudahui, Mitla, Montenegro

Dei 5 monumenti analizzati in questi 3 siti, tutti hanno permesso un buon fit utilizzando l’unità **t** di 0,575 m e tutti con alta concentrazione di interi calendariali:

Yucunudahui “Pelota” (Figura 11, sinistra) Rcal 43%; Yucunudahui “Templo de Tlaloch” (Figura 11, centro) Rcal 50%; Yucunudahui, “Templo de Mogote Grande”

(Figura 11, destra) Rcal 50%; Mitla “Las Columnas” Rcal 36% ; Montenegro Plan Rcal 60%.

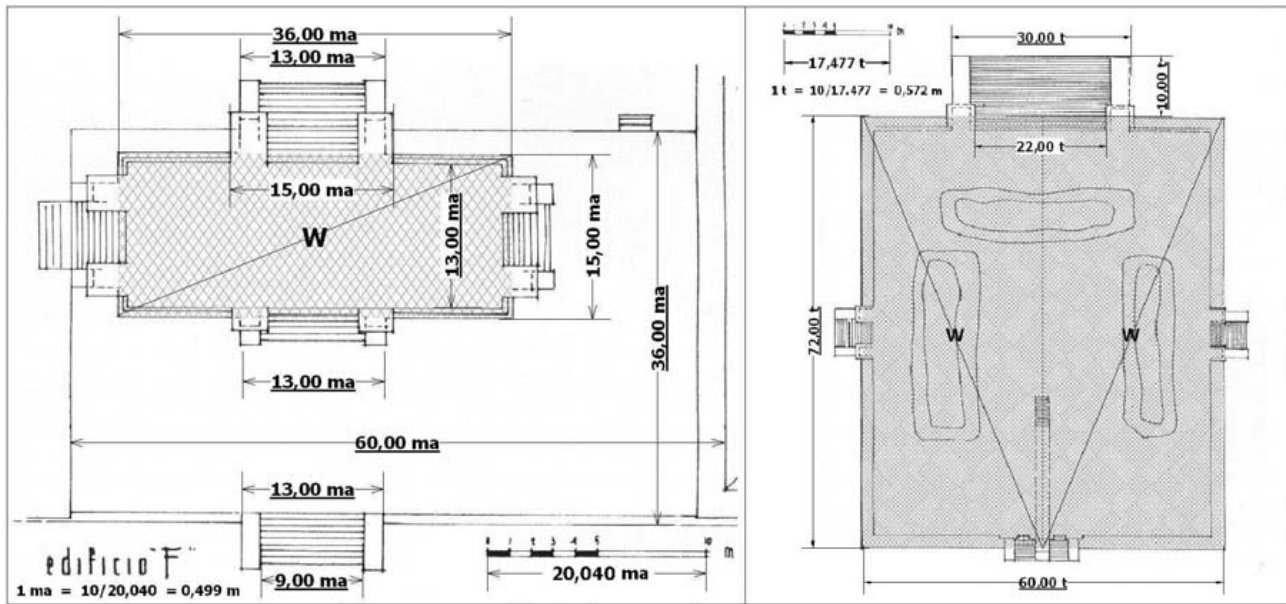


Fig. 10. Misantla: *edificio “F”* con *ma* di 0,499 m ed *edificio “A”* con *t* = 0,572 m. Sottolineati i numeri calendariali.

