

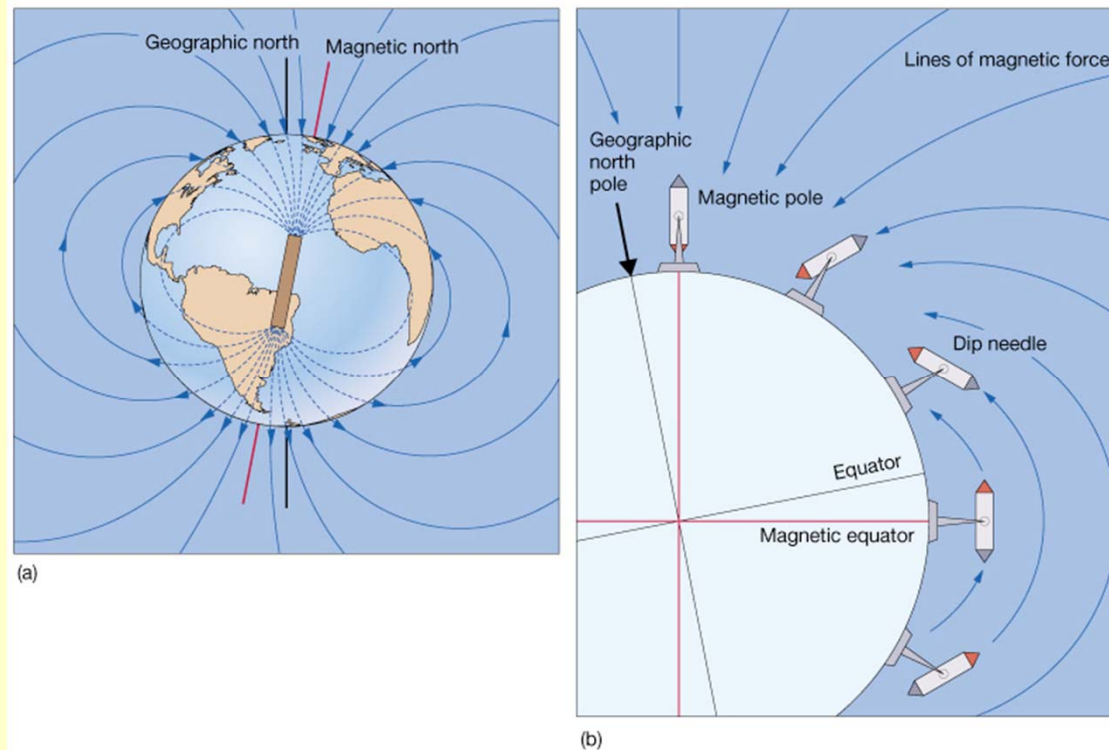
## 150 My Reconstruction

Movimientos de las placas. Movimientos relativos. ¿Cuál es el sistema de referencia?

- El campo magnético terrestre como sistema de referencia fijo
- Las rocas como brújulas con capacidad de memorizar el sistema de referencia
- Reconstruyendo las posiciones de los continentes en el pasado con paleomagnetismo

- El campo magnético terrestre como sistema de referencia fijo
- Las rocas como brújulas con capacidad de memorizar el sistema de referencia
- Reconstruyendo las posiciones de los continentes en el pasado con paleomagnetismo

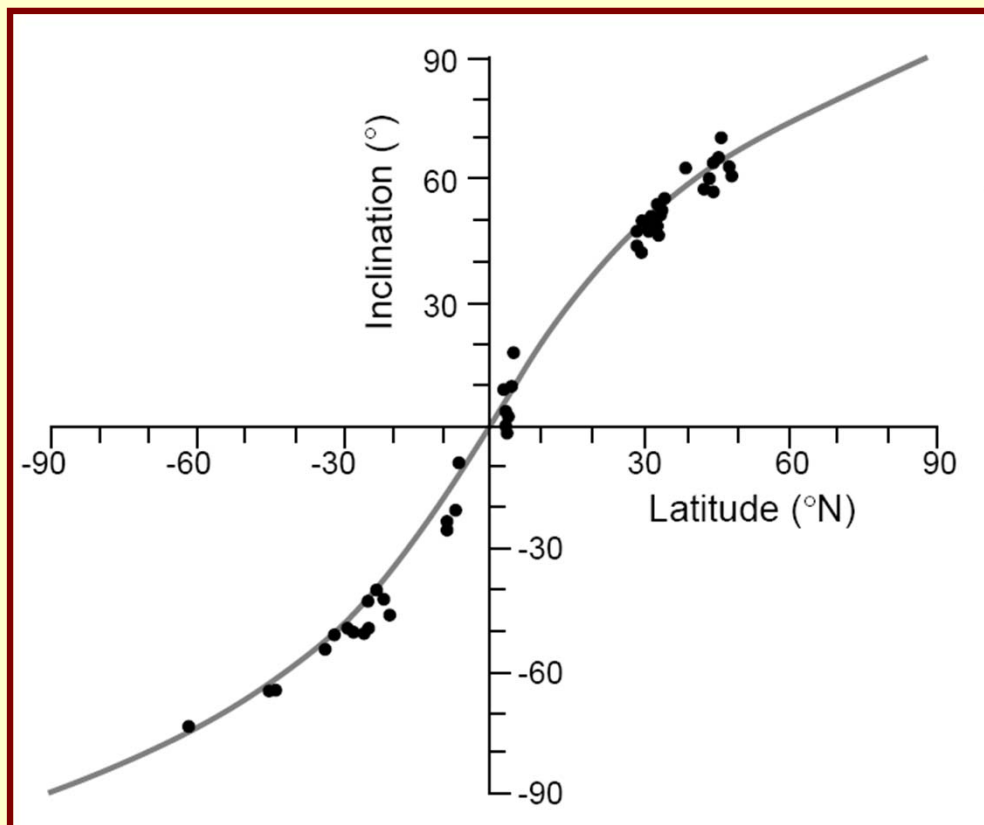
## El campo magnético terrestre como sistema de referencia fijo



Importante: el CMT varía con el tiempo, pero puede considerarse como un sistema de referencia fijo

Cuando se lo promedia por un lapso de tiempo suficientemente largo (e.g. 10000 años)

