



mavera perpetua..... La mecánica celeste demuestra que ésta es una utopía, y que no se verifica sino un balanceo ligero del ecuador sobre la órbita, cuya amplitud no pasará de  $1^{\circ} 21''$ ..... La disminución continuará todavía algún tiempo, después se detendrá, operándose luego un movimiento contrario.»

El mismo astrónomo enumerando, en las «Tierras del Cielo,» pág. 265, los diversos movimientos de la Tierra, se expresa de este modo: «Un tercer movimiento hace oscilar la Tierra sobre el plano de la órbita que describe alrededor del Sol, y disminuye actualmente la oblicuidad de la eclíptica, para volver á aumentar su valor en lo futuro..... Otro octavo movimiento, causado por la atracción de los planetas y principalmente por el mundo gigantesco de Júpiter y por nuestro vecino Venus, ocasiona perturbaciones calculadas de avance sobre la línea descrita por nuestro planeta en su revolución anual, hinchándola ó aplanándola, según las variaciones de la distancia.»

M. L. Remond, en su obra «*Un millón doscientos mil años de Humanidad y la Edad de la Tierra,*» toma pie de las frases de Flammarion, para hacer notar que *la variación de la oblicuidad del eje es un movimiento diverso del de desplazamiento de la eclíptica*, siendo ambos de naturaleza diferente é independientes uno de otro. En varios pasajes de su obra M. Remond insiste sobre lo mismo, pareciéndome oportuno citar varios de sus párrafos: «Los astrónomos—dice—no han sabido á menudo discernir la variación de la inclinación del eje del desplazamiento del eje, y como sus observaciones mismas demostraban la estabilidad de los polos, han creído, que, no desplazándose el eje en el seno de la tierra, no podía variar su inclinación sobre la órbita, (pág. 66).....»

«Antes de Copérnico se hacía girar al Sol alrededor de la Tierra y era muy conforme con este falso principio llamar oblicuidad de la eclíptica al ángulo que la pretendida órbita del Sol hacía con el ecuador. Al establecer Copérnico el verdadero sistema del universo, demostró que este ángulo provenía de la inclinación del eje de la Tierra sobre su órbita y que debía llamarse oblicuidad del eje ú oblicuidad del ecuador y no oblicuidad de la eclíptica; pero el antiguo uso ha prevalecido, la palabra ha sobrevivido á la cosa, y los grandes matemáticos de los siglos XVIII y XIX, engañados por esta falsa expresión han descrito sobre el papel, sin inquietarse de la naturaleza de las cosas que representan, dos líneas geométricas que, cruzándose, son necesariamente oblicuas una respecto de la otra, y han hecho esfuerzos prodigiosos y llenado capítulos enteros de cifras y de signos algebraicos para limitar una disminución de la oblicuidad de la eclíptica con relación al ecuador, que es al contrario una disminución de la oblicuidad del ecuador relativamente á la eclíptica, y para limitar un desplazamiento de la incli-

nación de la eclíptica con relación á las otras órbitas que no han existido jamás, (pág. 74).....»

«M. Faye—dice en otra parte el mismo Remond—no se ha dejado influenciar por las apariencias y ha comprendido perfectamente que el ecuador es el que se desplaza relativamente á la eclíptica, á pesar de su inmovilidad con relación al horizonte; y sin embargo, este movimiento es absolutamente de la misma naturaleza y produce absolutamente los mismos efectos reales y las mismas falsas apariencias que *la llamada disminución de la oblicuidad de la eclíptica*, porque ambos consisten en una variación de la altura á que el Sol llega en la época de los solsticios, en una variación en el ángulo que el ecuador hace con la eclíptica, ángulo que tiene por causa la inclinación del eje, y estas tres palabras *á peu près* (en castellano una palabra, *casi*) son suficientes para hacer ver claramente, á quien quiera tomarse el trabajo de reflexionar un instante, el error en que han caído la mayor parte de los astrónomos contemporáneos, y para hacerle comprender en seguida que es la verdadera explicación física de la disminución secular. En efecto, nosotros desafiamos á que cualquiera nos muestre alguna diferencia en la naturaleza de estos dos movimientos, el uno de corto período y el otro continuo, y si el primero es una variación de la inclinación del eje, el segundo no puede ser un desplazamiento de la eclíptica; él es también una variación de la inclinación del eje, una variación de la inclinación del ecuador sobre la eclíptica de 1750 (que no puede apartarse del ecuador como un camino no puede apartarse del viajero que lo sigue) inclinación que, por consiguiente, no es casi constante, porque al fin nadie puede comprobar que el eje de la Tierra está actualmente inclinado  $23^{\circ} 27'$ , mientras que hace 3,000 años su inclinación era de  $23^{\circ} 52'$ , consistiendo esta particularidad en la apariencia de que el Sol se aleja menos y menos del ecuador, en la época de los solsticios, en su movimiento aparente, pero que en realidad dicha inclinación proviene de que el eje se endereza sobre la órbita, no habiendo otra razón sino el nombre equívoco que se ha dado á este movimiento continuo para considerarlo de naturaleza diversa del de la nutación del eje,» (pág. 119).

