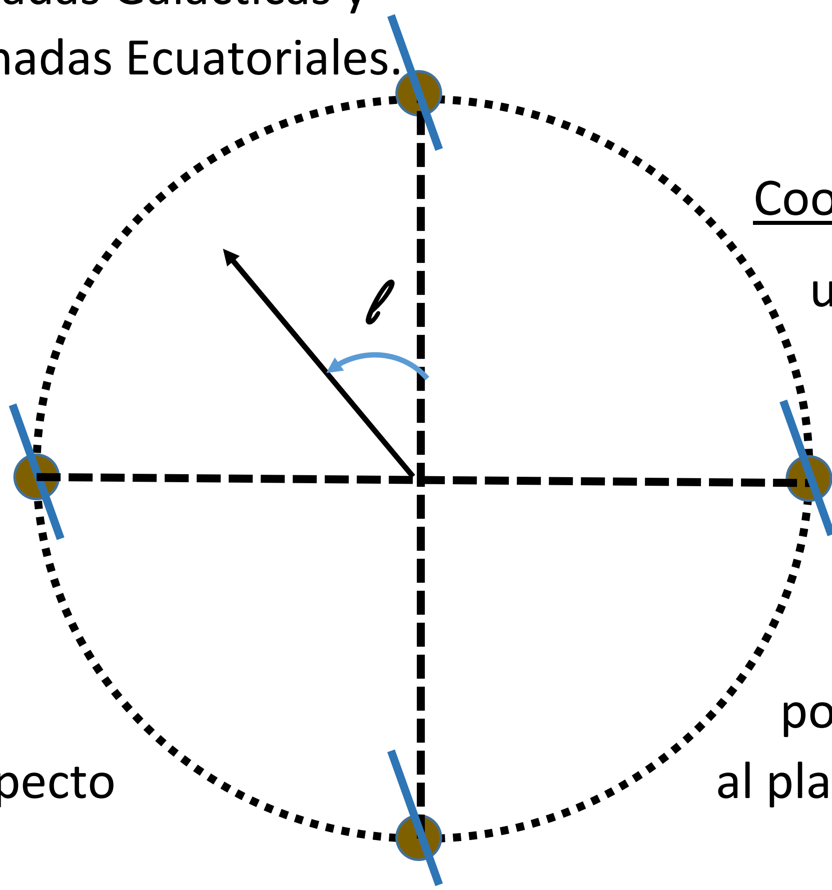
Coordenadas en Astronomía

En astronomía se utilizan tres diferentes sistemas de coordenadas para localizar o ubicar un objeto en la bóveda celeste (con el observador en la Tierra, conociendo que la Tierra se traslada alrededor del Sol y la dirección del eje de rotación de la Tierra está inclinado $\sim 23^{o}.5$ con respecto a la línea imaginaria perpendicular al plano de traslación de la Tierra en su movimiento de traslación, conocido como eclíptica) dependiendo principalmente para el tipo de objeto de estudio.

a. Coordenadas Eclípticas
b. Coordenadas Galácticas y
c. Coordenadas Ecuatoriales.



a. Las <u>Coordenadas Eclípticas</u> son utilizadas para la posición de los planetas en nuestro sistema planetario solar. Permiten determinar la posición de un objeto respecto al plano de la eclíptica (que es el plano definido por el infinito número de puntos donde se ubica la Tierra en su movimiento de traslación alrededor del Sol), y al así conocido Punto Vernal o Punto Aries.

El Punto Vernal o Punto Aries, es el lugar al cual se dirige una línea imaginaria desde el centro de gravedad de la Tierra hacia el Sol al medio día del equinoccio de primavera o 21 de marzo y que es la línea de la intersección de los planos del Ecuador de la Tierra y el plano de la eclíptica. El plano del Ecuador Terreste tiene una inclinación de $23^{\circ}.5$ con respecto al plano de la eclíptica.

La coordenada *longitud celeste (eclíptica)* se mide desde la línea imaginaria al punto Vernal, en sentido contrario a las manecillas del reloj. Ejemplo: la posición de la Tierra en la fecha 21 de Diciembre (solsticio de invierno) es longitud 90°.