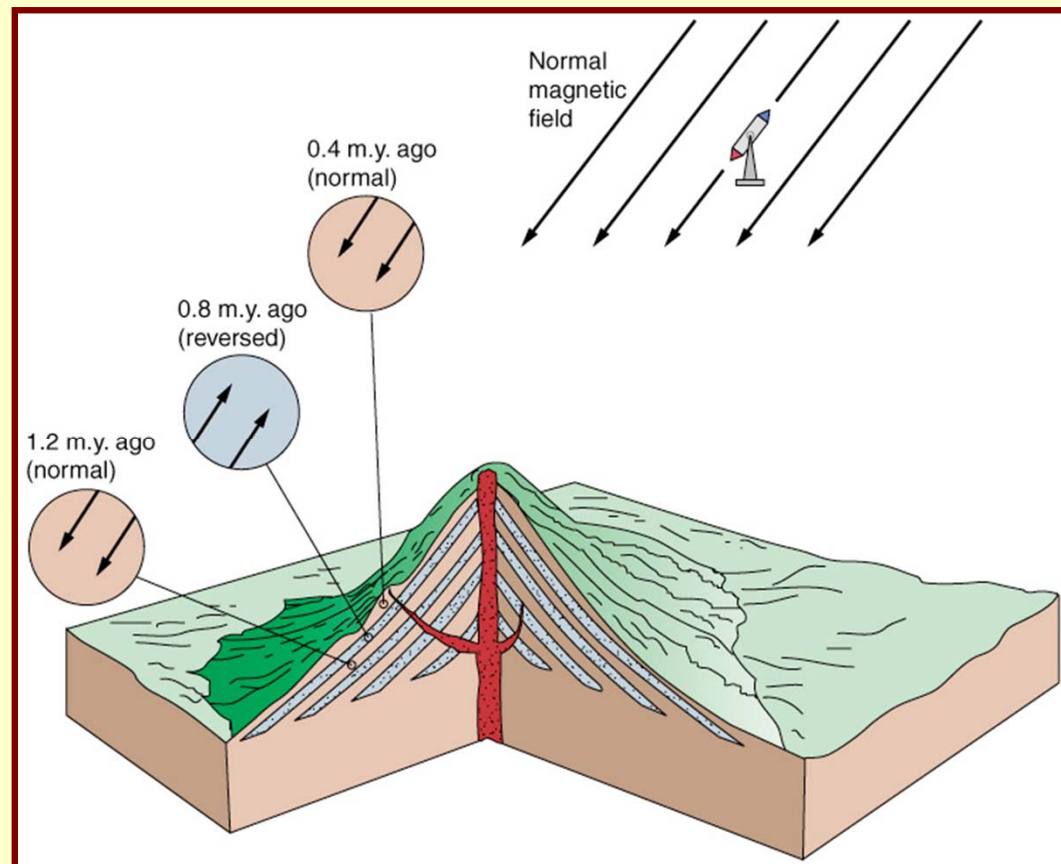


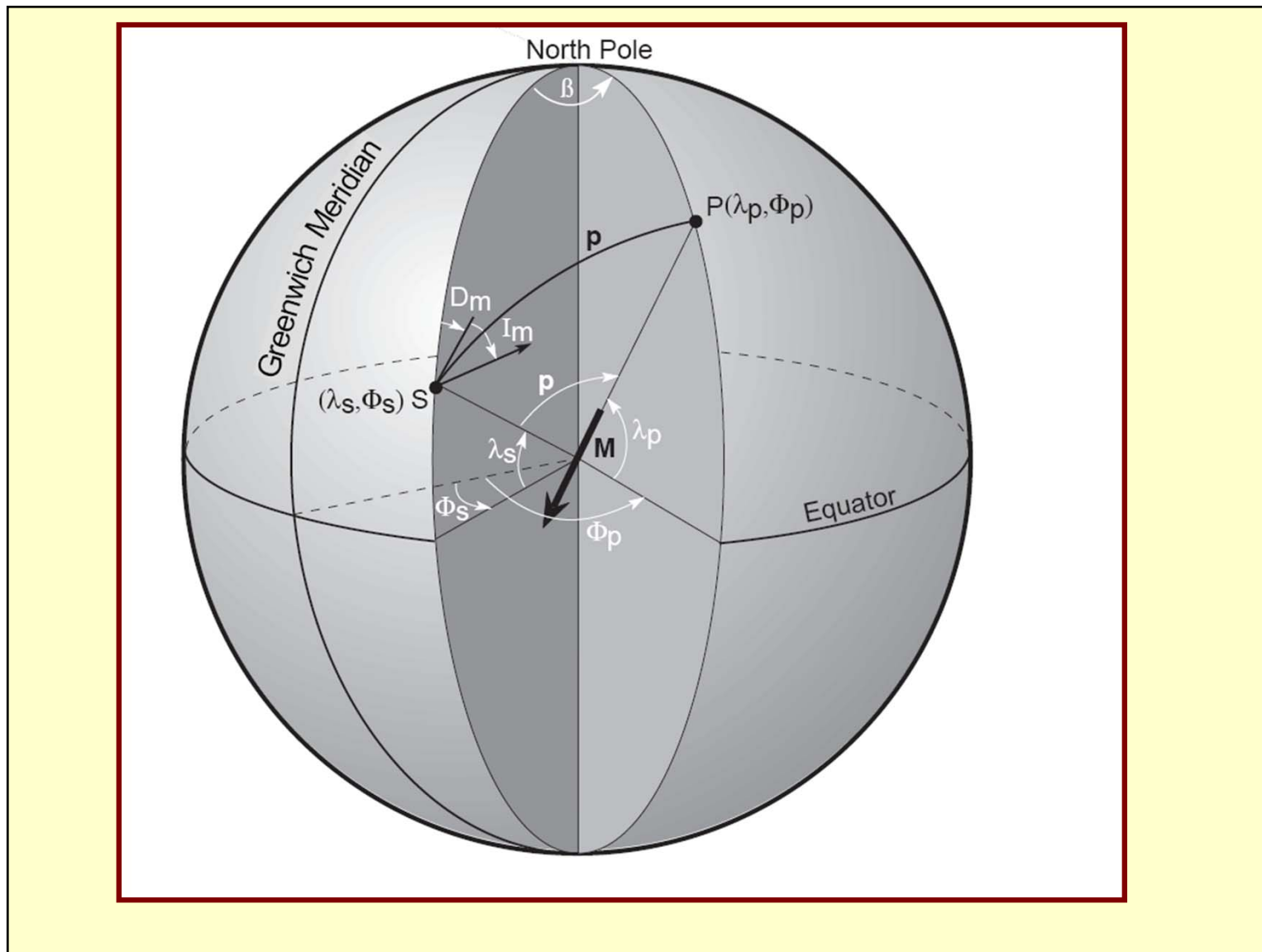


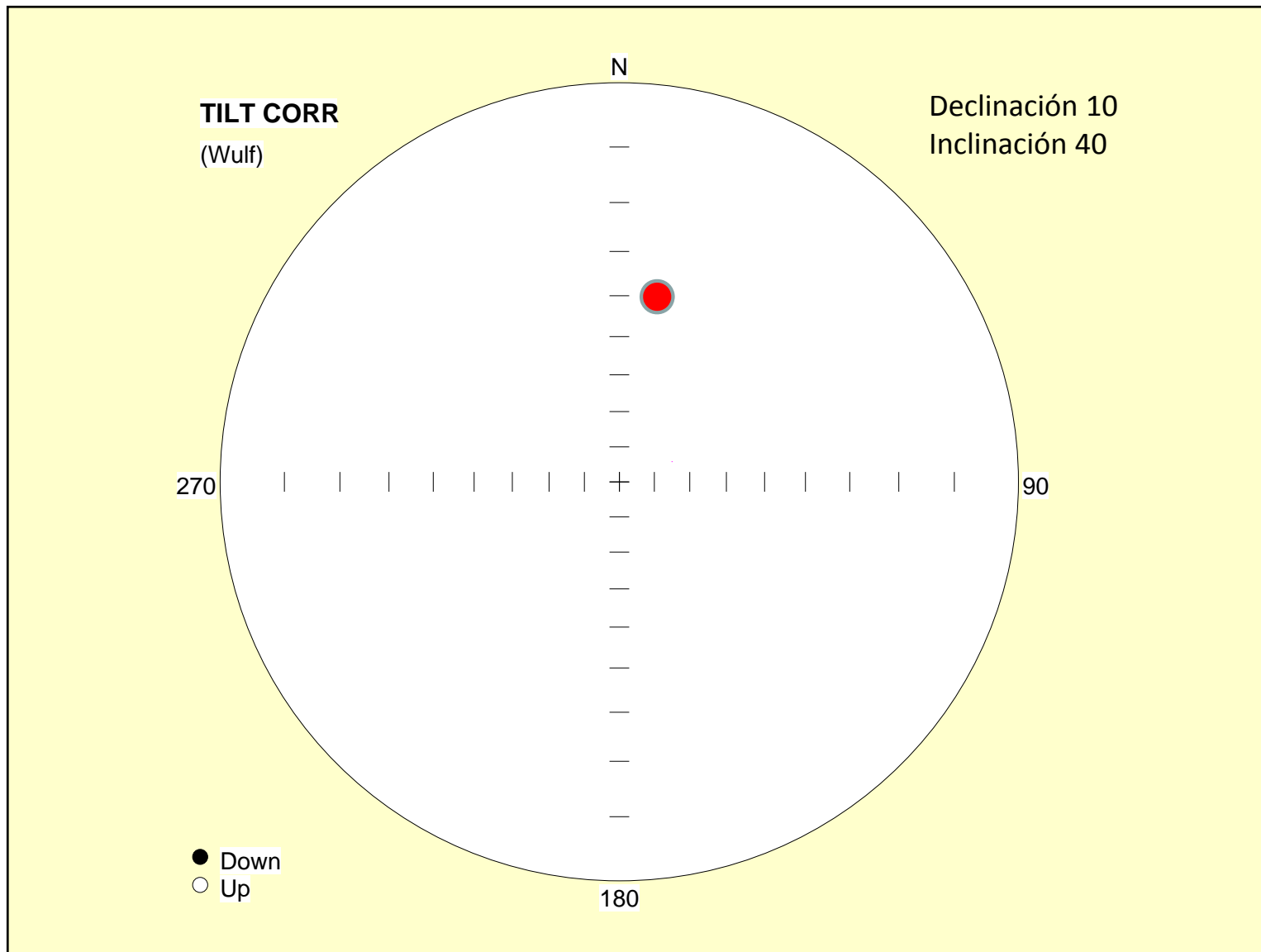
$$\tan I = 2 \tan \text{Lat}$$

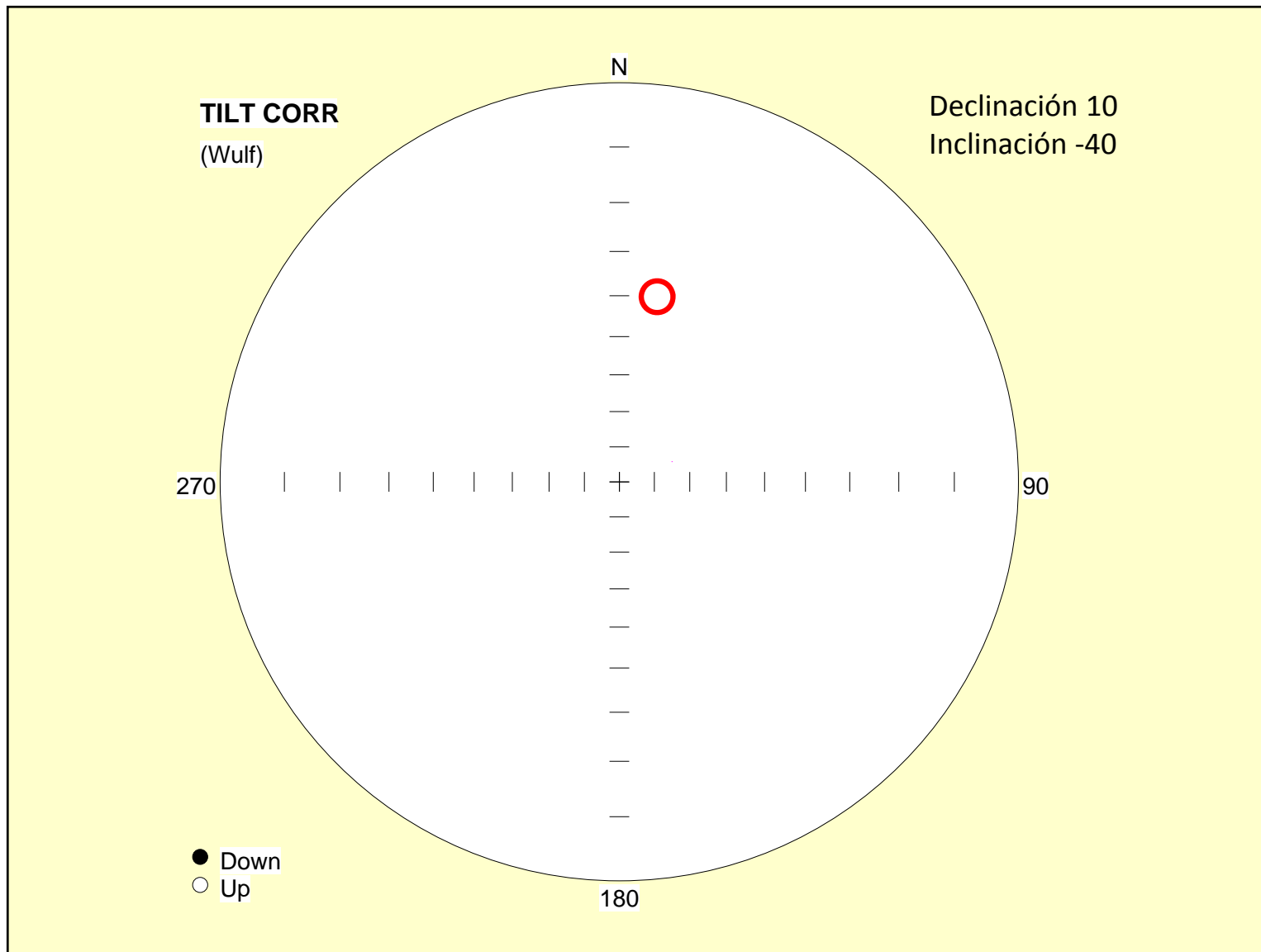
- El campo magnético terrestre como sistema de referencia fijo
- Las rocas como brújulas con capacidad de memorizar el sistema de referencia
- Reconstruyendo las posiciones de los continentes en el pasado con paleomagnetismo

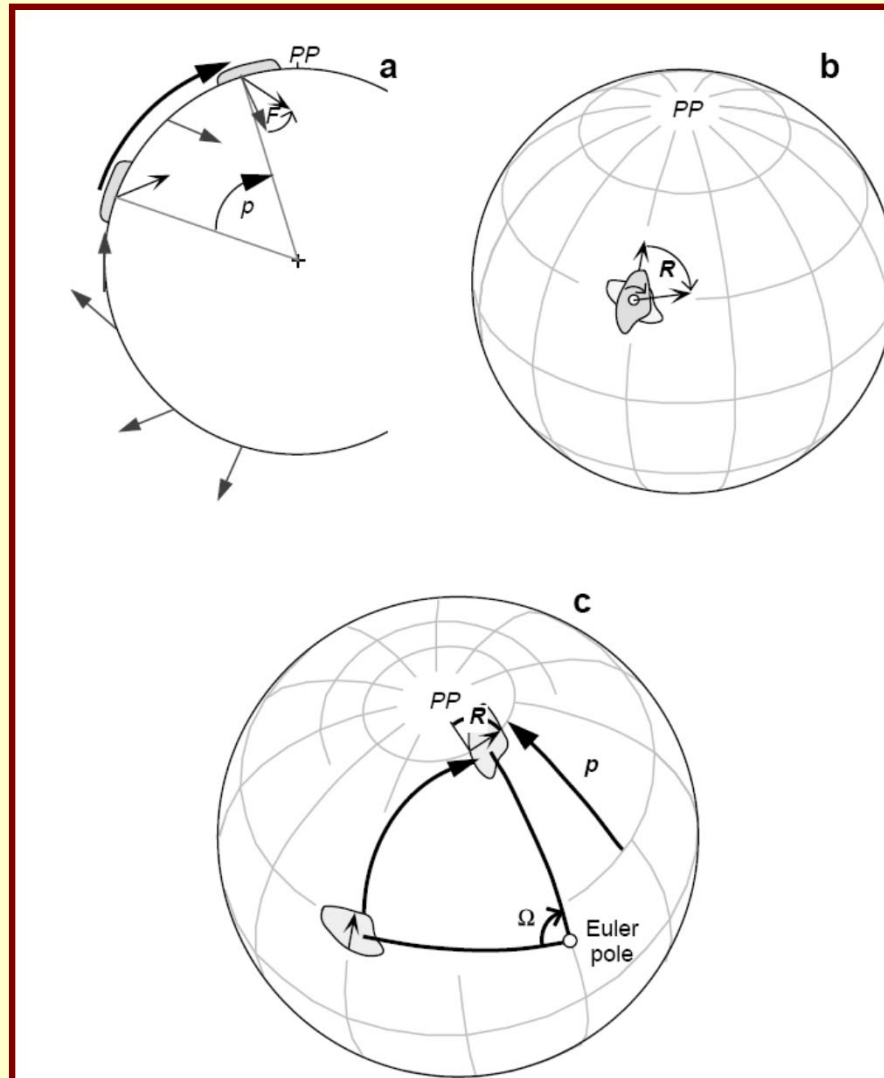
## Las rocas como brújulas con capacidad de memorizar el sistema de referencia





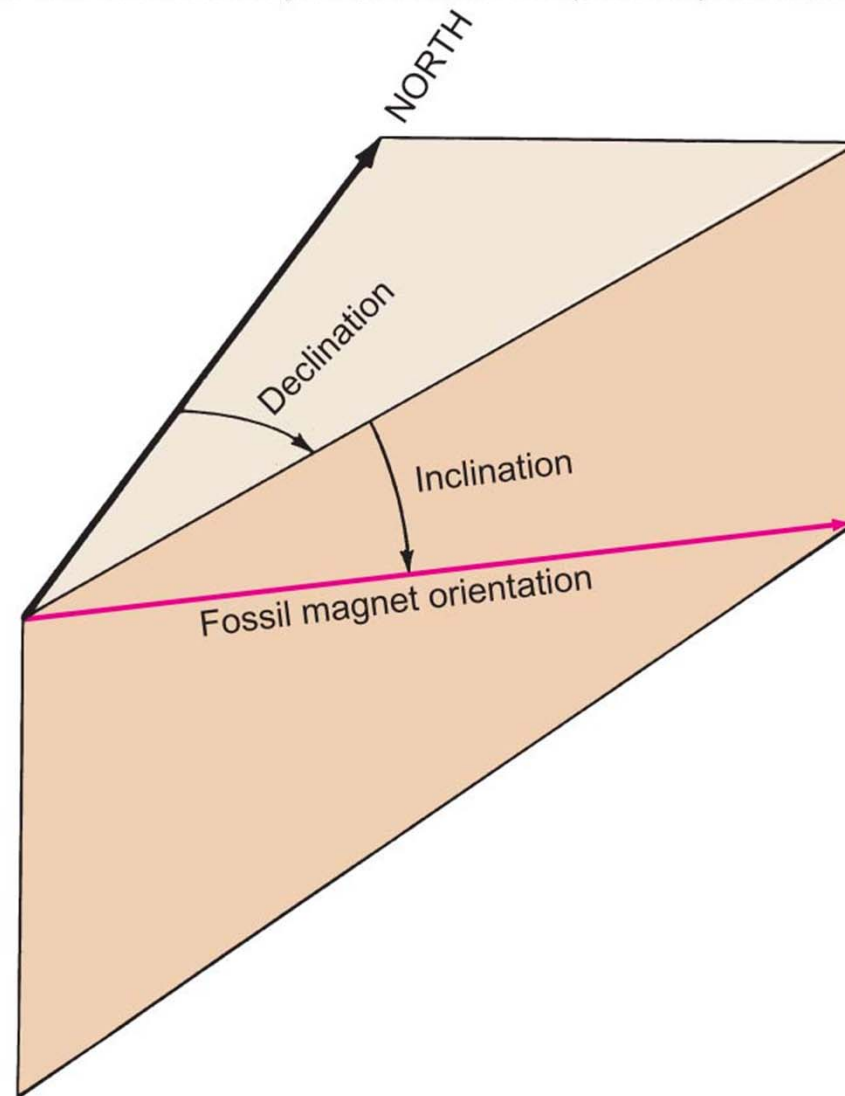




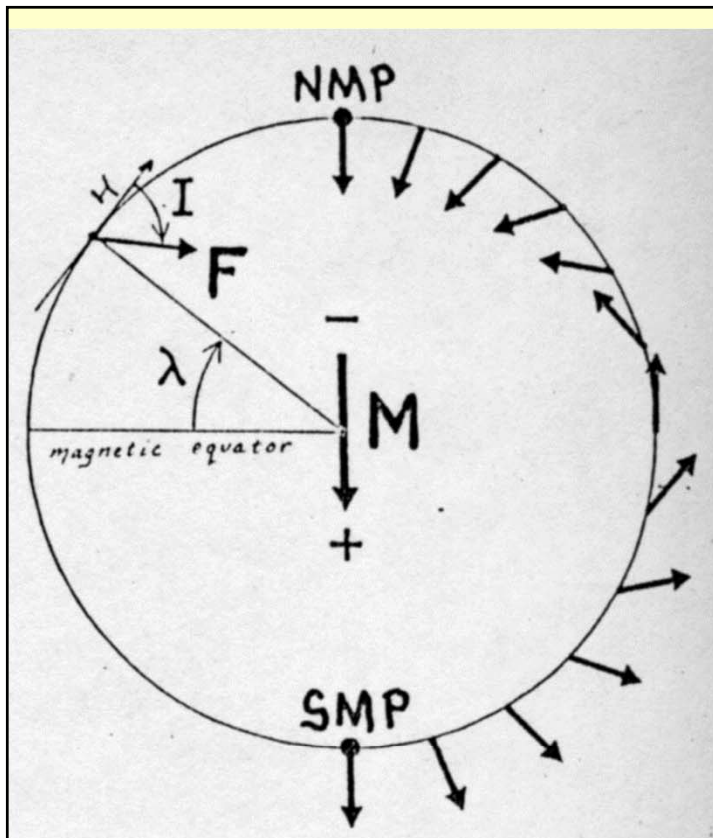


El ángulo de declinación da información sobre la paleolongitud. El ángulo de inclinación da información sobre la paleolatitud. Conociendo las coordenadas de paleolatitud y longitud y la edad de la roca, se puede conocer la posición en la Tierra.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



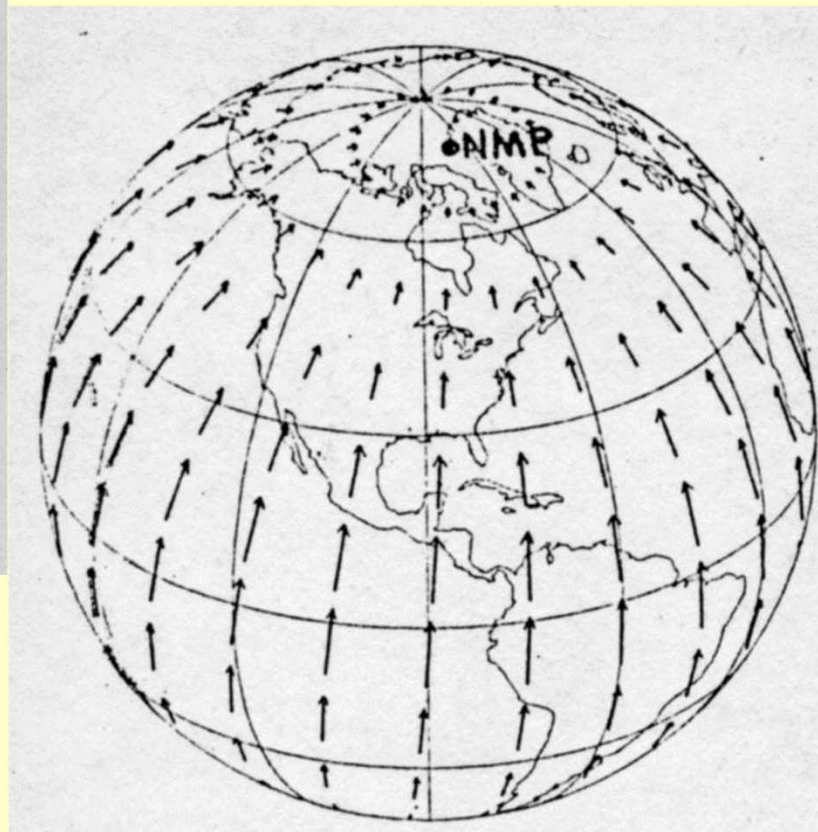




Ángulo de inclinación y su relación con la latitud

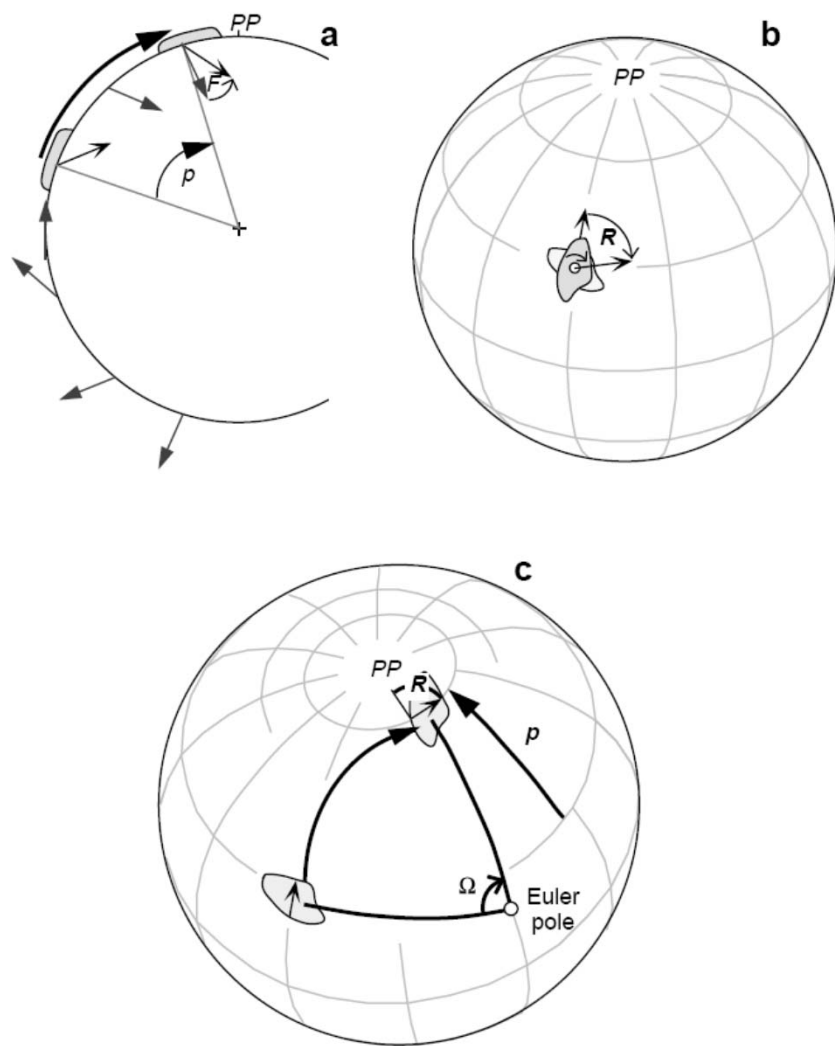
Cox y Hart, 1986

Componente horizontal del CMT y su convergencia hacia el polo magnético



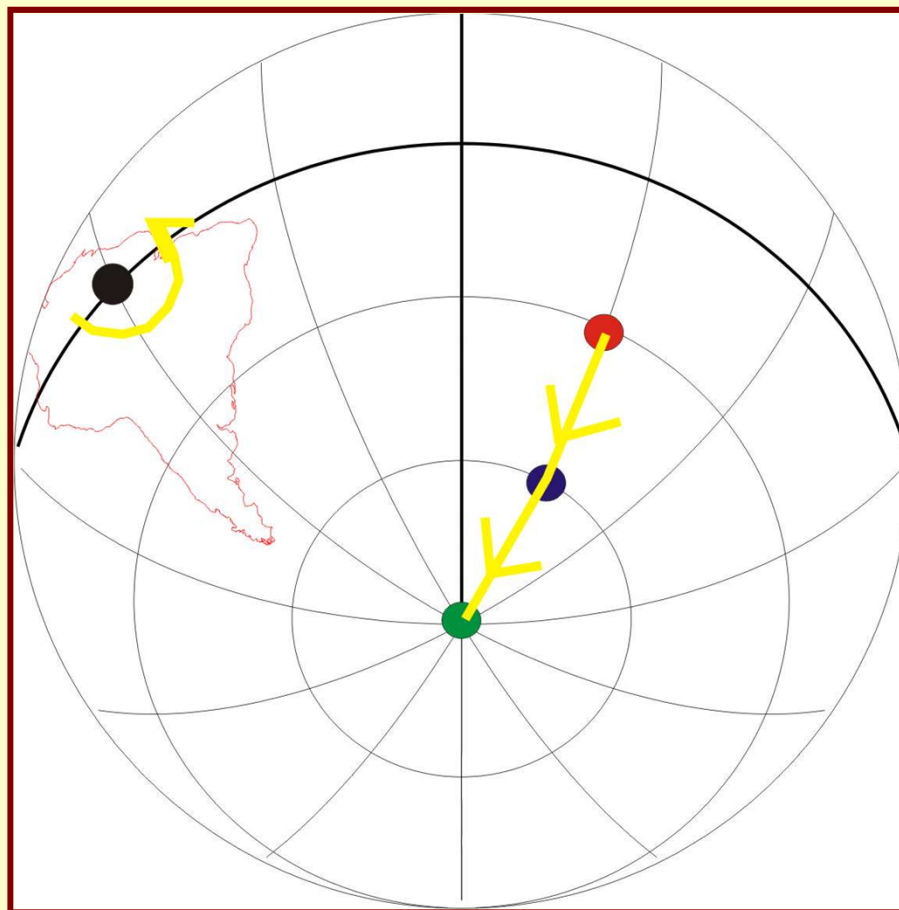
## Las rocas como brújulas con capacidad de memorizar el sistema de referencia