Por estos párrafos que he trasladado aquí, ya se echa de ver la idea y teoría de M. Remond, y como el asunto de su obra es de importancia y de ser cierta la variación continua de la oblicuidad del eje terrestre traería un cambio de posición de la Tierra respecto de la estrella Polar, voy á exponer brevemente la concepción astronómica del autor citado.

\* \*

Como base de su trabajo comprueba M. Remond con abundancia de testimonios, referentes á hechos irrecusables, la evolución periódica

dica y regular de climas, que se han ido sucediendo en nuestro planeta, lo cual prueba por la mayor ó menor extensión de glaciares de que hay señales inequívocas en diversas regiones del globo, por la existencia de fauna y flora que requieren enteramente otras condiciones para su desarrollo en regiones en que ahora es imposible que existan. Y como pruebas trae, entre otras, los vestigios de la vida del hipopótamo en las riberas del Norte de Francia, la existencia en la América Boreal de capas terciarias superpuestas encerrando alternativamente unas veces una flora exclusivamente septentrional, y otras una flora templada que no se encuentra ahora sino diez grados más al Sur; así como se comprueba en Noruega la presencia de una fauna ártica y de una fauna mediterránea. A la vez hace notar que en los Alpes, en la Nueva Zelanda, en la isla de Kerguelen, en Spitzberg y en la tierra de Francisco José, existen señales de una vegetación que no pudo desarrollarse en estas regiones, sino en épocas en que la temperatura fuese allí más cálida.

Como esta sucesión de fauna y flora se muestra en diversas capas, y lo mismo sucede respecto de la formación de las capas de hulla, en las regiones en que existe; hace ver el autor que esto no pudo tener lugar sino por la evolución periódica y regular de los climas, demostrando á la vez que la oscilación periódica de los glaciares es universal, puesto que hay comprobación de ella en ambos hemisferios, y existe tanto en el ecuador como en las otras zonas; lo cual puede también aplicarse á la oscilación del régimen fluvial, porque á un período de grandes cursos de agua, se ve que se siguen necesariamente un período de pequeñas corrientes.

\* \*

¿Cómo explicar esta evolución periódica de climas, fauna y flora, glaciares y régimen fluvial? M. Remond resuelve la cuestión, asentando que la explicación de todos estos fenómenos está en la *variación continua de la inclinación del eje de la Tierra*. Según él «esta inclinación del eje, con relación á la que existe actualmente, produciría una perturbación universal en los climas sobre todos los puntos del globo. La cantidad de calor recibida del Sol sería siempre la misma, pero la distribución sería del todo diversa. Si el eje estuviese menos inclinado, las diferencias entre el invierno y el estío serían menos acentuadas, y si el eje estuviese más inclinado, serían mayores. Entre las diferentes posiciones que el eje podría ocupar, aquella en que hiciese un ángulo de 90 grados con la perpendicular al plano de la órbita, la media de la temperatura estival del polo sería más elevada que las de todas las otras latitudes, más elevada sobre todo que la del ecuador, en la que reinaría en-

tonces la más baja de todas, y los inviernos, los más acentuados que pudieran sentirse sobre todos los puntos del globo.»

