

LAS ICNOLINEACIONES DE DINOSAURIOS WEALDENSES DE ENCISO - NAVALSAZ*

Carlos MARTIN ESCORZA**

Abstracts

It is shown on program (Rotali) in basic, to find the original orientation of a lineation on bed.

An application to the dinosaur footprints, icnolineations, of the Wealden at surrounding Enciso (Rioja, Spain) reveal that an large number of *Megalosaurus* trackmaker are orientated toward the sud.

Palabras clave: Lineaciones, geostadística, icnitas, dinosaurios, Rioja.

INTRODUCCION

Normalmente en el estudio de estructuras geológicas se manejan datos referentes a determinadas lineaciones definidas sobre las rocas. Las lineaciones son estructuras de diverso tipo y formación; los hay de origen tectónico, ígeneo, metamórfico, sedimentario y también originadas por seres vivos. Tienen todas ellas el carácter común de definirse, para el caso general, por medio de dos parámetros: el azimut o dirección, que es el ángulo que forma horizontal y según el sentido horario de 0° a 360°; y la inclinación o buzamiento que es el ángulo que la lineación forma con el plano horizontal, medido en el plano vertical.

A veces además puede ser importante tener en cuenta el sentido que esta estructura lineal señala por medio de alguna característica (ver por ejemplo: RAMSAY, 1967). En el caso de que tal lineación con sentido, (que siguiendo a WATSON, 1970, denominaremos *vector unidad*), esté situada sobre un plano de interés puede ser también importante determinar la orientación del vector unidad cuandoa dicho plano se le somete a una rotación.

Para definir un vector unidad se necesitaran, en el caso general, los dos parámetros ya descritos de dirección y buzamiento y, además, un tercero que nos indique el sentido. Este puede ser el de valor «1» si dicho sentido va a favor del

**Instituto de Geología, C.S.I.C.

* Programa en Basic del cálculo del rumbo original de lineaciones con sentido sobre capas plegadas. Aplicación a los icnolineaciones de Dinosaurios Wealdenses de Enciso-Navalsaz. (Rioja).

buzamiento del plano considerado, y valor «0» cuando ambos sean contrarios. Criterio que se utilizará en este trabajo.

Un plano de valor peculiar en una secuencia sedimentaria es el plano de estratificación, SS. Las lineaciones situadas en él pueden tener un sentido con importancia interpretativa para el geólogo y entonces deben medirse los vectores unidad para su análisis estadístico. Si por razones varias es de interés girar dichos planos los vectores unidad en él contenidos se verán sometidos a esta misma rotación por lo que en estos estudios es necesario tomar: los parámetros del buzamiento (dirección e inclinación; d_s y b_s , respectivamente) y los del vector unidad (d_l y b_l).

Programa Rotali

Un giro de particular interés en las capas sedimentarias plegadas es el que las devuelve a su posición original, la cual para la mayor parte de ellas es la horizontal. (Hay excepciones como por ejemplo: laminaciones cruzadas). Entonces muchas de las lineaciones contenidas en los estratos se encuentran próximas o en coincidencia con la orientación y sentido que tenían cuando se formaron. Y principalmente esto es así para muchas estructuras lineales de origen dinámico-sedimentario, y para casi todas de origen biológico.

El cálculo para realizar estos giros y determinar la orientaciones originales pueden hacerse por medio de fórmulas ya conocidas en trigonometría esférica considerando las relaciones angulares entre los parámetros tomados b_s , d_s , b_l y d_l .

Para este fin el autor ha elaborado un programa en Basic (programa Rotali, ver figura 1) con el cual se hacen estos cálculos. Este programa tal como se expone engloba los resultados en intervalos angulares de 30°, pero con sencillas modificaciones en las líneas 40, 50, 60, 300, 310 y 350 pueden elegirse otros más convenientes a los casos que se estudien.

Aplicación a las icnolineaciones wealdenses de Enciso

Enmarque general

En las capas calco-margosas wealdenses del valle del Cidacos se encuentran un gran número de huellas fósiles producidas por pisadas de dinosaurios. Las descripciones, edad, paleo-ambientes y otros datos geológicos referentes a estas icnitas pueden encontrarse en: CASANOVAS y SANTAFÉ, 1971, 1974; BRANCAS et al., 1979; VIERA y TORRES, 1979; AGUIRREZABALA y VIERA, 1980, 1983; VIERA y AGUIRREZABALA, 1982.

