

CURSO DE ASTRONOMÍA

Prof. Roberto O. J. Venero
Dr. en Astronomía

Fac. de Cs. Astronómicas y Geofísicas (UNLP)

APUNTES DE LA ASIGNATURA OPTATIVA ASTRONOMÍA DE 6º AÑO.

5 - Otros movimientos de la Tierra



Universidad Nacional de La Plata
Colegio Nacional Rafael Hernández

LA PLATA, ARGENTINA
- 2020 -

Capítulo 5

OTROS MOVIMIENTOS DE LA TIERRA

En el apunte 3 (Rotación) mencionamos que la Tierra tiene varios movimientos, además de la rotación y la traslación. Estos movimientos ocurren muy lentamente y son demasiado pequeños como para que afecten la vida cotidiana. Sin embargo, están presentes y vale la pena saber un poquito sobre ellos. En este apunte contaremos brevemente acerca de los movimientos de precesión y de nutación.

5.1. La precesión

¿Qué es?

En el apunte 4 contamos el origen de las estaciones en nuestro planeta. Entendimos que su causa es la inclinación del eje terrestre respecto a una línea perpendicular al plano de la órbita o plano de la eclíptica. También dijimos que un ingrediente importante para producir las estaciones es que el eje de rotación se mantenga inclinado siempre de la misma manera. Siguiendo la dirección del Polo Norte, el eje siempre está apuntando hacia la estrella Polaris, sin importar en qué parte de la órbita de la Tierra nos encontremos, como se muestra en la figura 5.1.

En realidad, la condición de que el eje apunte en la misma dirección sólo es válida para lapsos de tiempos no demasiado largos. Es decir, a lo largo de algunas décadas podemos considerar que el eje se mantiene casi constante, pero cuando hayan pasado 50, 100 o más años, se hará notorio que el eje se ha desplazado. Este desplazamiento hace que el eje apunte en una dirección de la esfera celeste levemente diferente a la de antes. A este **lento desplazamiento de la dirección del eje de rotación** se lo llama **precesión**.

Para entender el movimiento de la precesión, lo mejor es mirar un simpático video con un joven experto y su trompo, en acción:

<https://www.youtube.com/watch?v=gWrA26HNJTU>

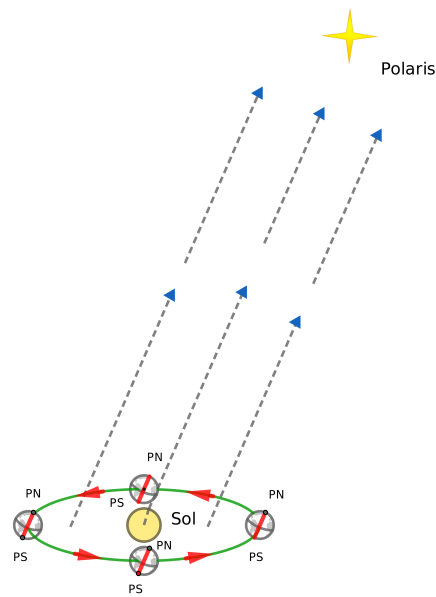


Figura 5.1. A lo largo de un año, el eje de rotación de la Tierra (línea roja) siempre se mantiene paralelo a sí mismo y, en todo momento, su dirección norte está orientada a un punto cercano a la estrella Polaris. Como esta estrella está muy lejos, desde cualquier parte de la órbita, las direcciones se mantienen paralelas entre sí (líneas a trazos).

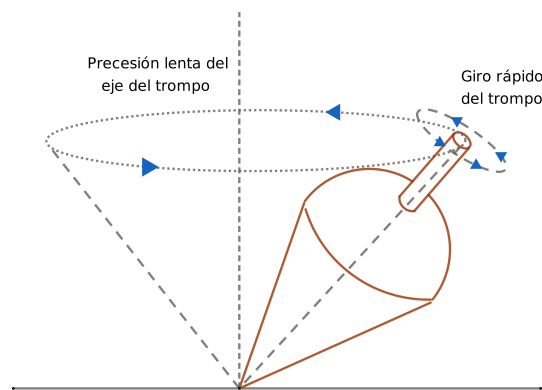


Figura 5.2. Un trompo puede presentar dos movimientos: el movimiento rápido de rotación y el movimiento lento de su eje, llamado movimiento de precesión.

Como ven en el video, el trompo puede presentar dos tipos de movimientos: un movimiento de rotación rápida en torno a su eje y un movimiento en el que el propio eje va cambiando de dirección (figura 5.2). Este bamboleo del eje es el movimiento de precesión, y aparece cuando el trompo ha perdido buena parte de su velocidad de giro inicial.

Apenas es lanzado el trompo gira muy rápido pero, a medida que el roce con el

suelo y con el aire le va sacando energía rotacional, comienza a aparecer la precesión. La precesión se acentúa cuando el trompo está a punto de caerse.