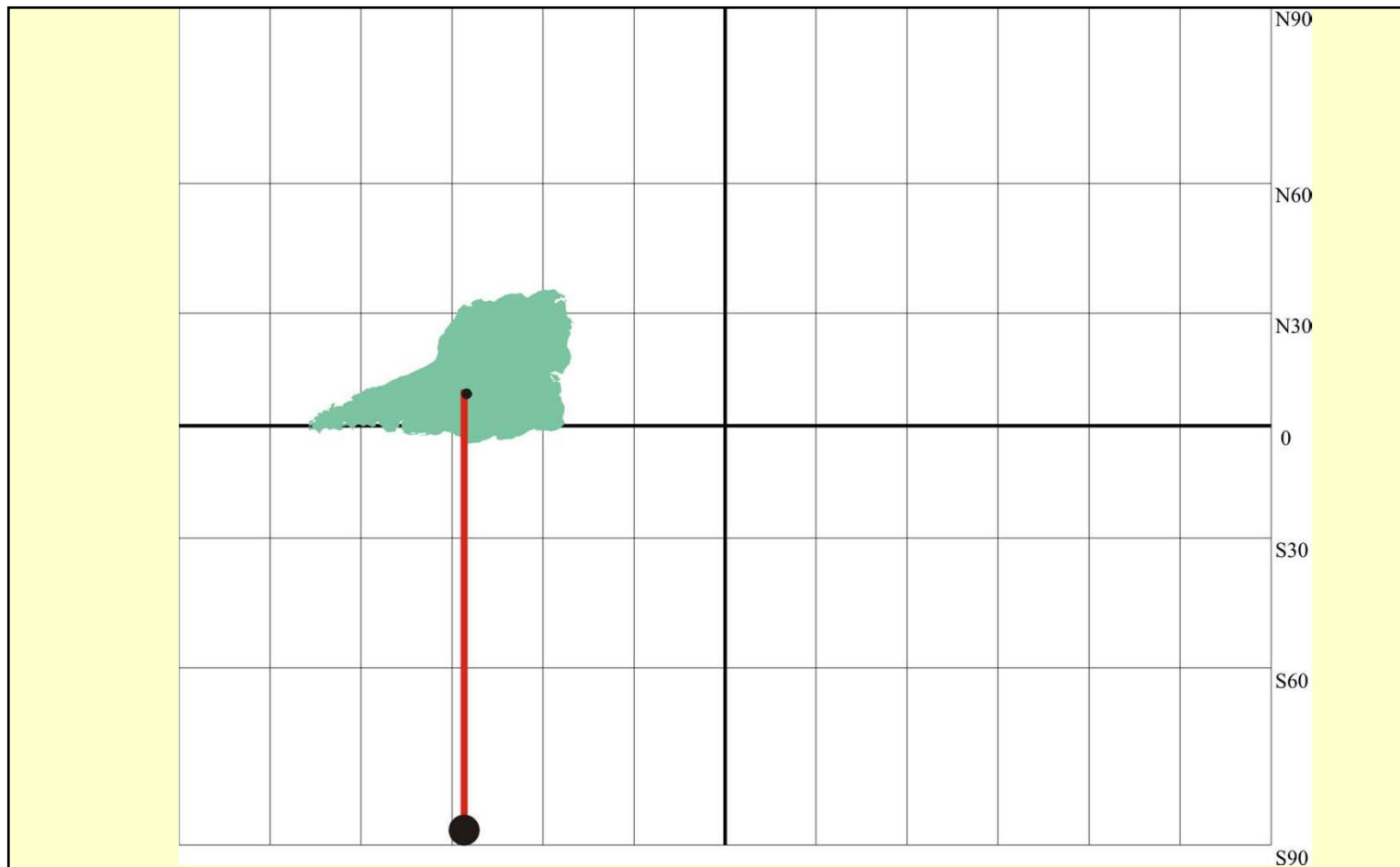


- El campo magnético terrestre como sistema de referencia fijo
- Las rocas como brújulas con capacidad de memorizar el sistema de referencia
- Reconstruyendo las posiciones de los continentes en el pasado con paleomagnetismo

## Curvas de desplazamiento polar aparente



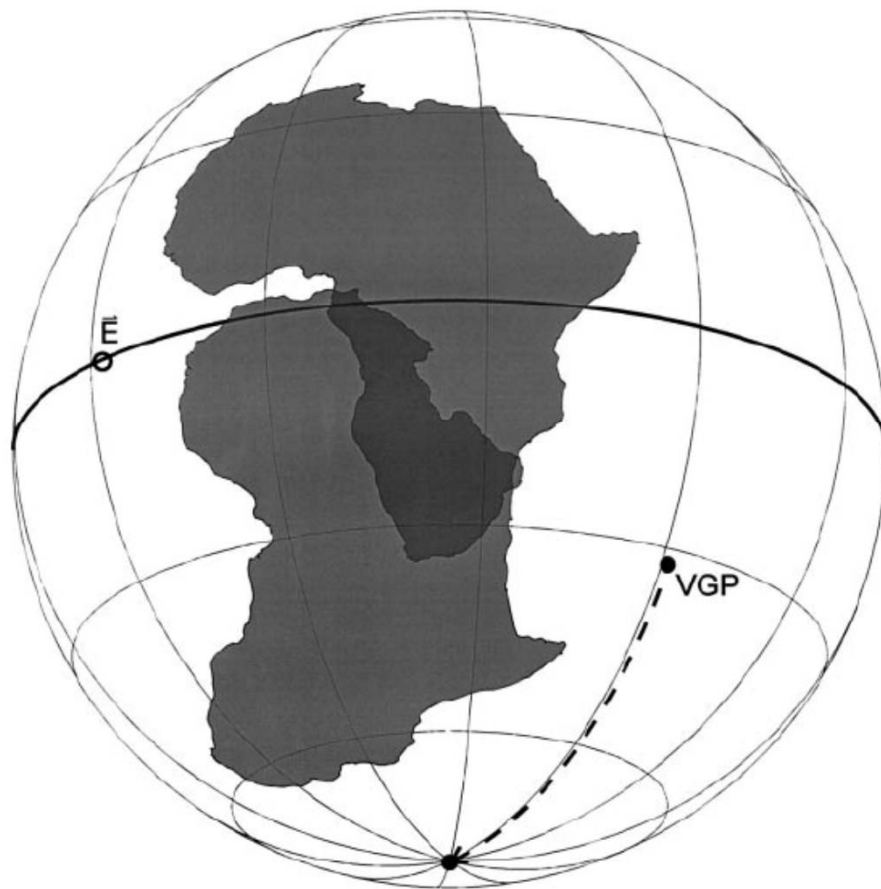




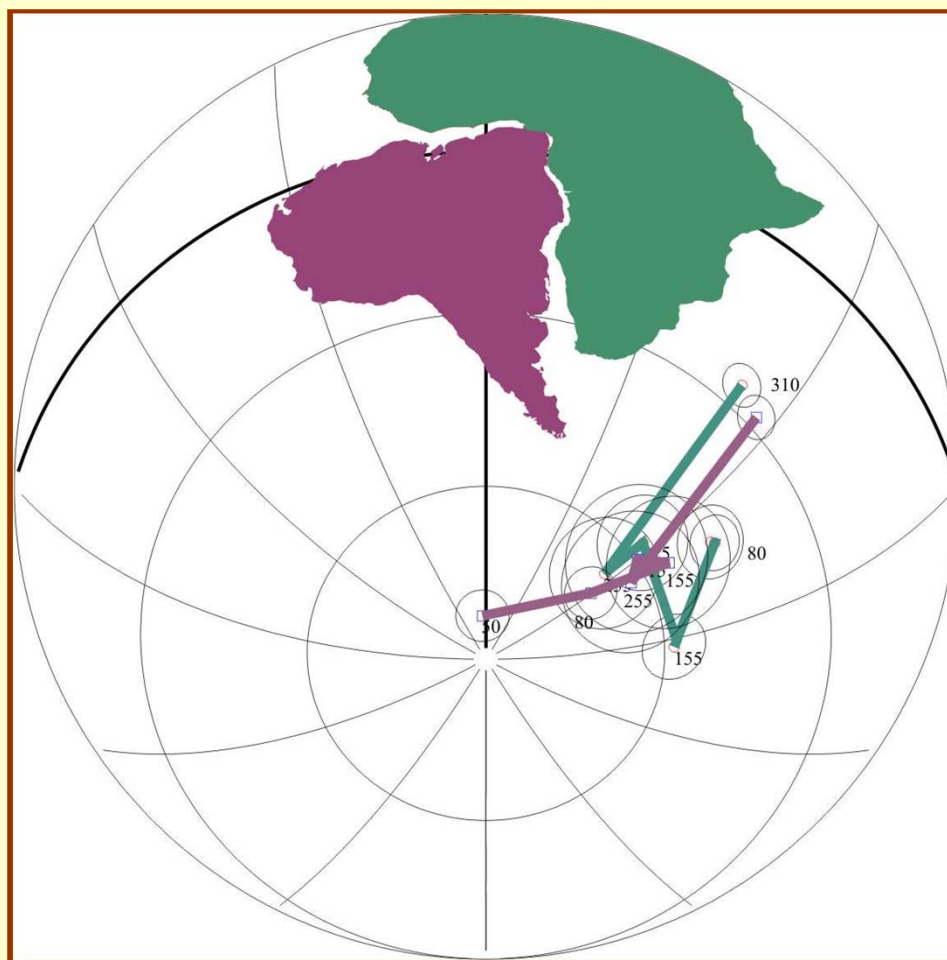
Muy importante:  
NO SE DETERMINA POSICIÓN LONGITUDINAL

## Reconstrucción a posición absoluta

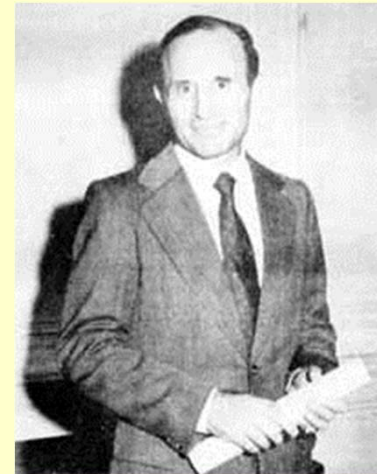
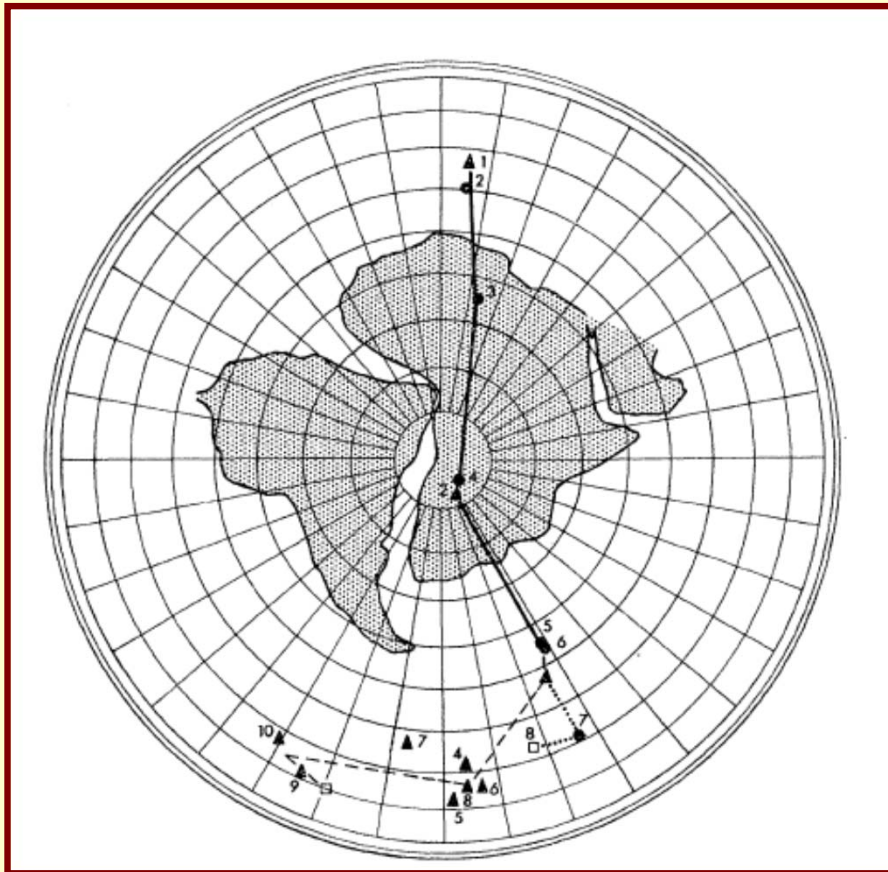
Absolute Position