Continúa á poco diciendo que «la gran inclinación del eje explica también fácilmente la fase de los grandes cursos de agua, así como el estrechamiento de los glaciares; porque con un invierno que comprendiese una noche de tres meses, á la que sucediese casi súbitamente un estío riguroso, no es difícil imaginar los efectos producidos á consecuencia de la súbita fusión de las nieves y de los hielos, de los ríos cuya corriente hubiese sido interrumpida durante cuatro ó cinco meses, y no se encontrarían exageradas las evaluaciones de los observadores que estiman que las corrientes de agua de nuestro planeta debieron ser, en una época relativamente reciente, veinte veces más considerables que en la actualidad.»

«La pequeña inclinación del eje por otra parte explicaría con facilidad la fase de las pequeñas corrientes de agua, porque con una temperatura casi siempre igual, no podría existir ni estación de lluvia ni estación de deshielo, y, por lo tanto, no habría grandes crecientes, como en el caso supuesto anteriormente.» Por último añade: «Nuestra explicación concuerda con las observaciones y los estudios que demuestran la disminución de la temperatura del estío y la progresión general de los glaciares actuales, en las zonas templadas y glaciales de ambos hemisferios, puesto que la inclinación del eje disminuye, y que esta disminución hace bajar la temperatura de los seis meses cálidos en estas zonas, lo que está de acuerdo igualmente con los estudios razonados de M. Nathorst, de los cuales resulta que la última extensión ha sido causada exclusivamente por la disminución de la temperatura de estío.»

\* \*

Sigue luego estudiando el autor las diversas posiciones de la Tierra, según las diversas inclinaciones de su eje, y los fenómenos que se producirían en cada una de esas posiciones é inclinación sobre la superficie de la Tierra en sus diversas zonas, manifestando que queda perfectamente explicada la evolución periódica de que vamos tratando; y luego pasa á probar que *la variación de la inclinación del eje no proviene de un desplazamiento de la eclíptica, sino de un movimiento de la Tierra sobre si misma*, no habiendo razón alguna para suponer que este movimiento sea un balanceo, como se deduce de la teoría de Laplace y afirma M. Flammarion en el párrafo antes citado, sino que todo tiende á demostrar que *es una tercera rotación continua de la Tierra*, debida á la variación de la inclinación del eje: con esta sola diferencia que en la rotación

diurna aparece que el Sol hace su revolución paralelamente al ecuador, mientras que en la rotación que produce la variación de la oblicuidad, esta revolución aparente tiene lugar perpendicularmente al mismo. De suerte que, en su teoría, la variación de la oblicuidad no puede provenir de un desplazamiento de la eclíptica, —puesto que la posición de la eclíptica en el sistema planetario es estable, y, aun siendo movable, no podría causar su desplazamiento ninguna variación de la oblicuidad,—sino de una rotación de la Tierra; no habiendo razón alguna para limitar este movimiento, pues que Laplace no formuló su teoría limitativa, sino en el supuesto de que la variación de la oblicuidad provenía de un desplazamiento de la eclíptica, que habría roto, por su continuidad, la cuasi-concordancia que existe en los planos de las órbitas planetarias, mientras que la constancia de su valor y la gran diversidad de las inclinaciones de los ejes planetarios demuestran al contrario, que el de la Tierra debe pasar por todas las inclinaciones posibles; habiendo la comprobación de que el eje de Júpiter v. g. es casi perpendicular, mientras que el de Urano está casi acostado sobre su órbita.

Tal es en resumen el sistema explicativo de M. Remond, y á ser cierta esta variación de la inclinación del eje, fácilmente puede imaginarse la variación que habría también respecto de la estrella Polar, puesto que al ir cambiando la inclinación del eje de la Tierra, y dirigiéndose sus polos hacia distintas regiones del cielo, hasta que tomase la dirección perpendicular al plano de la órbita ó sean 90 grados, vendría á tenerse que considerar como Polar á alguna de las brillantes estrellas que hoy ocupan el ecuador de la esfera celeste. Ciertamente es que, según el mismo autor, el eje de la Tierra debió haber pasado por su máximo de inclinación hace aproximadamente unos 500,000 años, y que algún tiempo antes, 700,000 años, debe haber pasado por la posición perpendicular; de manera que faltarían todavía otros 500,000 años para que se llegase á verificar un cambio tan notable respecto de la estrella Polar, puesto que él da á esta evolución el inmenso ciclo de 1.200,000 años.

