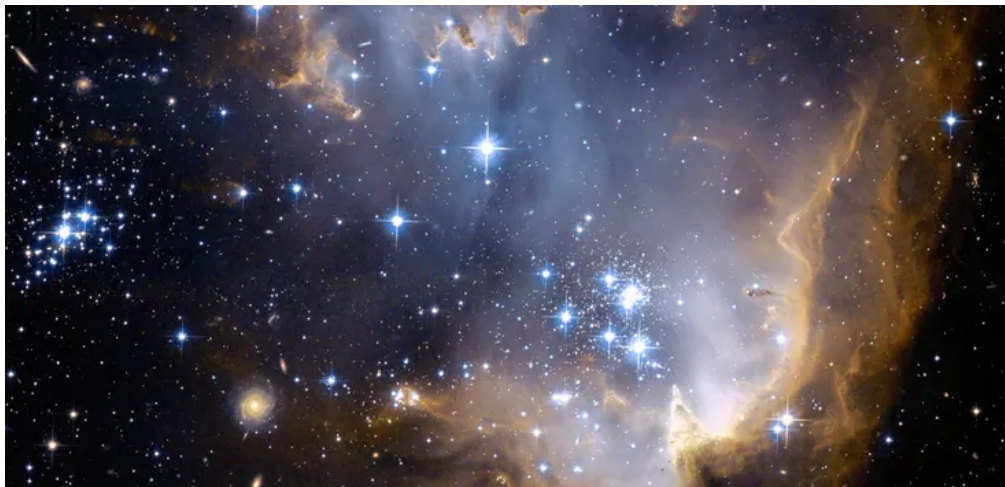


La materia oscura a debate

20-9-2023 Autor: Victor Estrada Diaz

Introducción

Desde tiempos inmemoriales, la humanidad ha observado con admiración el vasto e infinito cielo estrellado. La curiosidad por los objetos celestiales nos ha llevado a desarrollar sistemas de coordenadas que nos permiten ubicar con precisión estrellas, planetas, galaxias y otros cuerpos en el firmamento. En este documento, exploramos las coordenadas celestes y cómo los astrónomos miden las distancias en el espacio, un



desafío monumental que nos permite comprender mejor nuestro lugar en el universo.

¿Qué podemos observar?

El cielo nos presenta una diversidad de objetos celestiales, incluyendo asteroides, cometas, planetas, estrellas, cúmulos estelares, galaxias y cuásares. Sin embargo, la manera en que percibimos estos objetos varía según su distancia y movimiento.

Los asteroides, cometas y planetas son distinguibles por ser perceptible su movimiento aparente en el cielo debido a su proximidad. Mientras que los asteroides y cometas pueden cambiar rápidamente de posición, los planetas también se mueven, pero a un ritmo más lento en comparación con las estrellas de fondo.

Las estrellas, a pesar de su inmovilidad aparente, exhiben un ligero desplazamiento en el cielo al cabo del año debido al paralaje estelar, observable al comparar su posición en diferentes momentos del año, un que este es pequeño debido a su enorme distancia, es suficiente para calcular ésta.

Las galaxias están tan lejos que no se distingue su movimiento del fondo por lo que el paralaje ya no se puede usar ni tan siquiera para la más próxima a nosotros que es la galaxia de Andrómeda, su distancia presenta un desafío al cual solo podemos

afrontar bajo supuestos teóricos de como creemos que es la estructura del universo..



Coordenadas estelares

Bien, tenemos la situación en el cielo de una estrella o galaxia y sabemos que cuanto más lejos esté menor será su movimiento aparente por lo que la ascensión recta y la declinación para estrellas y galaxias es suficiente para ubicarlas en el cielo, pero necesitamos saber a qué distancia están.

A distancias de la galaxia podemos usar como distancia el paralaje, a distancias mayores como a otras galaxias no sirve el paralaje por que el objeto estará en la misma posición sobre el fondo, mediremos un paralaje que será a todos los efectos nulo, tenemos que idear entonces una forma efectiva de medir la distancia y por tanto recurrir a otros métodos.

Entender el cielo, coordenadas estelares

Cuando observamos el cielo desde la tierra o desde un telescopio espacial necesitamos determinar con precisión el objeto, es importante depositar esta información en una buena base de datos y debemos preparar las referencias precisas para identificar el objeto estelar sin ambigüedad.

Para ello es preciso establecer unas coordenadas para el cielo

Las coordenadas estandarizadas para observar el cielo son medidas angulares.

Coordenadas Celestes: Marcando el Cielo

Cuando observamos el cielo desde la Tierra o a través de telescopios espaciales, es esencial establecer coordenadas precisas para identificar los objetos celestiales de manera inequívoca. Estas coordenadas se expresan en medidas angulares, lo que significa que no están sujetas a unidades específicas, ya que representan ángulos de visión determinados por nuestra ubicación en la Tierra.

Ascensión Recta (AR): La ascensión recta es una medida angular que se toma desde el ecuador celeste para localizar un objeto en perpendicular a este plano. Esta coordenada se asemeja a la longitud en la Tierra y se utiliza para definir la posición de los objetos en el plano ecuatorial.

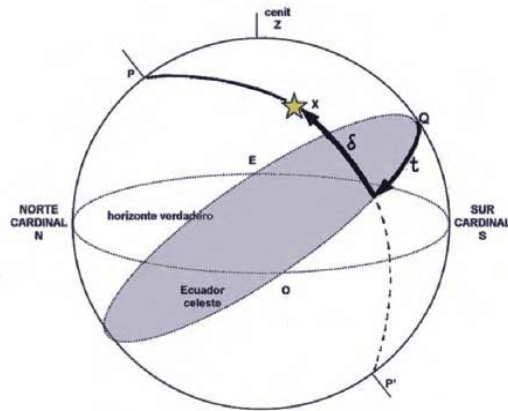
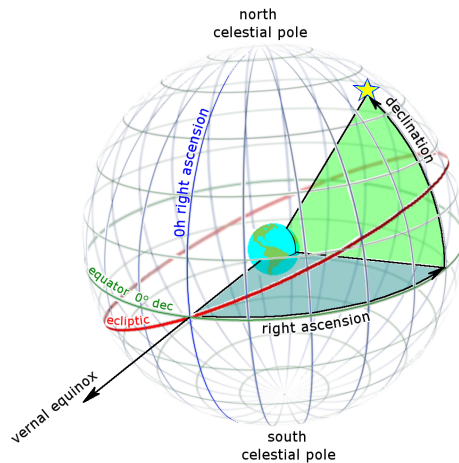
Es la medida fijada desde el ecuador para ver la estrella o galaxia desde una perpendicular a él, de ahí el nombre de ascensión recta.

Declinación (DEC): La declinación es una medida angular desde el ecuador celeste hacia arriba en el cielo. Determina la altura de un objeto en el cielo. Combinada con la ascensión recta, la declinación define la posición en el cielo de manera única para estrellas y galaxias

Es la altura en el cielo desde el ecuador.

Estas medidas fijan la situación en el cielo para una estrella o una galaxia, no indican a qué distancia a la que se encuentran pero son suficientes en la mayoría de los casos para identificarlas en el cielo.

- RA: Ascendencia Recta, DEC:Declinación.

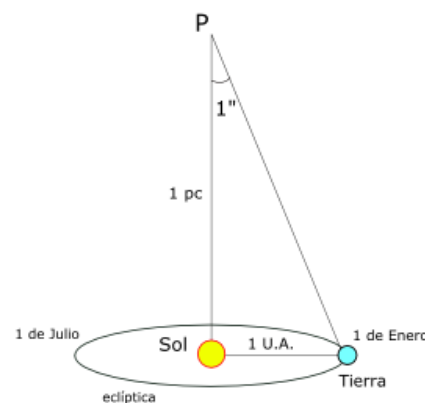
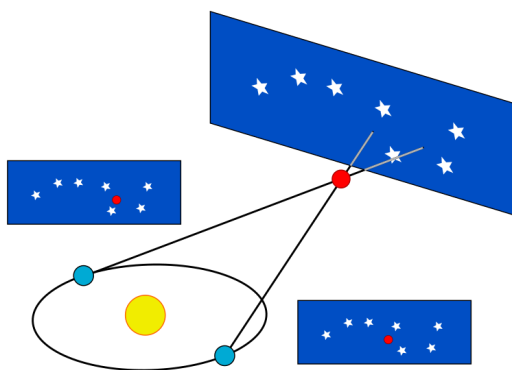


¿Que podemos ver?

Los asteroides, cometas, planetas, las estrellas, cúmulos, las galaxias, los quasar.

Los tres primeros: asteroides, cometas y planetas son claramente distinguibles por que al estar próximos su posición en el cielo cambia constantemente, de la misma forma que una persona cercana la vemos desplazarse respecto a nosotros y por el contrario una que está muy lejos la vemos como un punto siempre sobre una misma posición aparente.

Las estrellas siempre parece que están en la misma zona del cielo pero si la observamos en dos épocas diametralmente opuestas del año podremos debido a la vista binocular que nos proporciona la distancia de nuestras observaciones distantes que es la orbita alrededor del Sol podremos observar una cierta diferencia sobre el fondo mucho mas lejano, esta forma de medir se conoce como “paralaje”, es una medida angular.



Medir la Distancia

Para las estrellas dentro de la galaxia usamos el “paralaje”.

Si las estrellas están muy lejos no podremos distinguir la diferencia de posición respecto al fondo por lo que hace que la idea del parallax para estrellas cúmulos galaxias o quasar muy lejanos no sea posible.

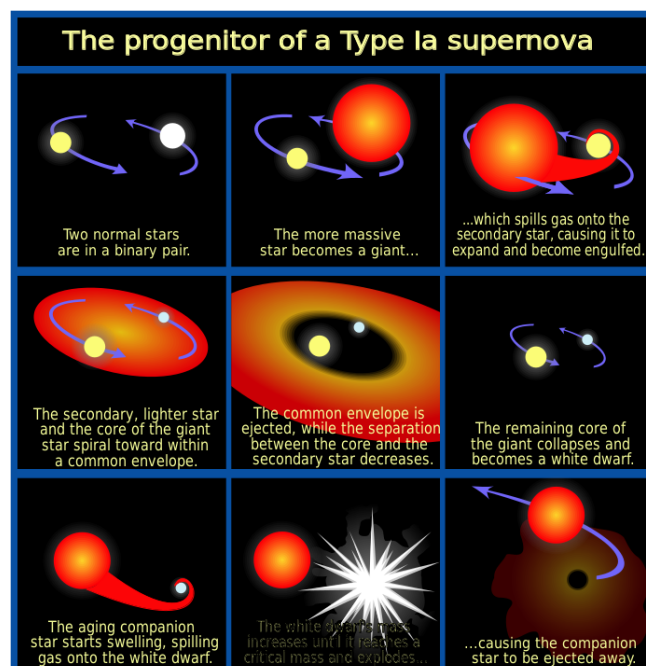
Para estrellas en nuestra galaxia PARALLAX (paralaje) es una medida posible y válida, pero más allá no es una medida que sea posible utilizar por que la posición del objeto no cambia en el transcurso del año, por lo que da un valor angular de 0.

De todos los métodos para calcular distancias a nivel galáctico donde no se puede usar el paralaje, el más usado, es el de Z (corrimiento al rojo del espectro) pero este método presenta algunos inconvenientes, pese a ello es el método más usado en los catálogos como variable z porque además de las medidas angulares RA (ascensión recta) y DEC (declinación) son variables que normalmente se pueden medir.

Como alternativa al paralaje para distancias enormes podemos usar algunos métodos:

1. Método de Candeleros Estándar (Cefeidas y Supernovas Tipo Ia): Las estrellas variables como las Cefeidas y las supernovas de Tipo Ia tienen una relación bien conocida entre su luminosidad intrínseca y su período de variación. Al observar su brillo aparente desde la Tierra, los astrónomos pueden estimar su distancia.

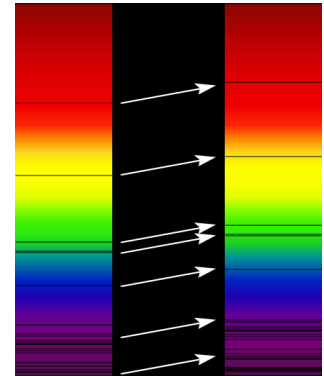
- Estas supernovas se producen debido a que al estar consumiendo masa de una estrella compañera vecina llega un momento que alcanzan la masa crítica para convertirse en estrella nova, lo importante es que esa masa crítica consigue que la nueva estrella nova tenga una masa y condiciones de brillo estandarizado lo que la hace muy apropiada como una candela estándar para medir distancias.
- [*Progenitor Ia supernova - Supernova de tipo Ia - Wikipedia, la enciclopedia libre*](#)



2. **Método de la Ley de Hubble-Lemaître:** La expansión del universo, descubierta por Lemaître en 1927 y propuesta por Edwin Hubble en 1929, establece una relación entre la velocidad de recesión de las galaxias y su distancia. Si se mide el corrimiento al rojo de la luz emitida por una galaxia, se puede estimar su distancia.