En dichos trabajos se dan además datos, aislados o de ciertos icnoyacimientos, referentes a orientaciones de huellas. Esta parte del trabajo tiene como objeto el estudio de la orientación original de tales huellas por el cálculo del programa «Rotali», según los datos tomados por el autor en una muestra situada en

LAS ICNOLINEACIONES DE
DINOSAURIOS WEALDENSES DE ENCISO - NAVALSAZ

los distintos yacimientos existentes en el trayecto desde Enciso a Navalsaz y al S de Enciso. Todos ellos se encuentran en el tramo C. 13.4 m. que CAMARA et al. (1981) cartografiaron con un espesor de 50-80 m. Los yacimientos observados están ya señalados, o bien en la bibliografía, o bien en el mismo terreno por medio de pinturas, etc.

Los resultados en este caso nos darán la orientación y el sentido de marcha en vida de los dinosaurios que produjeron tales huellas y debe ser considerado como un primer avance sobre este tema que podrá ser ampliado por nuevas recogidas de datos en esta ya amplia población de icnitas. Con ello se pretende contribuir, desde el punto de vista del análisis estructural, al mayor conocimiento de la interesante problemática general que plantean estos excepcionales icnoyacimientos.

Método

Cada icnita puede ser asociada a un vector unidad (lineación con sentido) cuya dirección está definida por la antero posterior de la huella y cuyo sentido evidentemente está marcado por el que se indica la marcha del ser vivo que la produjo. A tal elemento estructural proponemos que se le denomine: *icno-lineación*

Para cada icnolineación se midieron los parámetros *bs* y *ds* referidos a la capa en la que aquella está contenida, así como los *bl*, *dl*, y el sentido de marcha con los valores 0 ó 1, según el criterio ya anteriormente explicado.

Las huellas normalmente se presentan o bien aisladas, es decir sin una evidente relación con las adyacentes, o bien formando trazas de progresión producidas por un mismo individuo. En este análisis trataremos ambos conjuntos por separado.

Como datos adicionales se tomaron medidas de la longitud, *l*, y anchura, *a*, máximos de cada icnita, y asimismo se anotó el tipo de huella, *t*. Respecto al tipo de huellas ya desde el primer trabajo realizado sobre las icnitas de esta zona (CASANOVAS y SANTAFE, 1971) se diferenciaron dos grupos dominantes, cuando no únicos; son los que efectivamente hemos observado nosotros en este trayecto, y también los que se han encontrado algo más al sur (AGUIRRE-ZABALA y VIERA, 1983); uno de ellos es atribuido a Megalosaúridos y el otro a Iguanodóntidos. Las descripciones y figuras sobre ellos pueden verse principalmente en los dos últimos trabajos citados.

Resultados

Para elaborar este trabajo se han medido un total de 155 icnitas. La distribución de sus longitudes y anchura máximas (*l* y *a*) se representan en la figura 2. Estas dimensiones se ofrecen centrando los datos sobre los valores: 10, 15, 20,...cms., englobando aen ellos los comprendidos en el intervalor ± 2 . A estos histogramas se le ha superpuesto además el ajuste que dan a una curva teórica

de distribución «normal», por medio de un programa computarizado. Se han diferenciado también las huellas según sus tipos, que como se ve presentan distintos valores medios y distribución.

De las 155 icnitas medidas 85 de ellas corresponden a huellas aisladas y las restantes 70 están formando parte de un total de 24 trazas.

El paso de las 85 huellas aisladas por el programa Rotali dá como resultado el histograma de la figura 3, en el que se presentan las orientaciones originales de marcha centrados sobre los valores, 30°, 60°, con intervalos de $\pm 15^\circ$. Como se ve hay un máximo hacia el sur-sureste (150°-180°). y otros valores de menor importancia.

La figura 4 muestra este mismo cálculo pero realizado por separado sobre los dos distintos tipos de huellas diferenciados. Esta discriminación de la muestra total permite observar como la orientación preferente hacia el sur señalada en la figura 3, está principalmente basada en el conjunto de Megalosauridos.