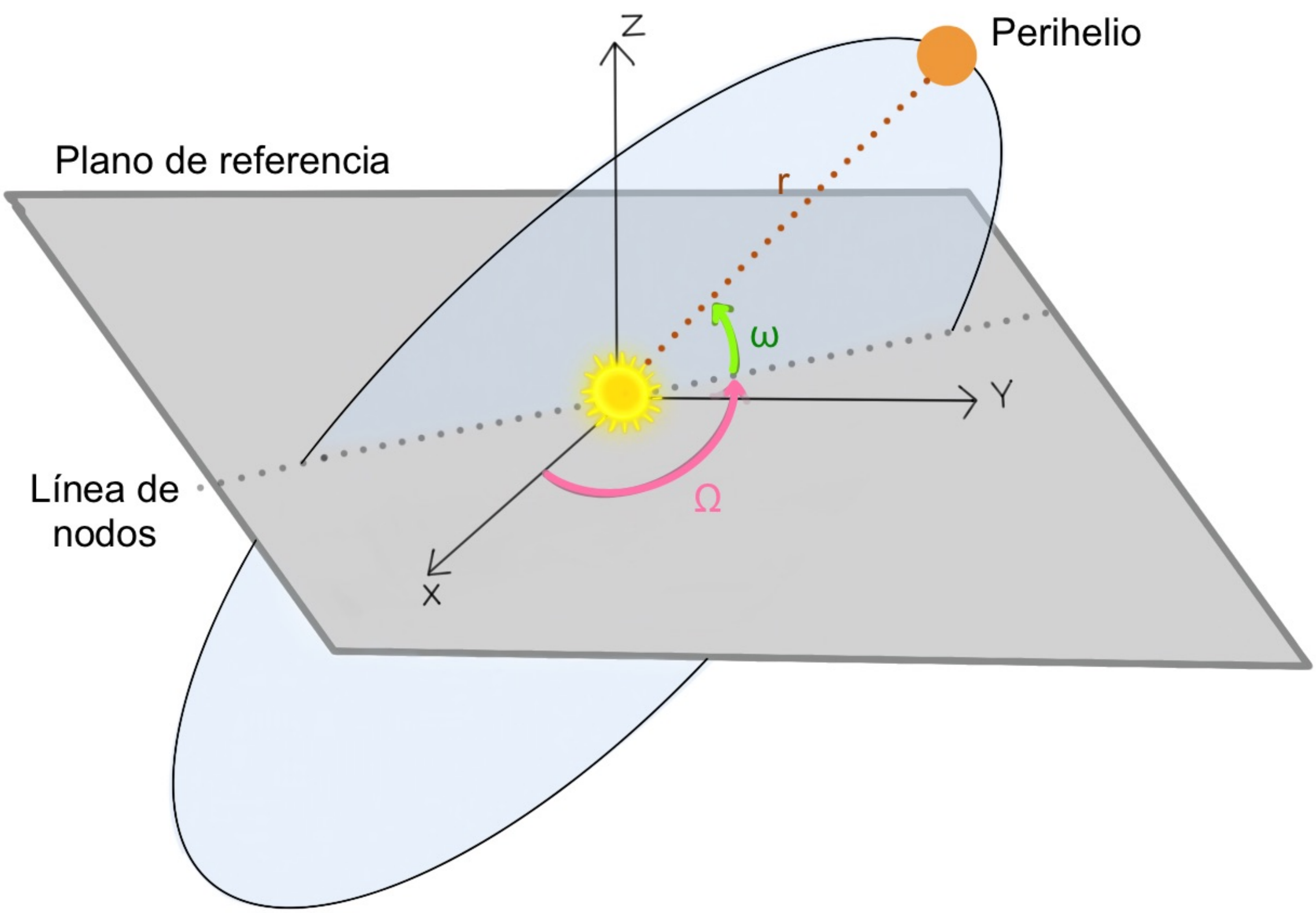
La coordenada *latitud celeste (eclíptica)* se mide desde el plano de la eclíptica. Positiva, “arriba del plano”; Negativa, “abajo del plano”.