- [Ley de Hubble-Lemaître - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)

- Con la distancia se supone debido a la creencia de que estamos en un universo en expansión que las galaxias lejanas tienen un corrimiento al rojo cada vez más pronunciado, este corrimiento al rojo puede ser determinado por las rayas espectrales del hidrógeno que son conocidas.
- Se basan en modelos teóricos de la expansión del universo por lo que depende del grado de exactitud con que se adapte la medida real de corrimiento observado al modelo teórico.



3. **Lentes Gravitacionales:** La gravedad de objetos masivos, como cúmulos de galaxias, puede distorsionar la luz de objetos detrás de ellos. Esto puede usarse para estimar la distancia a la fuente de luz distorsionada mediante modelos de lentes gravitacionales.

4. **Diagrama de Color-Magnitud:** En cúmulos estelares o grupos de galaxias, las estrellas o galaxias pueden estar relacionadas de manera que su luminosidad aparente y color relativo se correlacionen. Esto puede utilizarse para estimar sus distancias.

5. **Ley de Stefan-Boltzmann:** La luminosidad de un objeto es proporcional a su temperatura elevada a la cuarta potencia. Midiendo la luminosidad y la temperatura de objetos celestes (como estrellas), se puede estimar su distancia.

6. **Modelos de Evolución Estelar:** Al estudiar la evolución estelar y las características intrínsecas de las estrellas, como su masa, temperatura y luminosidad, los astrónomos pueden estimar distancias a estrellas y cúmulos estelares.

7. **Método de Velocidad Radial:** Al medir el desplazamiento Doppler de líneas espectrales en la luz emitida por una fuente, como una galaxia, se puede determinar su velocidad radial. Si se conoce la velocidad radial y la velocidad orbital, se puede estimar la distancia.

8. **Estimaciones Geométricas Indirectas:** En algunos casos, se pueden utilizar observaciones geométricas indirectas, como la relación entre el tamaño aparente de un objeto y su distancia, para estimar distancias.

9. **Métodos Basados en Efectos Relativistas:** En sistemas astrofísicos extremos, como púlsares binarios o agujeros negros, los efectos relativistas en la órbita pueden proporcionar información sobre las masas y las distancias.
10. **Observaciones de Supernovas Distantes:** Las supernovas distantes, como las supernovas de tipo Ia, pueden utilizarse como faros cósmicos para medir distancias en el universo distante mediante la relación entre su brillo intrínseco y su brillo aparente.

Estos métodos y técnicas permiten a los astrónomos estimar distancias en el universo incluso cuando el método de paralaje no es aplicable debido a las limitaciones observacionales. Cada uno de estos enfoques se utiliza según la situación y la escala de distancia que se desea medir.

Pero presenta algunos inconvenientes:

Cada uno de los métodos mencionados para medir distancias en el espacio tiene sus propios inconvenientes y limitaciones.

Aquí mostramos una lista de algunos de los inconvenientes asociados con cada método:

1. **Método de Candeleros Estándar (Cefeidas y Supernovas Tipo Ia):**

Requiere la identificación de estrellas variables o supernovas específicas en el campo observado.

La calibración precisa de estas relaciones requiere observaciones detalladas y puede ser difícil para objetos muy distantes.

2. **Método de la Ley de Hubble-Lemaître:**

Depende de mediciones precisas del corrimiento al rojo, lo que puede ser difícil en objetos muy lejanos o con corrimientos al rojo pequeños.

La relación lineal es una aproximación simplificada y no es precisa en todas las escalas cósmicas.

3. **Lentes Gravitacionales:**

Depende de la presencia de objetos masivos que actúen como lentes, lo que puede no estar siempre disponible.

Requiere modelado complejo y puede ser sensible a la distribución de masa subyacente.

4. **Diagrama de Color-Magnitud:**

No es aplicable a todas las situaciones y depende de la disponibilidad de datos de alta calidad.

La presencia de polvo interestelar puede afectar las mediciones de color y luminosidad.

5. **Ley de Stefan-Boltzmann:**

Requiere mediciones precisas de la luminosidad y la temperatura, que pueden ser difíciles de obtener para objetos distantes.

El polvo interestelar también puede afectar las mediciones de luminosidad.

6. Modelos de Evolución Estelar:

Requiere información precisa sobre las propiedades intrínsecas de las estrellas, como su masa y composición, que pueden ser difíciles de determinar.

7. Método de Velocidad Radial:

Depende de mediciones precisas del corrimiento Doppler, que pueden verse afectadas por efectos no gravitacionales.

Requiere el conocimiento de la velocidad orbital, que puede ser incierto en algunos casos.

8. Estimaciones Geométricas Indirectas:

La precisión de las estimaciones geométricas depende de la calidad de las observaciones y de la geometría específica del sistema en cuestión.

Puede no ser aplicable a escalas cósmicas extremadamente grandes.

9. Métodos Basados en Efectos Relativistas:

Requieren observaciones muy precisas de sistemas extremos y pueden ser difíciles de obtener.

La interpretación de los efectos relativistas puede ser complicada.

10. Observaciones de Supernovas Distantes:

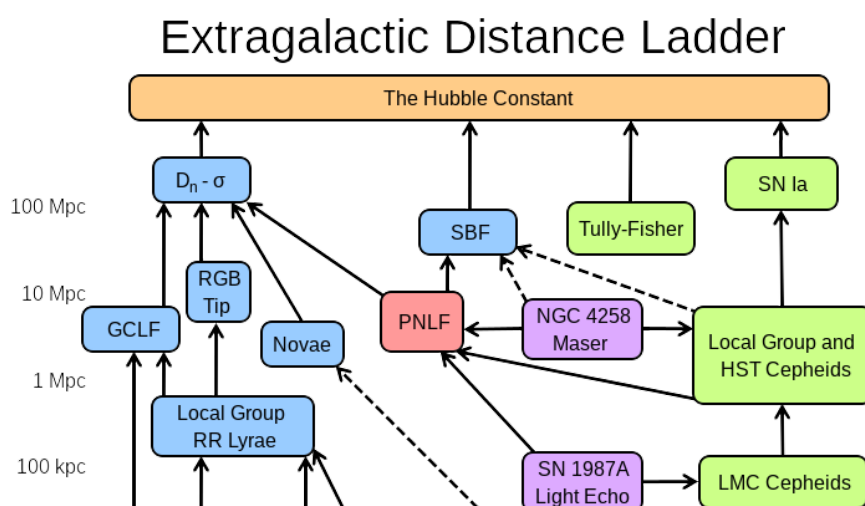
Requiere la identificación de supernovas específicas y mediciones precisas de su brillo.

Puede haber incertidumbres en la naturaleza de la supernova y la extinción debida al polvo.

Problemas de las medidas de distancia fuera de nuestra galaxia

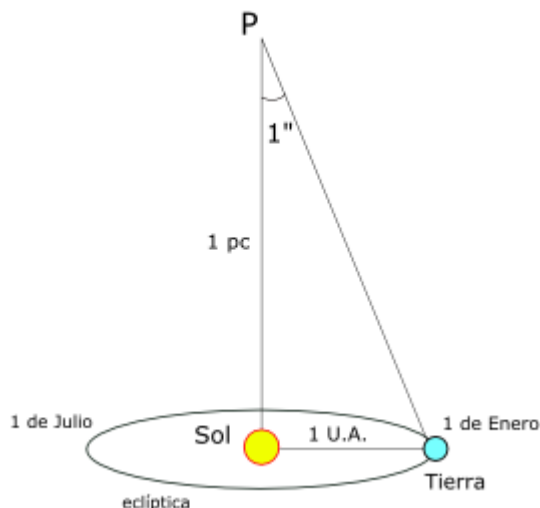
Estos métodos de medir distancias los hacen ser fuertemente dependientes de los modelos del universo y de nuestra idea de la curvatura que puede tener éste, no nos pueden dar una medida precisa de la distancia. Por ejemplo, si usamos el desplazamiento al rojo como distancia estamos juntando los mismos conceptos y esto nos da lugar a dos variables que no son independientes, si no que una define a la otra, esto nos condiciona en gran medida para saber cómo podemos determinar distancias por el corrimiento al rojo.

Aquí podemos ver la complejidad de los métodos que se usan para calcular distancias.



Unidades galácticas

Para medir distancias usamos:



La unidad astronómica UA

- Su unidad es la distancia del Sol a la Tierra

El año luz

- Su unidad es la distancia que recorre la luz en el vacío al cabo de un año

El parsec y el Kpc

- Su unidad es la distancia a la que estaría una estrella o un objeto estelar que tuviese un paralaje con una medida angular de un segundo.

¿Cuánto es 1 UA en km?

- La Unión Astronómica Internacional, define 1 au como una longitud igual a exactamente 149 597 870 700 metros. Como puede verse, 1 UA es aproximadamente **150 millones de kilómetros**, algo un poco menos que la distancia Sol-Tierra.

¿Cuántos km equivalen a un año luz?

- Su valor se puede hallar multiplicando la velocidad de la luz en el vacío ($c = 299792,458 \text{ km/s}$) por 365.25 días (duración de un año) y por 86 400 (segundos que tiene un día). Si se utiliza esa definición de año el resultado es 9 460 730 472 581 kilómetros.

¿Cuál es la distancia de un pársec?

- Equivale a 3.26 años luz
- Unidad de medida de distancia equivalente a unos **3.26 años luz**, o 3.086×10^{16} metros. Se define un pársec (o parsec) como la distancia desde la que habría que observar el Sistema Solar para que la órbita terrestre se viese en la distancia como un ángulo de un segundo de arco.
- El kpc son 1000 parsec
- La distancia de la estrella más cercana al sol (Próxima Centauri) está a un paralaje de 0,76 segundos de arco. Por lo tanto, se encuentra a 1,32 parsec, o **4,29 años luz**, forma parte del sistema estelar triple de Alfa Centauri.

Como se puede determinar el movimiento de una estrella

Esto solo es posible dentro de la galaxia, objetos más lejanos no mostrarán un movimiento aparente por lo que calcular su velocidad no se puede determinar por el cambio en las coordenadas RA y DEC

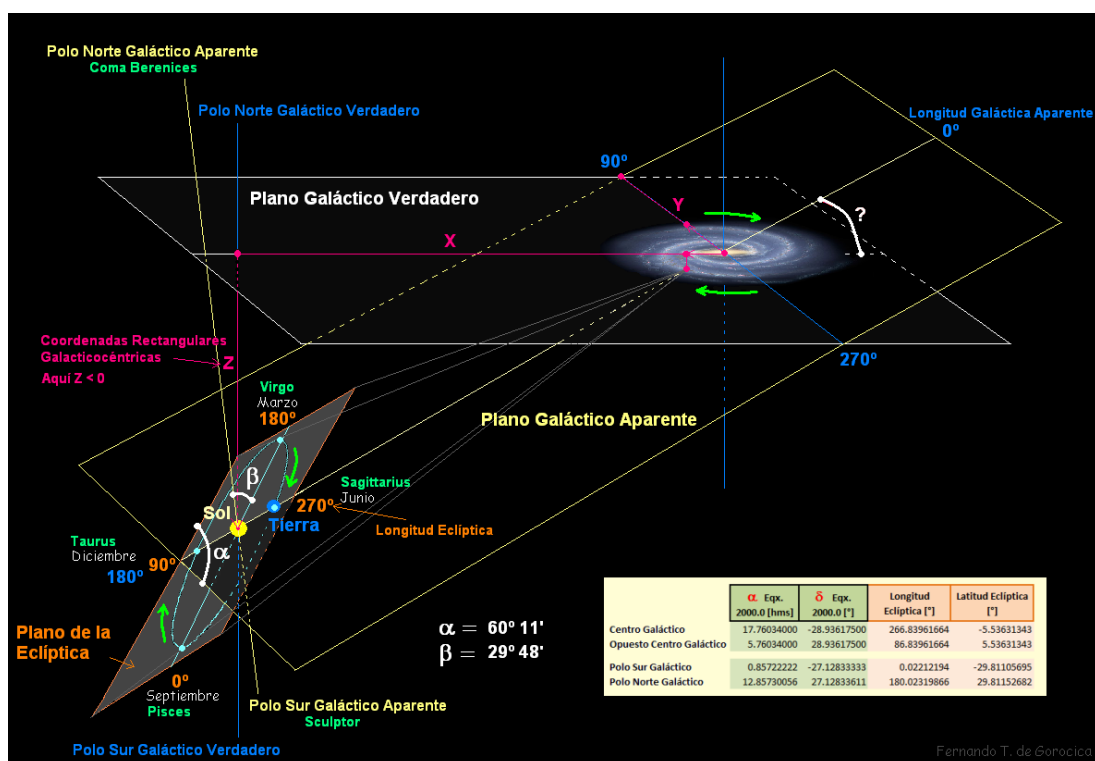
Una estrella se puede determinar su velocidad y dirección por su movimiento aparente, si podemos ver que su posición observada en el cielo cambia con el tiempo de esos cambios en las coordenadas podremos deducir su velocidad y dirección.

