



SOBRE LA NO RECIPROCIDAD DE LA INFORMACIÓN

SOBRE A NÃO RECIPROCIDADE DE INFORMAÇÕES

ABOUT THE NON-RECIPROCIDITY OF INFORMATION

Néstor Camino¹

¹ Complejo Plaza del Cielo, CONICET – FHCS UNPSJB, nestor.camino.esquel@gmail.com

Resumen: *Se presenta una experiencia didáctica basada en dos preguntas habituales: ¿las estrellas que vemos pueden ya haber desaparecido?, y ¿cuántas de esas estrellas “conocen” de nuestra existencia? La discusión y las preguntas surgidas en clases de nivel secundario y charlas abiertas al público general se diversifican y posibilitan comprender distintas concepciones de la gente sobre el entorno astronómico del Sol: cantidad, tipo, evolución y distribución espacial de las estrellas visibles a ojo desnudo, velocidad de la luz, reciprocidad de la información, ubicación en el espacio y el tiempo del observador, consecuencias de la elección de una cierta cosmovisión, entre otros aspectos de gran interés para la Didáctica de la Astronomía.*

Palabras clave: estrellas visibles a ojo desnudo; distribución espacial; tipo espectral; paradigmático; velocidad de la luz.

Resumo: *Apresenta-se uma experiência didática baseada em duas questões comuns: as estrelas que vemos já desapareceram? E quantas dessas estrelas “sabem” da nossa existência? A discussão e as questões levantadas nas aulas do ensino médio e nas palestras abertas ao público em geral são diversificadas e permitem compreender diferentes concepções das pessoas sobre o ambiente astronômico do Sol: quantidade, tipo, evolução e distribuição espacial das estrelas visíveis ao olho nu, velocidade da luz, reciprocidade de informações, localização no espaço e no tempo do observador, consequências da escolha de determinada visão de mundo, entre outros aspectos de grande interesse para a Didática da Astronomia.*

Palavras-chave: estrelas visíveis a olho nu; distribuição espacial; tipo espectral; paradigmático; velocidade da luz.

Abstract: *A didactic experience based on two common questions is presented: can the stars we see already have disappeared? and how many of these stars “know” of our existence? The discussion and questions raised in secondary level classes and lectures open to the general public are diversified and make it possible to understand different conceptions of people about the astronomical environment of the Sun: quantity, type, evolution and spatial distribution of the stars visible to the naked eye, speed of light, reciprocity of information, location in space and time of the observer, consequences of choosing a certain worldview, among other aspects of great interest for the Didactics of Astronomy.*

Keywords: naked eye stars; spatial distribution; spectral type; paradigmatic; speed of light.



UNA PREGUNTA MUY HABITUAL

A través de muchos años de experiencia en charlas para todo público, funciones de planetario y cursos de secundario, notamos que una de las preguntas más habituales que chicos y grandes hacen es: ¿es cierto que vemos estrellas que ya no existen?, lo cual abre un rico camino de intercambio y discusión entre quienes comparten la actividad que estuviéramos desarrollando.

El razonamiento sobre el que se basa tal pregunta consiste en considerar que una cierta estrella emitió luz, y que mientras que su luz viaja por el espacio la estrella pudo haber desaparecido (lo más común es pensar que explotó). Así, cuando esa luz llega a nuestros ojos, la estrella que le dio origen ya no existe más.

¿Es realmente así? ¿En qué casos esta explicación podría ser verdadera?

Sí, pero no...

La respuesta inicial, que damos también habitualmente, es que sí, que esa explicación podría ser verdadera. Sí..., porque las estrellas emiten luz, y la luz viaja por el espacio a una velocidad muy muy grande, aunque finita de todos modos, entonces la luz que llega a nuestros detectores proviene de un objeto que la emitió en un tiempo anterior al de la detección. Es decir, la luz que detectamos en nuestro presente nos da información del pasado de la estrella (es información “vieja”), y podría suceder que en ese período de tiempo la estrella hubiera dejado de brillar, quizás explotado, entre otras variantes evolutivas.