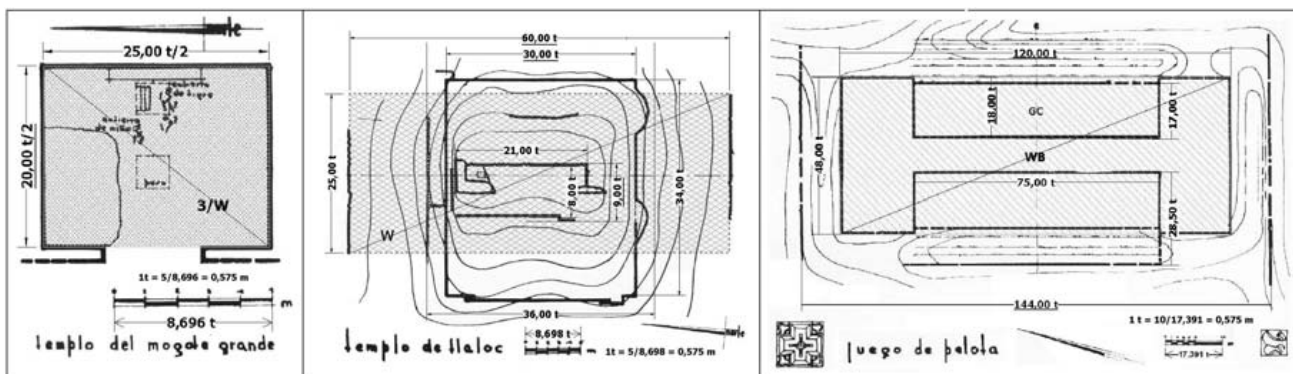


Fig. 11: Yucunudahui: unità *t* di 0,575 m. *Templo del Mogote Grande*, *Templo de Tlaloc* e *Pelota*.

Dunque l’ unità *t* di Teotihuacan appare predominante nei siti dell’ Oaxaca che si sono potuti analizzare: anche a Monte Albán, dove però, come come abbiamo visto, risultano accertate anche le unità *ma*. In Figura 11 sono riportati gli elaborati per i monumenti di Yucunudahui.

Lo Yucatan

49 monumenti dello Yucatan (18 siti) sono stati sottoposti all’analisi geometrica. Per la grande maggioranza i valori del parametro Rcal sono risultati elevati. Oltre alle unità *t* e *ma* già incontrate, si è accertata la preponderante presenza di una unità di lunghezza *ci* di circa 0,66 m, in particolare a Chichen Itza.

Monumenti dello Yucatan con unità di lunghezza ci. 20 planimetrie da 10 siti sono stati interpretate con unità *ci* (“Chichen Itza”) comprese tra 0,65 e 0,68 m. **Chichen Itza** (5 monumenti): *El Castillo* (Figura 12 alto-sinistra) 0,660 m; *El Castillo*-substruttura 0,660

m, *Pelota* (Figura 12 alto-destra) 0,665 m; *Las Monjas* (Figura 12 basso-destra) 0,656 m. **Itzamal** (1) 0,681 m. **Coba** (1) 0,660 m. **Chacmultun** (3) 0,660 m. **Acanceh** (1) 0,666 m. **Edzna** (1) 0,662 m. **Tulum** (2) 0,651 m, e 0,660 m. **Kucican** (1) 0,669 m. **Nohoch Mul** (2) 0,672 m e 0,677 m. **Macancox** (3) 0,666 m, 0,672 m e 0,677 m. Per altri cinque monumenti: **Uxmal** (2), **Chacmultun**, **Kabah** e **Coba** le unità risultano comprese tra 0,62 m e 0,64 m. ($0,63 \pm 0,01$) vicine quindi a **ci** (-5%).