Para ello podemos usar los valores observados de su movimiento aparente en la dirección de la ascendencia recta y en el movimiento en la dirección de la declinación, estos dos valores al ser angulares no tienen otras unidades que la medida del ángulo que observamos, por ello se suelen llamar MRA para el movimiento aparente en la ascendencia recta y MDEC para el movimiento en la declinación.

El movimiento en la otra dirección que nos falta, en el paralaje, la dirección hacia nosotros no puede ser tomada directamente pero puede ser calculada, por otros métodos como el desplazamiento al rojo cósmico a través de año., En algunos catálogos de las bases de datos de observaciones se conoce como velocidad radial.

Referencias visuales en la galaxia

Esta imagen de Fernando de Gorocica nos puede dar una idea de las referencias visuales de las estrellas en la galaxia.



TRES PLANOS:

1º) El plano de la **Eclíptica** o plano de la órbita de la Tierra, pasa por el centro de la Tierra y el centro del Sol, está inclinado $23^{\circ} 47'$ respecto del Ecuador Celeste. El punto de Aries (hoy Piscis) es el origen del Sistema de coordenadas Eclípticas Geocéntricas, es decir la longitud y latitud eclíptica.

2º) El plano denominado **Galáctico Aparente**, va desde el centro del Sol al centro Galaxia. Se utiliza el Sistema de Coordenadas Galácticas Aparentes simplemente hoy llamadas Coordenadas Galácticas, con su longitud y latitud galáctica.

3º) El plano llamado **Galáctico Verdadero** que pasa por el Ecuador galáctico con centro en el bulbo galáctico, origen del Sistema de Coordenadas Rectangulares Galáctico-céntricas XYZ.

El ángulo o inclinación entre el plano Galáctico Aparente y el plano Galáctico Verdadero aún no se encuentra definido (? en blanco). Es por ello que nuestra estrella, el Sol, puede tener un valor Z positivo o negativo, depende en que lado del plano Galáctico Verdadero se encuentre.

Ver: [Coordenadas Galácticas Aparentes](#).

Date 30 April 2014, 08:40:12

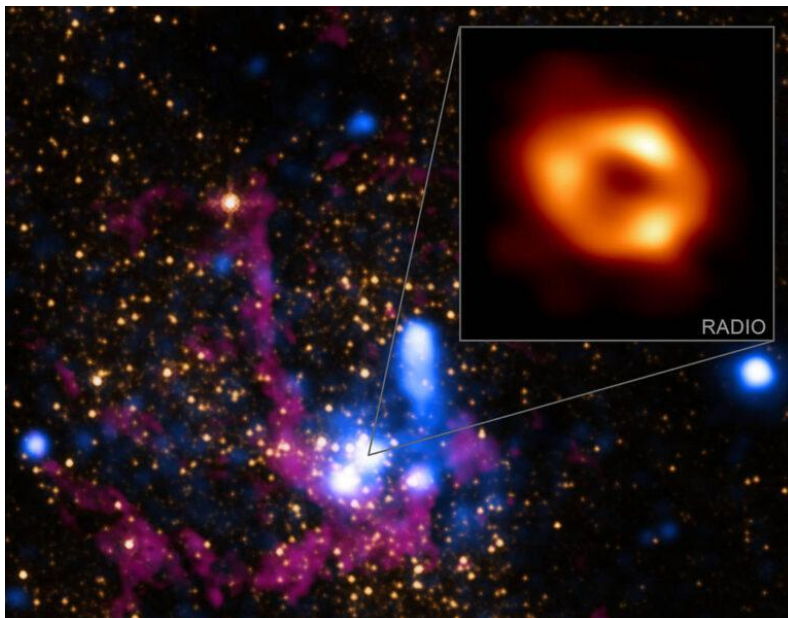
Trabajo propio de Fernando Gorocica

Source https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plano_Gal%C3%A1ctico_y_la_Ecl%C3%ADptica.png

Author [Fernando de Gorocica](#)

Coordenadas galácticas

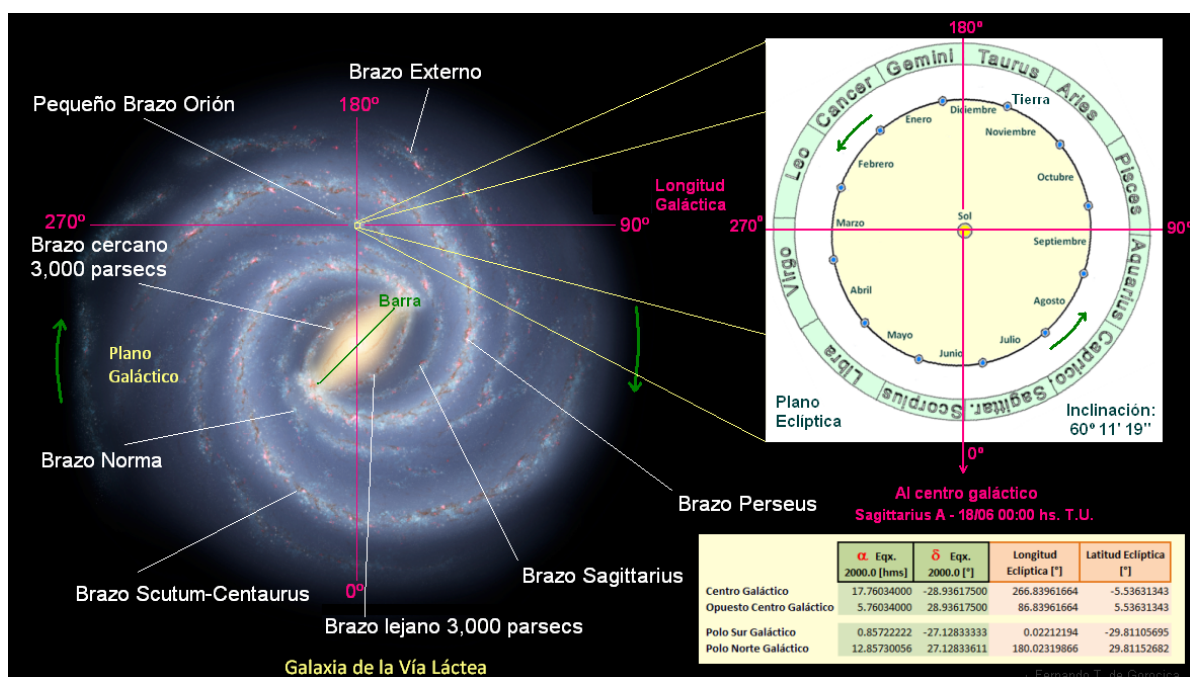
Los valores RA, DEC y PARALLAX antes comentados al ser valores angulares de observación usados directamente no nos sirven para estudiar el movimiento de las estrellas en la galaxia, es por ello que necesitamos un sistema de coordenadas cartesianas X Y Z, fijadas en el centro galáctico.



Punto $(x,y,z) = (0,0,0)$ Fijado en Sagitario A donde EHT ha logrado mediante un conjunto de antenas por todo el mundo para mediante interferometría formar al sincronizar las antenas un

radiotelescopio del tamaño de la Tierra.

a de Internacional de Event
escope (EHT)



La Vía Láctea es una galaxia tipo SBbc, espiral barrada con brazos medianamente abiertos. Aquí se visualizan los brazos más importantes y el sistema solar se encuentra en uno menor llamado de Orión que contiene las estrellas de dicha constelación. También en el gráfico de la derecha se puede determinar qué constelación zodiacal se observa en el transcurso del año como también que brazo del disco o canto de la galaxia, esto a medianoche.

Por ejemplo, cuando la Tierra está en su órbita alrededor del Sol y en el mes de Junio (18/06) a medianoche se puede ver una nubosidad blanquecina más relevante y en la constelación de Sagittarius, es entonces el bulbo o centro galáctico y tal banda va del Sur al Norte geográfico.

Cuando la Tierra se encuentra en el mes de Diciembre se observará a medianoche una nubosidad de menor luminosidad respecto a la de Junio y corresponde a las estrellas que conforman el disco o banda de la galaxia Vía Láctea y la dirección de observación es hacia los brazos exteriores de la misma donde se encuentran las constelaciones de Gemini y Cáncer, luego el

espacio intergaláctico.

Ver: [Plano Galáctico y la Eclíptica](#)

Date 30 April 2014, 08:40:32

Trabajo propio de Fernando Gorocica
Source https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coordenadas_Gal%C3%A1cticas_Aparentes.png

Author [Fernando de Gorocica](#)

Un lugar privilegiado para la observación

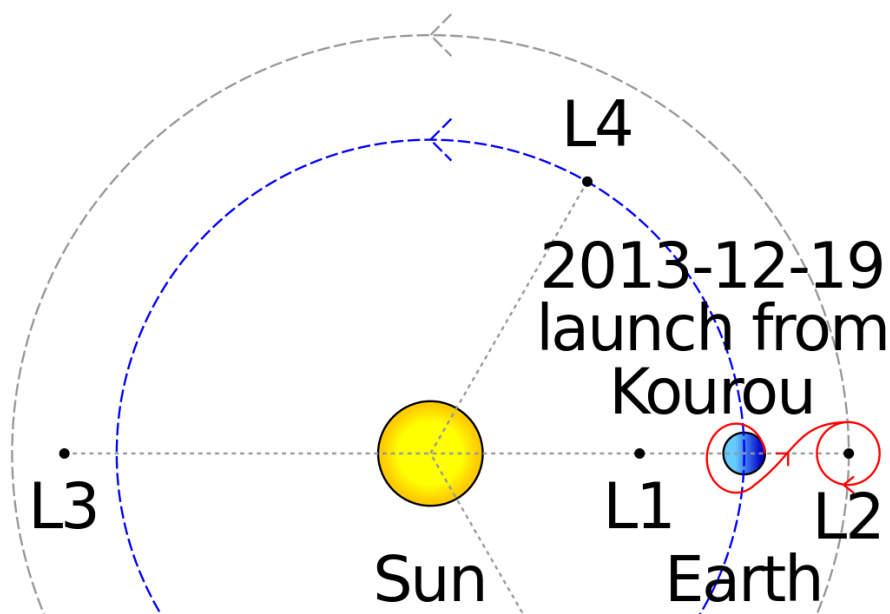
Con el objetivo de obtener datos sobre las estrellas de la galaxia, la Agencia Espacial Europea o ESA, un organismo de la unión europea creó el proyecto GAIA

La misión espacial Gaia fue lanzada el 19 de diciembre de 2013 desde el Centro Espacial de Kourou en la Guayana Francesa hacia el segundo punto de Lagrange (L2) del sistema Sol-Tierra. Gaia se estableció en una órbita alrededor del punto L2 de la Tierra, que se encuentra a unos 1.5 millones de kilómetros (aproximadamente 930,000 mill

Gaia fue diseñada para llevar a cabo un ambicioso proyecto de cartografía estelar, que implicaba observar la posición, el movimiento y las características de más de mil millones de estrellas en nuestra galaxia, la Vía Láctea. Establecerse en el punto L2 permitió a Gaia tener una visión ininterrumpida del cielo sin la interferencia de la luz solar, la luna y la atmósfera terrestre, lo que permitió mediciones extremadamente precisas de las estrellas.

Desde su lanzamiento, Gaia ha estado recopilando datos astronómicos y ha proporcionado una gran cantidad de información valiosa para la astronomía, ayudando a mejorar nuestra comprensión de la estructura y la evolución de la Vía Láctea y la distribución de las estrellas en nuestra galaxia.

Lo importante de este proyecto es que cualquier persona con conocimientos de programación y con interés de investigación puede tener acceso a sus datos que son públicos lo que ofrece a la ciencia una ayuda excepcional.