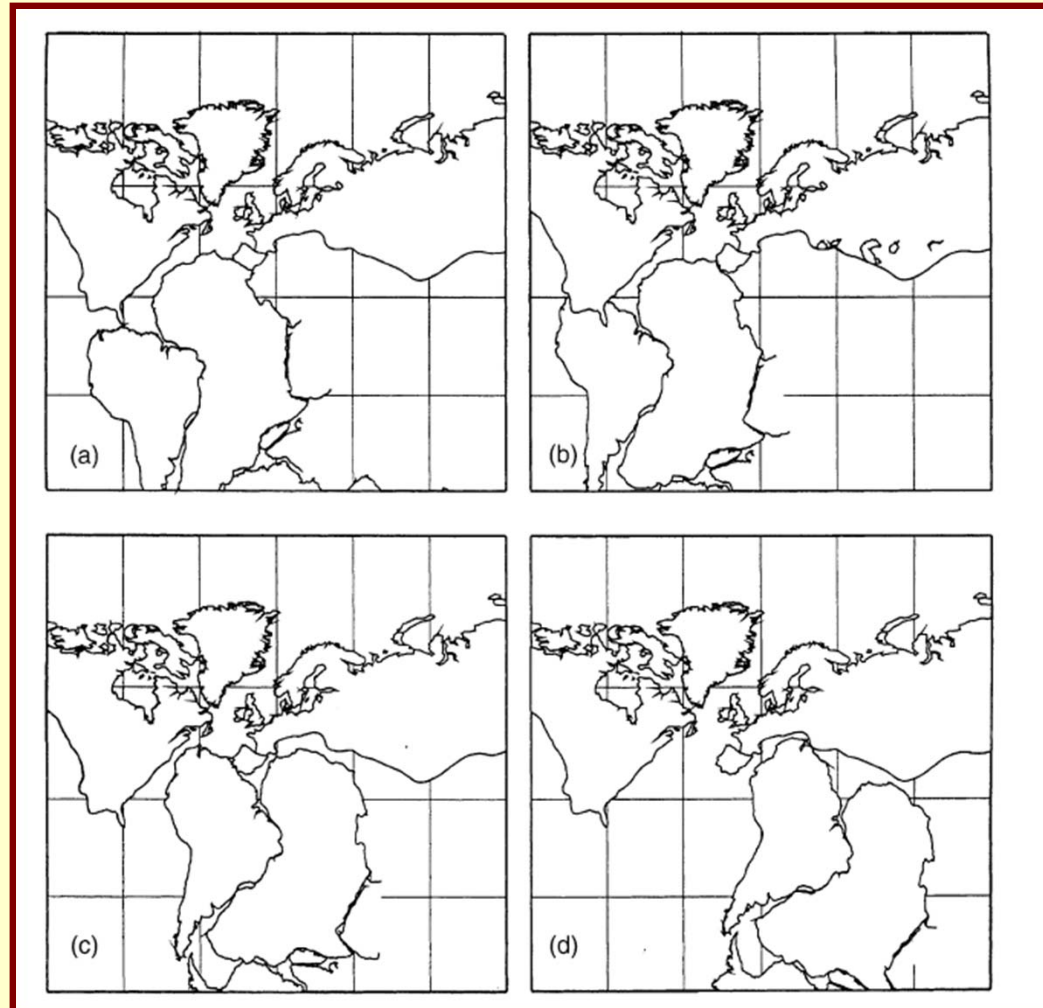
## Reconstrucción a posición relativa







Daniel Valencio

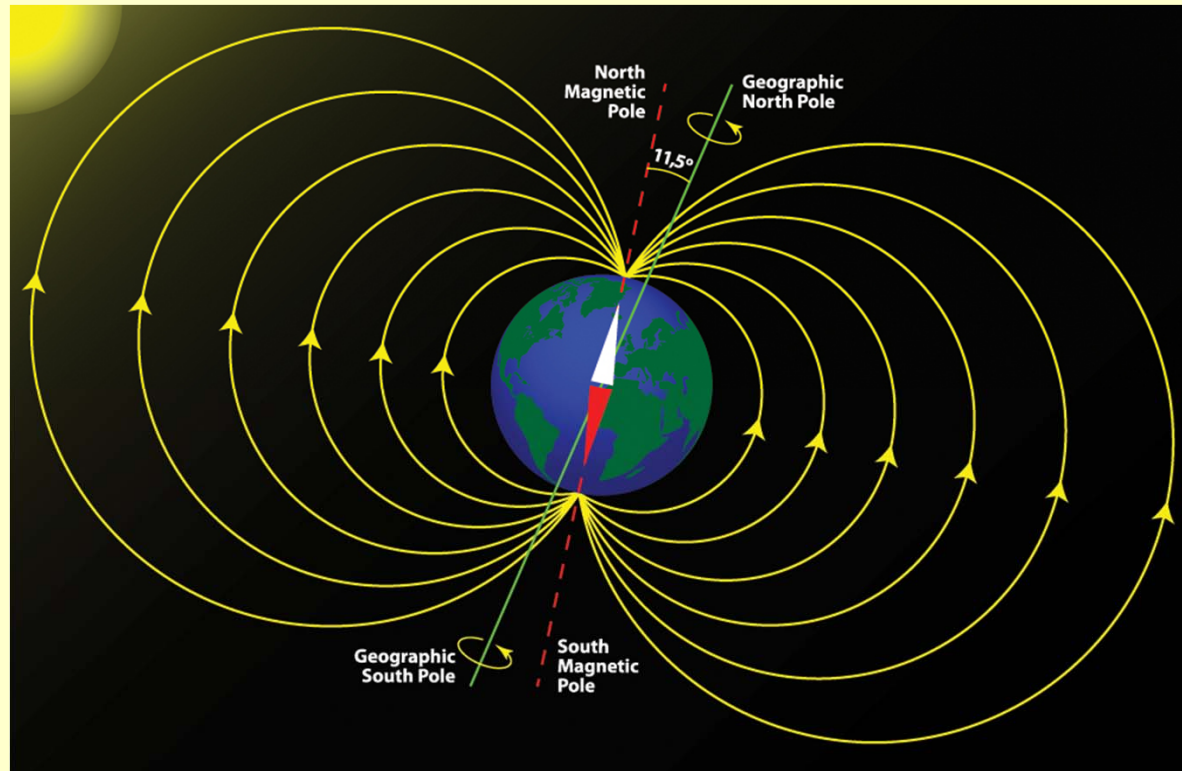


## Bibliografía recomendada

- Cox, A. y Hart, R.B., 1986. Plate tectonics, how it works. Blackwell Scientific Publications, 393 pp.
- Butler, R.F., 1998. Paleomagnetism: From magnetic domains to geologic terranes. Disponible en versión electrónica en:  
<http://www.geo.arizona.edu/Paleomag/book/>

- El campo magnético terrestre como sistema de referencia fijo
- Las rocas como brújulas con capacidad de memorizar el sistema de referencia
- Reconstruyendo las posiciones de los continentes en el pasado con paleomagnetismo

GEOMAGNETISMO, PALEOMAGNETISMO,  
MAGNETISMO DE LAS ROCAS



La Tierra análoga a un imán, con su campo magnético asociado

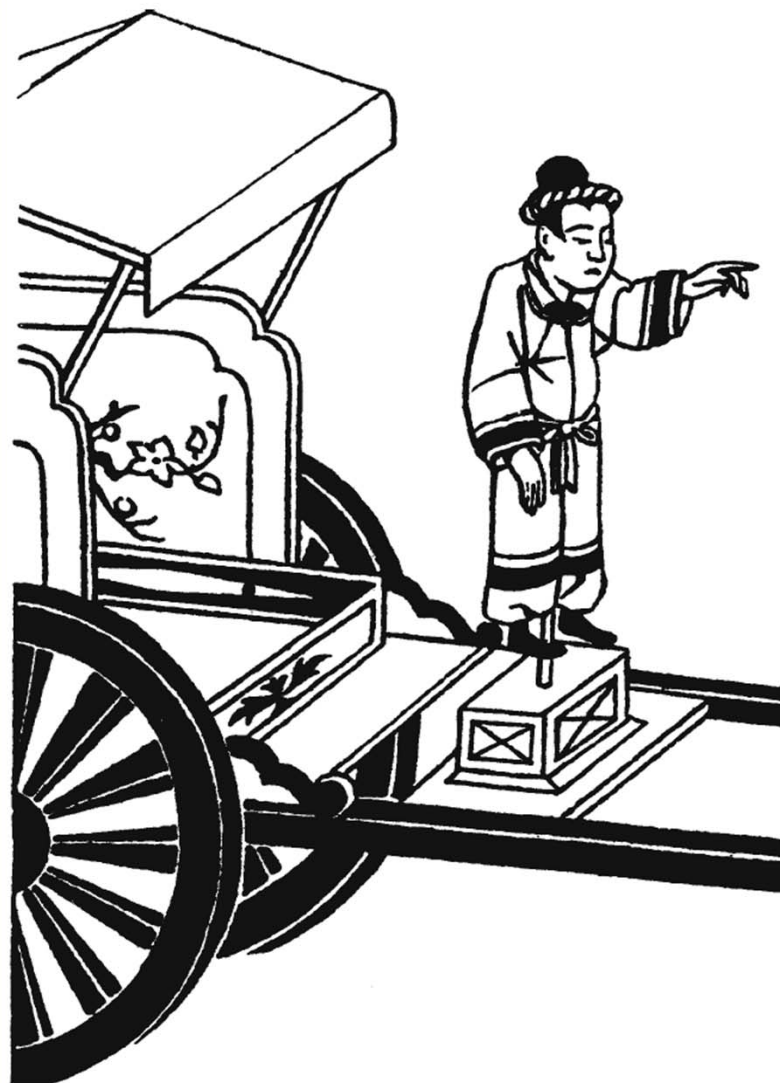
El magnetismo es la propiedad de ciertos materiales de atraer al hierro, acero y otras sustancias. Se observa en los imanes, algunos metales y minerales, y corrientes eléctricas

«Filosofía magnética natural» con máximo desarrollo en el siglo 17 (Gilbert, Copérnico, Kircher, Cabeo), se le atribuía a las fuerzas magnéticas naturales propiedades que, ahora sabemos, las exceden.

La carroza mágica «See nan», que según la leyenda, usó Huang Ti en 2634 AC, dotada de un mecanismo que podía apuntar al sur geográfico.

No está claro si puede considerarse un antecesor de la brújula

En Lanza y Meloni (2006)



- La primera descripción de una brújula en China aparece en el libro «Mungkhi Py Than», por Shon Kua, en 1088 DC.
- La primera mención a la declinación magnética, en «Pen-Thsao-yan» por Khou Tsung Shih, entre 1111 y 1117 DC. Esto se atribuye a la imperfección del soporte de suspensión de la aguja

En Lanza y Meloni, 2006



- La palabra «magnetismo» viene de Magnesia, región de Anatolia en la que aparece el mineral que hoy conocemos como magnetita.
- Las propiedades magnéticas eran conocidas en occidente, y **Thales de Mileto (Siglo 6 A.C.)** da la primera descripción de atracción y repulsión magnéticas.
- Pero se desconocía la capacidad de orientación

- **Neckham (1187).** Primer registro europeo de la brújula
- Dante Alighieri, Divina Comedia (1321), para describir la atención que le despierta San Bonaventura:

*«del cor de l'una de le luci nove  
si mosse voce, che l'ago a la stella  
parer mi fece in volgermi al suo dove»*

- Petrus Peregrinus (1269). *Epistola de Magnete*

La primera  
investigación  
científica en  
magnetismo

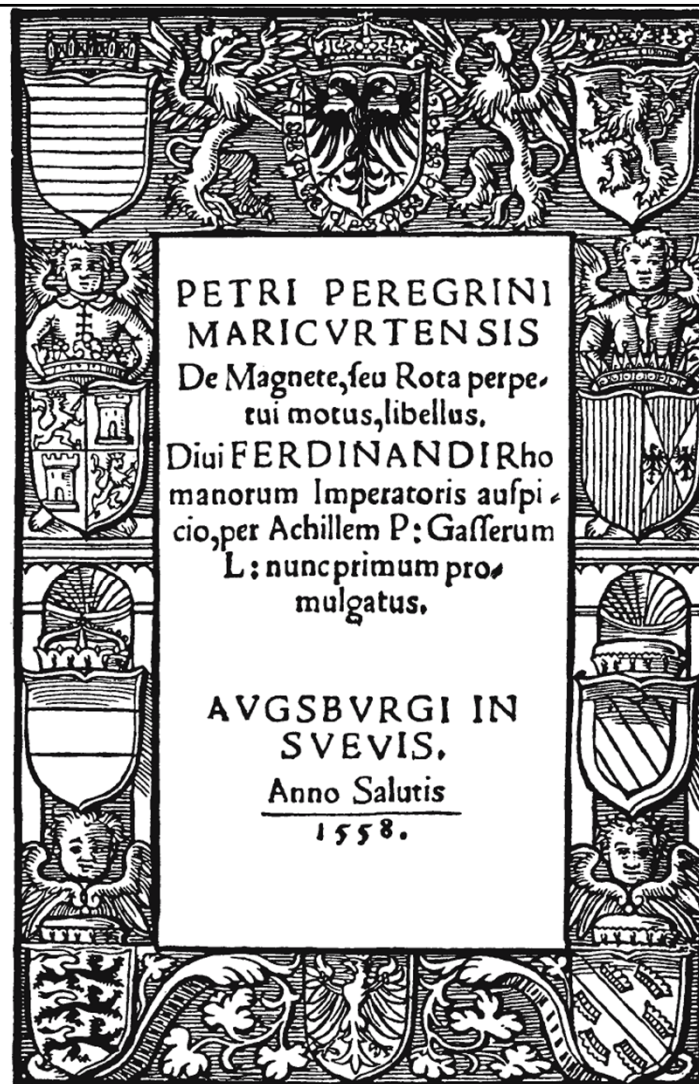
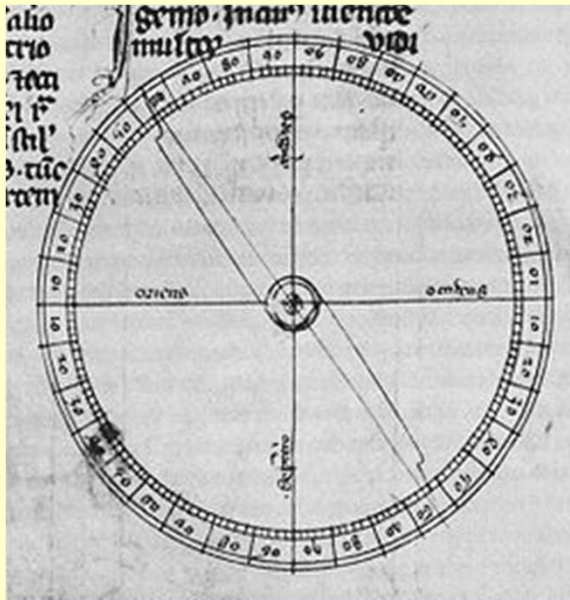


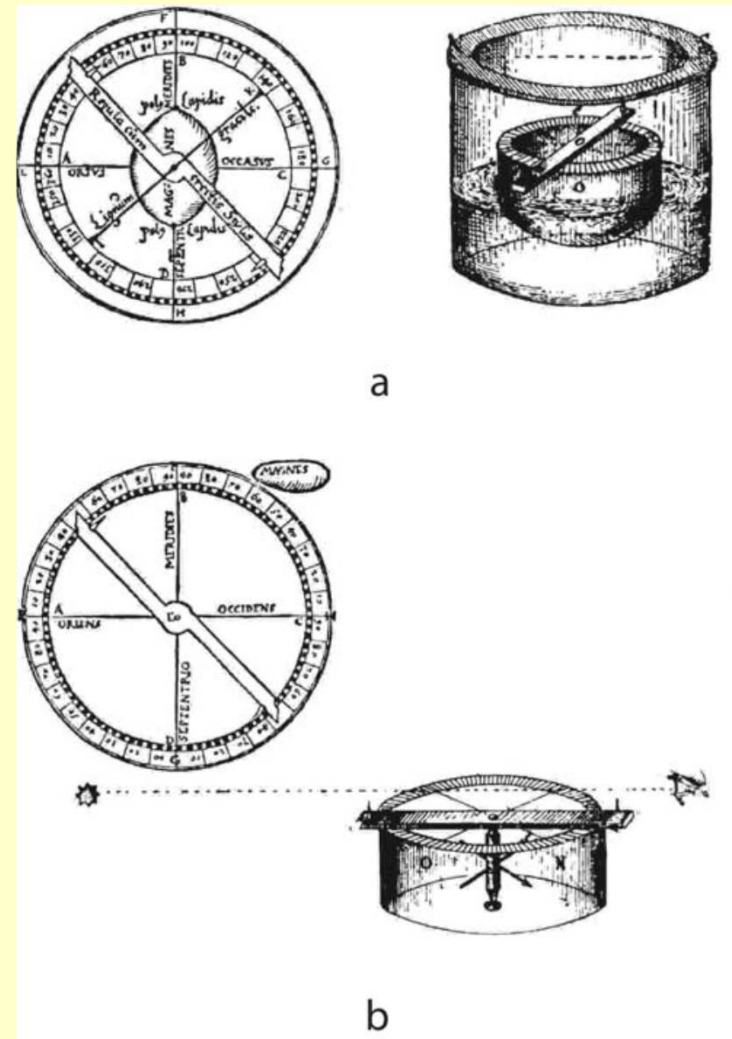
Fig. 9.2. Reproduction of front cover of the 1558 printed version of Petrus Peregrinus' *Epistola* written in August 1269 in which Peregrinus' findings on magnetism are collected



***“Epistola de Magnete”. Petrus Peregrinus.***

De los primeros científicos experimentales de la Edad Media.

Define los polos magnéticos del imán y construye una brújula con pivote fijo



Dos tipos de brújulas descritas por Peregrinus

- Peregrinus interpretó que el imán debía sus propiedades magnéticas a los polos celestiales
- Francis Bacon (Opus Minus, 1266) ya había inferido que el imán recibía el magnetismo directamente de la Tierra
- Faltaba la idea que la Tierra misma era un imán

## La declinación

- Colón habría observado la existencia de la declinación y su variación en el espacio. En su viaje se cruzó la línea de declinación cero (línea agónica).
- En la primera mitad del siglo XVI era un fenómeno conocido y cuantificado, especialmente en mares y bahías.

## La inclinación

- **Hartmann (1544).** Jesuita, notó la inclinación magnética; había medido la declinación en Roma en 1510.
- La primera medición explícita fue hecha en 1576 por Robert Norman, un fabricante de brújulas.
- Gerhard Kremer (Geraldus Mercator), geógrafo flamenco que interpretó que las líneas magnéticas debían converger en un único punto, el «polo magnético».