Existe el concepto de anomalía media de un planeta, $\mathcal{M}$, que se define como:

$$\mathcal{M} = n\ (t - \ t_0),$$

donde n es la fracción de grados por día que avanza un planeta en su órbita de traslación alrededor del Sol (por ejemplo: para el planeta Marte, $n\ = \frac{360^{\circ}}{686.98\ días\ terrestres} \sim \frac{0^{\circ}.5240}{día}$) y $(t - t_0)$

Elementos orbitales



es la diferencia en días desde que el planeta pasó por su perihelio.

Existe otro concepto, $\mathcal{L}$, que se conoce como *longitud celeste heliocéntrica*, que se define como $\mathcal{L} = \varpi + \mathcal{M}$.

ϖ es la longitud del perihelio del planeta.

Planeta	ϖ
Mercurio	77.5
Venus	131.5
Tierra	102.9
Marte	336.0
Júpiter	14.7
Saturno	92.4
Urano	170.9
Neptuno	44.9

Existen otra coordenada, Ω, que se conoce como longitud del semieje de la línea de nodos que indica cuando un planeta paso de estar al sur del plano de la eclíptica, a estar al norte del plano de la eclíptica (en general se le conoce como la longitud de nodos ascendente)

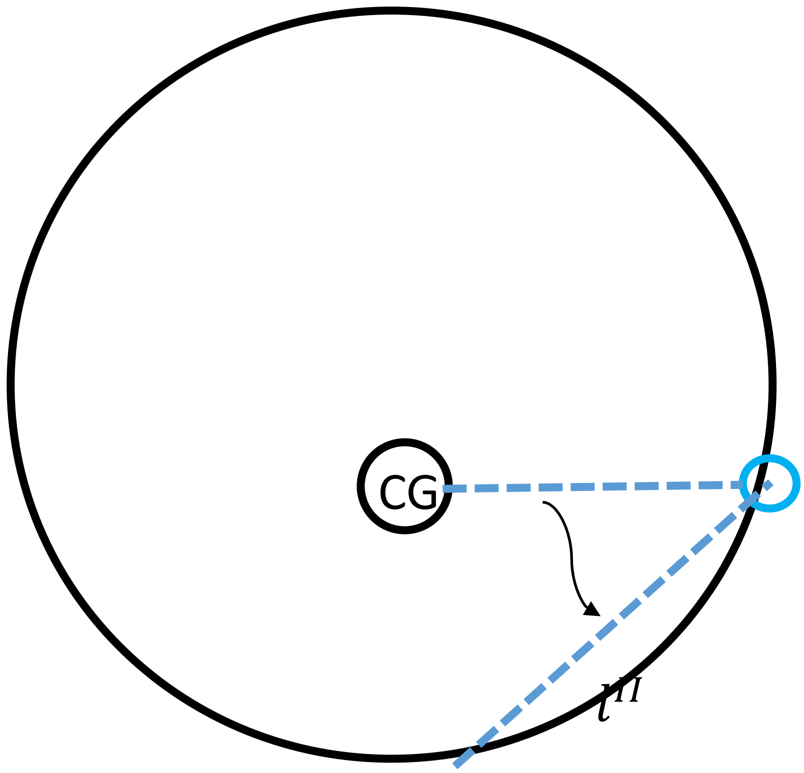
Planeta	Ω
Mercurio	48.3
Venus	76.7
Centro MasaTierra-Luna	-5.1

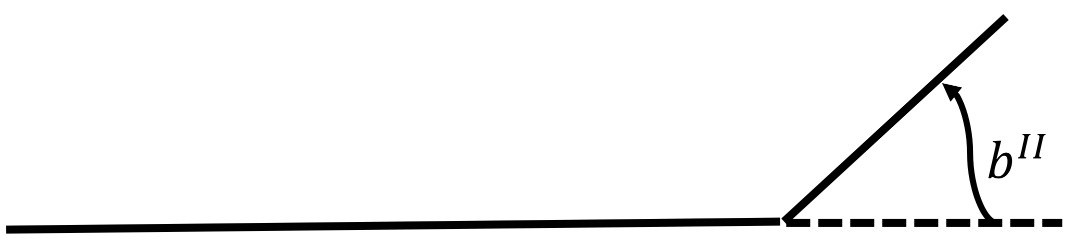
Marte	49.7
Júpiter	100.3
Saturno	113.6
Urano	73.9
Neptuno	131.8