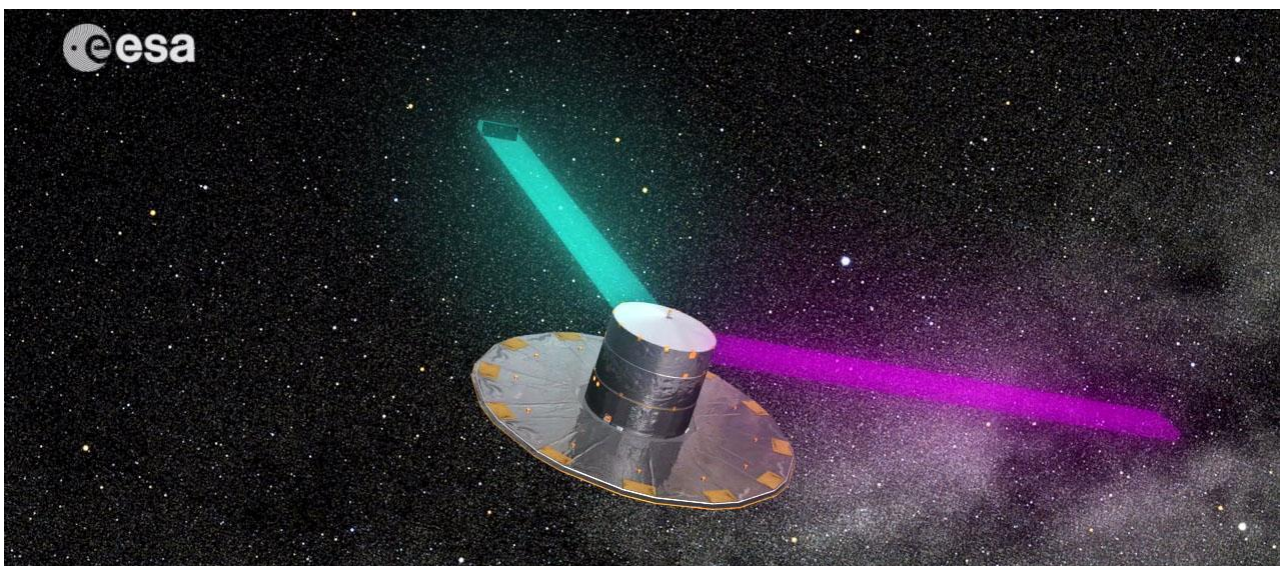
El satélite recoge datos de posición, de movimiento y otros de los objetos de nuestra galaxia con objeto de generar una cartografía lo más completa posible.

Las fotos son propiedad de la ESA, se comparten con licencia by-sa.

Para ver esta licencia por favor

visite: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>

Cualquier pregunta concerniente al uso de estas imágenes de ESA contacte con: spaceinimages@esa.int

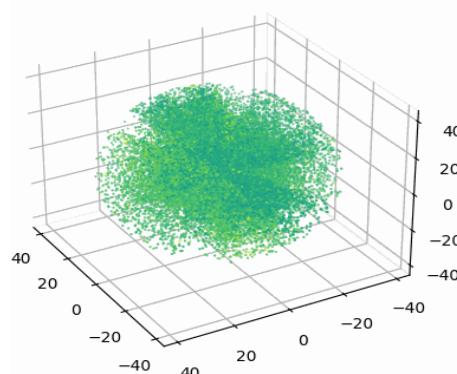


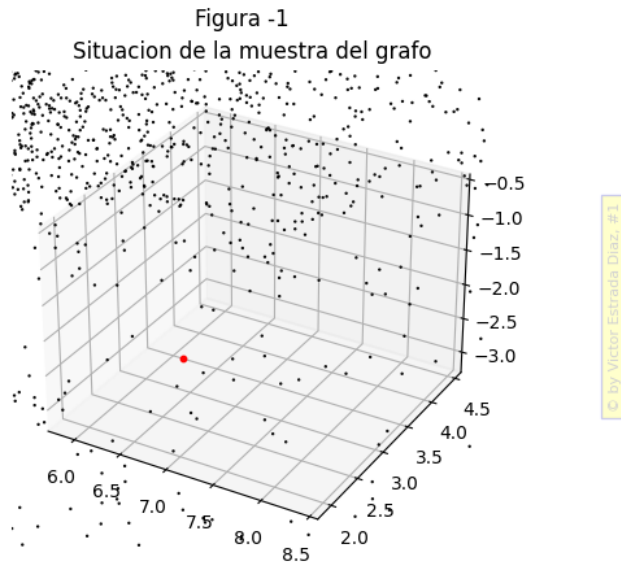
Este excepcional proyecto científico abierto me ha permitido realizar este trabajo sobre los movimientos estelares que me muestran interesantes y nuevos conceptos.

Las figuras anteriores son resultado de mi consulta a la base de datos de GAIA.

La primera es una muestra dentro del radio de 40 kiloparsec, unos 130 mil años luz del centro de la galaxia, nosotros estamos a unos 8,3 kiloparsec (kpc) a unos 27 mil años luz del centro galáctico.

Estrellas de la muestra: 11380152





La figura que sigue muestra el Sol y sus compañeras vecinas de su entorno, el Sol está marcado en color rojo.

¿Dónde estamos?

La situación del Sol en la galaxia y por tanto la del sistema solar es:

$$\begin{aligned}x0 &= 8.3 \text{ \# kpc} \\y0 &= 0 \text{ \# kpc} \\z0 &= 0.027 \text{ \# kpc}\end{aligned}$$

Kpc es en kiloparsec

Esta situación se corresponde a unos 27 mil años luz aproximadamente del centro galáctico y unos 88 años luz sobre el plano galáctico, la coordenada y se fija en la dirección del Sol al centro, por eso vale 0.

Y: Se fija la coordenada y en cero en la dirección desde el sol al centro galáctico, es radial al movimiento circular del sol en la galaxia.

X: Se fija la coordenada x perpendicular a la coordenada Y desde el centro galáctico

Z: esta coordenada se fija sobre el eje de rotación de la galaxia.

Las rectas de los planos X e Y que pasan por el centro galáctico están en planos ortogonales (90°) y coinciden con el plano galáctico.

Importancia de la Velocidad Estelar

En la astronomía, utilizamos medidas angulares, como el paralaje (PARALLAX), para determinar las distancias y coordenadas celestes, como la ascensión recta (RA) y la declinación (DEC), para localizar objetos en el cielo. Estas medidas proporcionan información sobre la posición de las estrellas en relación con nuestra perspectiva terrestre.

Cuando queremos conocer la velocidad de una estrella, observamos las variaciones en sus coordenadas RA y DEC a lo largo del año. Esto nos da las medidas de su movimiento angular relativo, que se conocen como movimiento relativo respecto a la ascensión recta (MRA) y movimiento relativo respecto a la declinación (MDEC).

Sin embargo, es importante destacar que estas medidas solo nos proporcionan información sobre el movimiento aparente de la estrella en el cielo, pero no nos dicen nada sobre su movimiento en nuestra línea de visión o respecto al paralaje. Por lo general, el valor de movimiento en la dirección del paralaje es cercano a cero o muy pequeño.

En algunos casos, debido al corrimiento al rojo y otros factores, el proyecto Gaia y otros observatorios pueden calcular y proporcionar esta velocidad, que por defecto se asume como cero. Esta velocidad se calcula bajo el concepto de velocidad radial, que es el componente de la velocidad de una estrella en la línea de visión del observador, es decir, hacia o desde nosotros.

Esta información es esencial para comprender completamente el movimiento de las estrellas en el espacio y cómo se relacionan con nuestro sistema solar y la Vía Láctea en su conjunto.

Así se observa un movimiento del sol respecto al centro galáctico en las coordenadas que hemos fijado:

$$v_{x0} = -11.1 \text{ \# km/s}$$

$$v_{y0} = 232.24 \text{ \# km/s}$$

$$v_{z0} = 7.25 \text{ \# km/s}$$

¿Ahora que pasa con las velocidades que observamos?

Son velocidades aparentes, velocidades bajo nuestra perspectiva, pero como hemos visto el Sol y por tanto todo el sistema solar se mueve con el por tanto la velocidad real de las estrellas no es la que observamos en MRA MDEC y Velocidad radial puesto que las estamos midiendo desde un objeto que también se mueve como es el sol y con él, el sistema solar.

La velocidad real es el resultado de componer los dos vectores de velocidad.

Cualquier estudio ha de hacerse teniendo en cuenta esto.

Velocidad real de una estrella

La "velocidad galáctica" o "velocidad GSM" se refiere a la velocidad real de una estrella en relación con el centro de la Vía Láctea. Para calcularla, se realiza una composición vectorial de la velocidad del movimiento propio de la estrella (MRA y MDEC) y la velocidad del Sol en la galaxia.

La velocidad del Sol en la galaxia se conoce como la "velocidad galáctica del Sol" o "velocidad peculiar del Sol". Esta velocidad se debe a la órbita del Sol alrededor del centro galáctico y puede ser aproximadamente de alrededor de 232.24 kilómetros por segundo (km/s).

La velocidad galáctica se calcula sumando vectorialmente la velocidad propia de la estrella y la velocidad peculiar del Sol. Esta información es fundamental para comprender el movimiento y la dinámica de las estrellas en la Vía Láctea, especialmente cuando se estudian movimientos estelares a escalas galácticas.

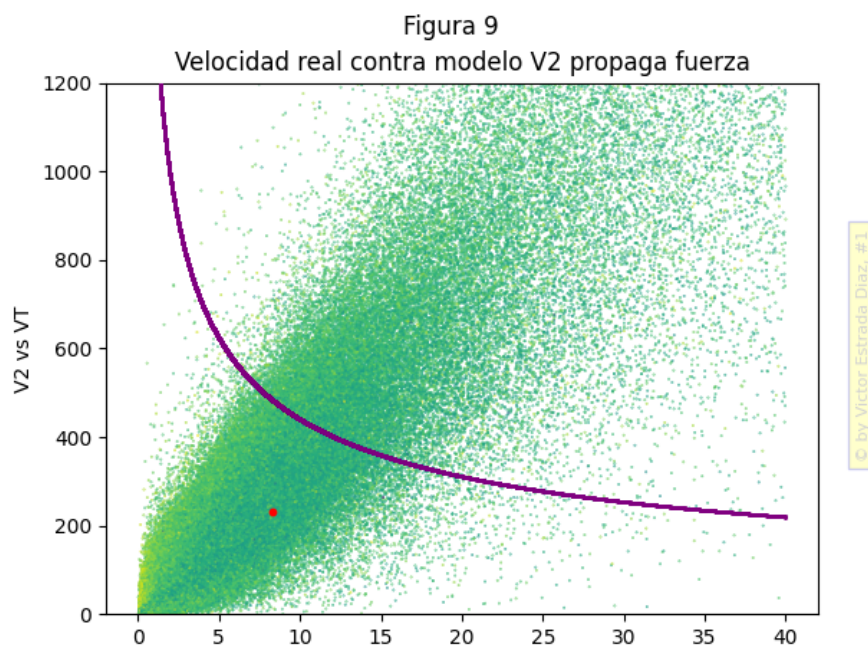
Movimiento aparente de las estrellas

Nótese que estos son datos reales que he obtenido consultando directamente a la base de datos de GAIA mediante una consulta en lenguaje SQL. Los datos los he almacenado en mi ordenador para este estudio, todas las gráficas de mi trabajo llevan una marca.

Estos valores son velocidades aparentes, es decir son los que el satélite GAIA observa directamente, se puede ver una tendencia creciente pero no son velocidades reales puesto que son medidas desde el sistema Solar que se está moviendo con el Sol, por tanto se necesita una composición entre la velocidad observada y la propia del Sol para extraer la velocidad propia real de las estrellas en la galaxia.

La curva malva es la velocidad que se calcula para cada estrella si le aplicamos las leyes de Newton. Al ser una velocidad aparente esta está condicionada por la propia del Sol.

Nótese que el Sol está marcado en rojo.



Velocidades Reales

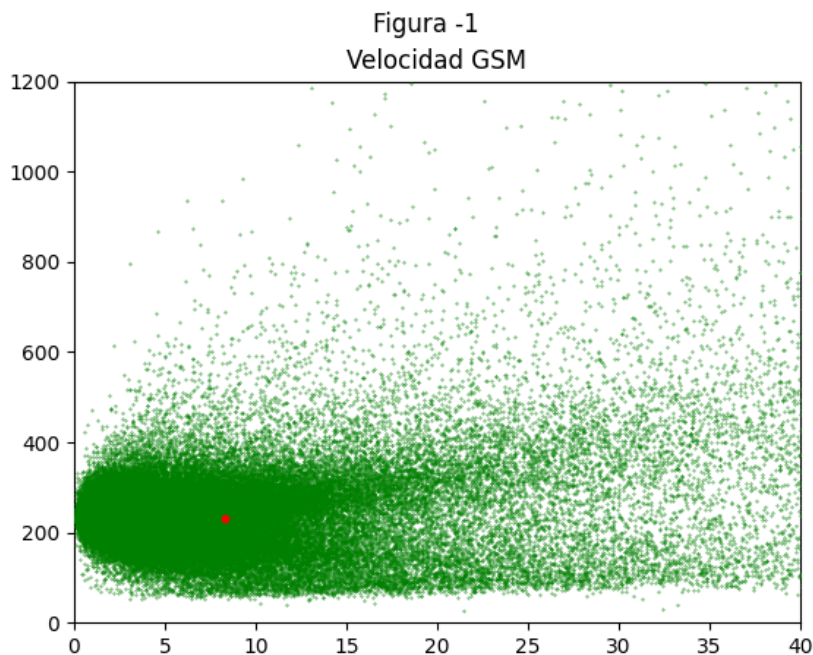
Nota: el término GSM

- En este trabajo, utilizaremos la sigla GSM, se refiere al 'Sistema Galáctico de Reposo' (Galactic Standard of Rest en inglés).
- Este sistema GSM nos permite afrontar el estudio de las velocidades de las estrellas debido a que lo que significa GSM que es que tenemos que convertir los valores de movimiento que observamos que llevan implícito que estamos midiéndolas respecto a un sistema en movimiento que lleva su propia velocidad como es la que tiene el sistema solar en la galaxia para fijarla sobre un sistema de coordenadas galácticas fijas.