- En el Renacimiento tardío (1500-1600) el conocimiento del magnetismo terrestre se difundió en el mundo occidental. Filósofos naturales y ocultistas consideraban al magnetismo como una evidencia de poderes misteriosos y espirituales.
- La palabra francesa «*aimant*» nos recuerda el origen misterioso atribuido al fenómeno de atracción entre polos de signos opuestos

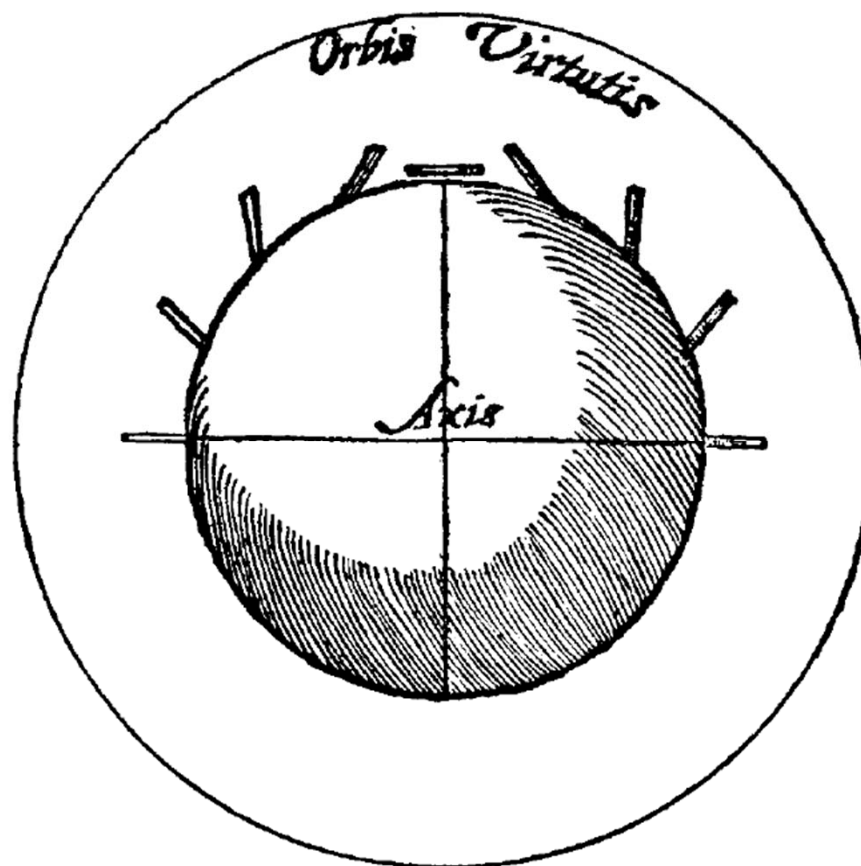


## **Evolución del geomagnetismo**

- 1) 1600 (De Magnete, de Gilbert) a 1777 (disertación de Coulomb)
- 2) 1777 a 1833 (Intensitas, de Gauss; primer magnetómetro, modelado del CMT)
- 3) 1833 a 1873 (tratado de Maxwell, la fuerza magnética como campo)
- 4) 1873 a 1919 (Larmor y el magnetismo de los cuerpos en rotación, dinamo)
- 5) Geomagnetismo moderno



William Gilbert, 1544-1603  
De Magnete (1600)

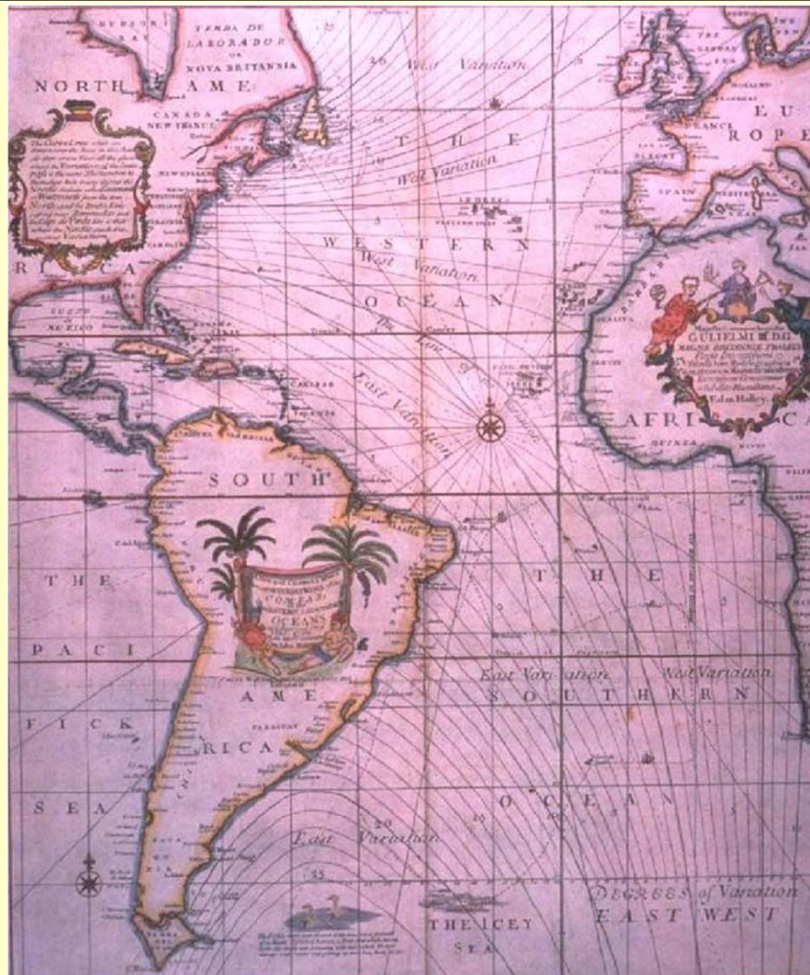


- Gilbert (1600) *relaciona inclinación magnética con latitud geográfica*
- *Origen celestial de la rotación, responsable del magnetismo*
- *Aún no se menciona la variación secular*

## Variación secular

- Henry Gellibrand (1634) propuso que las diferencias en las mediciones de declinación hechas en distintas épocas en Londres, no eran errores de medición.
- En 1722 George Graham (relojero) estudió las características de la variación secular.
- Para poder utilizar las brújulas en la navegación, se realizaron mediciones y mapas: Kircher (1641), *Magnes sive de arte Magnetica*.





**Edmond Halley,  
1701.**

Mapa isogónico del  
Atlántico

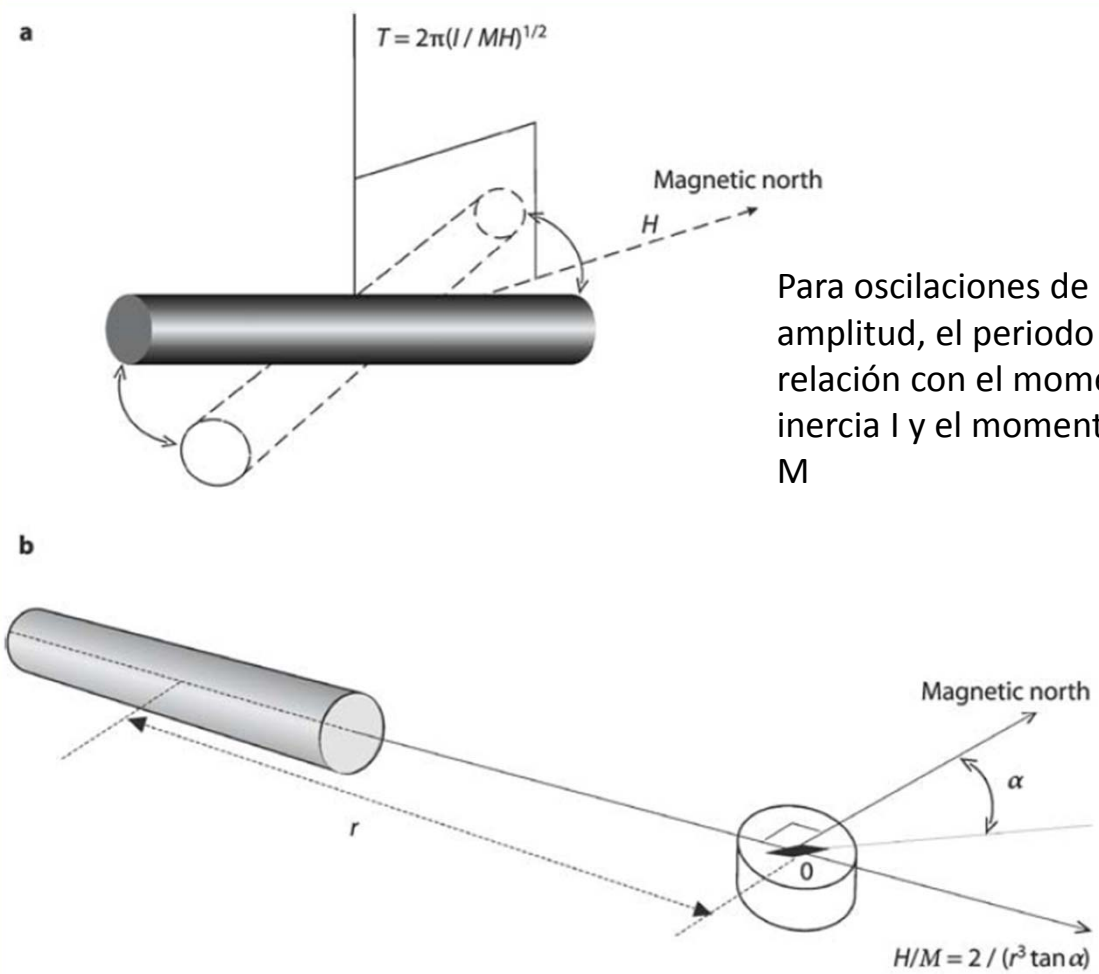


Reconoció la variación secular y la necesidad de una nueva interpretación para el origen de la fuerza magnética. Propuso la existencia de dos núcleos concéntricos separados por una capa líquida, que rotaban a velocidad distinta

## Johann Carl Friedrich Gauss (1777-1855)



Desarrolló una teoría del geomagnetismo y un procedimiento para medir la intensidad de la fuerza magnética, usando unidades mecánicas. Reconoció que las fuerzas del dipolo magnético varían según la inversa de la distancia al cubo. Llevó adelante un proyecto de cooperación internacional para medir el CMT. Expresó el CMT como una suma de armónicos esféricos.



Para oscilaciones de pequeña amplitud, el periodo tiene relación con el momento de inercia  $I$  y el momento magnético  $M$

Fig. 1.8. Gauss Lamont magnetometer; a a magnetic bar oscillates with period  $T$  in the Earth's magnetic field; b the magnetic bar is now used to deflect a magnetic needle that rotates freely to an equilibrium position in the magnetic bar and the Earth's magnetic fields

## James Maxwell (1831-1879)



Teoría  
electromagnética, la  
fuerza magnética se  
transformó en campo  
magnético



- En 1896 se funda la revista «Terrestrial Magnetism», hoy «Journal of Geophysical Research».
- En el último siglo, investigaciones sobre el Sol y sobre la sismología terrestre, permitieron definir el modelo vigente de origen del CMT.
- En los últimos años, investigaciones espaciales permitieron caracterizar la magnetosfera y descubrir CMs en otros planetas.

- El campo magnético terrestre como sistema de referencia fijo
- Las rocas como brújulas con capacidad de memorizar el sistema de referencia
- Reconstruyendo las posiciones de los continentes en el pasado con paleomagnetismo

GEOMAGNETISMO, PALEOMAGNETISMO,  
MAGNETISMO DE LAS ROCAS

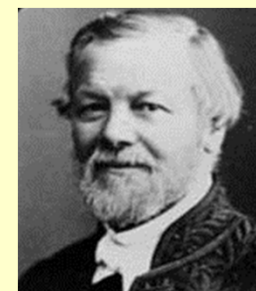
## La remanencia de las rocas

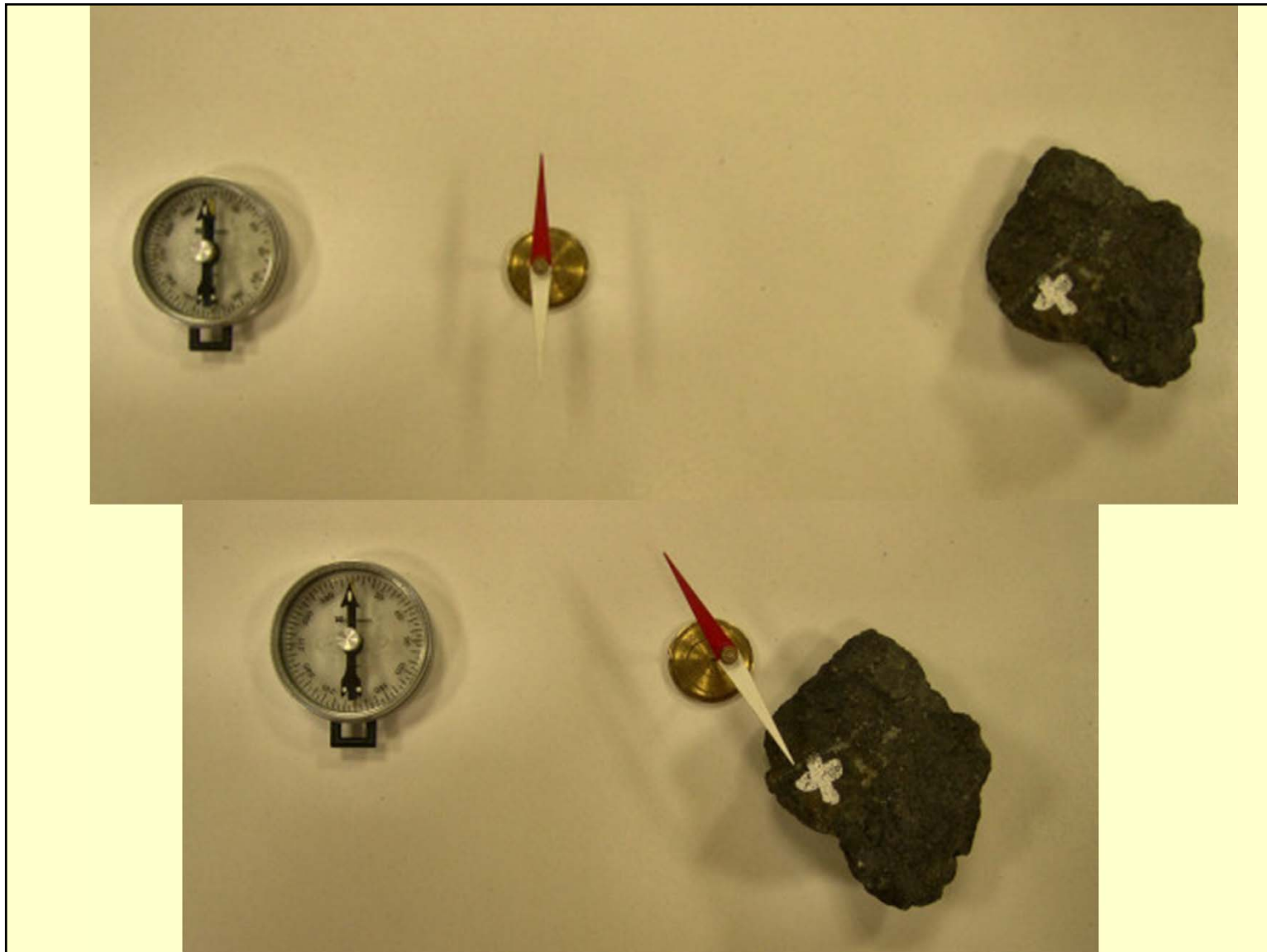
### Joseph Fournet (1801-1869), geólogo



- « *Aperçus sur le magnétisme des minerais et des roches, et sur les causes de quelques anomalies du magnétisme terrestre* », 1848
- Nota que ciertas rocas muy magnéticas tienen polaridad inversa, y las distingue de las « simplemente atraíbles »
- Analiza las propiedades magnéticas de distintos minerales con Fe y grupos litológicos
- Advierte la importancia de las anomalías locales
- Sugiere que el magnetismo de las rocas es un dominio que « *la géologie n'en aura pas moins á revendiquer un jour comme l'un des plus beaux fleurons de sa noble couronne* »
- Reconoció la fuerza coercitiva. Reconoció que las lavas recientes estaban siempre magnetizadas en la dirección del campo actual

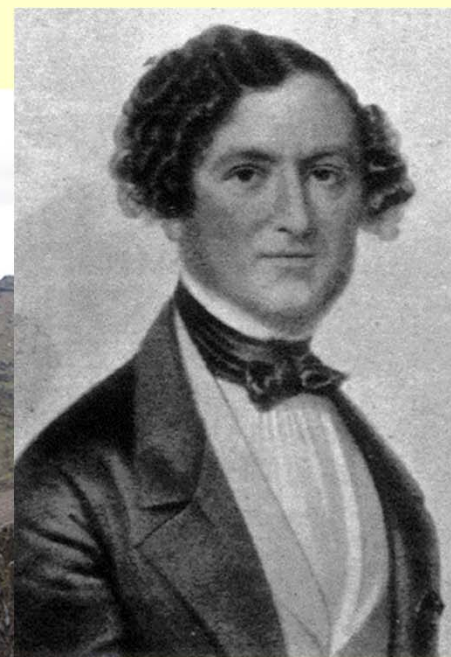
### Achille Delesse (1817-1881), geólogo





### **Macedonio Melloni (1798-1854)**

- Construyó un magnetómetro astático muy sensible y midió la magnetización remanente de 108 tipos de rocas volcánicas
- Observó que las lavas del Vesubio tenían una dirección de remanencia paralela a la del CMT
- Comprobó que las rocas podían adquirir una nueva dirección de remanencia si se las calentaba
- Giuseppe Folgerhaiter (1856-1913) confirmó estas conclusiones en otras lavas, y en materiales arqueológicos



## Bernard Brunhes (1867-1910)

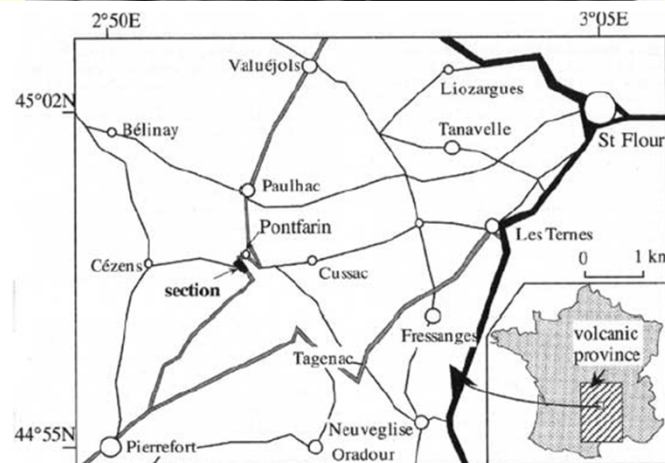


**1905:** Observó que lavas miocenas y los sedimentos calentados por éstas, tenían dirección de remanencia opuesta a la esperada (Pontfarein, cerca de Saint Flour, Macizo Central). Lo atribuyó a que los polos estaban invertidos en el Mioceno

Reconoció variaciones en la estabilidad y origen de la magnetización remanente (TRM, IRM, VRM)

Anticipó la aplicación del paleomagnetismo en la correlación geológica

Trabajó en colaboración con su asistente  
**Pierre David**



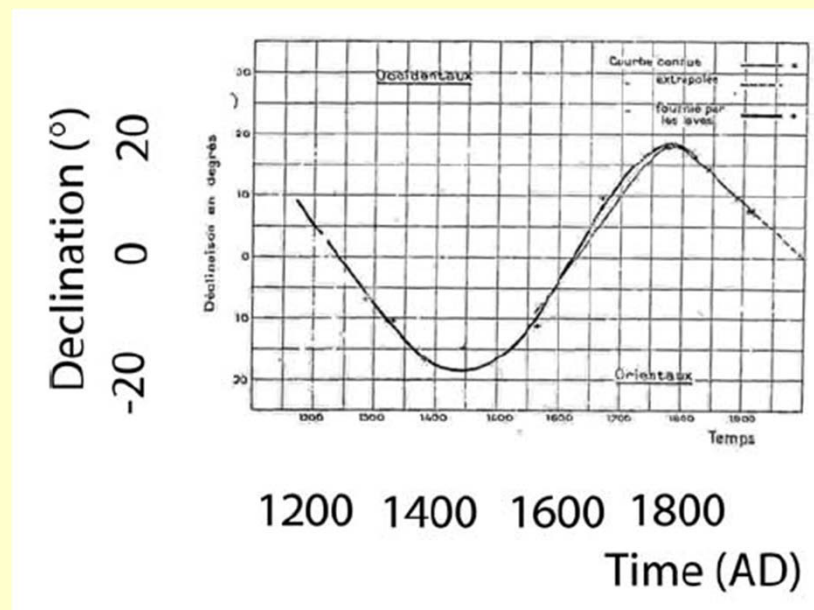
En Courtillot y Le-Mouél 2007.