Pero inmediatamente la respuesta complementaria que damos es que no, que tal explicación puede no ser verdadera, porque debemos analizar antes qué tipo de estrellas vemos a ojo desnudo, a qué distancia están y en qué etapa de su evolución se encuentran.

Deberemos estimar entonces estas características del cielo nocturno visible a simple vista para construir una mejor respuesta a aquella pregunta tan importante.

¿CUÁNTAS ESTRELLAS SE PUEDEN VER A OJO DESNUDO?

La estimación típica de la cantidad total de estrellas que pueden verse a ojo desnudo, en todo el cielo, es de alrededor de 6.000 estrellas, considerando cielos perfectos y visión normal, límite que se corresponde con una magnitud visual aparente de +6 (otras estimaciones indicarían un poco más de estrellas, quizás hasta +6.5).

¿A QUÉ DISTANCIA ESTÁN LAS ESTRELLAS VISIBLES A OJO DESNUDO?

Al mirar el cielo a ojo desnudo, podemos distinguir brillos y colores de las estrellas, pero no podemos estimar su distancia ni sus movimientos propios, lo que dificulta construir una adecuada imagen del entorno astronómico local.

La gran mayoría de las estrellas visibles a ojo desnudo se encuentran a distancias menores a 1.000 años luz. Sólo las estrellas intrínsecamente más luminosas (y muchas son sistemas compuestos) pueden verse desde distancias mayores: Alnilam (≈ 2.000 años luz), Deneb (≈ 2.600 años luz), Rho Cassiopea (≈ 4.000 años luz), Eta Carinae (≈ 7.500 años luz) y quizás alguna otra un poco más lejos. Es decir: la luz de las estrellas más lejanas posibles de ser visualizadas a simple vista tardaría en llegar a la Tierra algo menos de 10.000 años. (Kaler, 2022)

¿QUÉ TIPO DE ESTRELLAS SON LAS QUE VEMOS A SIMPLE VISTA?

La “vecindad” del Sol está conformada por estrellas más frías y pequeñas que el Sol. Cerca del 70% son estrellas enanas frías de tipo espectral M, y el resto es una mezcla de enanas blancas, estrellas de secuencia principal de tipos K, G, F y A, y algunas otras enanas marrones de tipos T y L. La gran mayoría de ellas no se ven a simple vista. Sólo unas pocas en este entorno solar son más calientes y de mayor tamaño (Sirio A, Procyon A), las cuales sí podemos ver a ojo desnudo. (Figura 1)