b. Las <u>Coordenadas Galácticas</u> se utilizan para la localización de objetos en nuestra galaxia o Vía Láctea. Nuestra Galaxia se considera un objeto extendido, con diámetro mucho mayor que su altura, y utilizando el vocabulario matemático, se considera que existe un plano central dado por el número infinito de puntos de los objetos en su órbita de traslación alrededor del centro de la galaxia. El Sol se encuentra a una distancia aproximada de 8 kpc (~26,000 años luz) del Centro de la Vía Láctea.

La longitud galáctica, l^{II} (por cuestiones históricas), es el ángulo entre la línea imaginaria que une al Sol con el centro de la Vía Láctea y aumenta en contra de las manecillas del reloj, $0^{\circ} \leq l^{II} \leq 360^{\circ}$.

La latitud galáctica, b^{II}, es el ángulo desde el plano de la galaxia hacia la posición del objeto, hacia el norte es positiva, hacia el sur es negativa; $-90^{\circ} \leq b^{II} \leq +90^{\circ}$.

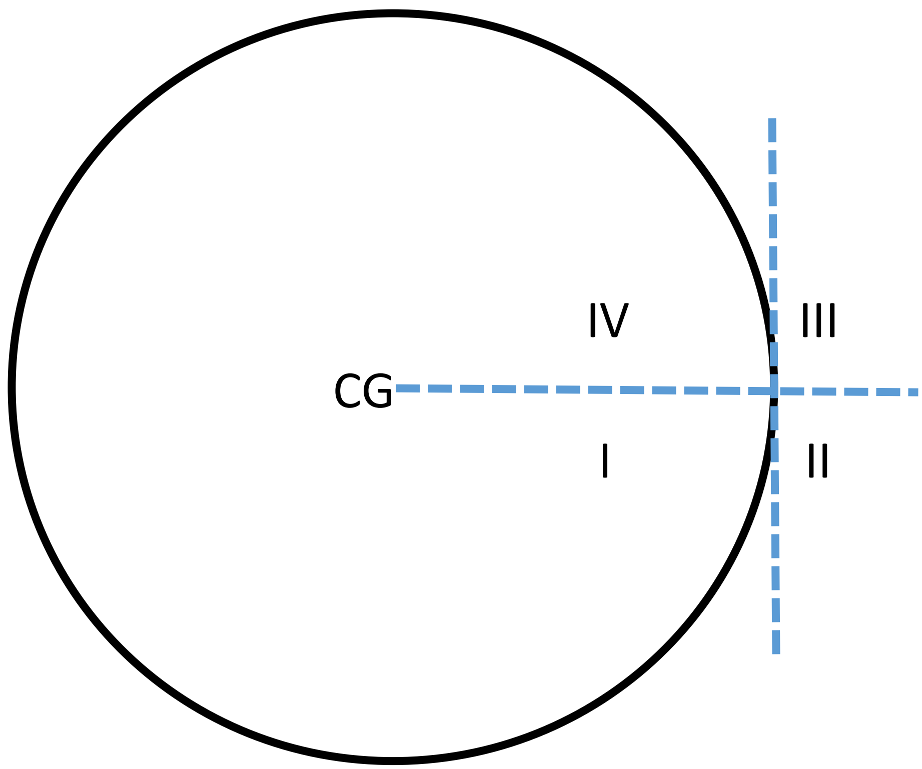




Por ejemplo, la nebulosa de Orion se encuentra aproximadamente en las coordenadas galácticas

$$l^{II} \sim 210, \qquad b^{II} \sim -20^{\circ}$$

El plano de la galaxia se divide en cuatro cuadrantes dependiendo del valor de la coordenada longitud: de 0 a 90 es el cuadrante I; de 90 a 180 es el cuadrante II; de 180 a 270 es el cuadrnate III y finalmente de 270 a 360 es el cuadrante IV.



c. Las <u>Coordenadas Ecuatoriales</u> se utilizan generalmente para la ubicación o localización de objetos fuera del sistema planetario solar. Tiene dos coordenadas:

- Ascensión Recta, denominada por la letra griega alfa: α
- Declinación, denominada por la letra griega delta: δ

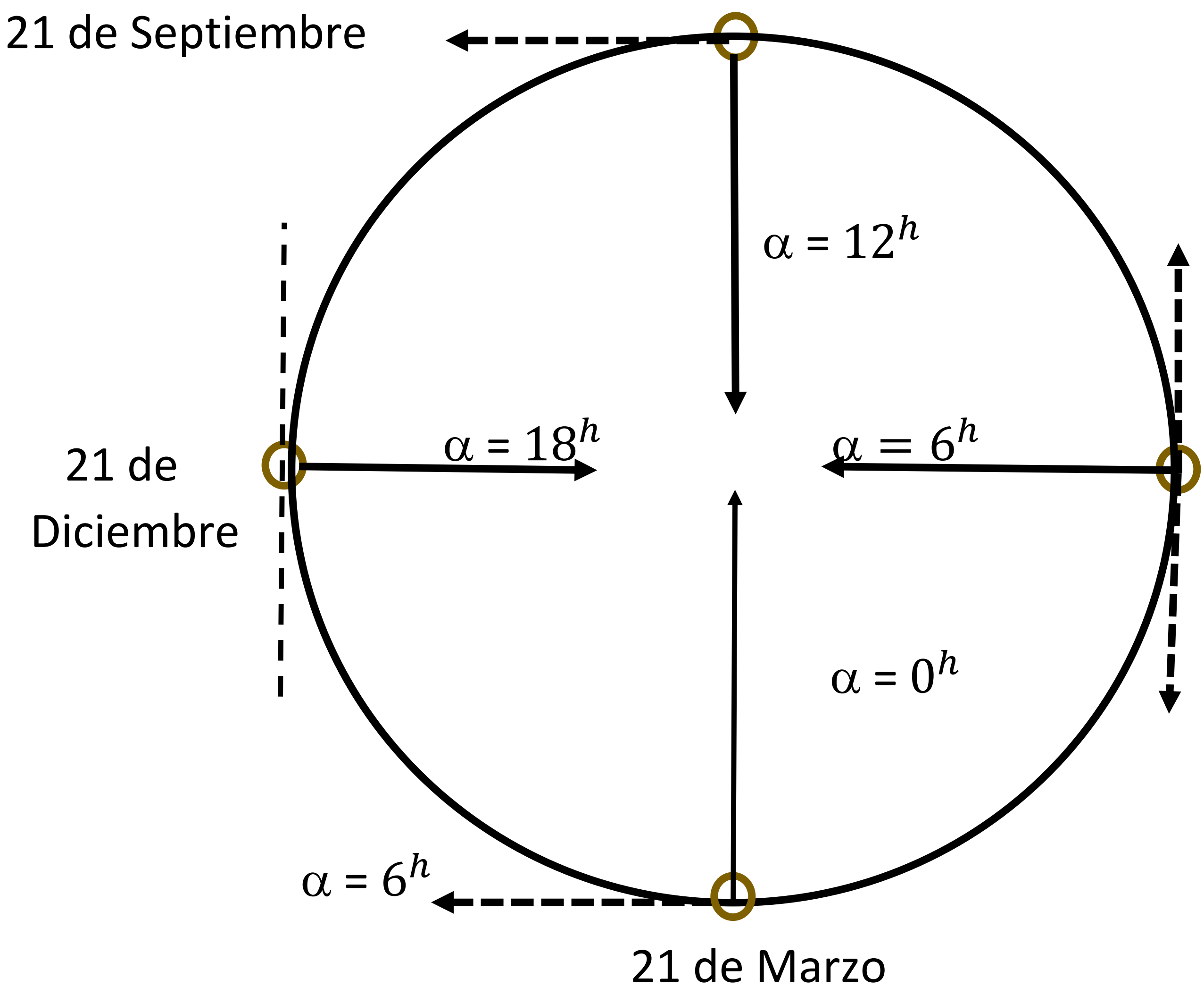
La ascensión recta se define como la línea imaginaria desde la Tierra hacia el objeto celeste sobre el plano de la eclíptica (órbita de la Tierra alrededor del Sol).

