

Materia: Informática (Lic. en Física)

Docente: Pedro Willging

Estudiante: Luciana Carolina Baumann

Betelgeuse Misteriosa

Palabras claves: gráficos Python - magnitud aparente - Betelgeuse - distancia relativa - años luz - equivalencia de unidades de longitud - gigante roja.

Resumen: En presente trabajo se analiza la evolución de una estrella gigante roja, Betelgeuse, con el fin de aplicar algunos conceptos estudiados durante la materia Informática. La idea principal es hacer uso del lenguaje Python para estudiar algún problema dentro de la Física. En este sentido, se describe brevemente el concepto de magnitud aparente, acompañando con una gráfica comparativa, se brinda el código de un programa para convertir unidades de longitud (de años luz a kilómetros y viceversa), se comparan algunas distancias respecto a la Tierra para ciertos objetos astronómicos y se grafica la variación de la magnitud de Betelgeuse día por día en un período acotado de tiempo. Por último, se analizan posibles teorías que actualmente intentan dar explicación al cambio de brillo de la estrella ya mencionada.

Introducción

Durante los últimos meses hemos podido apreciar una disminución en el brillo de Betelgeuse, también llamada Alpha Orionis, incluso a simple vista. Esto llevó a que astrónomos profesionales y aficionados se interesaran en la medición de su magnitud volcando los valores obtenidos a una base de datos (AAVSO) disponible en internet. Sin embargo, la gigante roja ha estado en el Programa de Observación Fotoeléctrica AAVSO desde principios de los años ochenta. Lo que pasó fue que parecía que podía estar llegando a su fin, con lo cual se convertiría

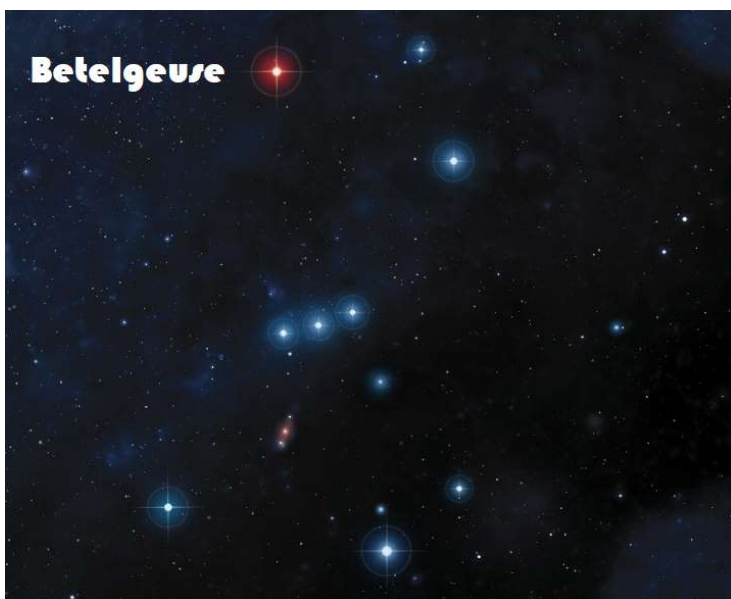


Figura 1. Ubicación de Betelgeuse en la constelación de Orión.

en una supernova, esto explica el interés y las numerosas investigaciones estelares que focalizaron su atención en ella durante estos últimos meses.

Vamos a analizar algunos conceptos que nos ayudarán a entender mejor la estrella en cuestión y al problema que pretendemos analizar.

Betelgeuse pertenece a la constelación de Orión, en la Figura 1 se puede visualizar su ubicación, es una estrella fácil de encontrar en el cielo de Noviembre a Mayo aproximadamente, en el hemisferio Sur.

La temperatura de su superficie es inferior a la del Sol, lo cual le proporciona su característico color rojo anaranjado. La mayor parte de la energía de Betelgeuse es irradiada en longitudes de onda infrarrojas, por lo cual si nuestros ojos fueran sensibles a la luz infrarroja, sería la estrella más brillante del cielo nocturno. Para clasificar a los objetos astronómicos según la intensidad de su brillo, se usa el concepto de “magnitud aparente”. La magnitud aparente es la luminosidad que nos muestra el objeto tal y como se ve en el cielo, independientemente de la temperatura, del tamaño o de la distancia a la que se encuentre, y se expresa con un número que puede resultar, dependiendo del brillo, positivo o negativo, siendo más brillante cuanto menor es ese número (un objeto con una magnitud negativa será siempre más brillante que uno con una magnitud positiva). A continuación, en la figura 2 podemos apreciar la magnitud aparente de algunos objetos astronómicos, notemos que el eje vertical está invertido, los valores positivos crecen hacia abajo, con la finalidad de comparar visualmente los objetos desde mayor a menor magnitud aparente.