\*  
\*  
\*

Varios astrónomos y geólogos, entre éstos Sir John Evans, han rebatido la teoría y las conclusiones de M. Remond, y no es este el lugar de traer sus objeciones, pero á mí se me ocurre preguntar, ¿variando la inclinación del eje de la Tierra por esa rotación continua, hasta llegar á la perpendicular, continuará pasan-

do el mismo eje al lado opuesto, de tal modo que hiciese una revolución completa hasta volver al primer punto de partida ó al llegar á la perpendicular debe regresar disminuyendo la inclinación hasta el mismo punto de partida? Lo primero no parece posible en lo absoluto, si lo segundo, ya entonces no es una rotación, sino que viene á dar el resultado de un balanceo del eje, aunque es cierto que de mayores proporciones que las imaginadas por Laplace y los demás astrónomos.

No cabe duda que, en los tiempos primarios de nuestro planeta, gozó éste de un clima semejante al de los trópicos, desde el ecuador hasta los polos, y que únicamente hacia la mitad de la era secundaria comenzó á manifestarse el estrechamiento progresivo de la zona tropical.

Varias teorías se han expuesto para la explicación de esta temperatura uniforme sobre todo el globo, y entre ellas el desplazamiento del eje terrestre de que acabo de hablar, pero M. Lapparent, no admite esta variación tan notable del eje de la Tierra, considera insuficientes las causas geográficas y la influencia del calor interno, así como tampoco cree que pueda explicarse el fenómeno suficientemente, por la variación de la excentricidad de la eclíptica, combinada con la que trae consigo la precesión de los equinoccios, propuesta por algunos astrónomos.

Admite la teoría de M. Faye, en la cual se establece y demuestra que la Tierra es más antigua que el Sol, del cual no había sino materiales esparcidos convergiendo de todas partes hacia el centro del sistema planetario, para formar una inmensa masa ígnea débilmente luminosa, de la cual se desprendería un poco de calor, sin tener esa masa una figura determinada, pero de dimensiones inmensamente superiores á las del Sol actual. En esta concepción, como el Sol no enviaría sus rayos en un haz paralelo, sino que serían envolventes y bañarían toda la Tierra, quedaba suprimida la noche total de las regiones polares, produciendo á la vez sobre todo el globo la completa uniformidad de climas.

Ahora bien, yo estoy conforme con esta explicación para ese período primitivo de nuestro planeta, pero en los hechos presentados por M. Remond y, en las exploraciones geológicas, se vé patentemente que los glaciares y la fauna y la flora diversas están en capas superpuestas, lo que indica que la variación de climas se ha sucedido diversas veces sobre nuestro planeta, y que por lo tanto para esa diversa sucesión de climas, para esa evolución periódica, no se puede traer como explicación la dada por M. Faye y admitida por el ilustre Lapparent, sino que se necesita otra, que

á la verdad, no puede encontrarse sino en la variación de la inclinación del eje de la Tierra. Mas esta variación solamente la podrán comprobar nuestros descendientes después del trascurso de muchos siglos.

Mucho me he detenido acaso en la exposición del sistema de M. Remond, pero era menester para darse cuenta de la posición de la Polar respecto del eje de la Tierra y de los polos: y ahora paso á hablar del tercer movimiento de nuestro planeta, que produce un cambio, ya perfectamente comprobado, respecto de la Polar.

## IV

En la primera concepción del movimiento de la Tierra al redor del Sol se supuso que el eje de rotación se desplazaba paralelamente á sí mismo, pero esto era inexacto, porque, aunque en el curso de un año, conserve el eje de rotación de la Tierra aparentemente la misma dirección en el espacio, si se comparan sus posiciones en dos épocas remotas una de otra, se echa de ver que la dirección del eje de la Tierra ha cambiado de una manera notable; pudiéndose dar cuenta del cambio progresivo en la dirección de los polos de la Tierra, comparando el movimiento de rotación del globo con el movimiento de un trompo.

Este movimiento acarrea un cambio progresivo en la dirección de la línea de los Equinoccios, y por lo tanto influencia notable sobre las épocas en que comienzan las diversas estaciones anuales; por lo cual, á causa del adelanto del Equinoccio de Primavera, este movimiento de revolución del eje terrestre alrededor de la perpendicular al plano de la eclíptica, se conoce con el nombre de *Precesión de los Equinoccios*.