Entonces, en definitiva, el movimiento de precesión es un movimiento del propio eje de rotación.

¿Y en la Tierra?

La Tierra tiene movimientos parecidos a los del trompo: rota sobre su eje y este eje tiene su propio movimiento de precesión. En la precesión, el eje va cambiando de dirección, describiendo un cono alrededor de una línea perpendicular al plano de la eclíptica. Podemos ver un esquema de este movimiento en la figura 5.3.

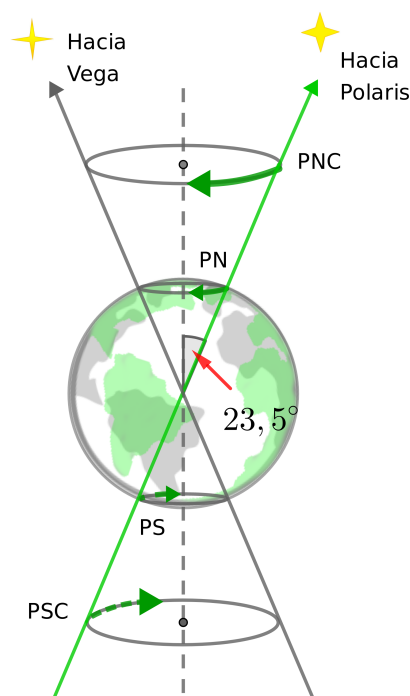


Figura 5.3. La precesión es un movimiento del eje terrestre, que describe un cono en torno a una línea perpendicular (línea a rayas) al plano de la eclíptica. Actualmente el eje está inclinado como la línea verde, dirigido a la estrella Polaris. Dentro de unos 13.000 años, el eje estará inclinado como la línea gris, apuntando hacia cercanías de la estrella Vega.

En esta figura vemos el movimiento cónico que describe el eje, a medida que va cambiando de dirección. El eje terrestre va desplazándose muy lentamente siguiendo la flecha de color verde. De este modo, la dirección a la que apunta el eje va cambiando y, dentro de mucho tiempo, dejará de ser la estrella Polaris. Se estima que el eje se va desplazando para apuntar hacia la constelación de Lyra, más precisamente, hacia la estrella llamada Vega.

Es importante que noten que **el ángulo de inclinación del eje terrestre** (oblicuidad de la eclíptica) **no cambia**. El valor de este ángulo es de $23,5^\circ$ y, por el movimiento de precesión, no resulta afectado. Por lo tanto, la precesión no produce cambios en las estaciones. Tampoco, en el futuro, van a cambiar las fechas en las que se producen las estaciones.

¿Cuánto dura?

La precesión es un movimiento lento. El cono que describe el eje como se ve en la figura 5.3 se completa, aproximadamente, cada **26.000 años**. Dentro de 13.000 años, el eje terrestre estará apuntando en dirección a la estrella Vega. Al cabo de 26.000 años, volverá a la configuración actual, como se ve en la figura 5.3.

¿A qué se debe?

Si la Tierra fuera una esfera perfecta, no existiría el movimiento de precesión. En cambio, **la Tierra está achatada en los polos y ensanchada en el Ecuador**. La diferencia en el radio entre el ensanchamiento ecuatorial y el achatamiento polar es muy pequeña: de apenas unos 43 km. Sin embargo, **la Luna, el Sol y los planetas hacen fuerzas gravitatorias sobre el ensanchamiento ecuatorial**. La suma de estas fuerzas tendería a enderezar el eje. Sin embargo, como la Tierra está rotando rápidamente, no puede ser enderezada. Entonces, lo que hacen esas fuerzas es cambiar la dirección del eje. Esto se muestra en la figura 5.4.

En el caso del trompo, su peso tiende a hacerlo caer. Sin embargo, su giro rápido evita la caída, pero no puede impedir que el eje de rotación se mueva en precesión. Cuando la caída es más inminente (el trompo se está frenando) la precesión se acentúa.

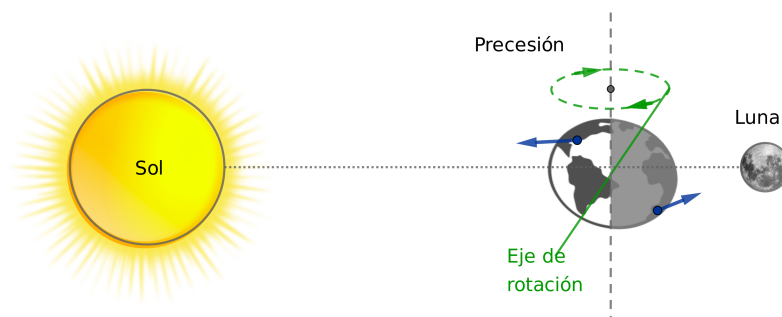


Figura 5.4. La precesión se debe a la fuerza gravitatoria que hacen el Sol, la Luna y los planetas sobre el abultamiento ecuatorial de la Tierra. Esas fuerzas (flechas azules) tenderían a enderezar el eje, pero como no pueden hacerlo, le producen el cambio de su dirección (flechas verdes).