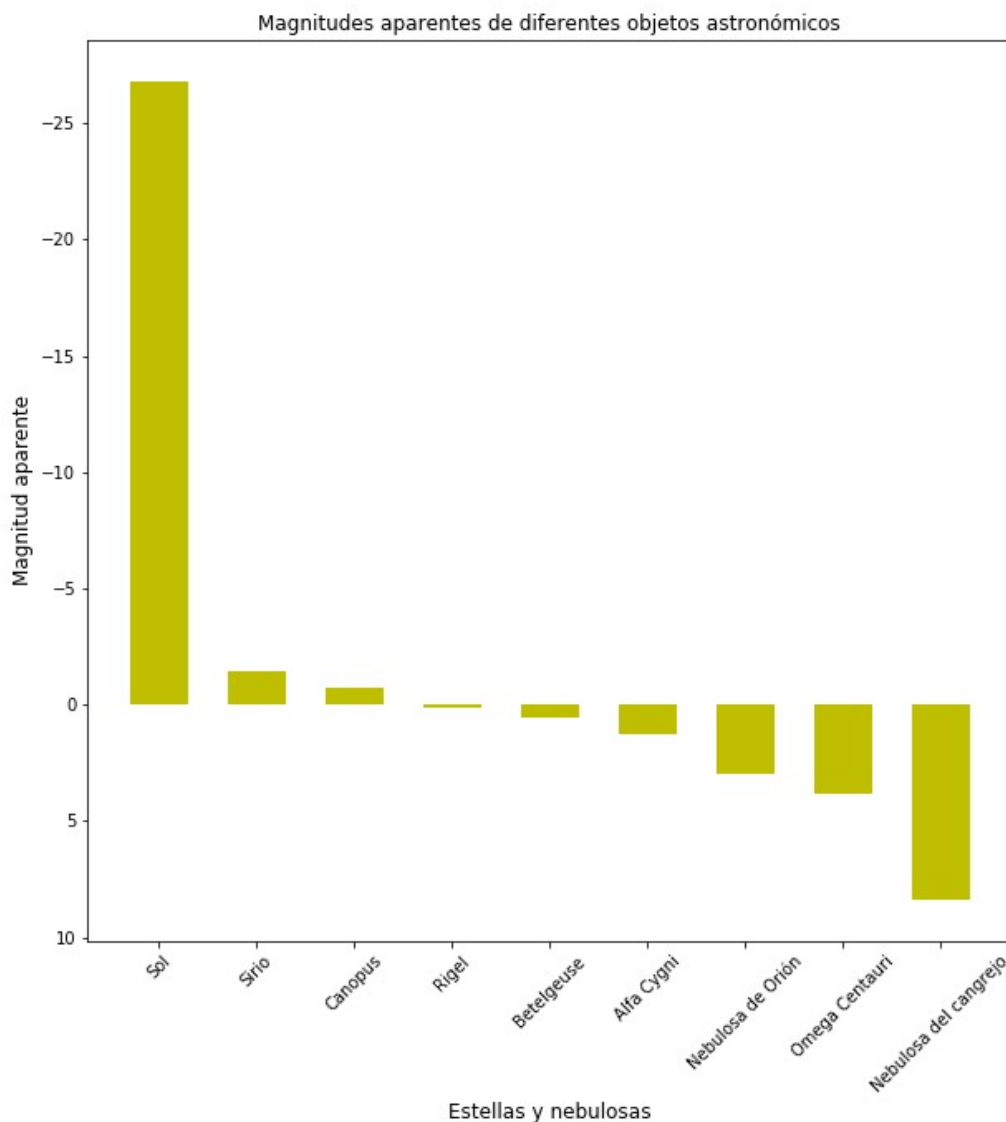


Figura 2. Magnitud aparente para diferentes objetos astronómicos. Gráfico realizado en Python, ver Anexo 1 para reproducir el código utilizado.

El humano, a ojo desnudo, aprecia hasta una magnitud de +6 si las observaciones se realizan en lugares sin contaminación lumínica. De hecho, originalmente, las estrellas más brillantes fueron

pensadas para formar parte de la primera magnitud ($m = +1$), mientras que las más débiles eran consideradas como sexta magnitud ($m = +6$), el límite del ojo humano (sin ayuda de ningún instrumento óptico).