Por esta precesión y el cambio en la dirección del eje se sigue otro correspondiente al Ecuador, y por lo mismo cambian también la ascensión recta, la declinación, la longitud y la latitud de las estrellas, y por lo mismo las posiciones de éstas relativamente al Ecuador y á los polos de la esfera celeste.

De aquí se sigue que *tomando el eje terrestre diferentes posiciones respecto de las constelaciones del círculo polar ártico, la estrella Polar aparece más ó menos cercana al polo boreal. En la actualidad se halla distante de éste polo  $1^{\circ} 13'$ , (3 de Septiembre de 1902); esta distancia disminuirá todavía hasta el año 2104, en que no distará sino cerca de medio grado: pero á partir de esta época el polo boreal se alejará de esta estrella, y dentro de 13,000 años ha-*

*brá entre el polo y la Polar actual una distancia de 47 grados, y no estando ya en las condiciones referidas, ese primer caballo del Carro Menor habrá dejado ya de ser la estrella Polar.*

Actualmente, la estrella más vecina al polo es una estrella de  $12\frac{1}{2}$  magnitud (fotográfica), distante  $4'$ , que á causa de su fijeza en el centro inscribe en los clichés un círculo minúsculo de  $4'$  de radio.

En efecto, comprobado por Hiparco el aumento progresivo de la longitud de las estrellas y determinado por los astrónomos del siglo pasado el arco anual de retrogradación de los equinoccios, que es de  $50''$ ; para que el Equinoccio de Primavera dé la vuelta entera á la eclíptica, transcurrirán cerca de 26,000 años, durante los cuales distintas estrellas de las constelaciones boreales tendrán derecho á ser escogidas como Polar.

Para darse cuenta de cuáles serán las polares en los futuros siglos, sígase de derecha á izquierda, en la Figura 3, la flecha indicadora alrededor del círculo epicicloide, que marca la proyección del eje de la Tierra durante sus 26,000 revoluciones en torno del Sol. Siguiendo ese curso tenemos que dos siglos antes que el hombre, según la tradición bíblica, apareciese sobre la Tierra, 6,000 años antes de la Era Vulgar, es decir, hace 7,904 años, el Polo pasaba muy cerca de una pequeña estrella de  $4^a$  magnitud,  $\theta$  del Dragón. En la época del Adán bíblico era la polar la  $i$  de la misma constelación. Hacia el año 2,700 fué la polar  $\alpha$  del propio Dragón, citada por los astrónomos chinos en los anales del reinado de Hoang-Ti. Esta misma estrella era también la polar en la época de la construcción de la pirámide de Gizeh, observando los astrónomos egipcios, por el canal de la pared norte, esa  $\alpha$  del Dragón, como inmóvil en el espacio. Actualmente nos encontramos en la octava parte del ciclo de 26,000 años con relación á esa época.

Pasó el polo en seguida cerca de  $\tau$  y luego de  $\chi$  de la misma constelación, que lo envuelve entre su tortuosa cola, al tiempo de la construcción de la esfera de Chirón, que coincidió con la época de la guerra de Troya (1,209 á E. V.) Después se aproximó el polo á la  $\alpha$  de la Osa Menor, hacia el año 800 á E. V. cuando los Fenicios estaban en la plena actividad de sus expediciones circunmediterráneas; de suerte que esta estrella desempeña su papel astronómico y náutico desde hace 27 siglos, y podrá conservarlo hasta el año 3,500, en que se aproximará el polo á  $\gamma$  de Cefea. Luego pasará entre  $\beta$  y  $i$  de la misma constelación, aproximándose á  $\alpha$  hacia el año 7,400. En el año 10,000 será la polar  $\alpha$  del

Cisne, de 2<sup>a</sup>. magnitud; y en el año 13,000, se aproximará á la estrella más brillante de nuestro cielo boreal, á Vega de Lira, distante del polo 5° aproximadamente. Esta hermosa estrella será la polar durante 30 siglos. Será después substituída por  $\gamma$  y luego por  $\tau$  de Hércules hasta que se completen los 260 siglos de la Precesión de los Equinoccios, y vuelva  $\theta$  del Dragón á reclamar sus derechos de Polar.