También conocidas como GSM, este sistema determina las velocidades reales de las estrellas al transformar las velocidades aparentes mediante la resta vectorial de la velocidad real del Sol.

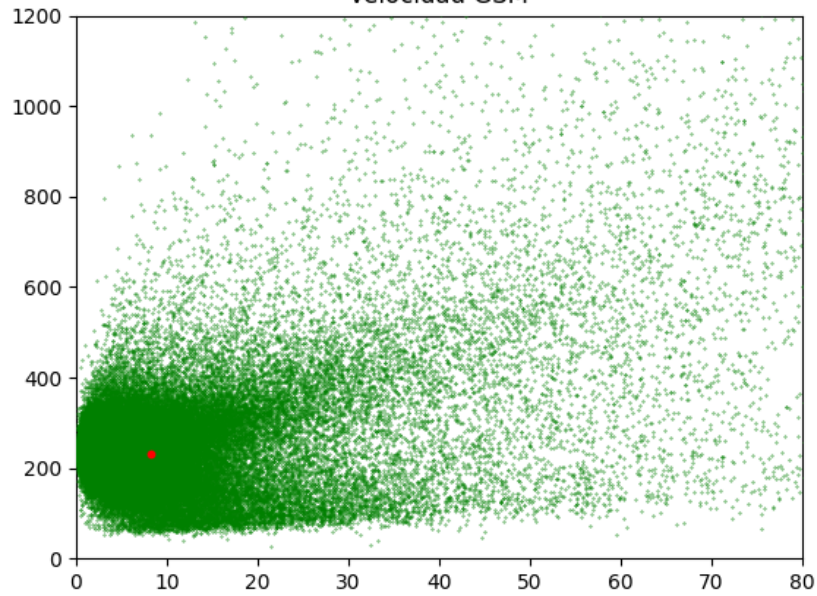
Nótese pues que estas si son las velocidades reales al no estar influidas por nuestra propia velocidad como observadores.

Esta transformación matemática simple resultará en una vista completamente precisa de las velocidades reales de la muestra, no siendo un modelo de velocidades teórico sino velocidades reales.



Aquí las velocidades hasta 40 kiloparsec del centro galáctico

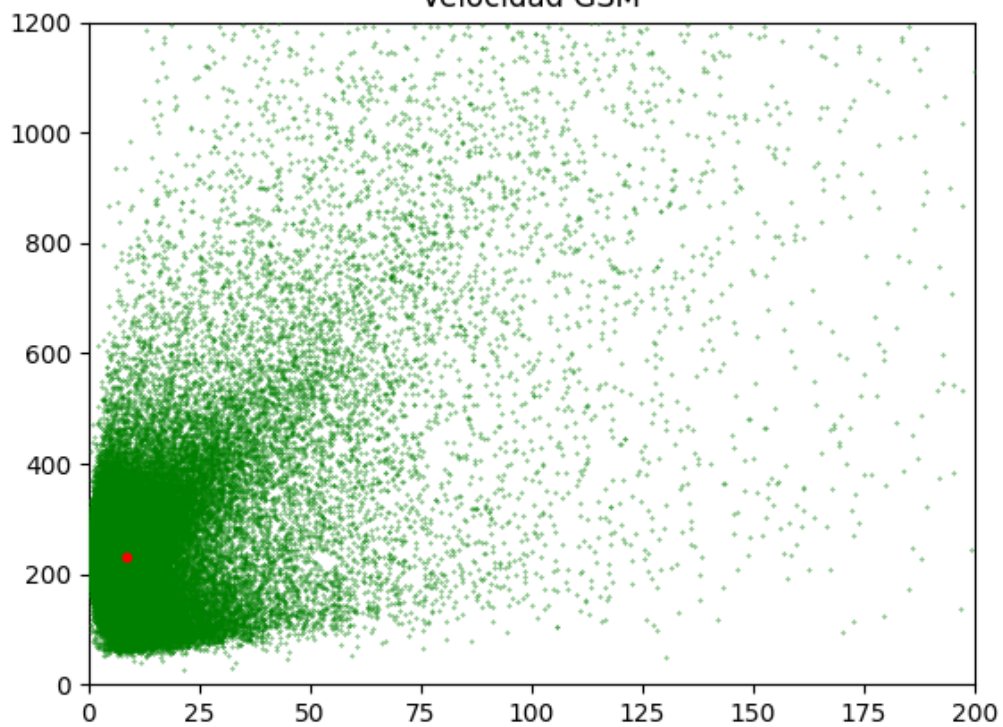
Figura -1
Velocidad GSM



Aquí las velocidades hasta 80 kiloparsec del centro galáctico.

Aquí hasta distancias de 400 kiloparsec del centro galáctico.

Figura -1
Velocidad GSM



Y BIEN, ¿Cómo interpretar el movimiento de las estrellas?

En el vacío cualquier par de puntos que estén separados en una distancia mantendrán ésta si no están sujetos a una fuerza, o lo que es equivalente se verán sometidos a una aceleración proporcional a su masa.

Un objeto mantendrá su velocidad en el vacío o su cantidad de movimiento si no se ve sometido a una fuerza.

Hay en la naturaleza 4 fuerzas conocidas pero solo la gravedad que es la mas débil de ellas es significativa a distancias astronómicas.

Fuerza débil

Fuerza fuerte

Fuerza electromagnética

Gravedad

El movimiento de las estrellas y la dinámica de los objetos en el universo se rigen principalmente por las leyes de la física, en particular, por la ley de la gravedad según la teoría de la relatividad de Einstein. Aquí hay algunas consideraciones clave sobre cómo interpretar el movimiento de las estrellas:

1. **Ley de Gravitación Universal:** La ley de gravitación universal establece que cualquier objeto con masa ejerce una fuerza gravitatoria sobre otros objetos con masa. Esta fuerza depende de la masa de los objetos y la distancia entre ellos. En el contexto de las estrellas, esta ley explica cómo las estrellas interactúan gravitacionalmente entre sí.
2. **Movimiento Orbital:** Las estrellas en sistemas estelares (como sistemas binarios o sistemas planetarios) se mueven en órbitas alrededor de un centro de masas común debido a la influencia de la gravedad. Este movimiento se rige por las leyes de Kepler, que describen cómo los objetos se mueven en el espacio bajo la influencia de la gravedad.
3. **Fuerzas Externas:** Las estrellas también pueden experimentar fuerzas externas además de la gravedad, como las fuerzas ejercidas por el gas y el polvo interestelar, la radiación electromagnética y otros factores. Estas fuerzas pueden afectar su movimiento y evolución.
4. **Materia Oscura:** La materia oscura es una hipotética forma de materia que de existir (cosa aún no probada) no emite luz ni interactúa directamente con la radiación electromagnética, pero ejerce una influencia gravitatoria significativa. Se postula su existencia para explicar el movimiento observado de las galaxias y la formación de estructuras a gran escala en el universo. Aunque ahora se generaliza este concepto, su origen fue para encontrar una explicación al movimiento de las estrellas en la galaxia.

5. **Energía Oscura:** La energía oscura es otra componente misteriosa que se cree que está causando una aceleración en la expansión del universo. Aunque no interactúan gravitatoriamente a distancias pequeñas, su efecto a escalas cosmológicas se conjetura que es importante y se está investigando para entender su naturaleza.
6. **Teorías de la gravedad modificada y Teoría de Cuerdas:** Algunas teorías físicas más allá del Modelo Estándar proponen modificaciones en las leyes de la gravedad o unificación de las fuerzas fundamentales a escalas cósmicas. Estas teorías se exploran como posibles explicaciones de fenómenos cósmicos sin recurrir a la materia oscura o la energía oscura.
7. **Investigación Activa:** La astronomía y la física teórica siguen investigando activamente el movimiento de las estrellas y otros fenómenos cósmicos. La búsqueda de partículas exóticas, la comprensión de la gravedad a escalas extremadamente grandes y pequeñas, y la exploración de nuevas teorías son áreas en constante evolución de la investigación científica.
8. **Teoría de Cuerdas:** La teoría de cuerdas es un marco teórico que busca unificar la física fundamental al considerar que las partículas elementales son en realidad cuerdas vibrantes en dimensiones adicionales al espacio-tiempo que conocemos. Aunque esta teoría es muy compleja y aún no se ha demostrado experimentalmente, podría tener implicaciones para la gravedad a escalas cósmicas.

En resumen, el movimiento de las estrellas se interpreta principalmente a través de la ley de gravedad y las observaciones astronómicas. Sin embargo, la existencia de fenómenos como la materia oscura y la energía oscura sugiere que aún hay mucho que aprender sobre la naturaleza fundamental del universo y su influencia en el movimiento estelar. La investigación continua es esencial para resolver estos enigmas y avanzar en nuestra comprensión del cosmos.

Hasta el momento actual no se ha podido encontrar una partícula que pueda justificar una actuación sobre las estrellas para dotarlas de velocidad o aceleración que no sea la fuerza de la gravedad.

Las partículas que se buscan actualmente para justificar la expansión del universo, o las velocidades estelares observadas mas allá de la explicación por Newton o Einstein, incluyen un nuevo tipo de neutrino llamado 'neutrino estéril', otra clase de partículas llamadas 'axiones', o incluso agujeros negros primordiales, formados justo después del Big Bang. Además de la materia oscura, un tipo de nueva partícula fundamental que aún no entendemos, representaría el 25% del universo. El tercer parámetro es la constante cosmológica, la misteriosa energía oscura que está en la raíz de la expansión acelerada del universo que se cree que se está observando. Esto representaría el 70% del presupuesto total de materia y energía del universo.

El movimiento según Newton (Modelo_VN)

Como objetos masivos que son, las estrellas están sujetas a las leyes de la gravitación, debemos a Newton su cálculo.

$$F = G \frac{M_1 M_2}{R^2}$$

F fuerza gravitacional

M₁ masa primaria

M₂ masa secundaria

R distancia

G constante gravitatoria newtoniana: $6.67430(15) \times 10^{-11} \text{ N} \times \text{mkg}^2$

Con una incertidumbre relativa de $2,2 \times 10^{-5}$

Al usar G las unidades han de corresponder en el cálculo, las masas han de estar en **kilogramos** y las distancias en metros, para calcular estas fuerzas que serán en **unidades de Newton** hay que convertir la masa de las estrellas en su equivalente en Kg.

Otra consideración es la distancia entre las masas de las estrellas, esta distancia no se mide obviamente en metros.

Los cálculos por tanto deben respetar las unidades que podemos medir.

Debemos por tanto trabajar con consistencia con las unidades

Longitud $\Rightarrow$ kiloparsec $\Rightarrow$ añosluz $\Rightarrow$ metros

Peso $\Rightarrow$ masas solares $\Rightarrow$ Kg

Las leyes de Newton se utilizaron por primera vez para calcular las velocidades de los planetas en el siglo XVII. Isaac Newton, en su obra "Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica" (conocida comúnmente como los "Principia"), publicada en 1687, formuló sus tres leyes del movimiento y la ley de la gravitación universal. Estas leyes proporcionaron una base teórica sólida para comprender y calcular los movimientos de los planetas y otros objetos en el sistema solar.

La ley de la gravitación universal de Newton establece que cada partícula en el universo atrae a cada otra partícula con una fuerza gravitatoria directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas. Esta ley permitió a los científicos calcular las órbitas y las velocidades de los planetas en relación con el Sol.

Uno de los primeros éxitos notables en la aplicación de las leyes de Newton a la astronomía fue el trabajo de Johannes Kepler, quien desarrolló sus leyes del movimiento planetario en el siglo XVII antes de la publicación de los "Principia" de Newton. Kepler formuló leyes empíricas que describen las órbitas planetarias, y estas leyes se

combinaron más tarde con las leyes de Newton para proporcionar una comprensión más completa de los movimientos planetarios.

En resumen, las leyes de Newton se utilizaron por primera vez en el siglo XVII y se aplicaron posteriormente para calcular las velocidades y las órbitas de los planetas, lo que revolucionó nuestra comprensión de la física y la astronomía.