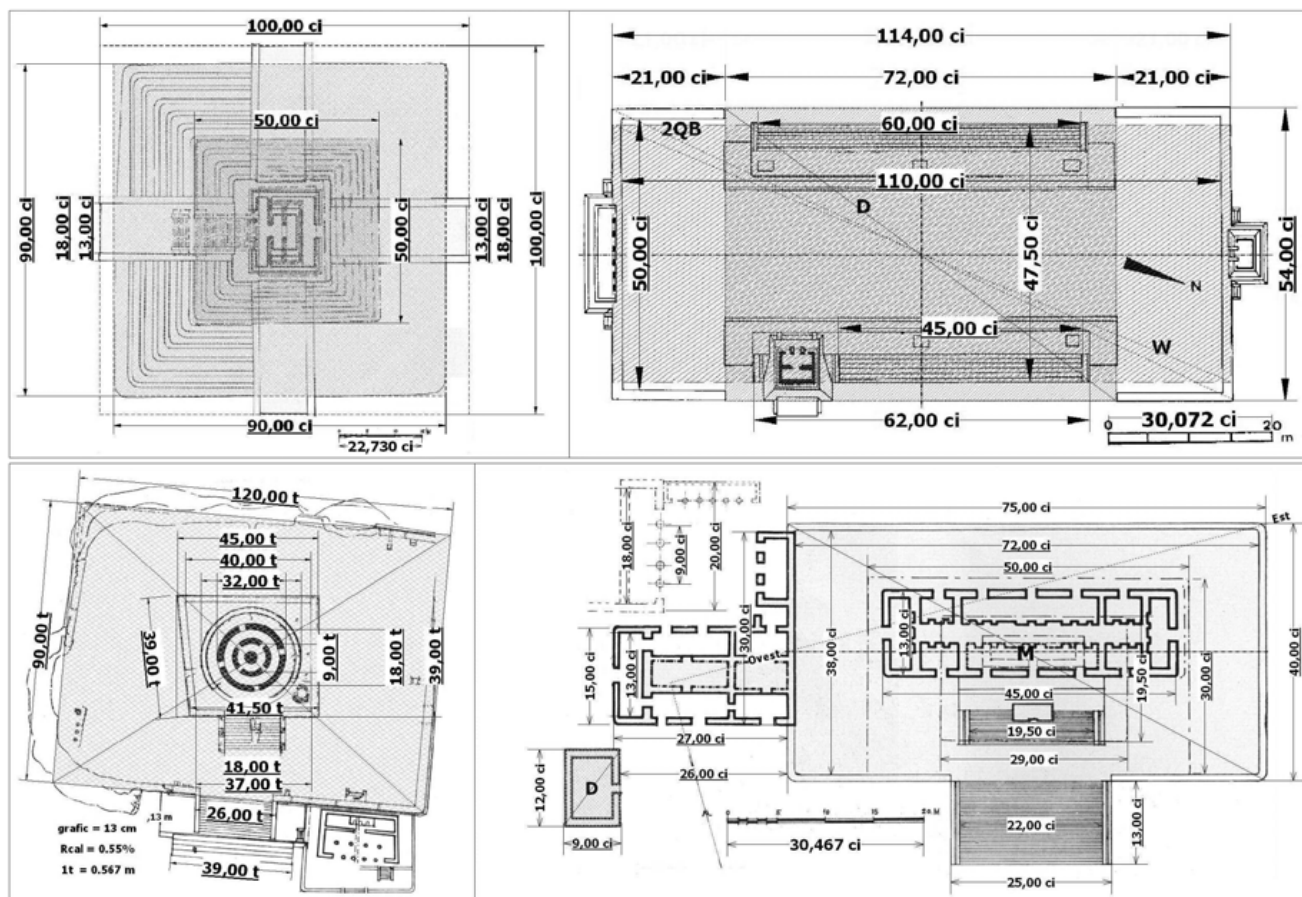


Fig. 12 Chichen Itza. In alto a sinistra: “*El Castillo*” in unità **ci** di 0,660 m. In alto a destra: “*La Pelota*” in unità **ci** di 0,665 m, P-Terne **D=3-4-5** (x18) e **W=5-12-13** (x 9 ½), la diagonale **W** appare vicina all’orientamento N-S. In basso a sinistra: “*El Caracol*” in unità di 0,57 m, circa = **t** . In basso a destra: “*Las Monjas*” in unità **ci** di 0,656 m, la P-Terna **M=8-15-17** (x 5) giustifica lo squadro principale. Sottolineati i numeri calendariali.

Siti dello Yucatan con unità di lunghezza t. Per 14 monumenti (da 4 siti) il fit si è ottenuto in unità **t**: **Uxmal** (9), **Chichen Itza** (3), **Acanceh** (1), **Kucican** (1). Per il “*Caracol*” di Chichen Itza (Figura 12 in basso a sinistra) si è riscontrata una unità di lunghezza di 0,567 m vicina (1,4%) al valore di **t**.