Además, otro dato importante es que Betelgeuse se encuentra a una distancia de 640 años luz¹ aproximadamente, con respecto a la Tierra. Si el lector desea convertir años luz a kilómetros, que es una unidad de medida de uso frecuente, en el Anexo 2 se detalla un código de Python para realizar esta operación. Considerando lo que son las distancias astronómicas, está relativamente próxima, lo que hace que las observaciones y mediciones se realicen con menos rango de error comparado con el que arrojan los objetos celestes más lejanos. Con el fin de apreciar la “cercanía relativa” a nosotros de nuestra estrella misteriosa, en la Figura 3 se observa la distancia a la cual se encuentran algunas estrellas cercanas y visibles a simple viste y dos nebulosas mucho más distantes.

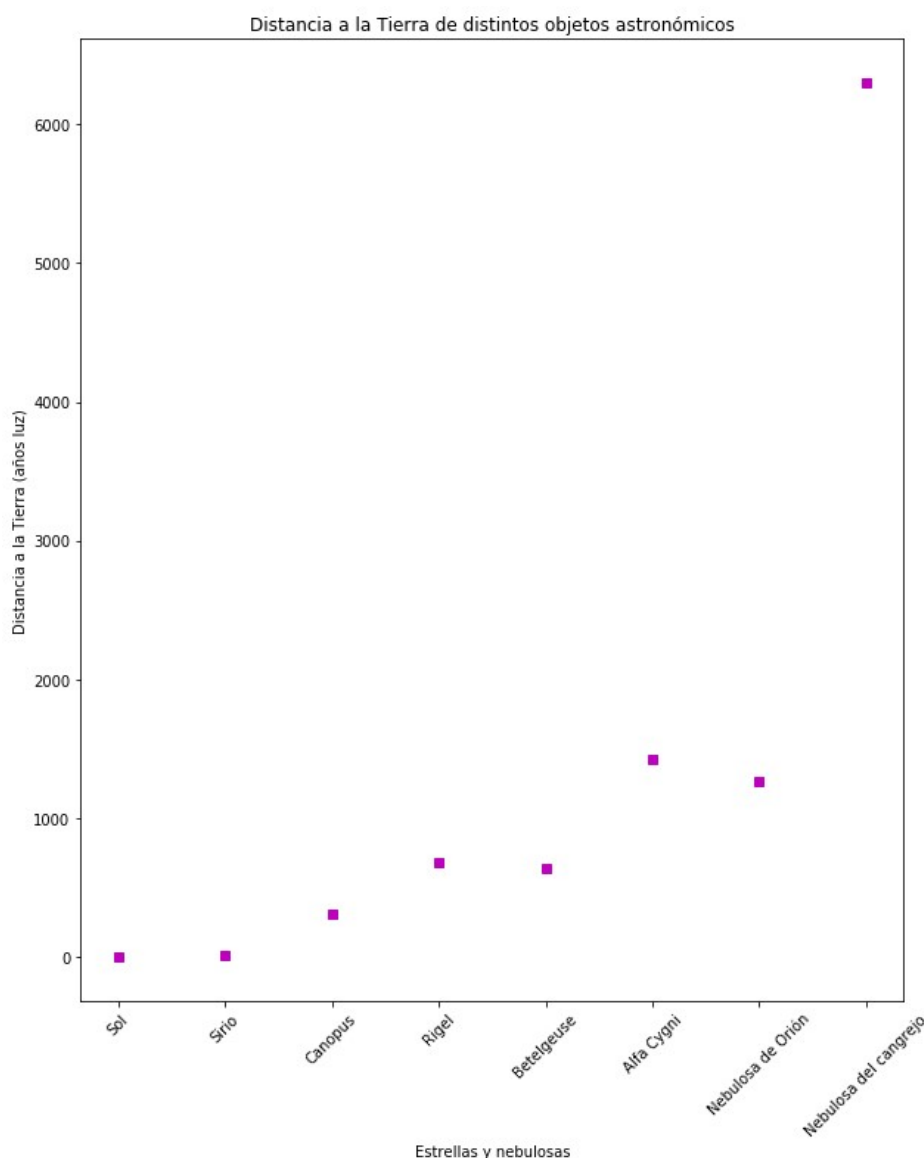


Figura 3. Distancia relativa a la Tierra para diferentes objetos astronómicos. Gráfico realizado en Python, ver Anexo 3 para reproducir el código utilizado.