La discrepancia entre las predicciones basadas en las leyes de Newton y las observaciones reales de la órbita de Mercurio fue un problema importante en la historia de la astronomía y la física. La observación de la órbita de Mercurio mostraba una precesión en su órbita, es decir, que el punto más cercano al Sol (perihelio) avanzaba gradualmente con el tiempo más rápido de lo que las predicciones de las leyes de Newton predecían. Esta discrepancia fue un misterio durante algún tiempo.

La discrepancia en la órbita de Mercurio se hizo evidente a mediados del siglo XIX y se convirtió en un problema conocido como la "anomalía de la precesión de Mercurio". Varias explicaciones y teorías se propusieron para resolver esta discrepancia, pero ninguna de ellas fue completamente satisfactoria.

Las ecuaciones de campo de Einstein

Estas ecuaciones describen la relación entre la geometría del espacio-tiempo y la distribución de la masa y la energía en el universo. Las ecuaciones de campo de Einstein son:

$$G_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

Donde:

$G_{\mu\nu}$ tensor de Einstein, que describe la curvatura del espacio-tiempo.

$T_{\mu\nu}$ tensor energía-momento, que describe la distribución de masa y energía en el espacio-tiempo.

G la constante gravitacional.

$\mu \ \nu$ son índices que varían de 0 a 3

representan las cuatro dimensiones del espacio-tiempo (t, x, y, z).

El cálculo es complejo y depende como es realmente la estructura del espacio-tiempo en la galaxia que es una relación directa de las masas y su situación en ella.

Pero la idea principal de Einstein es que la materia curva el espacio y esa es la causa del movimiento, realmente no es que algo tire de la materia sino que es el propio espacio con su curvatura lo que causa el movimiento.

Esta ecuación expresa la relación entre la geometría del espacio-tiempo (el lado izquierdo, $G_{\mu\nu}$) y la distribución de masa y energía (en el lado derecho, $T_{\mu\nu}$).

El movimiento según Einstein

La solución al problema finalmente al problema de la precesión en la órbita de Mercurio llegó con la teoría de la relatividad general de Albert Einstein, publicada en 1915. En la relatividad general, Einstein propuso una nueva teoría de la gravedad que reemplaza a la ley de la gravitación universal de Newton. La relatividad general predice la precesión de las órbitas de manera diferente a las leyes de Newton y, lo que es crucial, las predicciones coinciden con las observaciones de la órbita de Mercurio.

En 1915, durante un eclipse solar, se realizaron observaciones que confirmaron la predicción de Einstein. El astrónomo británico Arthur Eddington lideró una expedición a Príncipe y Sobral en África para medir la curvatura de la luz de las estrellas cercanas al Sol durante un eclipse solar. Estas mediciones confirmaron la desviación de la luz predicha por la relatividad general y, por lo tanto, fué otro respaldo a la nueva teoría de Einstein.

La anomalía en la órbita de Mercurio fue uno de los primeros éxitos observacionales importantes de la relatividad general de Einstein y demostró que esta teoría era una descripción más precisa de la gravedad en comparación con las leyes de Newton.

En la teoría de la relatividad general de Albert Einstein, la equivalente de la fuerza gravitatoria es la geometría del propio espacio-tiempo. Esta teoría revolucionó nuestra comprensión de la gravedad al proponer que los objetos masivos, como planetas y estrellas, curvan el espacio-tiempo a su alrededor, y esta curvatura es lo que causa la apariencia de una fuerza gravitatoria y la causa de los movimientos de los planetas y cualquier objeto con masa en el espacio.

La principal diferencia entre la teoría de la relatividad general y la ley de la gravitación universal de Newton es la siguiente:

1. **Ley de la Gravitación Universal de Newton:** Según esta ley, la gravedad es una fuerza atractiva que actúa instantáneamente entre dos masas. La fuerza gravitatoria se describe mediante una ecuación que incluye la masa de los objetos y la distancia entre ellos. Esta ley describe la gravedad como una acción a distancia.
2. **Teoría de la Relatividad General de Einstein:** En lugar de una fuerza atractiva que actúa a distancia, Einstein propuso que los objetos masivos curvan el espacio-tiempo a su alrededor. Los objetos en movimiento siguen trayectorias llamadas geodésicas, que son líneas rectas en el espacio-tiempo curvado. La curvatura del espacio-tiempo alrededor de un objeto masivo es lo que causa que otros objetos se muevan hacia él, dando la impresión de una fuerza gravitatoria. En esta teoría, la gravedad es una manifestación de la propia geometría del espacio-tiempo.

La principal diferencia esencial radica en cómo se conceptualiza la gravedad. Mientras que en la teoría de Newton, la gravedad se interpreta como una fuerza instantánea que actúa a distancia, en la relatividad general, la gravedad se interpreta como la geometría

del espacio-tiempo que guía el movimiento de los objetos. La relatividad general ha demostrado ser más precisa que la ley de Newton en condiciones extremas, como cerca de objetos masivos o en campos gravitatorios fuertes, y ha sido confirmada por numerosos experimentos y observaciones.

Todo esto parece muy bien, pero no se consiguió explicar por que el movimiento de los planetas en el sistema solar no es lo mismo para la velocidad y trayectoria de las estrellas en la galaxia. Una vez más encontramos una discrepancia cuando vamos a analizar el movimiento de las estrellas en la galaxia que explicaremos..

La teoría de la relatividad general de Einstein pese a ser lo más acertado hasta la fecha, no explica completamente algunas observaciones astronómicas, especialmente en lo que respecta al movimiento de las estrellas en las galaxias. En general, la relatividad general puede no proporcionar una descripción completa ni aproximada de la dinámica galáctica. En estos casos, se ha postulado la existencia de la materia oscura como una posible explicación a esta discrepancia.

Pero hemos de aclarar que la materia oscura es un medio que se ha introducido para poder explicar que los cálculos coinciden con las observaciones, sin embargo es una hipótesis que aún no tiene una explicación convincente y necesitamos para hacer ciencia no basarnos en conjeturas si no en evidencias..

La materia oscura, que pese a los actuales esfuerzos no ha sido detectada aún, es una forma de materia que no emite, absorbe ni refleja luz electromagnética, por lo que no puede ser detectada directamente a través de observaciones ópticas o de otro tipo de radiación electromagnética. Su existencia se infiere a través de su influencia gravitatoria en la velocidad y la distribución de la materia visible, como las estrellas en las galaxias.

La hipótesis de la materia oscura surgió para explicar fenómenos como la rotación de las galaxias, donde las estrellas en las regiones externas de las galaxias se mueven a velocidades más altas de lo que se esperaría según las leyes de la gravedad basadas en la masa visible de la galaxia. La idea de la ciencia actual es que la materia oscura, que no podemos ver, está ejerciendo una influencia gravitatoria adicional que mantiene a las estrellas en órbitas estables a estas velocidades.

La materia oscura también se ha invocado para explicar la formación y la dinámica de las estructuras a gran escala en el universo, como los cúmulos de galaxias. Si bien aún no se ha detectado directamente, se cree que hay evidencia observacional de su existencia debido a sus efectos gravitatorios.

En resumen, si bien la teoría de la relatividad general de Einstein es una descripción precisa de la gravedad en muchas situaciones, no puede explicar completamente ciertos fenómenos astronómicos a gran escala, como el movimiento de las estrellas en las galaxias, lo que ha llevado a la introducción de la hipótesis de la materia oscura como una solución potencial a estas discrepancias observacionales. La búsqueda y el estudio de la materia oscura continúan siendo áreas activas de investigación en la astronomía y la física.

PERO NO PODEMOS AÚN AFIRMAR QUE LA MATERIA OSCURA EXISTA

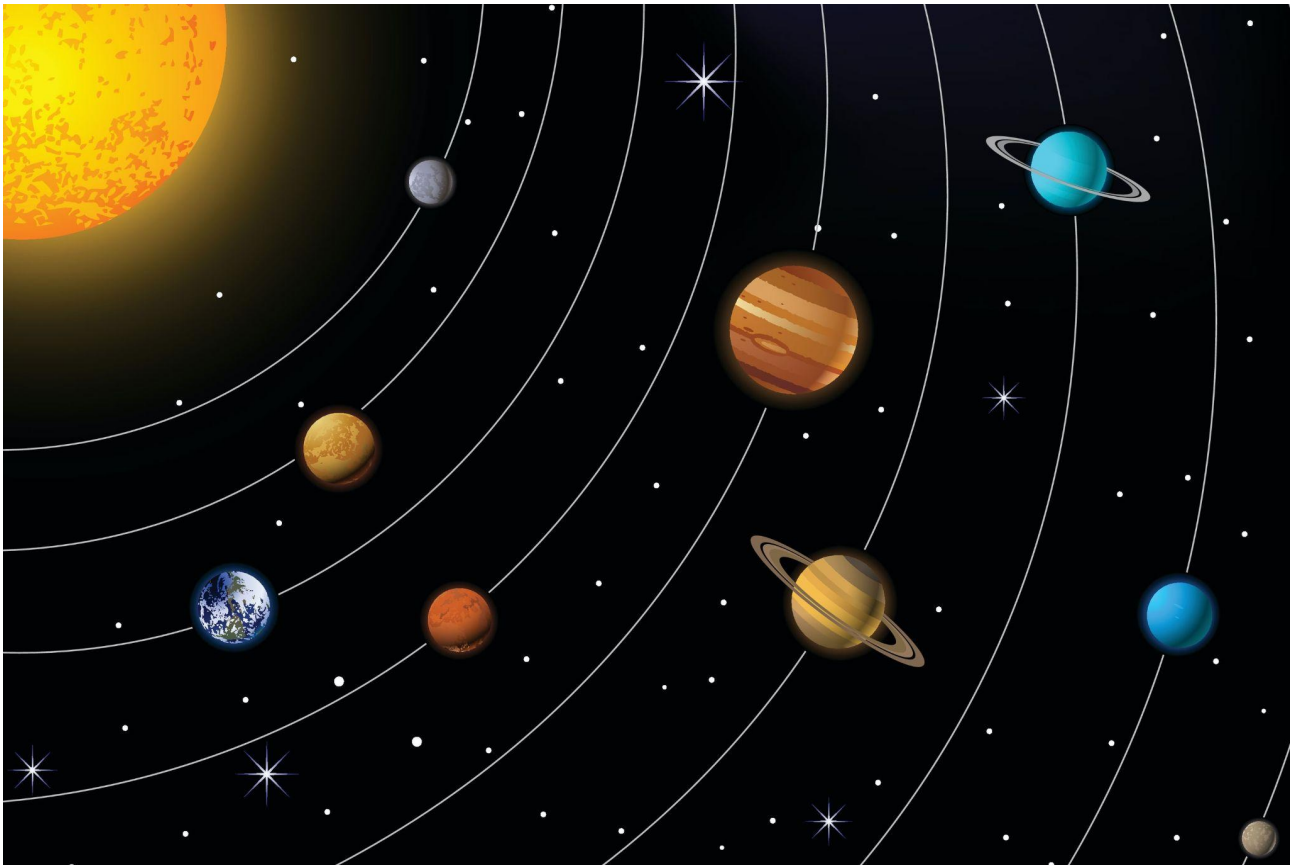
Aunque la existencia de materia oscura no es cuestionada generalmente por la ciencia actual no quiero que este concepto, el de la materia oscura contamine mi trabajo que mostrará otras explicaciones a la velocidad de las estrellas en la galaxia sin necesidad de introducir conceptos que hoy por hoy solo son conjeturas.