Calculó la remanencia del volcán Puy-de-Dôme a partir de la anomalía magnética, en 0,0024 unidades cgs (remanencia medida 0,0027 unidades cgs)

- **Raymond Chevallier (1925)**, Estudió lavas modernas del Etna. Cuidadosos procedimientos de muestreo. Primer registro de variaciones seculares



Chevallier, 1925. Variación secular en el Etna. En Courtillot y Le-Mouél 2007.



## Reversiones de polaridad

- **Paul-Louis Mercanton (1876-1963).** Estudió basaltos de Groenlandia, Islandia, Faroes. Estableció secuencias de reversiones de polaridad.

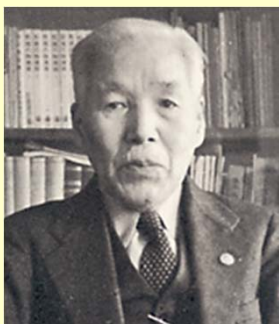
En 1926 realiza la primera propuesta del método polar y paleoreconstrucciones (el magnetismo de las rocas que se van formando en los continentes tendría que ir registrando su movimiento)



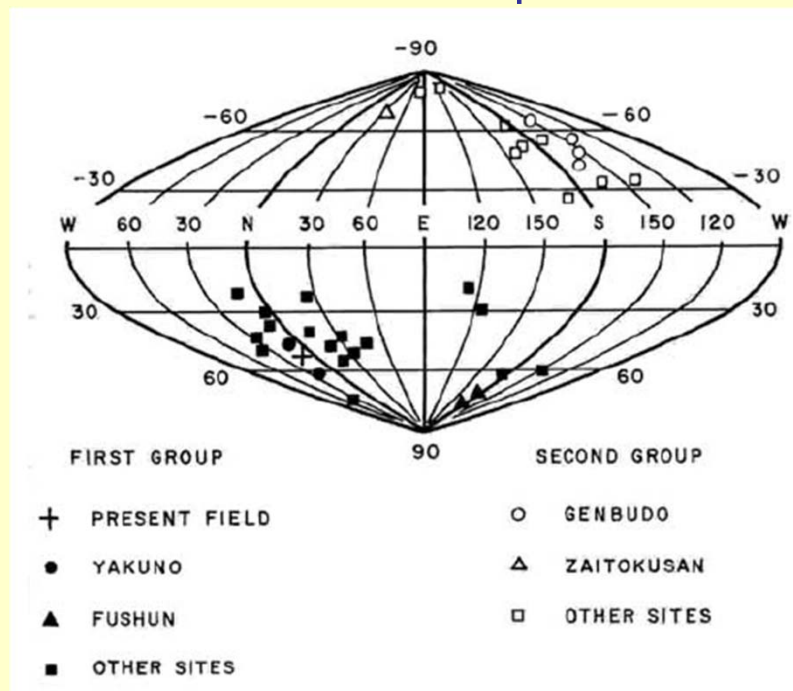
*Louis Mercanton (1876-1963) was best known as a glaciologist, but his work demonstrating that rocks in both hemispheres can hold a reversed magnetization proved that field reversals are a global phenomenon.*

## Reversiones de polaridad

**Monotori Matuyama (1884-1956).** Estudió 100 basaltos terciarios de Japón y Manchuria, 1929. Primera propuesta de edad de las reversiones del campo.



Basaltos cuaternarios estudiados por Matuyama (1929). Figura reproducida por Cox (1973). En Courtillot y Le-Mouél 2007.



- **Johann Königsberger** demostró en 1933 la importancia de la magnetita como mineral portador de remanencia y propuso la primer teoría de remanencia térmica.
- **Emile Thellier (1904-1987) y su esposa Odette (1907-1997).** En 1936-1937, bases de estudios de paleointensidades, arqueomagnetismo y remanencia térmica.
- **Neel (1948, 1952), Nagata (1953, 1961).** Fundamentos teóricos del magnetismo de las rocas.

**Louis Neel (1904-2000)**  
**Premio Nobel de Física 1970**



Teoría del ferromagnetismo (con ferrimagnetismo y antiferromagnetismo)

## Takeshi Nagata (1913-1991)



- Con la medalla dorada de la Royal Astronomical Society en 1987
- Estudió los mecanismos de adquisición de la magnetización remanente térmica
- «*Rock magnetism*» se publicó en 1953

## **La confirmación paleomagnética de la deriva continental**

Esto ya había sido propuesto por Mercanton, pero requería

- 1) construcción de instrumentos adecuados
- 2) encontrar rocas que registraran fielmente el CMT (sin contaminación posterior)
- 3) procedimientos estadísticos
- 4) establecimiento de la forma promediada del paleocampo

## John Hospers (1925-2006)

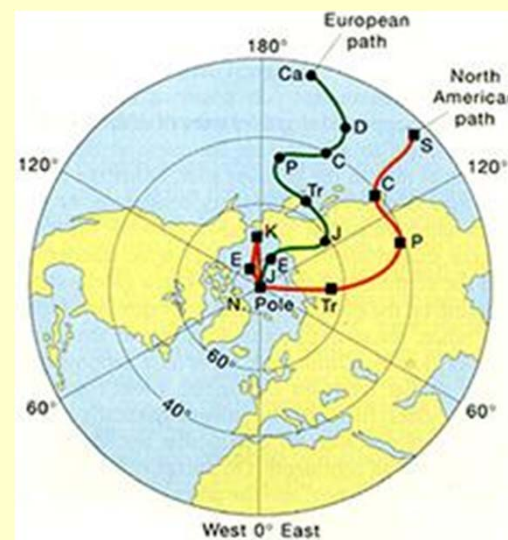
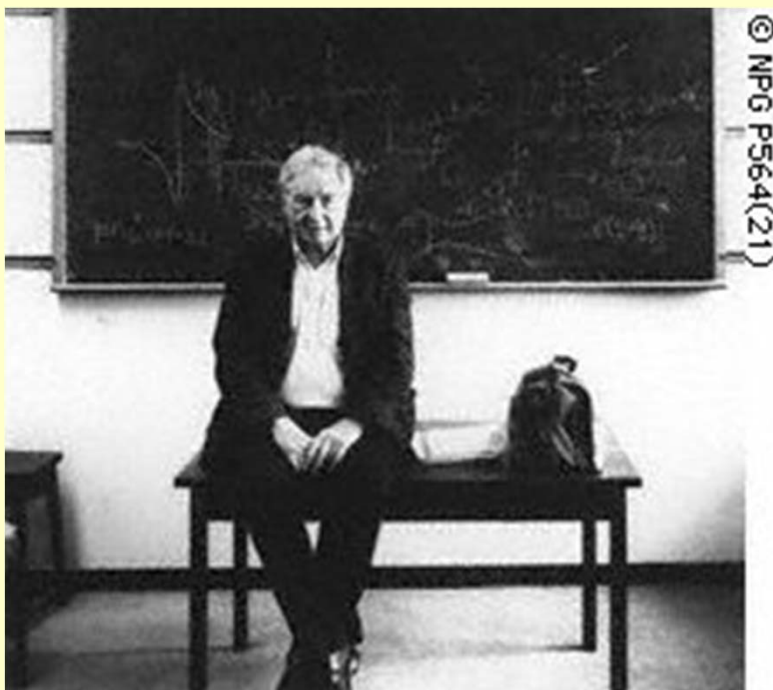


John Hospers en una entrevista en los ochenta

Graduado en Groningen, ingresó en 1949 a Cambridge para su doctorado. Comenzó intentando usar el magnetismo remanente de los basaltos de Islandia para su correlación geológica, pero pronto descubrió la relevancia de las reversiones.

Ante la necesidad de instrumental y métodos estadísticos, recurrió a Keith Runcorn, que se convirtió en su mentor.

## Keith Runcorn (1922-1995)



Runcorn le encargó el desarrollo de una estadística apropiada a Sir Ronald Fisher, profesor de genética en Cambridge



- Hospers comenzó a utilizar la estadística de Fisher en 1951, dos años antes de su publicación.
- También construyó un magnetómetro astático.
- Demostró que, más allá de su signo, el campo magnético cuando se promediaba por decenas de miles de años era aproximadamente el campo de un dipolo axial y geocéntrico.
- Mientras tanto, en Carnegie obtenían resultados distintos debido a que trabajaban con rocas sedimentarias.

- **Fisher (1953).** Desarrollo de la estadística en paleomagnetismo
- **Hospers (1951-1952).** Estudios de polaridad y primer promedio fisheriano. Hipótesis de campo dipolar. Polo Paleomagnético
- **Graham (1949).** Primeros estudios con aplicación geológica. Fold-test



## Instrumental

Patrick M.S. Blackett trabajaba en la hipótesis de que el magnetismo fuera una propiedad fundamental de todos los cuerpos que rotan («teoría distribuida del magnetismo»).

Para probarla construyó un magnetómetro capaz de medir campos de  $10^{-8}$  oersted.

**Ese magnetómetro fue cedido a Runcorn y su grupo de geomagnetismo en formación.**

## Edward (Ted) Irving (1927-2014)



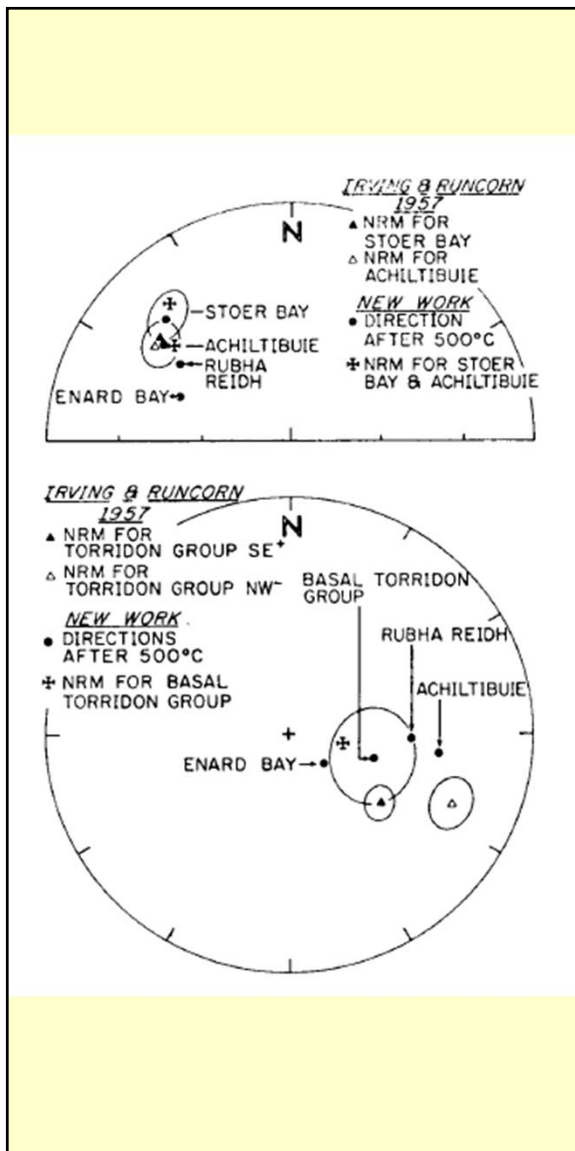
- Runcorn incorporó a Ted Irving como estudiante de doctorado. Se realizó un muestreo de rocas sedimentarias de distintos tipos y edades

- Comenzaron por las rocas sedimentarias, mejor datadas y en las que se podía estudiar, banco a banco, la variación secular







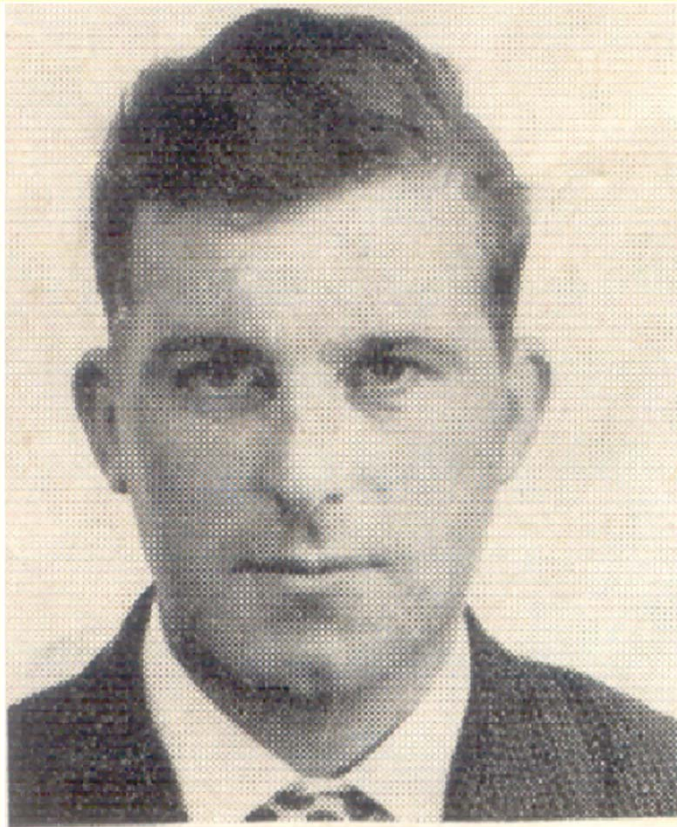


Solo dieron resultados potables las areniscas rojas de grano fino (Torridonian). Estas dieron magnetización hacia el sudeste, oblicua al campo actual. Las areniscas más gruesas, algunas tenían la dirección del campo actual, y otras se disponían en guirnalda hacia la dirección antigua.

Esto era un éxito a medias, porque las areniscas rojas suelen ser las peormente datadas.

Irving amplió el muestreo a los 5000 metros de areniscas, y obtuvo el registro secuencial de varias reversiones de polaridad. Las pruebas de campo (contacto ígneo y fold test) mostraron que la magnetización era cámbrica.

## Kenneth Creer (89, físico)



**Figure 1.** Professor Kenneth Creer in its 30 's.





Dawlish Sandstones well exposed in cliffs alongside the mainline railway and seawall at Dawlish

©DW Allen

Resultados aceptables sólo en las New Red Sandstones (Pérmico) en Dorset. Lo mismo obtuvieron Clegg, Almond y Stubbs en el Imperial College de Londres.

- Creer diseñó un nuevo magnetómetro astático de máxima sensibilidad para medición rápida.
- Cambió la estrategia de muestreo, a menos muestras en intervalos estratigráficos más amplios. Así confirmó que las direcciones oblicuas existían en rocas de todas las edades. En 1954 construyó la primera curva de desplazamiento polar aparente.