Evidentemente—dice el Sr. José A. y Bonilla, Director del Observatorio de Zacatecas, de cuya Astronomía he extractado

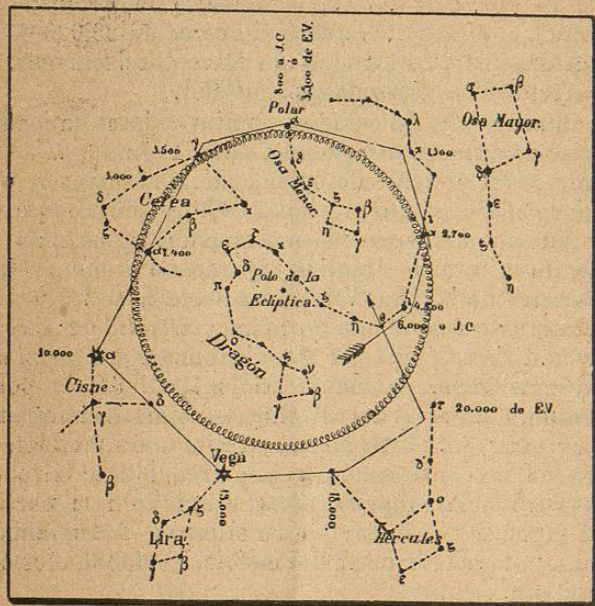


Figura 3.

los datos anteriores—con este movimiento del polo, los aspectos de la esfera celeste se modifican notablemente respecto al horizonte de las diversas comarcas del hemisferio boreal. Las constelaciones invisibles actualmente en el horizonte pasarán á la zona de las estrellas que salen y se ponen. Syrio estará muy cerca del horizonte del Sur, casi rozándolo.—El ecuador pasará por  $\alpha$  y  $\beta$  del Carnero,  $\epsilon$  de Perseo, la Cabra,  $\delta$  del León y  $\alpha$  de Virgo. El Equinoccio de Primavera se verificará 10° al Este de la misma

constelación; el de Otoño, en Piscis; el solsticio de Verano tendrá lugar en Sagitario y el de Invierno, en Géminis.

Para la observación del desplazamiento constante del polo entre las estrellas, á causa de la precesión de los equinoccios es de utilidad suma, según M. Flammarion aconseja,—pues se obtiene la determinación con precisión extrema—, tomar fotografías del polo celeste boreal, en diversos años; porque, dejando el aparato fotográfico sin movimiento, los rasgos luminosos de los astros y planetas dejan grabados trazos circulares, cuya comparación presenta á la vista los cambios de posición de las estrellas con relación al polo.

El sabio astrónomo tomó la primera fotografía en el invierno de 1869; entonces estaba situado el polo entre  $\lambda$  de la Osa Menor y la estrella 2320 B. A. C. distante 1° 23' de la Polar. Tomó otra fotografía desde el Observatorio de Juvisy el 6 de Septiembre de 1894; otra el 5 de Septiembre de 1902 de la región circumpolar, poniendo en movimiento el aparato para obtener puntos y no rayas; y otra en la noche del 23 al 24 de Enero de 1903. Por este procedimiento llegó á determinar, como dije arriba, que actualmente la estrella más vecina del polo es una de 12½ magnitud (fotográfica) distante 4'; y anuncia que para 1930 tendremos una estrella polar bastante pequeña de 10<sup>a</sup> magnitud y que al presente dista 8' del polo. Mi deseo hubiera sido presentar aquí los grabados comparativos de la región circumpolar con que ilustra su importante estudio, pero fácilmente pueden verse por los *amateurs* en el Boletín de la Sociedad Astronómica de Francia de Febrero de 1903. Allí podrá observarse también la variación del polo en el espacio de treinta años por las diversas posiciones de tres estrellas  $\alpha$  y  $\lambda$  de la Osa Menor y la 2320 con relación á dos pequeños círculos polares de ½ grado y 1 grado. Muy curioso, útil é importante es seguir la observación de estos cambios de posiciones de las estrellas, porque ayudarán á determinar con precisión suma el desplazamiento del polo por la precesión de los equinoccios y las otras causas astronómicas, entre las que hay que tener en cuenta la que voy á exponer en el número siguiente.