¹ Un año luz es la distancia que recorre la luz en el vacío, en un año.

Un dato más para tener en cuenta es que en 1980, Francois y Claude Roddier construyeron una imagen de Alpha Orionis y encontraron indicios de polvo cerca de la estrella supergigante roja. Utilizaron un interferómetro y el telescopio Canadá-Francia-Hawái. De esta forma se explica la apariencia desigual que presenta Betelgeuse, la idea es que gran parte de la luz registrada proviene de una envoltura de polvo irregular cerca del disco estelar. Actualmente, se han obtenido imágenes con mayor detalle gracias al telescopio VLT (Very Large Telescope) ubicado en el Observatorio Paranal, dentro del desierto de Atacama (Chile). A continuación, en la Figura 4, se observa el cambio en la superficie de la estrella.

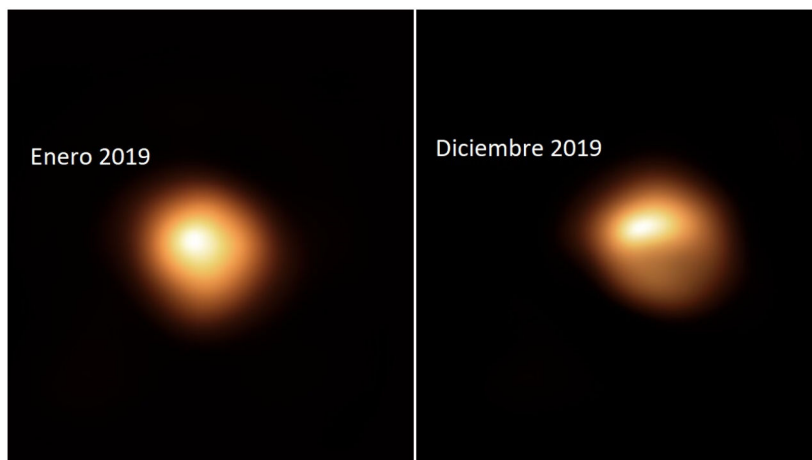


Figura 4. A la izquierda, imagen de Betelgeuse en Enero 2019 y a la derecha en Diciembre de ese mismo año. Ambas imágenes fueron logradas gracias al telescopio VLT.

A finales del año 2019, había mucha expectativa generada alrededor de la evolución de Betelgeuse ya que presentaba mucha variación en su magnitud aparente. Es oportuno preguntarnos si todavía se registran esos cambios abruptos.

Desarrollo

A partir de la base de datos disponibles en AAVSO, seleccioné un conjunto de valores registrados día por día desde el 15 de Abril al 2 de Junio de este año. Para analizar los datos, decidí hacer una gráfica que me permita visualizarlos todos juntos. En el Anexo 4 adjunto la tabla de valores utilizada para realizar la figura 5.

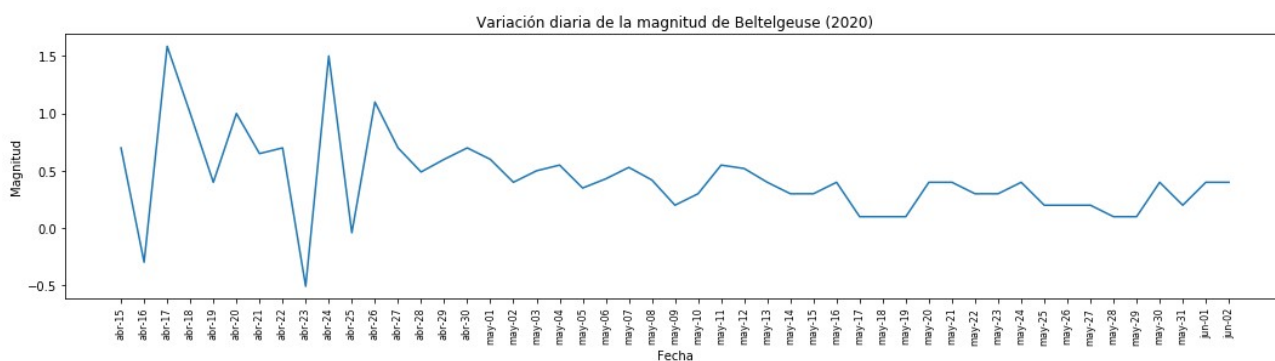


Figura 5. Variación diaria de la magnitud aparente de Betelgeuse. Gráfico realizado en Python, ver Anexo 5 para reproducir el código utilizado.