## The Direction of the Geomagnetic Field in Remote Epochs in Great Britain

By K.M. CREER, E. IRVING and S.K. RUNCORN

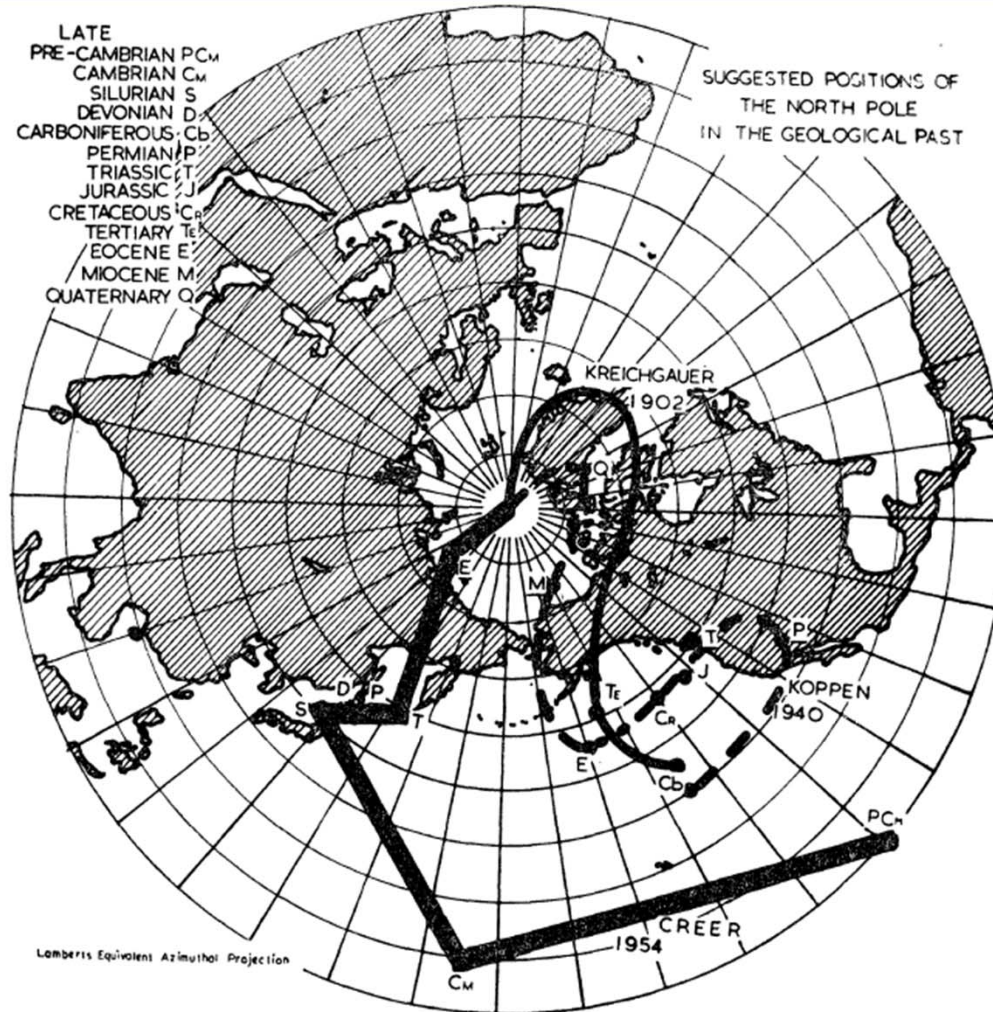
Department of Geodesy and Geophysics, University of Cambridge

### **Abstract**

The remanent magnetizations of samples of sediments and lavas from Great Britain, representative of widely different geological epochs, have been studied. Evidence for the stability of these magnetizations from times soon after the formation of the rocks has been found. These results seem most easily interpreted in terms of a dipole field, the polarity of which frequently reverses. In Pre-Tertiary times the axis of this dipole field diverges considerably from the present geographical axis and this is tentatively interpreted as a slow change in the axis of rotation of the earth with respect to its surface.

1954, Journal of Geomagnetism and Geoelectricity

Fig. 1



El desplazamiento de Gran Bretaña coincide vagamente con el que se infiere de fuentes geológicas. Sugieren obtener polos de otras placas para confirmar si se trata de deriva continental como la propuesta por Wegener



- Irving estudió rocas de la India (con mayores posibilidades de haber experimentado deriva polar). Sólo obtuvo resultados aceptables en los Deccan Traps (Cretácico-Terciario).
- Comprobó que India podría haber estado en el hemisferio sur.



En 1954 Irving se instaló en la Australian National University (Canberra), con J. C. Jaeger



#### HISTORIC PALEOMAGNETIC LABORATORY, 1955-1964

On this site in 1955 a wooden building was built for the Department of Geophysics as a non-magnetic laboratory for the measurement of the weak remanent magnetization of rocks. At that time there were no other buildings nearby, which was important as the instruments housed were sensitive to magnetic and ground disturbances such as those generated by the passage of cars. An east-west wing was added in 1958, and a concrete-block addition in 1963.

It was here that the first polar wander path for Australia was determined. A great difference was found between this path and those for northern hemisphere continents. The significance of this difference was that it provided a most important demonstration that continental drift occurred. With subsequent developments, this demonstration led to the now accepted theory of plate tectonics. It was here also that measurements were made which related to the history of reversals of the geomagnetic field. Establishing this history was a fundamental discovery, which also played a most important part in the development of plate tectonics.

The building was vacated for geophysical purposes in 1964 when a new laboratory was built in an old quarry on the eastern slopes of Black Mountain. The wooden buildings were removed after 1969 and the concrete-block addition became part of the Research School of Biological Sciences.

This plaque was unveiled on 22 October 2008 by Professor Kurt Lambeck FRS, President of the Australian Academy of Science.



## **Polar Movement Relative to Australia**

**E. Irving and R. Green**

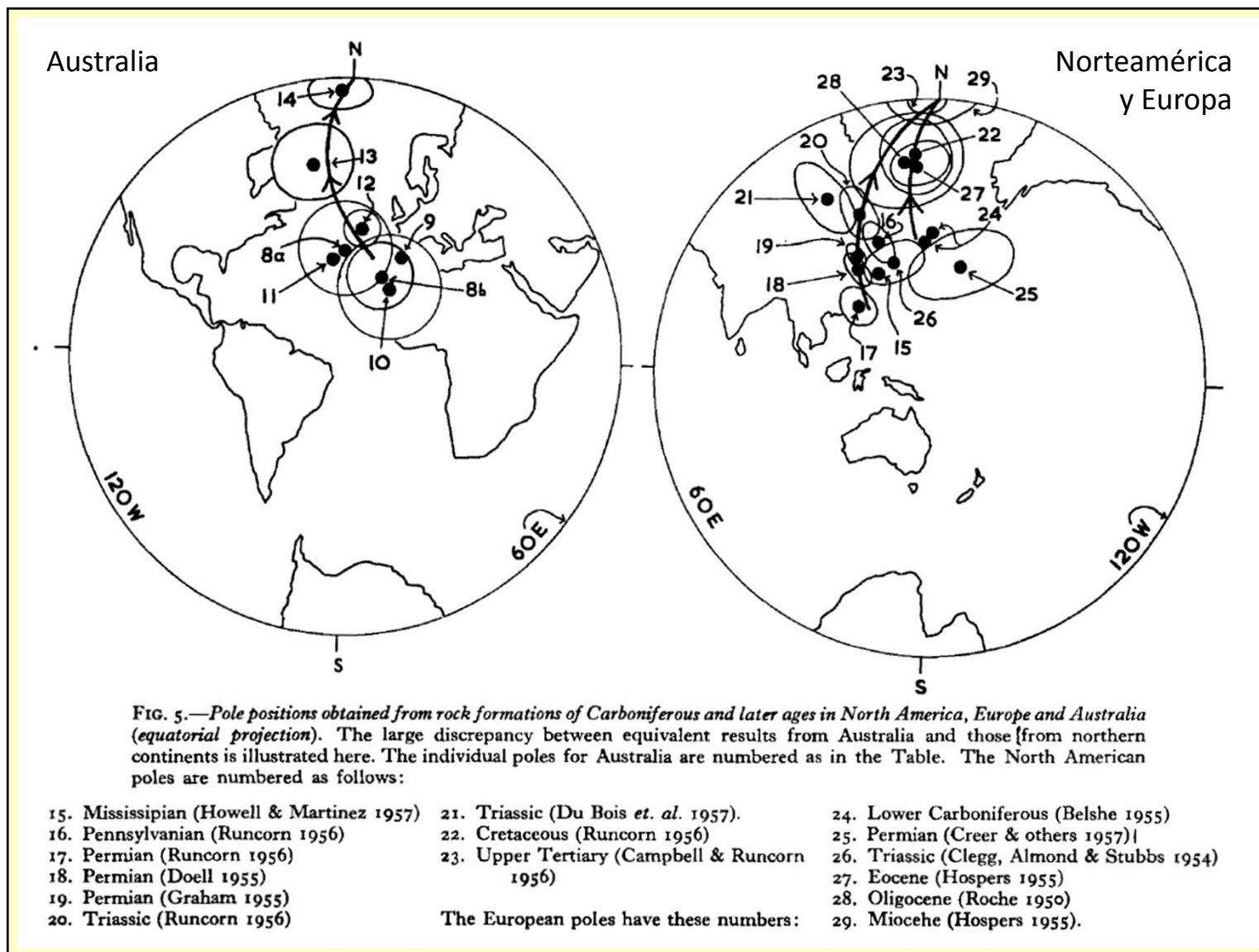
(Received 1957 October 28)

### *Summary*

During Upper Proterozoic times the mean geomagnetic pole seems to have been situated near Australia. By the Cambrian it appears to have moved to what is nowadays the region of South Africa passing southwards into the Southern Ocean by Silurian and early Devonian times. In the Upper Carboniferous and Permian the pole lay in the Tasman Sea and Australia was once again in a high geomagnetic latitude. Later the pole moved slowly southwards, reaching the present geographic pole towards the end of the Tertiary.

1958, Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society (luego de ser enviado a Journal of Geophysical Research)





## PALAEOMAGNETIC AND PALAEOCLIMATOLOGICAL ASPECTS OF POLAR WANDERING

by E. IRVING (\*)

*Summary* — This paper contains a summary of all the published palaeomagnetic observations from rocks of Pre-Tertiary age.

Evidence is produced which shows that the ancient latitude deduced from the palaeomagnetic observations in several regions of the world, is similar to the latitude indicated for these same regions by palaeoclimatology. Thus it is reasonable to suppose that the magnetic and rotational axes of the Earth have approximately coincided since the Palaeozoic, as they are known to have done during the past 20 million years.

On the basis of this assumption two further points are made:

1) In Pre-Tertiary times the pole was a great distance away from the present position, but the pole positions given by data from Pre-Tertiary rocks from four continents do not agree one with another.

2) Although the palaeomagnetic and palaeoclimatic observations from the same region agree, this is not so when palaeomagnetic observations from one region are compared against palaeoclimatic evidence from a distant region.

Both these results suggest that prior to Tertiary times the pole has not only shifted its position with respect to certain land-masses, but also that these land-masses have moved relative to one another.

1. *Introduction* — It is now generally recognized that measurements of the directions of magnetisation of samples from a magnetically stable rock formation allow the direction of the Earth's magnetic field at the time when the rock was formed to be determined.

The direction of the Earth's magnetic field has been recorded at observatories in many places over the past few hundred years, and from an analysis of these records it is possible to recognise two components in the geomagnetic field: the first being approximately that of a dipole at the centre of the Earth with its axis along the axis of rotation, and the second a much smaller non-dipole component which undergoes variations with periods of the order of hundreds of years. Thus

---

(\*) Mr. E. IRVING, Australian National University, Canberra, A.C.T. (Australia).

1956, Geofísica Pura e Applicata (hoy Pure and Applied Geophysics), luego de ser enviado a Journal of the Geological Society of Australia

Coincidencia con indicadores climáticos, extiende la hipótesis del GAD. Asumir fijismo causa la discordancia de los indicadores paleoclimáticos.

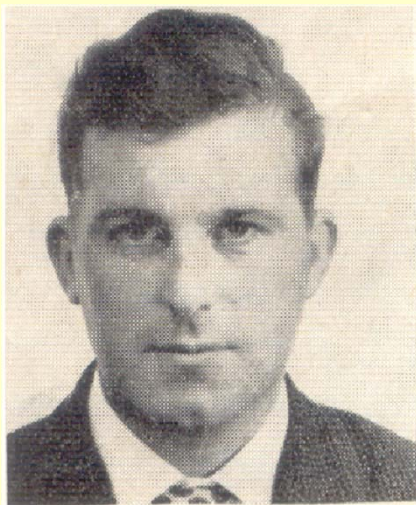


Figure 1. Professor Kenneth Creer in its 30 's.

Creer hizo dos viajes a América del Sur, en 1956-1957 y en 1958.

América del Sur y África formaban el corazón de Gondwana y sus datos hacían falta para poder reconstruir las posiciones relativas de Australia con respecto a Norteamérica y Europa.

En Brasil trabajó con geólogos alemanes que habían conocido a Wegener.

En Argentina recibió apoyo del Servicio Geológico Nacional (Eduardo Holmberg) y de los Servicios provinciales. El director del Departamento de Ingeniería, Ing. Baglietto, lo contactó con los geólogos de la Universidad.

*«In retrospect, a major problem was that the stratigraphy in many places had not been thoroughly evaluated in the fifties and early sixties. Many of the rock formations I worked on have since been redated. Another problem I had, but which I enjoyed to some extent, was that they did absolutely nothing to prepare for my visit until I arrived. Then, when I did arrive, they would invariably pull my letter out and start making excellent arrangements. This usually took about a week, which gave me time for sightseeing!»*

(carta de Ken Creer, escrita en 1984 a Henry Frankel, autor de «The Continental Drift Controversy: Paleomagnetism and confirmation of drift»)

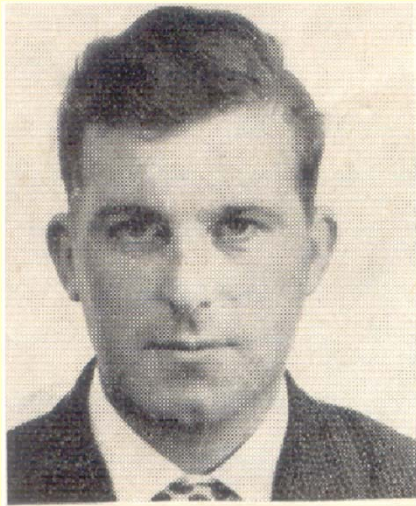
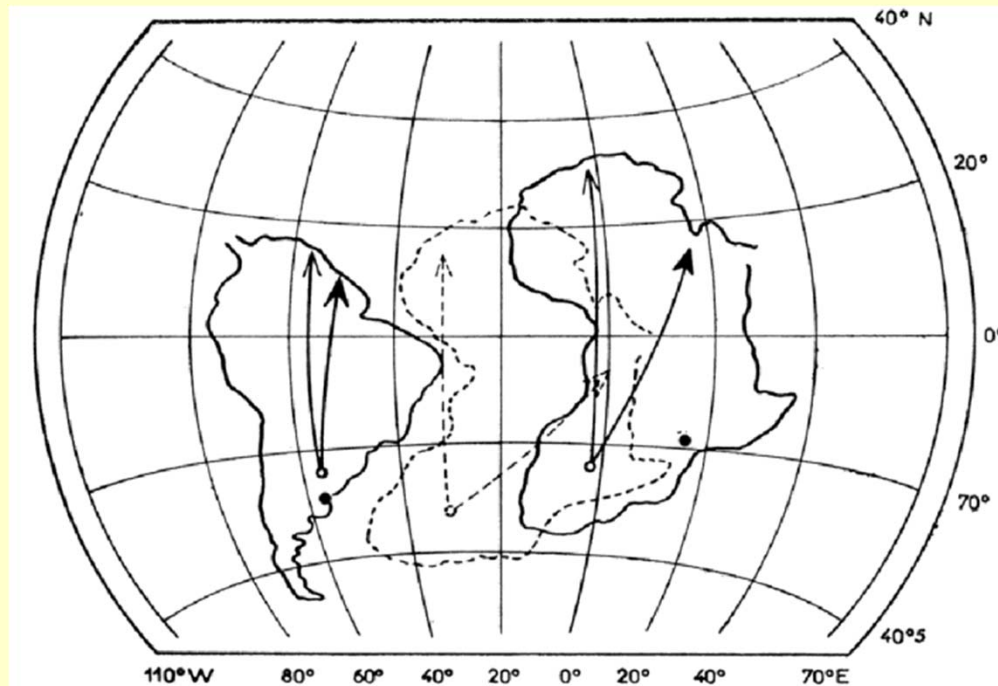


Figure 1. Professor Kenneth Creer in its 30's.

En su primer viaje muestreó:

- basaltos cuaternarios de Neuquén (para testear la hipótesis del GAD)
- basaltos de Serra Geral (Brasil – Uruguay – Argentina), porque se consideraban coetáneos con los de Karroo

1958, Annales de  
Geophysique





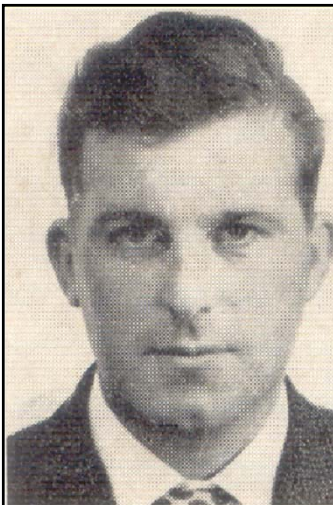


Figure 1. Professor Kenneth Creer in

En su segundo viaje muestreó 17 nuevas localidades con las que construyó una curva de desplazamiento polar aparente. Demostró que América del Sur estaba a altas latitudes en el Paleozoico tardío.