Además de estas 85 huellas aisladas se han medido 70 huellas formando parte de 24 trazas. Sobre cada una de dichas trazas se ha calculado un valor medio de la orientación dada por Rotali; este valor medio es el que finalmente se ha considerado en cada traza. El resultado obtenido según el tipo de huella se presenta en la Tabla 1.

Interpretación y discusión

En los yacimientos icnolíticos de Enciso-Navalsaz se manifiesta una clara predominancia de dos grupos o tipos principales: unos de Iguanodóntinos y otros de Megalosaúridos, siendo a su vez estos últimos los más frecuentes.

El hecho notablemente señalado aquí de que el tipo achacable a carnívoros Megalosauridos tengan una orientación preferente en su sentido de marcha no es único para este grupo de dinosaurios. En efecto para un menor número de huellas e individuos este hecho se señala para la icnitas también de Megalosaúridos encontradas en Inglaterra (CHARIG y NEWMAN, 1962; en: OSTROM, 1972), y un número menor, en Portugal (TELLES ANTUNES, 1976). Todo ello viene a apoyar la tesis expuesta por OSTROM (1972) sobre la posibilidad gregaria de determinados grupos de dinosaurios más que en acomodaciones en su agrupamiento motivado por accidentes naturales (barreras, pasos, etc.).

No deja de ser curioso que en las huellas de Megalosauridos de edad equivalente encontradas en Inglaterra (BECKLES, 1854), en Alemania (KAEVER y LAPPARENT, 1974) y en Portugal (TELLES ANTUNES, 1976) muestran prácticamente estas mismas direcciones e igualmente estos resultados se observan por las estudiadas por mi mismo (también de Megalosauridos de esta época) en la costa cantábrica asturiana. Evidentemente cualquier tentadora generalización resulta por ahora improcedente y excluirse por si misma debido fundamentalmente a la escasa base de datos y puntos de observación que la sostendrían. Por ello aquí solamente queremos exponer lo mencionado.

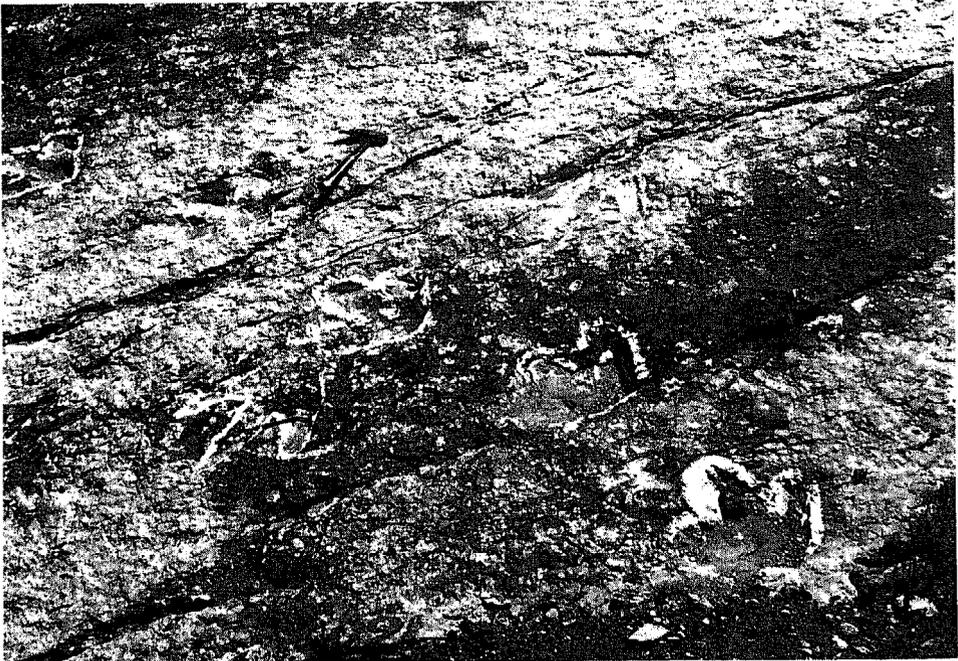
LAS ICNOLINEACIONES DE
DINOSAURIOS WEALDENSES DE ENCISO - NAVALSAZ

Otro problema que debería acometerse es el hecho deducible aquí de la mayor presencia de individuos carnívoros que de herbívoros, siendo así que lo normal parece ser lo contrario y hay yacimientos, como en el Atlas central, del Jurásico medio (JENNY et al., 1981), que así lo confirman. El estudio sistemático en otros yacimientos no incluidos en este trabajo, en los nuevos que se van describiendo en estas mismas formaciones (AGUIRREZABALA y VIERA, 1980, 1983; VIERA y AGUIRREZABALA, 1982) y en otros que, sin duda, se encontrarán, se podrán quizás resolver esta y otras cuestiones pendientes.