Siti dello Yucatan con unità di lunghezza ma. Per 3 monumenti (da 3 siti) il fit si è ottenuto in unità riconducibili a **ma**: **Meco** 0,496 m, **Zayil** 0,501 m , **Cozumel** (3/2 **ma**).

Siti dello Yucatan con Altre unità. Per 6 monumenti (da 4 siti) il fit si è ottenuto con unità di valore inferiore a 0,4 m: **Labna** (3) 0,362 m, **Tulum** 0,391 m, **Cacakal** 0,206 m **Xelha** (2) 0,206 m.

Chiapas. 27 monumenti da 7 siti: 25 (da 6 siti) sono ben interpretate con unità **t** (con una alquanto considerevole dispersione dei valori), **Yaxchilan** (Rcal 64-73%): 12 x 0,575 m. **Tenam** (Rcal 30%): 0,575 m, 3 x 0,575 m; **Tonina** (Rcal 100%): 2 x 0,575 m. **S. Elena Poco Uinic** (Rcal 73%): 0,575 m; **Agua Escondida** (Rcal 50%): 0,575 m; **Palenque** (Rcal 45-72%): 0,575 m, 0,573 m, 0,570 m, 0,568 m, 2 x 0,569 m. Gli altri due monumenti sono a **Piedras Negras** (Rcal 50%): 0,439 m; **Palenque** (Rcal.29%): 0,504 m (**ma**). Dunque, con poche eccezioni (2 su 27), il Chiapas mostra di condividere l'unità **t** di Teotihuacan.

Peten e regioni adiacenti. 13 monumenti da 4 siti. Per la maggioranza di essi valori di unità di lunghezza vicini a **ci** o a **t**: **Tikal**: 0,563 m 0,569 m. (2) 0,578 m, **Copan**: 0,541 m, (2) 0,658 m. (2) **San Jose**: 0,674 m. (4) **Zacpeten**: 0,638 m.

Conclusioni

L'analisi non è in alcun modo da ritenersi conclusiva. I risultati, da intendersi come "virtuali" dovranno essere confermati (o respinti) sulla base di rinnovate misure: quello che ho presentato è un "progress report".

Presenza di Terne squadranti e di CQCs

Si riscontrano in tutte le regioni, ma con scarsa presenza di combinazioni in schermi armonici. Non sembrano pertanto aver avuto un ruolo predominante nell'ideazione/progetto dei monumenti. Probabilmente il loro ruolo riguardava principalmente la realizzazione in cantiere di segmentazioni ortogonali. Nondimeno appaiono largamente utilizzate. L'utilizzo di schemi CQC non è diffuso ma i pochi casi sono molto significativi. (Cuicuilco, Cempoala e possibilmente il Caracol a Chichen Itza). La tabella 4 riassume i risultati per le Terne.

Numeri

I monumenti mesoamericani mostrano una grande abbondanza di Interi Calendariali con percentuali in media molto al di sopra del valore aspettato del 27% per una distribuzione casuale.

Il significato cosmologico e sociologico dei numeri base 9, 10, 13 e 20 dei calendari mesoamericani è già stato messo in evidenza da molti studiosi. Le città, nelle loro pianificazioni, sono state indicate come depositi sacri di connessioni spazio-temporali.⁹ Questi punti di vista vengono fortemente rafforzati e confermati dalle relazioni tra distanze dei monumenti e numeri del calendario che abbiamo mostrato esistere per Teotihuacán e Monte Albán.

La quantità di Interi Calendariali riscontrata nei monumenti masoamericani è tale che viene da chiedersi quanto nelle strutture architettoniche siano le lunghezze ad essere governate dal calendario attraverso i numeri o viceversa quanto non siano i numeri *in primis* a governare su lunghezze (lo spazio) e calendario (il tempo).

In realtà non c'è ancora accordo sul motivo per cui i calendari Tzoklin e Haab abbiano una struttura numerica di 13 x 20 e 18 x 20: sono state avanzate diverse ma differenti ipotesi basate su considerazioni non solo di carattere astronomico¹⁰.

⁹ Lopez (1984), Sugiyama (1993), Aveni and Hartung (2000), Sprajc (2005).