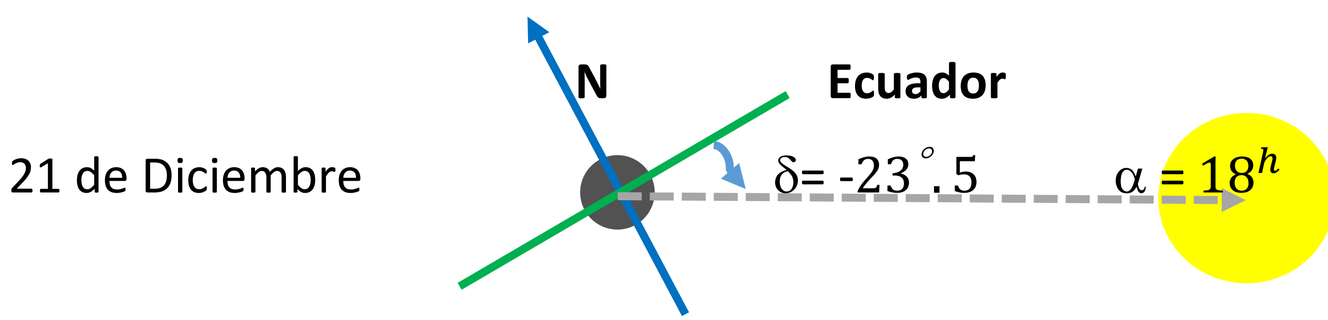
Así, α = 0^h, se define como la línea imaginaria desde la Tierra hacia el Sol al medio día (12 hrs) en la fecha 21 de Marzo (equinoccio de primavera), y avanza en contra de las manecillas del reloj.

α = 6^h, se define como la línea imaginaria desde la Tierra hacia el Sol al medio día (12 hrs) en la fecha 21 de Junio (solsticio de verano).

α = 12^h, se define como la línea imaginaria desde la Tierra hacia el Sol al medio día (12 hrs) en la fecha 21 de Septiembre (equinoccio de otoño).

Y α = 18^h, se define como la línea imaginaria desde la Tierra hacia el Sol al medio día (12 hrs) en la fecha 21 de Diciembre (solsticio de invierno).


21 de Septiembre
α = 12^h
21 de
Diciembre
α = 18^h
α = 6^h
α = 0^h
α = 6^h
21 de Marzo


21 de Diciembre
N
Ecuador
δ= -23°.5
α = 18^h

La declinación es el ángulo que se mide entre la línea imaginaria del plano del Ecuador de la Tierra extendido hacia la bóveda celeste, y se le conoce como ecuador celeste y la línea imaginaria desde la Tierra hacia el objeto.

Declinación cero, $\delta = 0^{\circ}$, es hacia el Sol en la fecha 21 de Marzo (equinoccio de primavera), $\delta = +23^{\circ}.5$, es hacia el Sol en la fecha 21 de Junio (solsticio de verano), $\delta = 0^{\circ}$, es hacia el Sol en la fecha 21 de Septiembre (equinoccio de otoño) y $\delta = -23^{\circ}$.5, es hacia el Sol en la fecha 21 de Diciembre (solsticio de invierno).

Debido a los diferentes movimientos pequeños pero notorios de la Tierra, como por ejemplo, la precesión de su eje de rotación, el movimiento de nutación (movimiento similar a un corcho sobre la superficie de agua del mar, hacia arriba y hacia abajo, que se puede modelar a primera instancia como un movimiento ondulatorio o “cosinusoidal”), la diferente velocidad de traslación de la Tierra alrededor del Sol, etc., las coordenadas ecuatoriales no son las mismas en diferentes fechas.

Las coordenadas ecuatoriales se deben actualizar con el tiempo.

La comunidad astronómica internacional ha decidido establecer (actualizar) las posiciones de los objetos cada 50 años.

Así se tuvieron los catálogos del año 1900.0, los del año 1950.0 y actualmente se tienen los catálogos del año 2000.0.