A partir del gráfico se observan grandes variaciones en la magnitud aparente durante los días 15 a 27 de Abril, pero después los cambios son los esperados para una gigante roja con una

superficie muy activa y de intensidad variable, características ya conocidas de nuestra estrella en cuestión.

Las variaciones observadas aún no se explican completamente, sin embargo, dado que la estrella ha sido estudiada ampliamente, existen teorías que describen los fenómenos observados.

Por un lado, los astrónomos piensan que las capas externas de la estrella se expanden lentamente durante varios años y luego se contraen nuevamente, por lo que el área de la superficie aumenta y disminuye alternativamente, y la temperatura aumenta y disminuye, haciendo que la estrella se ilumine y se atenúe.

Por otro lado, los astrónomos de la Universidad de Washington y el Observatorio Lowell suponen que es más probable que Betelgeuse simplemente esté haciendo lo que hacen las supergigantes rojas, arrojando gas en su atmósfera exterior que absorbe parte de la luz que proyecta a la Tierra. Es decir, el polvo de su superficie la estaría “tapando” parcialmente.

La comunidad científica planea hacer más observaciones a medida que los astrónomos de todo el mundo vigilan a Betelgeuse y su evolución continua. Independientemente de su temperatura y brillo actuales, se espera que la supergigante explote en los próximos 100 mil años más o menos cuando la fusión nuclear finalmente se detenga y su núcleo se derrumbe.

Conclusión

Las supergigantes rojas tienen la característica de ser estrellas muy dinámicas y todavía falta mucho por conocer de toda esta actividad que presenta (fluctuaciones de temperatura, polvo, celdas de convección). Se pretende continuar con el estudio de su comportamiento cíclico normal, para ser capaces de predecir cuándo puede suceder algo realmente único, como una supernova. Recordemos que Betelgeuse es preferida para el estudio por ser cercana y fácil de observar durante el año, apareciendo varios meses en cada hemisferio.

Me resulta interesante destacar el esfuerzo mancomunado entre profesionales y aficionados a la astronomía, para colaborar en el registro de la evolución de esta estrella y otras. Algunos días, incluso, presentaban dos o tres registros en diferentes horarios. En estos casos, seleccioné el valor que consideraba más representativo.

Apreciaciones personales:

Para realizar el proyecto final de la materia, elegí un tema de mi interés y apliqué algunas de las unidades que estuvimos estudiando durante el cuatrimestre. Considero que haber empezado a entender el lenguaje de Python me abre un mundo de posibilidades para aplicarlo a numerosos fenómenos, problemas y análisis de relación entre variables que se presentan en Física. Estoy entusiasmada con incorporar esta herramienta en el ejercicio de la docencia, ya que los programas que estaba utilizando, ahora me resultan muy básicos e insuficientes comparados con todo lo que se puede hacer con Python.

Bibliografía:

- Harpaz, Amos (1994). “Stellar Evolution”. Ed. AK Peters. Massachusetts, E.E.U.U.
- Léna, P.; Rouan, D.; Lebrun, F; Mignard, F y Pelat D. (2008). “Observational Astrophysics”. Ed. Springer. Paris, Francia.
- <https://www.aavso.org/apps/webobs/results/?star=BETELGEUSE>
- <https://astroaficion.com/2017/01/19/magnitud/>
- <https://astronomynow.com/2020/03/08/cosmic-dust-up-may-best-explain-dimming-of-betelgeuse/#:~:text=But%20astronomers%20at%20the%20University,on%20the%20way%20to%20Earth.>

Libros recomendados para lectores que deseen introducirse a temas relacionados a la Astronomía:

- Ribas, Mariano (2018) “Crónicas del cielo y la Tierra”. Ed. TantaAgua. Buenos Aires, Argentina.
- Sagan, Carl (1997) “El mundo y sus demonios. La ciencia como una luz en la oscuridad”. Ed. Ediciones B. Barcelona, España.