CONCLUSIONES

Aunque en el tramo Enciso-Navalsaz (Rioja) pueden verse abundantes huellas de Dinosaurios, solo dos tipos aparecen como predominantes: las de Iguanodóntidos y las, más frecuentes, de Megalosáuridos.

Los Iguanodóntinos no reflejan una orientación preferente en su sentido de marcha en vida. Sin embargo la Megalosáuridos parecen haberse desplazado con marcada preferencia a algún lugar situado hacia el sur actual.



BIBLIOGRAFIA

- AGUIRREZABALA, M. y VIERA, L.I. (1980) «Icnitas de Dinosaurios en Breton» (Soria).
Munibe, 32, 257-279.
- AGUIRREZABALA, L.M. y VIERA, L.I. (1983). «Icnitas de Dinosaurios en Santa Cruz de Yanguas» (Soria)
Munibe, 35, 1-13.
- BECKLES, S.H. (1854). «On the ornithoidichnites of the Wealden». *Quart. J. Geol. Soc. London*. 10, 456-464.
- BLANCAS, R.; BLASCHKE, J. y MARTINEZ, J. (1979). «Huellas de Dinosaurios en Enciso».
Unid. Cult. Dip. Logroño, 2, 96 págs.
- CAMARA, P. y DURANTEZ, O. (1981). *Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. Enciso (280)*.
Inst. Geol. Min. España. 27 págs. Map. Geol.
- CASANOVAS, M.L. y SANTAFE, J.V. (1974). «Dos nuevos yacimientos de icnitas de Dinosaurios»
Acta Geol. Hisp. Año IX, nº 3, 88091.
- CASANOVAS, M.L. y SANTAFE, J.V. (1971). «Icnitas de reptiles mesozoicos en la provincia de Logroño».
Acta Geol. Hisp. Año VI, nº 5, 139-142.
- CASIER, E. (1960). «Los Iguanodons de Bernissart».
Inst. Roy. Sco. Nat. Belgique, 134 págs.
- DURANTEZ, O.; SOLE,; CASTILLA, I. y VILLALOBOS, L. (1982). *Mapa Geológico de España E.1:50.000 Cervera del Rio Alhama (251)*.
Inst. Geol. Min. España. 40 págs. Mapa Geol.
- JENNY, J.; Le MARREC, A. et MOMBARON, M. (1981). «Les empreintes de pas de Dinosauriens de Hant Atlas Central (Maroc): nouveaux gisement et précisions stratigraphiques». *Geobios*, 14, 427-431.
- KAAYER, M. et LAPPARENT, A.F. de (1974). «Les traces de Dinosaures du Jurassique de Barkhauser» (Basse Saxe, Allemagne). *Bull. Soc. Geol. France*. (7 ser.). T. 16. 516-525.
- OSTROM, J. (1972). «Where some dinosaurs gregarious» *Palaogeogr. Palaeont. Paleoclimar*, 11, 287-301.
- RAMSAY, J.G. (1967). *Folding and fracturing of rocks*, New York, McGraw-Hill, 568 págs.
- TELLES ANTUNES, M. (1976). «Dinossáurios eocretácicos de Lagosteiros».
Ciencias da Terra, 1, 3-35.

LAS ICNOLINEACIONES DE
DINOSAURIOS WEALDENSES DE ENCISO - NAVALSZ

- VIERA, L.I. y AGUIRREZABALA, L.M. (1982). El Weald de Munilla (La Rioja) y sus icnitas de Dinosaurios (I). *Munibe*, 34, 245-270.
- VIERA, L.I. y TORRES, J.A. (1979). «El Wealdico de la zona de Enciso (Sierra de Cameros) y su fauna de grandes reptiles». *Munibe*, 31, 141-157.
- WATSON, G.S. (1970). Orientación statistics in the earth sciences *Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala*, 2, 9, 73-89.