Los cambios no son muy grandes, así que las coordenadas ecuatoriales α y δ se pueden modelar matemáticamente como una función del tiempo y expresarla como una serie de Taylor alrededor del tiempo t_0 (año del catálogo) y tomando en cuenta el tiempo o la fecha de observación, t.

En general, para una función f(t), la serie de Taylor es:

$$f(t) \sim f(t_0) + (t - t_0)\,(\frac{df(t)}{dt})_{t=t0} + \frac{(t-t_0)^2}{2!}\,(\frac{d^2 f(t)}{dt^2})_{t=t0} + \cdots$$

Aplicada a la coordenada α, digamos tomando como referencia el año $t_0 = 2000.0$, se tiene, para una fecha actual de observación, t, a primer orden, solo tomando los primeros dos términos de la Serie de Taylor:

$$\alpha(t) = \alpha(2000.0) + (t - 2000.0)(\frac{d\alpha(t)}{dt})_{t=t0}$$

$$\alpha(t) - \alpha(2000.0) = (t - 2000.0)(\frac{d\alpha(t)}{dt})_{t=t0}$$

El mejor ajuste para la variación de la coordenada ascensión recta por año (termino extremo derecho de la expresión matemática anterior) es:

$$d\alpha(t) \sim m + n \ \sin(\alpha_{2000}) \tan(\delta_{2000}),$$

donde *m* y *n* son constantes, *m* = $3^{s}.07420$, *n* = $1^{s}.33589$.

En forma similar, la coordenada ecuatorial de declinación se puede expresar con los dos primeros términos de la Serie de Taylor.

La variación por año se puede escribir:

$$d\delta(t) \sim n \ \cos(\alpha_{2000}),$$

en este caso *n* también es una constante pero expresada en segundos de arco, $n = 20''.0383$.

Ejemplo:

Un radio astrónomo desea determinar las coordenadas ecuatoriales α y δ de la galaxia NGC 5597 para su próxima fecha de observación el 18 de Octubre de 2022.

Las coordenadas de NGC 5597 para el año 2000.0 son:

α = $14^{h}24^{m}27^{s}.49$, δ = $-16^{\circ}45'45''.9$.

a) Procedemos a determinar la diferencia en años desde el año 2000.0 a la fecha de observación: 18 de Octubre de 2022.

Son 21 años mas la fracción (31+28+31+30+31+30+31+31+30+18)/365.2421 que es igual a 0.79673. Por lo tanto la diferencia es: 21.79673 años.

b) $\alpha(2000.0) = 14^h.40763 \times \frac{15^{\circ}}{1^h} \sim 216^{\circ}.11445$,

$\sin 216^{\circ}.11445 = -0.58940.$

$\tan(-16^{\circ}.76275) \sim -0.30121.$

c) $\cos(-16^{\circ}.76275) \sim 0.95751$

d) La diferencia en ascensión recta por año es:

$$d\alpha(t) = 3^s.07420 + 1^s.33589\,(-0.58940)(-0.30121),$$

$$d\alpha(t) \sim 3^s.31136.$$

e) La diferencia en declinación por año es:

$$d\delta(t) = 20''.0383 \times (0.95751) = 19''.18687.$$

f) Multiplicando el resultado del inciso d) por la diferencia de años, se tiene, $3^s.31136 \times 21.79673 \sim 72^s.177$ $\equiv 1^m 12^s.177.$

g) Multiplicando el resultado del inciso e) por la diferencia de años, se tiene, $19''.18687 \times 21.79673 \sim 418''.211$
$\equiv 6'58''.211$.

h) $\alpha(18\ Octubre\ 2022) = \alpha(2000.0) + 1^m 12^s.177$.
$\alpha(18\ Octubre\ 2022) = 14^h 24^m 27^s.49 + 1^m 12^s.177$,

Finalmente:

$$\boldsymbol{\alpha(18\ Octubre\ 2022) = 14^h 25^m 39^s.667.}$$

i) $\delta(18\ \mathrm{Octubre}\ 2022) = \delta(2000.0) + 6'58''.211$,
$\delta(18\ \mathrm{Octubre}\ 2022) = -16^{\circ}45'45''.9 + 6'58''.211$,

$$\boldsymbol{\delta(18\ Octubre\ 2022) = -16^{\circ}38'47''.689}$$