¹⁰ Vedi e.g. Aveni (1989).

Tab. 4. Le Terne ed i siti dove sono state riscontrate.

Q	5	5	7	1	Tajin, Acanceh(2), Tikal.
Q	7	7	10	1	Viking. Quetzalpapalotl Palace, Tajin, Cempoala, Macanxoc.
Q	12	12	17	1	Tepantitla, Quetzalpapalotl Palace, Xochicalco, Tajin(2), Cempoala(3), Agua Escondida, Chichen Itza, Nakum(2).
V	20	21	29	1.05	Cempoala.
VC1	10	11	15	1.1	Izamal, Tikal.
VC2	18	20	27	1.111	Teotihuacan Citadel. Cempoala, Chichen Itza, Chacmultun, Tulum, Coba, Macanxoc, Xelha+Cacakal(2),
S	8	9	12	1.125	Viking. Atatelco, Xochicalco, Yaxchilan, Chacmultun, Cozumel.
SA	13	15	20	1.154	Yaxchilan, S.Elena P.U., Chichen Itza, Acanceh, Coba, Tikal.
SB	19	22	29	1.158	Tulum.
SC	11	13	17	1.182	Xelha+Cacakal.
W/2	25	30	39	1.2	Viking, Tenochtitlan(2), Misantla, Uxmal, Izamal, Acanceh, Coba, Tikal, Nakum.
SD2	17	21	27	1.235	Cempoala.
3/W	20	25	32	1.25	Viking. Xolalpan, Tepoztlan, Yucanudahui, Palenque, Tonina, Chacmultun, Labna(3), Macanxoc(2), Xelha+Cacakal(2), Nakum.
D	3	4	5	1.333	Teotihuacan Sun Py. Teotihuacan Moon Py. Xolalpan. Viking, Tula(3), Tenayuca(2), Tenochtitlan(2), Cempoala(3), Palenque(2), Piedras Negras, Agua Escondida(3), Chichen Itza, Chichen Itza, Uxmal(5), Uxmal(3*), Uxmal, Acanceh(2), Labna, Macanxoc(2), Nohoch Mul, Meco, Tikal.
G/2	13	19	23	1.461	Mitla.
L	10	15	18	1.500	Tetitla, Xochicalco, Tenayuca(2), Teopanzolco, Cempoala(2), Yaxchilan, Chichen Itza, Uxmal, Acanceh,
ΦA	10	16	19	1.600	Agua Escondida.
LVC	14	23	27	1.643	Macanxoc.
4/W	18	30	35	1.667	Tenochtitlan(2), Tajin(2), Chichen Itza, Chacmultun(2), Macanxoc(2).
GA/2	7	12	14	1.714	Cempoala, Macanxoc.
MA	4	7	8	1.75	Tzitzuntan, Palenque.
M	8	15	17	1.875	Cempoala(?), Palenque, S.Elena P.U., Chichen Itza, Uxmal(5), Labna, Kucikan.
2Q	4	8	9	2	Palenque, Piedras Negras, Chichen Itza, Chacmultun, Acanceh.
2Q	9	18	20	2	Tepantitla, Tula, Cempoala, Agua Escondida, Uxmal(4), Uxmal(2*), San Jose.
2Q	13	26	29	2	Tenayuca, Chichen Itza, Acanceh(4), Coba.
2QB	9	19	21	2.111	Cempoala, Palenque.
√5	9	20	22	2.222	Misantla, Yaxchilan, Uxmal, Copan.
WA	10	23	25	2.3	Acanceh, Copan.
W	5	12	13	2.4	Tenochtitlan(2), Yucanudahui, Misantla(3), Yaxchilan(2), Chacmultun, Copan.
WB	10	25	27	2.5	Yucanudahui, Cempoala, Tonina, Chacmultun, Acanceh, Meco, Zacpeten.
Φ ²	5	13	14	2.6	Yaxchilan(2), Chichen Itza, Uxmal, Nohoch Mul.
2D	6	16	17	2.667	Agua Escondida, Chichen Itza, Uxmal, Chacmultun.
3Q	6	18	19	3	Meco.
GA	7	24	25	3.429	Chacmultun, Coba.