TABLA 1

Número de trazas con valor medio por intervalo de 30°, centrados en los valores angulares que se indican. N = 24 trazas.

	Megalo.	Iguanod.		Megalo.	Iguanod.
30°	-	1	210°	3	-
60°	-	3	240°	1	1
90°	1	-	270°	1	1
120°	2	1	300°	-	-
150°	1	1	330°	1	-
180°	5	-	360°	1	-

```

1>REM      ORIENTACION POR GIRO
           DE LINEACIONES EN
           ESTRATOS PLEGADOS

2  REM      *****ROTALI*****

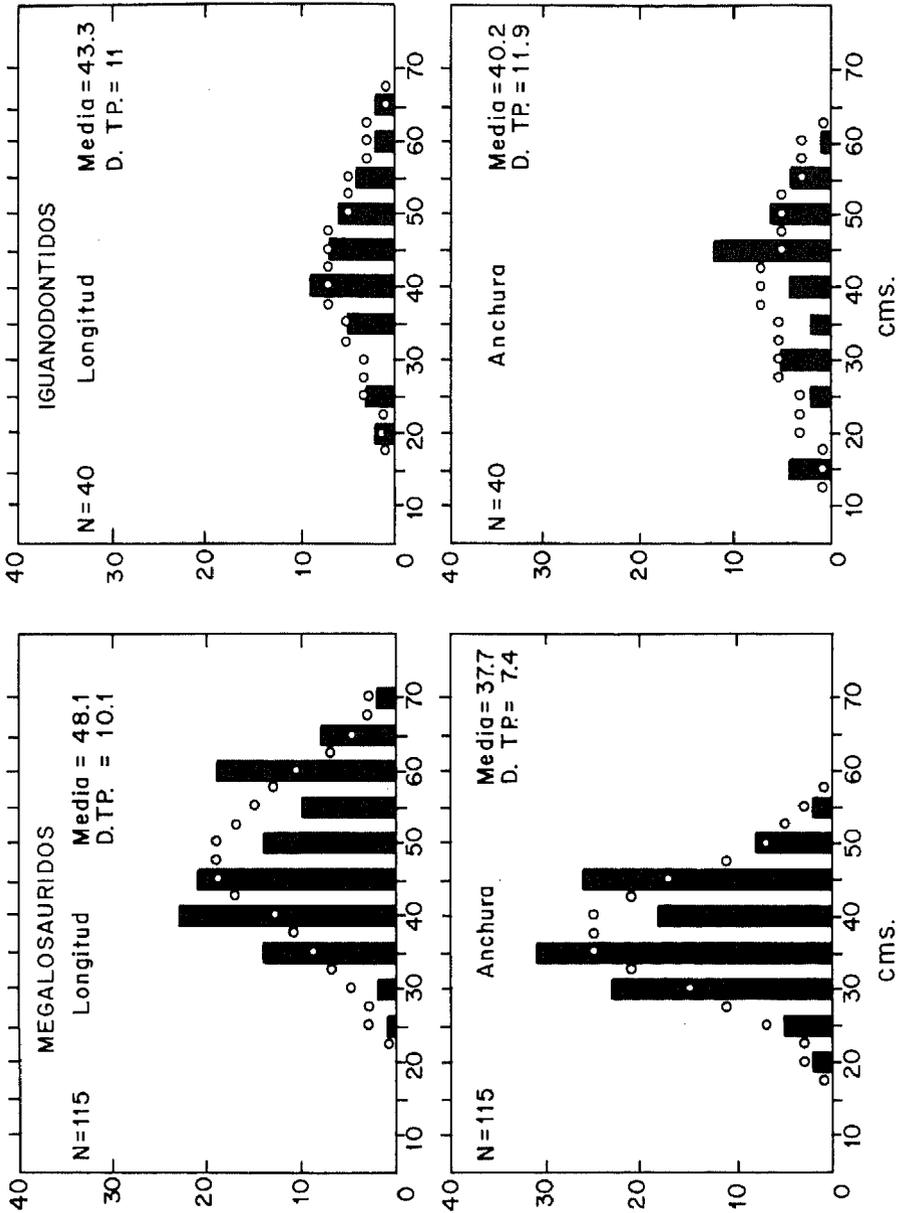
3  REM      Carlos MARTIN ESCORZA
           Instituto de Geologia
           C.S.I.C.
           Madrid      1983  ©

10 DIM n(12): DIM a(12)
20 LET r=PI/180
30 LET u=0
40 FOR j=1 TO 12: READ a(j)
   : NEXT j
50 DATA 30,60,90,120,150,180,
   210,240,270,300,330,360
60 FOR j=1 TO 12: LET n(j)=0:
   NEXT j
90 RESTORE 5000
100 FOR i=1 TO 155