La velocidad real de los planetas del sistema solar

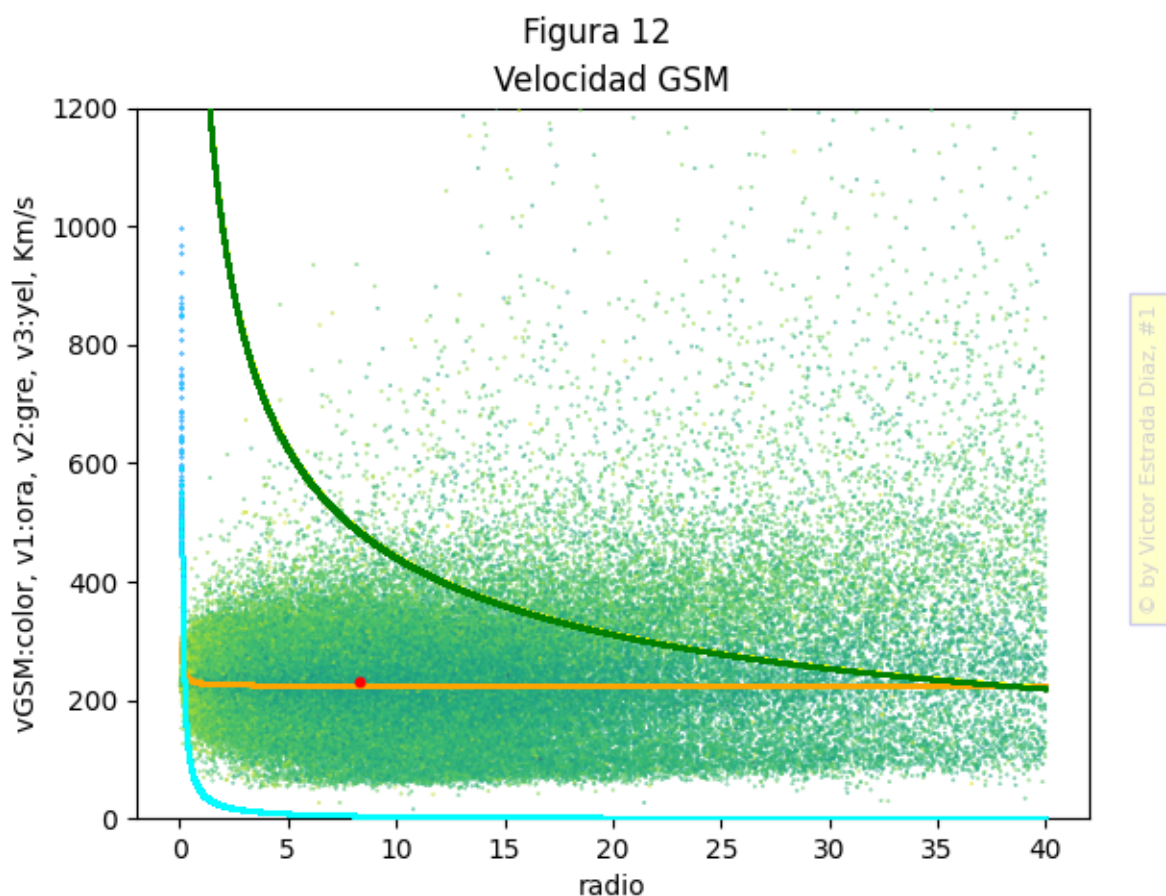
Se puede observar que con la distancia la velocidad de los planetas disminuye, para los cálculos de velocidad observados los datos coinciden con los resultados teóricos de aplicar Newton y Einstein, solo que éste último explica la órbita de Mercurio como hemos dicho.

Planeta	Velocidad Media (km/s)	Distancia al Sol (UA)
Mercurio	47.87	0.39
Venus	35.02	0.72
Tierra	29.78	1.00
Marte	24.08	1.52
Júpiter	13.07	5.20
Saturno	9.68	9.58
Urano	6.80	19.22
Neptuno	5.43	30.05

Estos resultados discrepan para las velocidades de las estrellas en la galaxia que salvo raras excepciones no disminuyen al estar más lejos del centro galáctico.



La velocidad de las estrellas en la galaxia



En la gráfica he puesto las estrellas de la muestra en un color que va a naranja las más masivas y a verde las menos masivas, en el eje X su distancia al centro galáctico, como fondo para contrastar con los valores teóricos.

Para cada una de las estrellas he calculado la velocidad según su masa y su distancia al centro de masas de la galaxia, el resultado es la curva verde que vemos que claramente no responde a la velocidad real observada que vemos en la nube de puntos.

A este resultado yo lo llamo Modelo_V2

Entonces me pregunté que resultados tendríamos considerando la deformación del espacio aplicando las normas de Einstein a cada estrella de la muestra y obtuve la curva azul, que como se observa también está en discrepancia, Modelo_V3.

Por último apliqué un modelo según Einstein que contemplase materia oscura y el resultado fue la curva naranja, Modelo_V1.

La velocidad del Sol y su velocidad están expuestas en el punto rojo que casualmente lo atraviesa el modelo de Einstein-Materia-oscura Modelo_V1

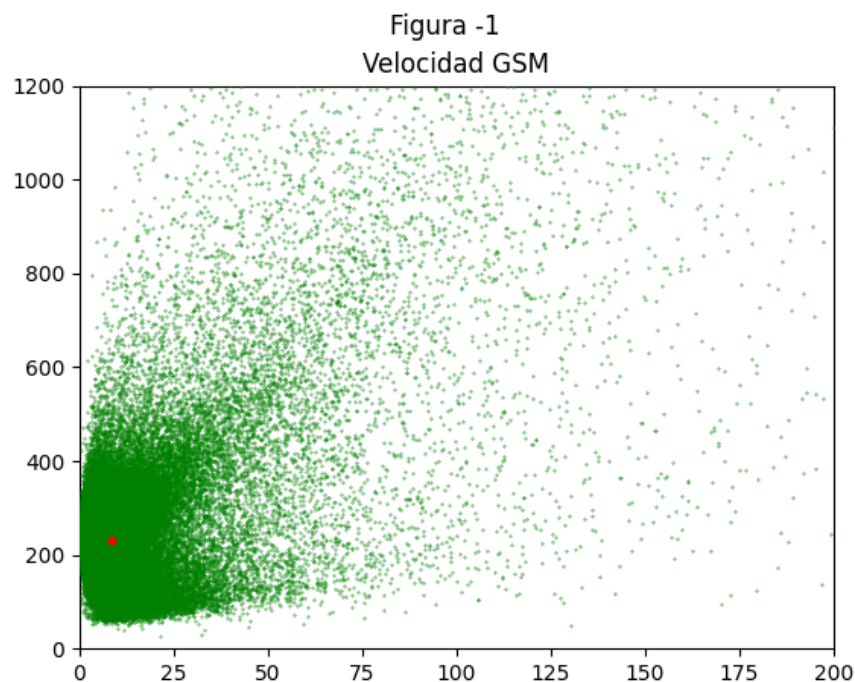
Dudas razonables para descartar la materia oscura

Cierto es que este modelo, el de la materia oscura. Modelo_V1, parece ser el que mejor se ajusta pero hay fuertes argumentos para rechazarlo.

El único valor al que responde la existencia de materia oscura es para justificar la velocidad del Sol y poco más, tal vez la tendencia en las velocidades, pero ni eso nos sirve, por que vemos que claramente la velocidad de las estrellas sigue aumentando y dispersandose incluso más cuando nos alejamos de los 40 kiloparsec del centro galáctico como se puede ver en la siguiente gráfica.

Se puede ver que hay una dispersión que se hace cada vez mayor a medida que nos alejamos del centro galáctico y aunque hay algunas estrellas que mantienen una cierta tendencia sobre los 230 Km/seg la dispersión en las velocidades aumenta linealmente llegando a valores de velocidad superiores a los 1200 Km/seg

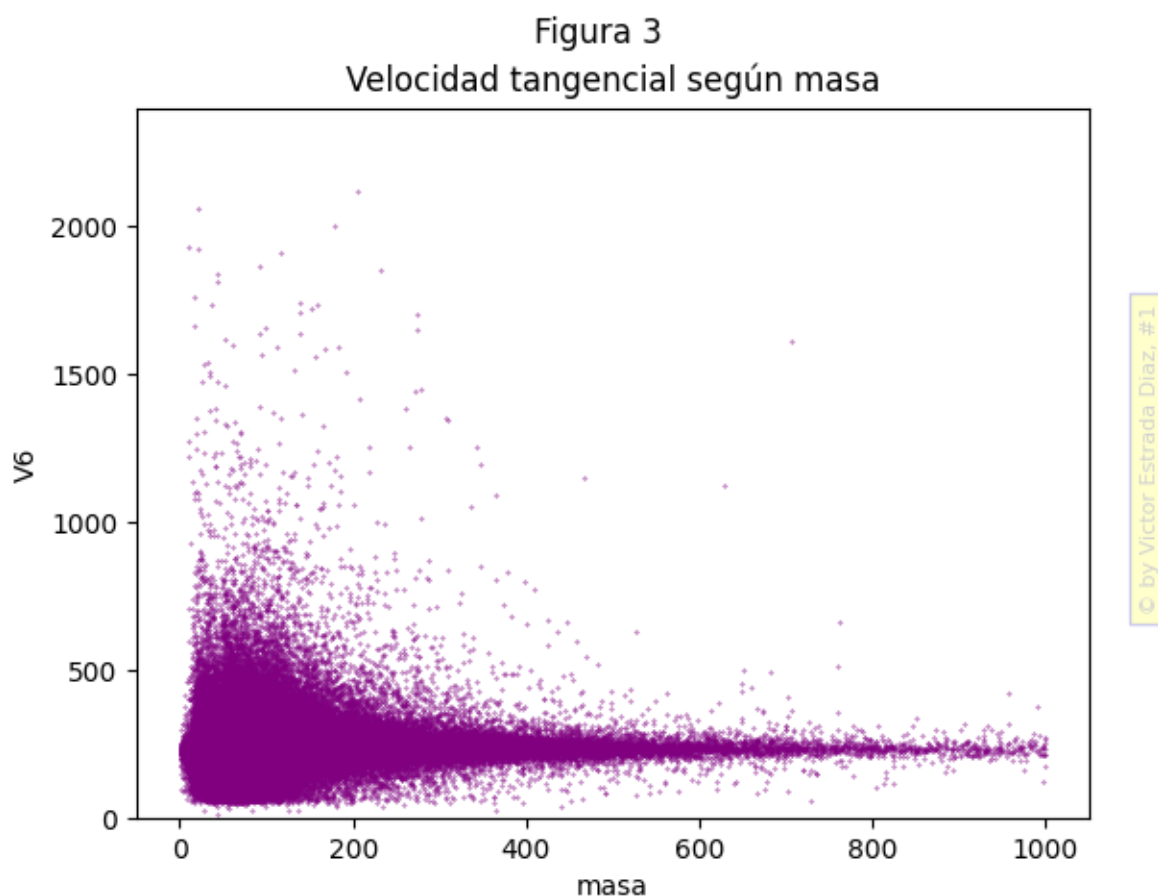
La diferencia es cada vez más pronunciada cuanto más lejos estemos del centro galáctico como puede verse aquí ya hasta los 400 kiloparsec.:



Influencia de la masa en el velocidad de la estrella

La siguiente gráfica se puede ver que a medida que las estrellas tienen más masa estas tienen una velocidad más estable y predecible por otra parte entendible pues más masa implica una inercia más estable.

Sin embargo, con poca masa en una estrella, su velocidad presenta una gran dispersión de valores, esta gráfica puede servir para elegir valores de masa en la distancia para cálculos que hagamos cálculos más precisos y evitar las masas pequeñas de velocidades más erráticas e impredecibles La figura siguiente nos puede dar ideas sobre ello, incluso encontrar una formulación adecuada para fijar la estabilidad en el movimiento estelar..



Por qué fallan los modelos

Todos suponen, en lo que he podido entender, que las fuerzas se transmiten instantáneamente, incluso con las ideas de Einstein las deformaciones del espacio-tiempo no son estáticas ni se transmiten instantáneamente como los modelos proponen o asumen.

No considerar la propagación que se transmite a la velocidad de la luz es un error conceptual, incluso los modelos de Einstein lo omiten.

Está probado que las ondulaciones en el espacio-tiempo se propagan a la velocidad de la luz como se ha demostrado desde proyectos como LIGO.

Es decir, ninguno de los modelos actuales tienen en cuenta ya se considere fuerza o deformación del espacio, ésto lleva implícita una velocidad de propagación que no se

tiene en cuenta y de ahí los errores que surgen al determinar teóricamente las velocidades y que hay que justificar introduciendo la materia oscura para darle una posible explicación,.

A efectos teóricos las estrellas están ligadas gravitatoriamente pero al margen de que su efectividad disminuye con el cuadrado de la distancia se produce otro efecto no contemplado en las teorías actuales y está es la propagación.

La propagación hace que se produzca con la distancia una desconexión más allá de la atracción gravitatoria, es como el efecto de una onda o del martillo olímpico que primero está ligado al lanzador y luego se suelta cada vez más con la distancia.

Personalmente no creo que tenga nada que ver el efecto observado en las estrellas de la galaxia con que exista o no materia oscura.

La galaxia como un grafo

Dado la fuerte discrepancia en los modelos me ha alentado a realizar este trabajo, después de un tiempo he visto que la mejor forma es tratar la muestra como un grafo ya que esto me permite crear atributos y cálculos de cada estrella y relacionarlo con su entorno para tratar de entender lo que está ocurriendo, evitando realizar cálculos innecesarios duplicados excepto que sea nuestro interés recalcular.

Considerar el entorno

Ver o entender el entorno de una estrella con todas las estrellas o incluso con sus vecinas es un cálculo monumental y fuera de mi alcance, éste tendría un orden de algorítmico inabordable.