Perchè siano i numeri – e proprio quelli – a precedere ed a condizionare calendari ed architetture una possibile spiegazione è che essi possiedano qualche speciale proprietà intrinseca. L'unica che ho potuto identificare, peraltro anche notevole, è che

$$18^2 + 26^2 = 1000.$$

Unità di lunghezza

Sono state riscontrate tre principali unità di lunghezza:

- “Unità di Teotihuacán” $t = 0,575 \pm 0,002$ m.
- “Unità di Monte Albán” $ma = 0,504 \pm 0,007$ m.
- “Unità di Chichen Itza ” $ci = 0,665 \pm 0,015$ m.

La distribuzione geografica è illustrata in Figura 13.

Valori differenti di unità di lunghezza mesoamericane sono stati in passato proposti da altri autori. Come riportato da Sugiyama,¹¹ si tratta di valori tutti al di fuori dell'intervallo 40-70 cm. Corrispondenze con **t** possono essere stabilite attraverso moltiplicatori o rapporti calendariali: il valore riportato da Drewitt di 57 m è pari a 100 volte **t** (entro l'uno %); la sua "large unit" di 322 m è pari a 560 (=20x28)**t**. Al tempo stesso il valore di 80,5 di Drucker e Drewitt è pari a (28/20)**t**. Il valore di 60 cm proposto da Séjourné coincide (entro lo 0,3%) con 104(=13x8)**t**. Il valore di Sugiyama di 82,3 cm è uguale a (13/9)**t** entro l'1%. Infine il valore di 147 per i siti Maya-Pooc proposto da O'Brien and Christiansen è pari a (20/9)**ci** (1%).

Tanto lavoro rimane ancora da fare e più ancora da capire: nondimeno ho il convincimento che la connessione tra i numeri del calendario e le distanze trovata per Teotihuacán e Monte Albán difficilmente potrà essere smentita. Verosimilmente, per i lavori che seguiranno, questa connessione indicherà la strada principale da seguire per arrivare ad una coerente comprensione delle unità di lunghezza impiegate e dei repertori numerici e geometrici degli antichi costruttori mesoamericani.