110 READ l,a,bs,ds,bl,dl,st,t,
   s$,tz
115 IF tz<>0 THEN GO TO 400
120 LET df=dl-ds: LET ad=ABS df
130 IF ad>90 THEN LET ad=360-ad
   : LET df=- (SGN df)
140 LET o=90-ad
150 LET to=TAN (o*r)
160 LET c=COS (bs*r)
170 LET tp=to/c
180 LET p=INT ((1/r)*ATN tp)
190 LET d=ds+((90-p)*SGN df)
210 IF d<0 THEN LET d=360+d
220 IF d>260 THEN LET d=d-360
230 IF st=0 THEN LET d=d+180
240 IF d>350 THEN LET d=d-360
250 IF d<=15 THEN LET d=360+d
260 FOR j=1 TO 12
310 LET g=a(j)-14:
   LET h=a(j)+15
320 IF d>g AND d<=h THEN
   LET d=a(j)
330 NEXT j
340 LET u=u+1: PRINT AT 21,0; i
   : PRINT AT 21,8; u
350 LET dd=d/30
360 LET n(dd)=n(dd)+1
370 IF dd<=10 THEN PRINT AT
   dd,0; d; "="; n(dd)
380 IF dd>10 THEN PRINT AT
   18-dd,18; d; "="; n(dd)
400 NEXT i
3000 STOP

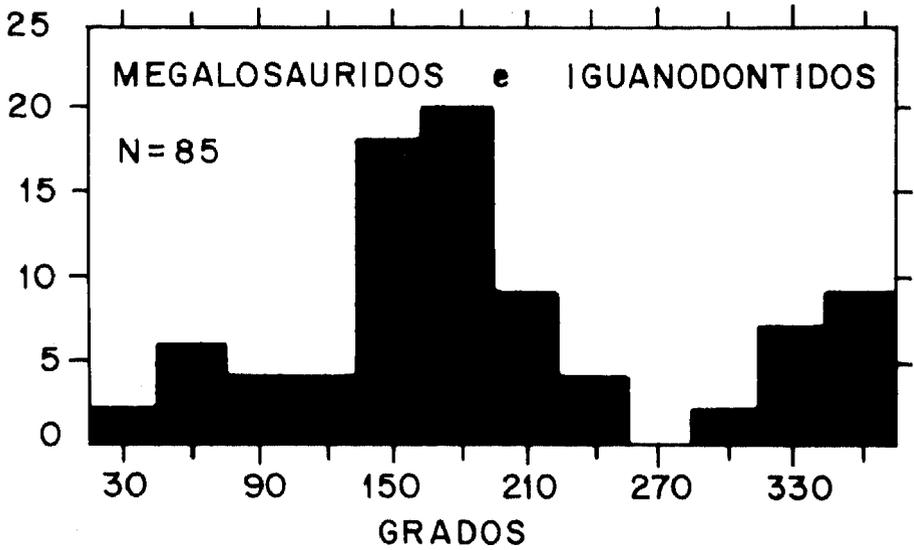
```