¿Qué efectos tiene?

El efecto más importante de la precesión es el cambio del lugar donde se dan los equinoccios en la órbita terrestre. Recordemos que un equinoccio es el punto de la

órbita donde el Sol está justo por encima del Ecuador de la Tierra, a diferencia de los solsticios en los que el Sol está muy apartado al sur o al norte.

Este cambio hace que las constelaciones por las que va pasando aparentemente el Sol durante el año (por la traslación) vayan modificándose. Por ejemplo, vimos en el apunte de Traslación que el Sol pasa frente a la constelación de Cáncer entre el 21 de julio y el 9 de agosto de cada año. Sin embargo, hace cientos de años, el Sol estaba frente a Cáncer durante el tiempo transcurrido entre el 20 de junio y el 22 de julio. El movimiento de precesión es la causa del cambio de fechas que vuelve (aún más) absurdo al horóscopo, e invalida a las banales pretensiones de la astrología.



Figura 5.5. La cultura hippie, con juventud peluda, rock, droga y amor libre, suponía que la Era de Acuario sería una mejor vida por venir. Ellos vivían esperando ansiosamente ese momento. Al final se descubrió que era una excusa para no bañarse. Imagen tomada de <https://www.freevector.com>.

Los puntos donde se cruzan el ecuador celeste y la eclíptica son los equinoccios. Si se mueve el eje de rotación, se mueve el Ecuador. Entonces, debido a la precesión, el equinoccio se va corriendo en la esfera celeste. En la época actual, el equinoccio está frente a la constelación de Piscis. Por la precesión, uno de los equinoccios se va desplazando progresivamente hacia la constelación de Acuario. En los años '60, los hippies y otros pintorescos personajes (figura 5.5) creían que la entrada de este equinoccio en Acuario iniciaba la llamada “Era de Acuario”. Este sería un tiempo lleno de cosas extraordinarias como la eliminación de las enfermedades, de abolición de la guerra, de gente feliz sin necesidad de sacarse selfies y, especialmente, ¡un tiempo en el que las palomas dejarían de ensuciar mi auto! No hay que ser tan tremendamente optimista porque el año del inicio de la Era sería, más o menos, el 2.600.

¡Parece mentira pero la precesión fue descubierta por el gran sabio griego Hiparco

por el año 150 antes de Cristo! Ese señor no tenía telescopio, ni cámara fotográfica, ni computadora, pero seguramente tenía dos cosas muy importantes: mucha curiosidad por estudiar el universo y voluntad para no abandonar ante la primera dificultad que se le presentara.

5.2. La nutación

La nutación también es un movimiento del eje de la Tierra. Se trata de un desplazamiento que se superpone a la precesión, en el cual el eje de rotación tiene pequeñas oscilaciones en zigzag, como se ve en la figura 5.6.

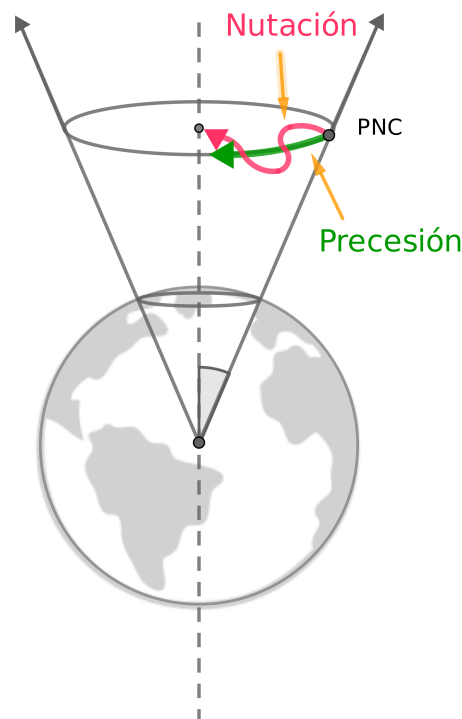


Figura 5.6. La nutación es una oscilación del eje terrestre que, en este dibujo, se indica como un zigzag de color rosa. Deben tener en cuenta que este bamboleo es muy pequeño y que, en la figura, está muy exagerado. Como ven, la nutación se superpone al movimiento de precesión (flecha verde). Por lo tanto, el movimiento definitivo del eje es la línea rosa.

Cada una de esas oscilaciones de nutación tarda unos 19 años en completarse. Por lo tanto, la nutación es un movimiento más rápido que la precesión. Sin embargo, como la oscilación del eje es muy pequeña, tiene muy pocos efectos notorios.

La causa de la nutación es la Luna. Nuestro satélite natural tiene una órbita que está inclinada unos 5° respecto al plano de la eclíptica. Por lo tanto, la Luna puede

estar a un lado o al otro del Ecuador y producir estas perturbaciones sobre el eje de rotación.