Anexo 1

Código para reproducir en Python el gráfico correspondiente a la Figura 2.

```
import matplotlib.pyplot as plt
print('Programa para comparar magnitudes aparentes de algunos objetos astronómicos.')

objx=['Sol','Sirio','Canopus','Rigel','Betelgeuse','Alfa Cygni','Nebulosa de Orión','Omega
Centauri','Nebulosa del cangrejo']
magy=[-26.8,-1.46,-0.72,0.12,0.57,1.25,3,3.8,8.4]

plt.figure(figsize=(10,10))
plt.bar(objx,magy,align="center",color='y', width=0.6)
plt.title('Magnitudes aparentes de diferentes objetos astronómicos')
plt.xlabel('Estrellas y nebulosas', fontsize=12)
plt.ylabel('Magnitud aparente', fontsize=12)
_ = plt.xticks(fontsize=10, rotation=45)
plt.gca().invert_yaxis()
plt.savefig('Gráfico_magnitud_aparente.png')
plt.show()
```

Anexo 2

Código de Python para convertir de años luz a kilómetros y viceversa.

```
print('Programa para convertir de años luz a kilómetros y viceversa.')
```

```
def anio_km():
    a=float(input('Ingrese la distancia en años luz:\n'))
    k=a*9460730472580.8
    print('Equivale a ',round(k),'km')
```

```
def km_anio():
    km=float(input('Ingrese la distancia en kilómetros:\n'))
    an=km/9460730472580.8
    print('Equivale a ',round(an,2),'años luz')
```

```
choose=int(input(""" ¿Qué conversión de unidades quiere realizar?
Presione 1 para pasar de años luz a kilómetros.
Presione 2 para pasar de kilómetros a años luz.
Presione 3 para finalizar.
"""))
```

```
while 1<=choose<=3:
    if choose==1:
        anio_km()
    elif choose==2:
        km_anio()
    else:
        print('Fin del programa.')
        break
```

```
choose=int(input(""" ¿Qué conversión de unidades quiere realizar?
Presione 1 para pasar de años luz a kilómetros.
Presione 2 para pasar de kilómetros a años luz.
Presione 3 para finalizar.
"""))
```

```
else:
    print('Opción no válida.')
```


Anexo 3

Código para reproducir en Python el gráfico correspondiente a la Figura 3.

```
import matplotlib.pyplot as plt
print('Programa para visualizar distancias a la Tierra de algunos objetos astronómicos.')

objx=['Sol','Sirio','Canopus','Rigel','Betelgeuse','Alfa Cygni','Nebulosa de Orión','Nebulosa del
cangrejo']
disy=[0.000016,8.6,309,680,640,1425,1270,6300]

plt.figure(figsize=(10,12))
plt.plot(objx,disy,'ms')
plt.ylabel('Distancia a la Tierra (años luz)')
plt.xlabel('Estrellas y nebulosas')
_ = plt.xticks(fontsize=10, rotation=45)
plt.title('Distancia a la Tierra de distintos objetos astronómicos');
plt.savefig('Gráfico_distancias.png')

plt.show()
```

Anexo 4

Tabla de valores utilizada en formato txt para analizar los datos.

Fecha	Magnitud
abr-15	0.7
abr-16	-0.297
abr-17	1.586
abr-18	1.0
abr-19	0.4
abr-20	1.0
abr-21	0.65
abr-22	0.7
abr-23	-0.507
abr-24	1.502
abr-25	-0.04
abr-26	1.1
abr-27	0.7
abr-28	0.49
abr-29	0.6
abr-30	0.7
may-01	0.6
may-02	0.4
may-03	0.5
may-04	0.55
may-05	0.35
may-06	0.43
may-07	0.53
may-08	0.42
may-09	0.2
may-10	0.3
may-11	0.55
may-12	0.52
may-13	0.4
may-14	0.3
may-15	0.3
may-16	0.4
may-17	0.1
may-18	0.1
may-19	0.1
may-20	0.4
may-21	0.4
may-22	0.3
may-23	0.3
may-24	0.4
may-25	0.2
may-26	0.2
may-27	0.2
may-28	0.1
may-29	0.1
may-30	0.4
may-31	0.2
jun-01	0.4
jun-02	0.4

Anexo 5

Código para reproducir en Python el gráfico correspondiente a la Figura 5.

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

print('Gráfico de magnitud de Betelgeuse')

data=pd.read_csv('magnitud.txt',header=0,delim_whitespace=True)
print('Tabla de valores registrados:')
print(data) #Out: Tabla de valores

x=data['Fecha']
y=data['Magnitud']
plt.figure(figsize=(18,4))
plt.plot(x,y)
plt.ylabel('Magnitud')
plt.xlabel('Fecha')
_ = plt.xticks(fontsize=8, rotation=90)
plt.title('Variación diaria de la magnitud de Beltelgeuse (2020)');
plt.savefig('Gráfico de magnitud.png')
plt.show
```