Programa ROTALI, en Basic. Se parte de datos tales como l = longitud; a = anchura; bs, ds, bl y dl = buzamientos y direcciones de la estratificación y de la lineación en ella contenida; st = sentido; y, para el caso de aplicación de este trabajo, t = tipo; s\$ = capa o yacimiento; tz = traza.

LAS ICNOLINEACIONES DE
DINOSAURIOS WEALDENSES DE ENCISO - NAVALSAZ

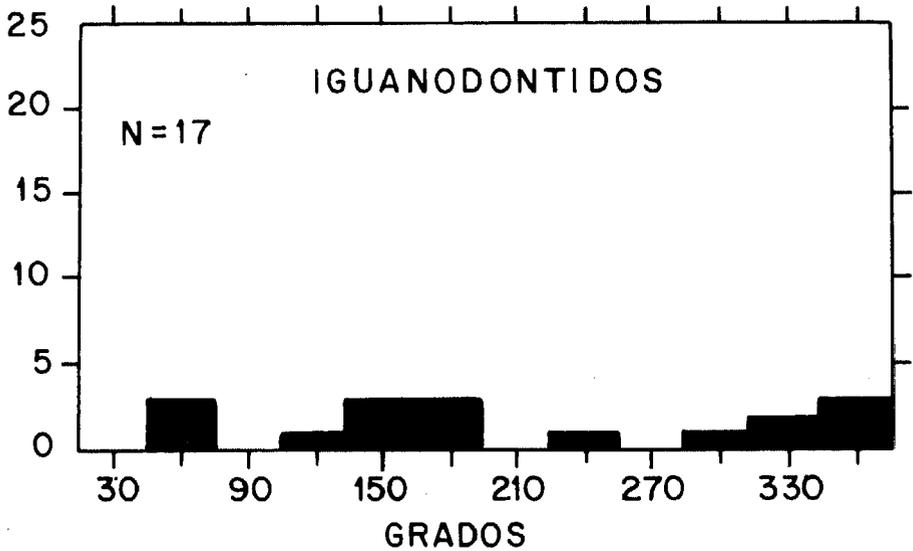
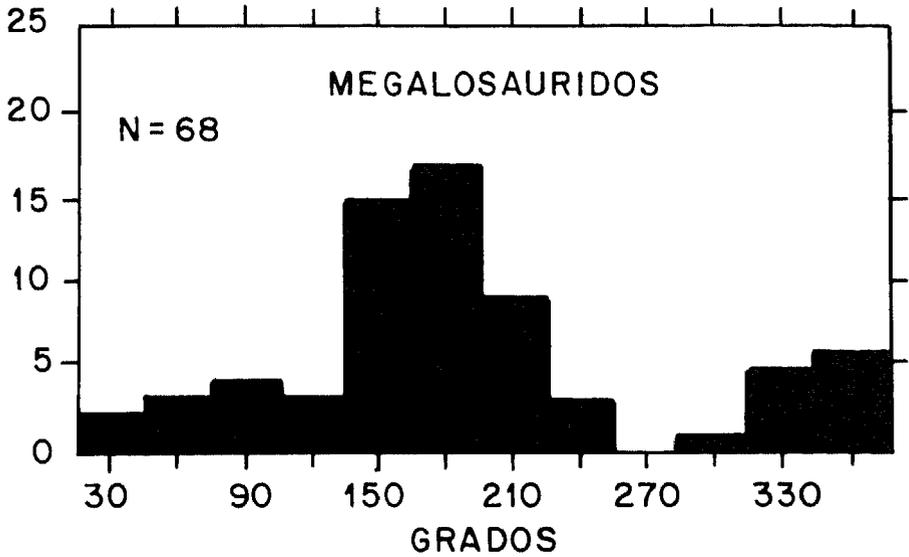


Longitudes y anchuras máximas según los tipos de las 155 huellas medidas. En abscisas los valores, en cms., están centrados sobre las dimensiones indicadas; en el eje de ordenadas se indica el número de huellas correspondientes a cada intervalo. También se expresa el número (N), el valor medio y la desviación típica. En cada caso el histograma se ha ajustado, por medio de una rutina en la computadora, a la curva de distribución tipo «normal».



Resultado del paso por el programa Rotali de las 85 icnitas aisladas encontradas. Como se ve hay un máximo de huellas que muestran un sentido de marcha hacia el sur (180°). Los valores angulares están indicados en orden creciente desde el norte, según el sentido horario.

LAS ICNOLINEACIONES DE
DINOSAURIOS WEALDENSES DE ENCISO - NAVALSAZ



Aplicación del programa Rotali a las 85 huellas aisladas medidas, en las que se han diferenciado el grupo de Megalosauridos de los de Iguanodóntidos. Como se ve estos últimos no muestran una orientación predominante, sin embargo las de Megalosauridos no están evidentemente distribuidas al azar.