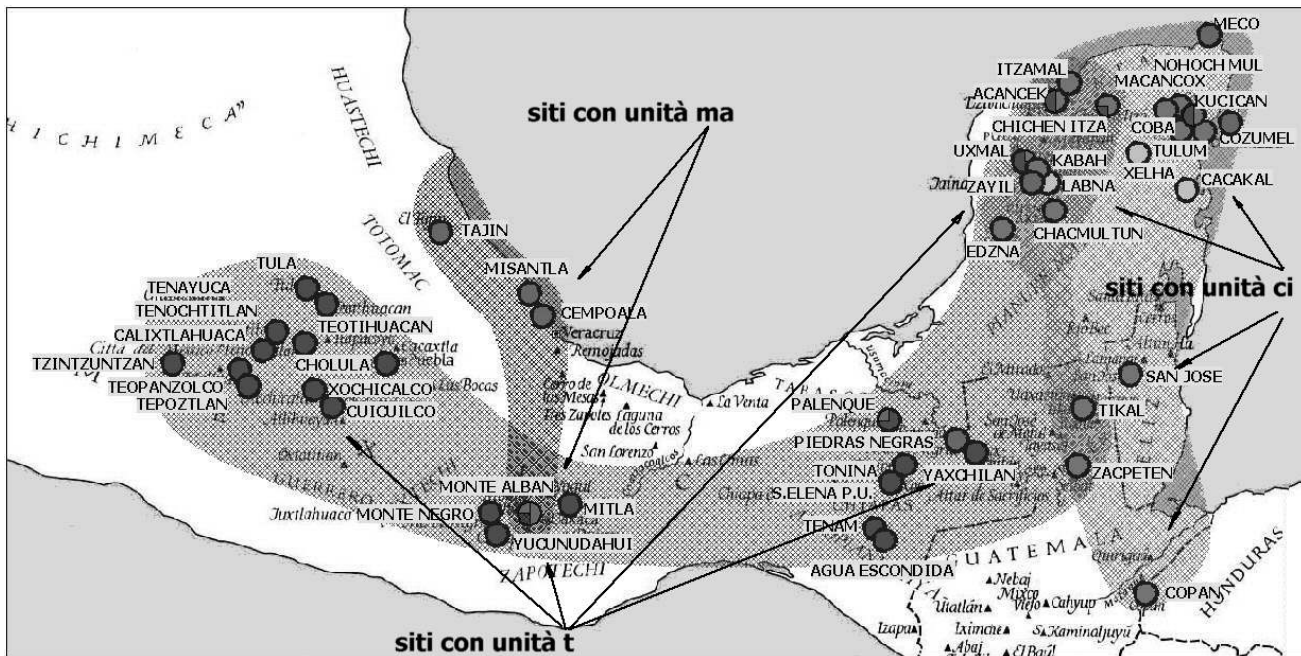


Fig. 13. Distribuzione geografica delle unità **t**, **ma** e **ci** in Mesoamerica.

Bibliografia

- Acosta J.R., 1964, *El Palacio del Quetzalpapalotl*, I.N.A.H, Mexico
- Aveni A.F., 1989, *Empires of Time: Calendars, Clocks, and Cultures*, Basic Books, Inc., Publishers, NY
- Anthony A.F., Hartung H., 2000, *Maya City Planning and the Calendar*, Transactions of the American Philosophical Society Vol.72
- Lopez A.R., 1984, *El numero 13 en la vida de los Aztecas*, Costa-Amic Editores, S.A. Mexico D.F

¹¹ Sugiyama (1993).

- Malgora S., 2000, *L'uso dei numeri e la Ritualizzazione nelle Strutture Cerimoniali nella Topografia Monumentale di Saqqara*,. Thesis, Università di Bologna
- Marquina I., 1951, *Arquitectura Prehispanica*, Memorias del I.N.A.H, Vol. I, Mexico
- Patanè A., *Indagine Archeoastronomica sulla Basilica Sotterranea di Porta Maggiore in Roma*, Thesis, Università di Roma "La Sapienza"
- Ranieri M., 1997, *Triads of Integers: How Space Was Squared in Ancient Times*, Journal of Ancient Topography-Rivista di Topografia Antica 7
- Ranieri M., 2000, *Geometry at Stonehenge*, Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture, XVII, pp. 81-93
- Ranieri M., 2005a, *La Geometria del Tempio Urbano di Marzabotto (Regio I-Ins.5)*, Culti, Forma Urbana e Artigianato a Marzabotto. Nuove Prospettive di Ricerca. Dipartimento di Archeologia Università di Bologna N°11, pp. 73-87
- Ranieri M., 2005b, *The Stone Circles of Li Muri*, Proc. 13th SEAC Conference: Lights and shadows in cultural astronomy, Isili, Sardinia, Italy. Associazione Archeofila Sarda, P. Zedda e J.A. Belmonte ed., Isili, 2007, p. 58
- Ranieri M., 2006, *Contenuti geometrici, numerici, metrici e astronomici del tempio nuragico a pozzo "Su Tempiesu" di Orune*, 6° Convegno Annuale Società Italiana di Archeoastronomia, Campobasso 2006 Proc. in press
- Ranieri M., 2007, *The Pythagorean Geometry of the Atreus Tomb at Mycenae*, 15th SEAC Meeting & VIII Oxford International Conference: Astronomy & Cosmology in Folk Traditions and Cultural Heritage, Klaipeda, Lithuania
- Sprajc I., 2005, *More on Mesoamerican Cosmology and City Plans*, Latin American Antiquity, 16(2), pp 209-216
- Stierling H., 1968, *Ancient Mexican Architecture*, Macdonald & Co., London
- Sugiyama S., 1993, *Worldview Materialized in Teotihuacán, Mexico*, Latin American Antiquity, Vol. 4, N°2, pp. 103-129