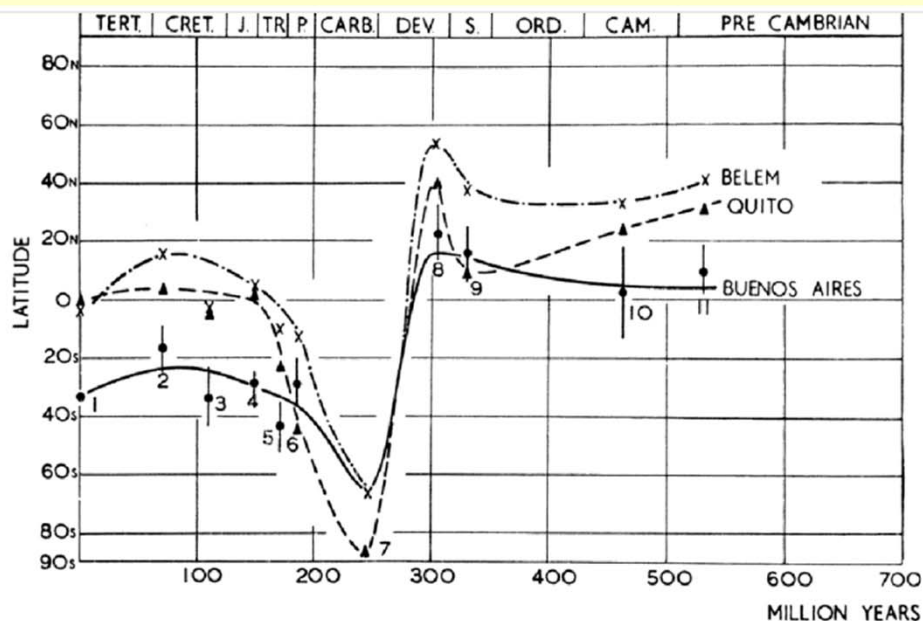


Figure 5.8 Creer's Figure 15 (Creer, 1962d: 164; my bracketed additions). Palaeolatitudes calculated for Belem [Brazil], Quito, and Buenos Aires from palaeomagnetic [data] of the following rock formations: 1, Present day; 2, Huitrinian Purple Sandstones, Neuquén, Argentina; 3, Kimmeridgian Purple Sandstones, Neuquén, Argentina; 4, Serra Geral formation, S. Brazil and Uruguay; 5, Triassic red beds, La Rioja, Argentina; 6, Mitu Formation, Peru; 7, Mississippian tuffs, Peru; 8, Devonian Purple Sandstones, Salta and Juyuy, Argentina; 9, Corrego das Pedras Formation, Corumba, Brazil; 10, Cambrian Purple Sandstones, Salta and Juyuy, Argentina; 11, Precambrian Purple Sandstones, Salta and Juyuy, Argentina.

Reproducido en  
Frankel, 2012

[ 481 ]

### III. PALAEOMAGNETIC STUDIES ON ROCK FORMATIONS FROM NORTHWEST ARGENTINA

#### CONTENTS

	PAGE		PAGE
1. INTRODUCTION	481	3.2. Ordovician	490
2. GEOLOGY	482	3.3. Carboniferous-Permian-Triassic	494
2.1. Pre-Cambrian	482	4. DISCUSSION OF RESULTS	498
2.2. Cambrian	482	4.1. Carrier of remanence	498
2.3. Ordovician	483	4.2. Relevant palaeoclimatic evidence	499
2.4. Silurian	483	4.3. Consistency with other Palaeozoic palaeomagnetic data from S. America	500
2.5. Devonian	483	5. ACKNOWLEDGEMENTS	500
2.6. Carboniferous to Triassic	483	REFERENCES	501
3. PALAEOMAGNETIC RESULTS	484		
3.1. Cambrian and Cambro-Ordovician	484		

Creer, 1970. Philosophical Transactions of the Royal Astronomical Society, Series A, Mathematical and Physical Sciences

Para 1957 ya había suficientes datos como para demostrar que no había coincidencia entre los polos de distintos continentes, y que las discrepancias estaban en el sentido esperado si se aceptaba la hipótesis de Wegener.

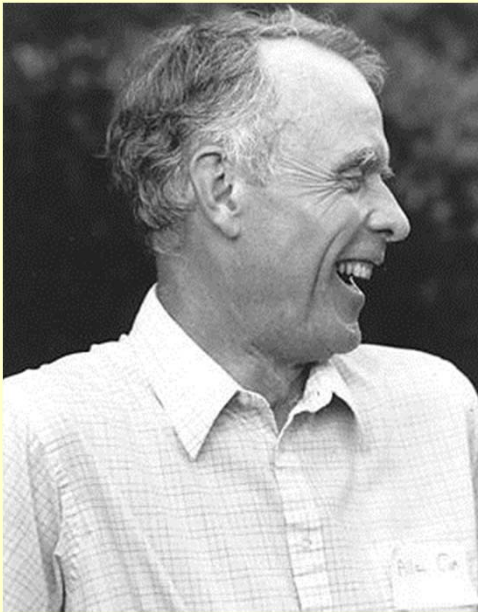
Sin embargo, la aceptación tardó en llegar. Un motivo fue la mala interpretación de los datos existentes. Por ejemplo, el polo pérmico de Norteamérica caía en el actual este de Asia, donde había restos de fusulínidos pérmicos. Stehli (1957) consideraba este un argumento en contra de la supuesta deriva polar.

¿En qué se equivoca Stehli?

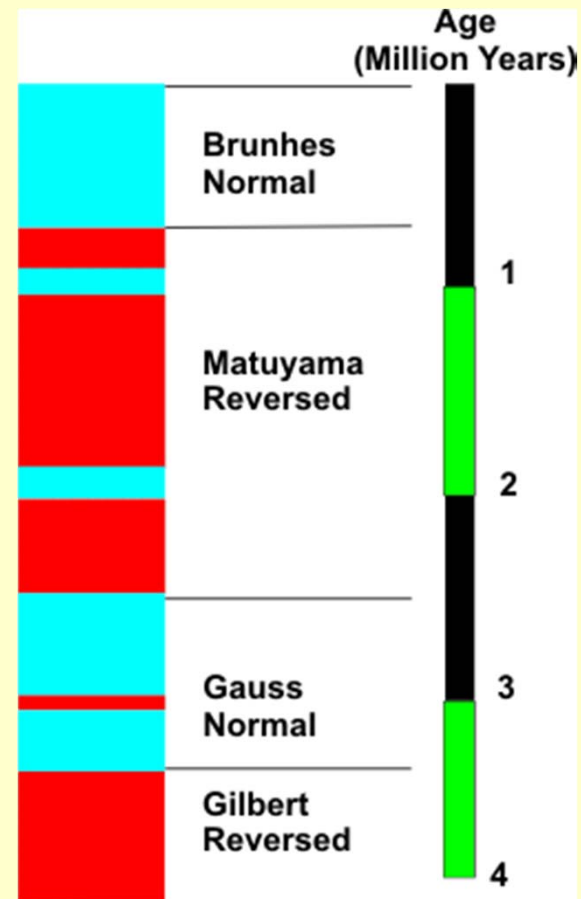


En años subsiguientes, se realizaron progresos en:

- técnicas para remover las componentes secundarias de la magnetización
- estudios experimentales de magnetismo de rocas para probar que éstas eran capaces de registrar fielmente la dirección del CMT
- acrecentamiento de la base de datos de polos (trabajos de **Collinson, Creer, Irving, Lowes, Opdyke, discípulos directos de Runcorn**)



Allan Cox (1926-1987)



**Cox et al (1963), McDougall y Tarling (1963): primeras escalas de reversiones de polaridad (< 5 Ma)**

**Daniel A. Valencio (1928-1987)**  
el fundador del Paleomagnetismo en América Latina



**Figure 20.** Daniel Valencio in 1979.



Figure 20. Daniel Valencio in 1979.

Daniel Valencio era Ingeniero Aeronáutico de la Universidad Nacional de La Plata. En 1953 había ingresado a YPF para trabajar en prospección geofísica. Frente a una reorganización de YPF planificada por Frondizi, decidió incorporarse al Instituto del Petróleo recientemente creado por Ernesto Guevara en Cuba, en 1958.

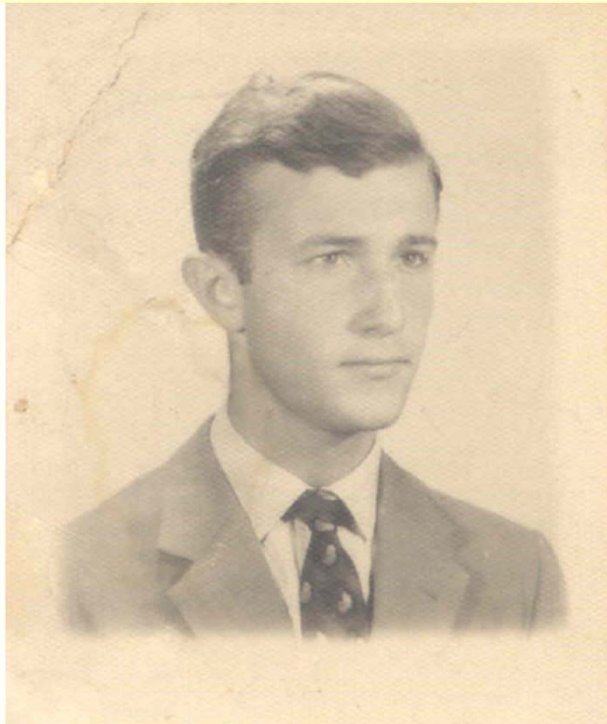
Valencio regresó a la Argentina en 1962 tentado por la iniciativa de Félix González Bonorino, entonces director del Departamento de Ciencias Geológicas.

González Bonorino había conocido a Ken Creer, y decidió abrir un cargo de Profesor Asociado para la asignatura Prospección Geofísica.

Realizó sus primeros muestreos paleomagnéticos en 1963, en basaltos cenozoicos de Neuquén y Mendoza.



Félix González  
Bonorino, 1918-1998)



En 1964 Valencio incorporó a su equipo al estudiante de Física Juan Vilas.  
Ambos pusieron a funcionar un Laboratorio de Paleomagnetismo hacia mediados de 1966.

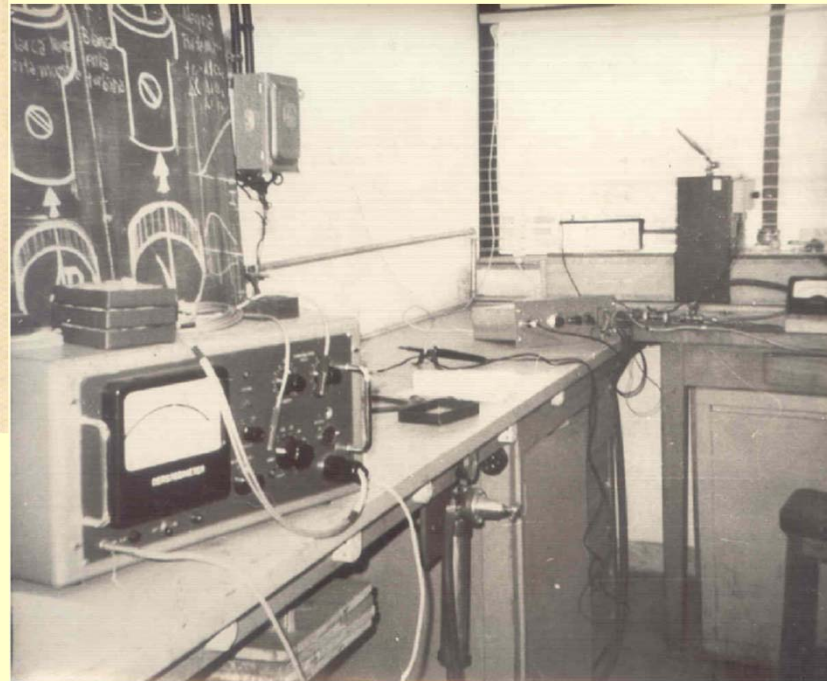
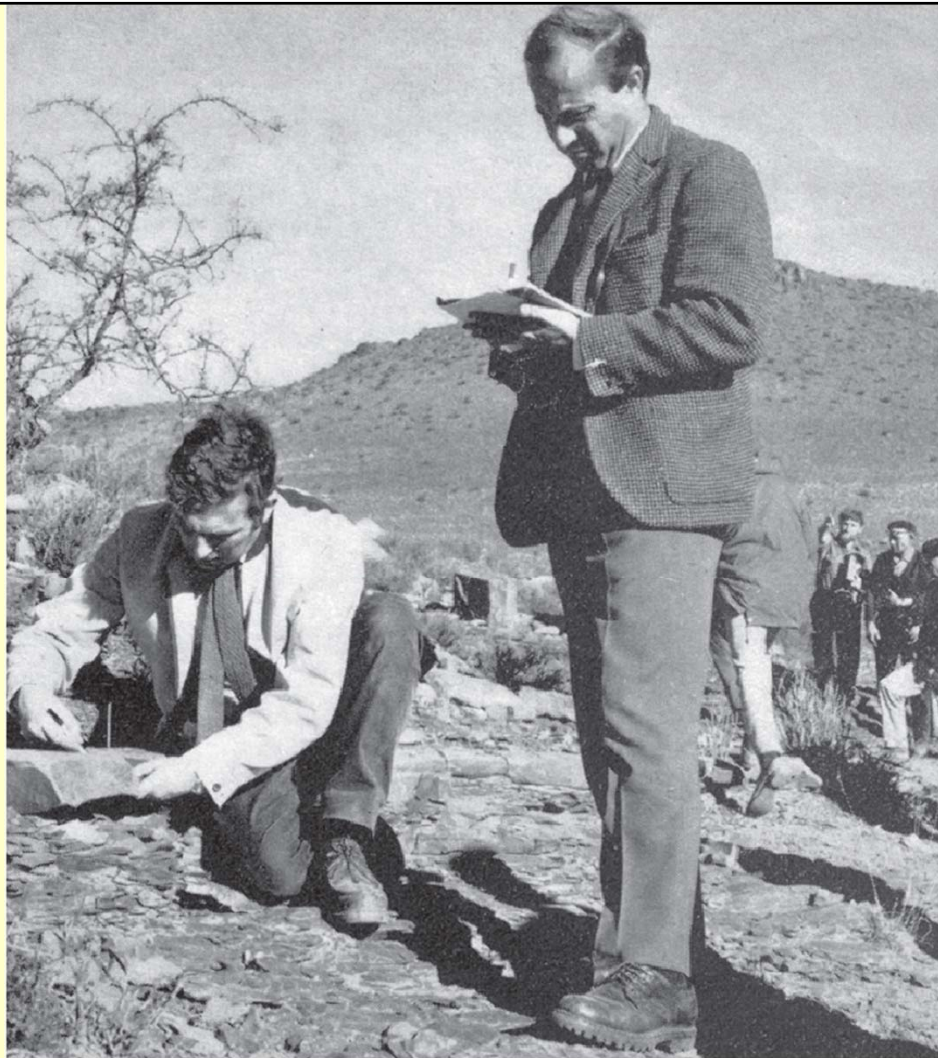


Figure 5. The first spinner magnetometer built at the Laboratory of Paleomagnetism of Buenos Aires.





**Figure 11.** Daniel Valencio and Ken Creer collecting paleomagnetic samples in the Karoo Basin (South Africa) in 1970.

*«There is now an excellent palaeomagnetic laboratory in Buenos Aires run by Daniel Valencio and Juan Vilas, started up largely with equipment sent out from the UK but subsequently developed through their own initiatives» (carta de Ken Creer, escrita en 1984 a Henry Frankel, autor de «The Continental Drift Controversy: Paleomagnetism and confirmation of drift»)*

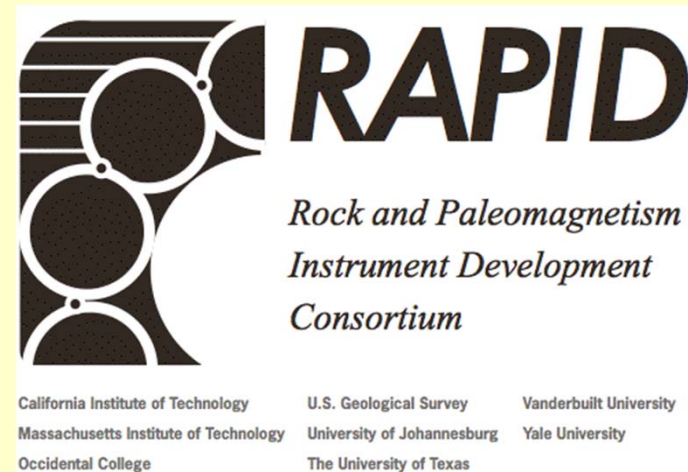
- **Década de 1970:** Gran desarrollo de magnetismo de las rocas. Aparecen los magnetómetros criogénicos. Aplicación del paleomagnetismo a áreas orogénicas
- **Década de 1980:** Paleomagnetismo y magnetoestratigrafía se transforman en estándares. Primeros estudios de Magnetismo Ambiental. Comienza el desarrollo de la magnetofábrica
- **A partir de 1990:** Sofisticación creciente y reducción del número de laboratorios. Crecimiento de estudios conexos: AMS, magnetismo ambiental. Se establece la necesidad de estudios multidisciplinarios. Paleointensidades (micro-ondas, Shaw). Surgen las bases de datos globales
- **A partir de 2000:** Magnetómetros automáticos (ej. Kirschvink). Paleointensidades (single cristal, Tarduno).





Sistema automático de medición de muestras paleomagnéticas (creado por Joe Kirschvink)

Consortio RAPID (más de quince laboratorios en todo el mundo)



## ***Bibliografía***

Irving, E. "The paleomagnetic confirmation of continental drift." *Eos* 69, no. 44 (1988): 994-1014.

Frankel, H. "Jan Hospers and the Rise of Paleomagnetism" *Eos*, 68, 24 (1987): 577-581

A MILLENNIUM OF GEOMAGNETISM

David P. Stern

*Reviews of Geophysics*, 40, 3 / *September 2002*

THE STUDY OF EARTH'S MAGNETISM (1269–1950):  
A FOUNDATION BY PEREGRINUS AND  
SUBSEQUENT DEVELOPMENT OF GEOMAGNETISM  
AND PALEOMAGNETISM

Vincent Courtillot and Jean-Louis Le Mouél

*Reviews of Geophysics*, 45, RG3008 / 2007

**The Continental Drift Controversy:  
Paleomagnetism and Confirmation of  
Drift**

Henry R. Frankel

Cambridge Univ. Press (2012)