Pero lo podemos plantear el problema de otra forma:

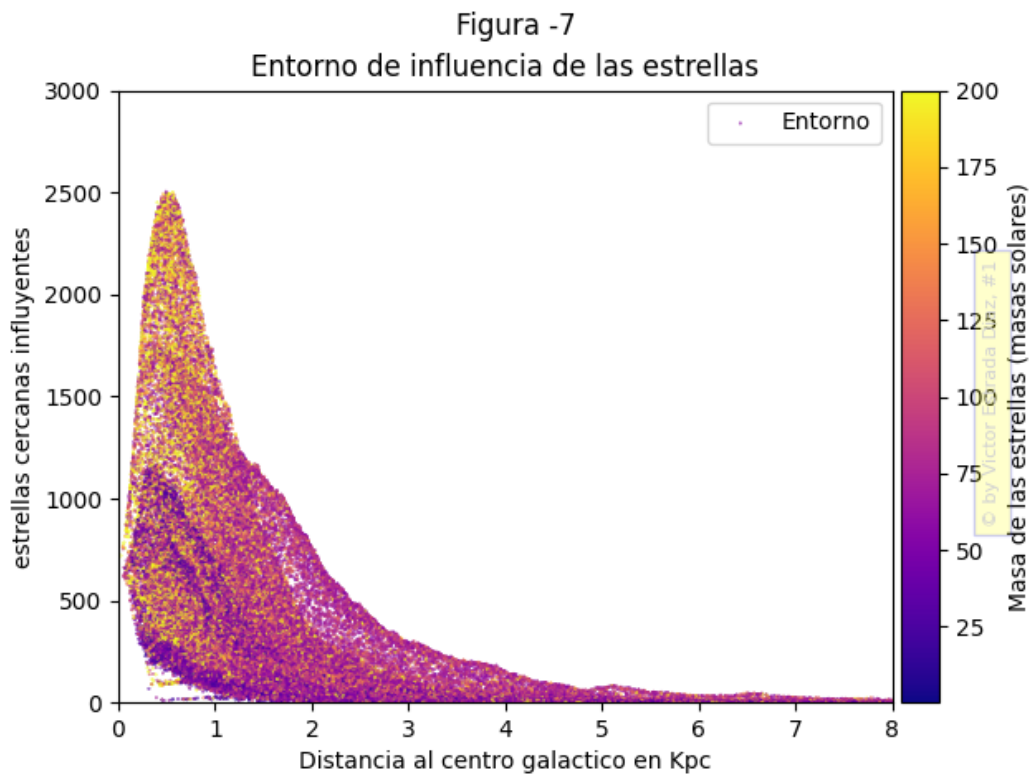
La pregunta es considerar en cada estrella y su velocidad pensar cual es el entorno en número de estrellas para que una estrella de la mayor masa posible este a una distancia tal que su atracción gravitatoria empiece levemente a tener alguna influencia en ella.

Gracias a esta treta, para cada estrella he podido explorar sus vecinas si están más allá o acá de esa distancia mínima de influencia.

Entonces podemos obtener para cada estrella el número de estrellas que le influyen gravitatoriamente y el uso de este criterio nos hace observar ciertas cosas interesantes.

- Globalmente el entorno de una estrella no influye significativamente en la velocidad de su grupo a la velocidad que éste ya lleva, ésta influencia en la velocidad no suele ser el resultado del entorno cercano salvo que las estrellas estén muy próximas.
- Se observan como oleadas en las agrupaciones detectadas según la masa lo que sugiere que las estrellas se han alejado del centro galáctico por etapas, se han formado en grupos de masas similares y en tiempos similares, lo cuál sugiere un origen común en cada oleada.

Esta es la gráfica se puede intuir lo que sugiero::



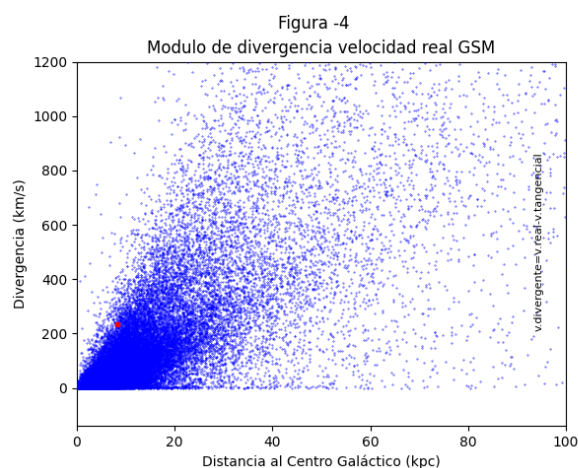
Velocidad real en las tres dimensiones del espacio

En las siguientes figuras he obtenido la velocidad no en el sentido tangencial si no en las tres dimensiones del espacio para ver qué componentes de la velocidad corresponden al giro o van en otra dirección, estas medidas son resumidas en v_t velocidad tangencial y v_m la velocidad efectiva en módulo, así mirando la diferencia en el módulo de la velocidad respecto a la tangente al giro galáctico podemos observar si la estrella se aparta o no del giro y en qué medida.

Tanto v_t como v_m son medidas no influenciadas por la velocidad del sol (sistema GSM)

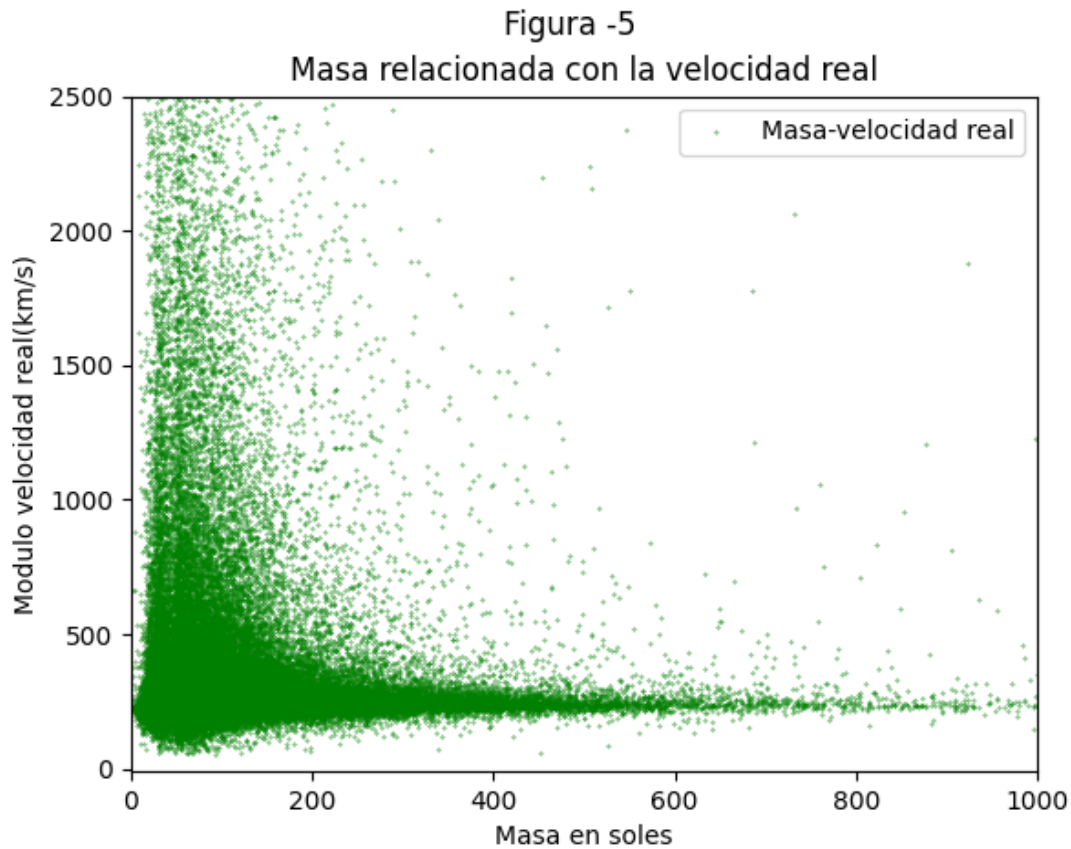
Consideraremos el módulo componente de la velocidad en las tres dimensiones como la velocidad real (v_m) de la estrella.

En esta gráfica vemos la diferencia entre el módulo de la velocidad real (v_m) y la tangencial (v_t)



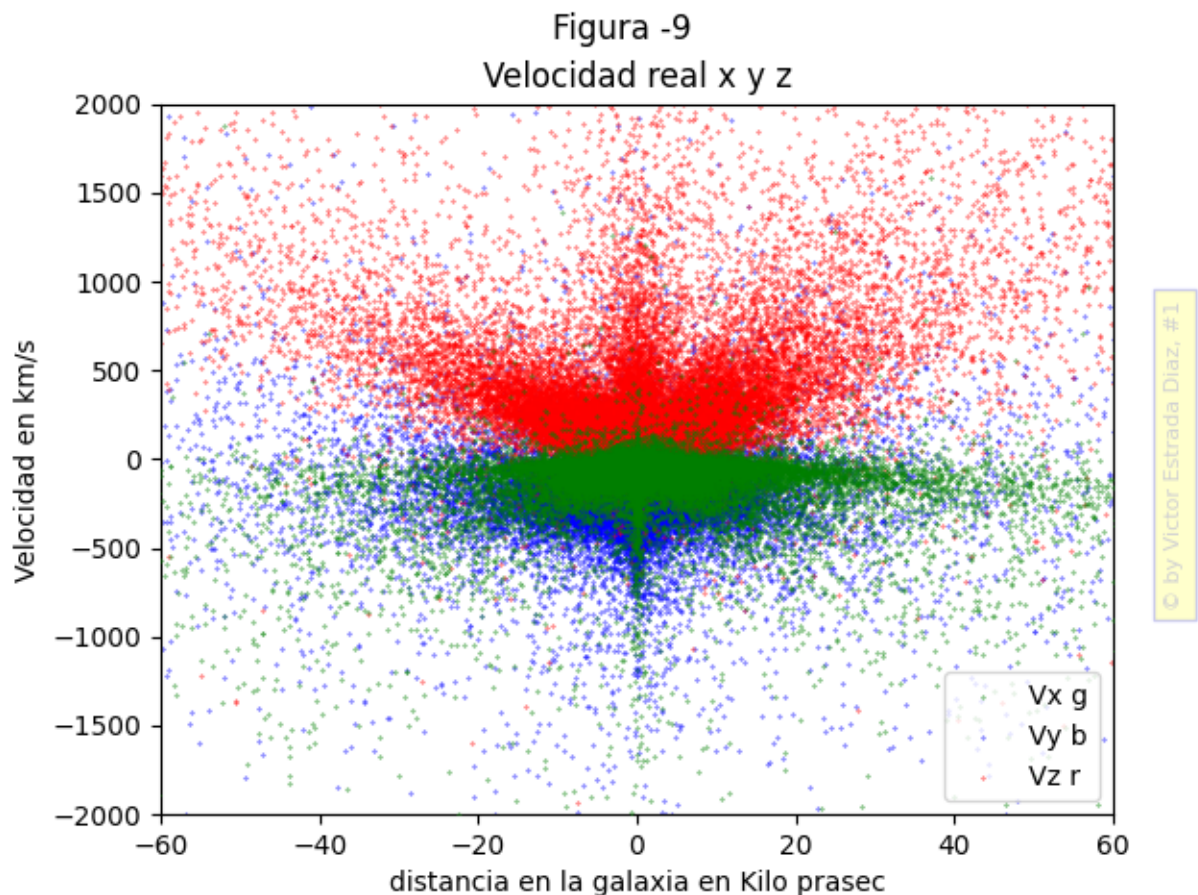
Masa y velocidad real

En la siguiente gráfica vemos que la masa de las estrellas respecto a esta velocidad real (v_m) afecta fuertemente a estrellas de poca masa alcanzando velocidades muy grandes mientras estrellas más masivas tienen poca velocidad y ésta es más estable, esto sin duda responde al momento inercial pero es curiosa la forma de esta dependencia.



La asimetría en la velocidad de la galaxia

Vistas las estrellas en el plano galáctico se observa que las velocidades aumentan en el plano norte mucho más que en el plano sur, como si algo estuviese tirando de las estrellas para aumentar su velocidad.



Conclusiones

Dadas las medidas facilitadas por el excelente proyecto Gaia existen fundadas sospechas de que la creencia de la existencia de la materia oscura para explicar la velocidad de las estrellas en la galaxia no es apropiada o es una conjetura no probada aún.

Hay razones para argumentar que no se ha tenido en cuenta aspectos fundamentales y mientras encontremos otras causas que puedan ser propuestas y podamos presentar una conjetura razonada será también una conjetura como lo es hoy por hoy la de la materia oscura.

Necesitamos presentar o descubrir una verificación a nuestras conjeturas..

O al menos si esta verificación no llega y hay otras posibles explicaciones que deban poder ponerse a prueba, éstas han de ser refutadas o confirmadas.

Recordemos que una conjetura no probada como lo es la existencia de la materia oscura es tan válida como cualquier otra conjetura plausible.

Pero hacemos ciencia con hechos probados no con hipótesis, las conjeturas nos marcan el camino pero son lo que son, hechos aún no confirmados.

- *Este es el primero de una serie de trabajos* -