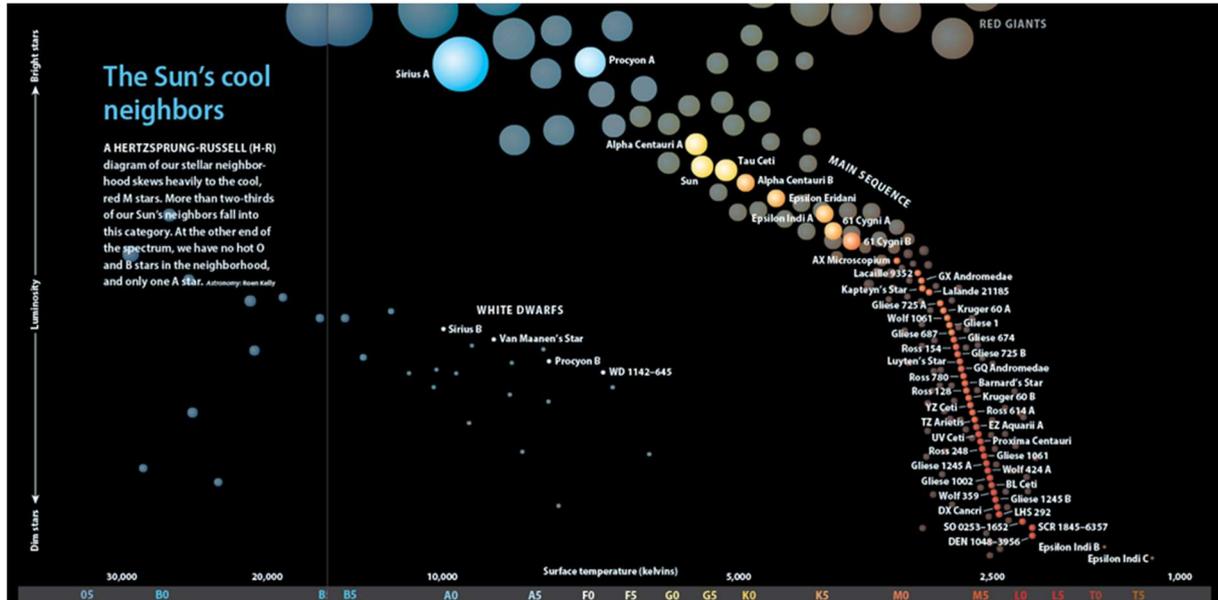


Figura 1: Estrellas en la vecindad del Sol. Fuente: Meet the stars next door. James B. Kaler.

Es decir, la gran mayoría son estrellas que evolucionarán hacia la etapa final de su proceso en períodos de tiempo de pocos millones de años (las menos) y de miles de millones de años (las más). Ninguna evolucionaría hacia la etapa final de su existencia en un rango de pocos miles de años. Todas las estrellas que vemos aún están allí, ninguna ha dejado de brillar ni se ha destruido, ni lo hará en los próximos miles y millones de años, para cuando otros humanos estén aun observándolas.

LA LUZ A TRAVÉS DE LA VÍA LÁCTEA

Como ya lo indicamos, las estrellas visibles a ojo desnudo están muy cerca del Sol, en un muy pequeño entorno galáctico, casi todas en una esfera de poco más de 1.000 años luz.

Si pensamos ahora en el resto de las estrellas de la galaxia, y considerando que la Vía Láctea tiene un diámetro aproximado de 100.000 años luz, la luz de las estrellas más lejanas tardaría entonces en llegar a nuestros detectores a lo sumo unos 100.000 años.

Es decir, las únicas estrellas en la Vía Láctea que podrían cumplir con aquella idea original: su luz aún en viaje con la estrella ya destruida, serían unos pocos miles de supernovas que se estima podrían surgir en ese período de tiempo (a razón de dos o tres por siglo). Para el resto de las ≈ 250.000 millones de estrellas de la galaxia, tal argumento es aún falso.

Y HAY OTRA PREGUNTA, AUNQUE NO TAN HABITUAL...

Durante el diálogo que genera aquella pregunta inicial con chicos y grandes en las actividades didácticas que habitualmente desarrollamos, proponemos luego otra pregunta, a modo de idea desafiante: ¿cuántas estrellas de las que vemos a ojo desnudo se han “enterado” de que nosotros existimos?

Podríamos imaginar que cada uno de nosotros al nacer comenzamos a emitir luz (reflejada y propia). Esa luz viaja por el universo, y algún día llegará a las estrellas.

Entonces, ¿las mismas estrellas que podemos ver a simple vista se habrán enterado de que estamos aquí, mirándolas? La típica respuesta es que sí: la gente en general piensa que, si nosotros vemos a las estrellas, las estrellas nos ven a nosotros. Sin embargo, no es tan así...

LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE ESTRELLAS ALREDEDOR DEL SOL

Para comprender mejor cómo está conformado el entorno galáctico del Sol, podemos imaginar una serie de capas concéntricas con él, y estimar cuántas estrellas pueblan cada capa, si forman sistemas múltiples y si se ven a simple vista, hasta llegar a estimar la distribución espacial de las 6.000 estrellas visibles a ojo desnudo.

Luego, podremos estimar cuáles de estas estrellas (y sus respectivos sistemas planetarios) se habrían enterado de nuestra existencia o de sucesos importantes en la historia del planeta Tierra.

Distribución espacial en un radio de 6 años luz

En la inmediata vecindad del Sol, a excepción de α Centauri, el resto no son visibles a ojo desnudo, en especial por ser estrellas pequeñas y frías (Figura 2).

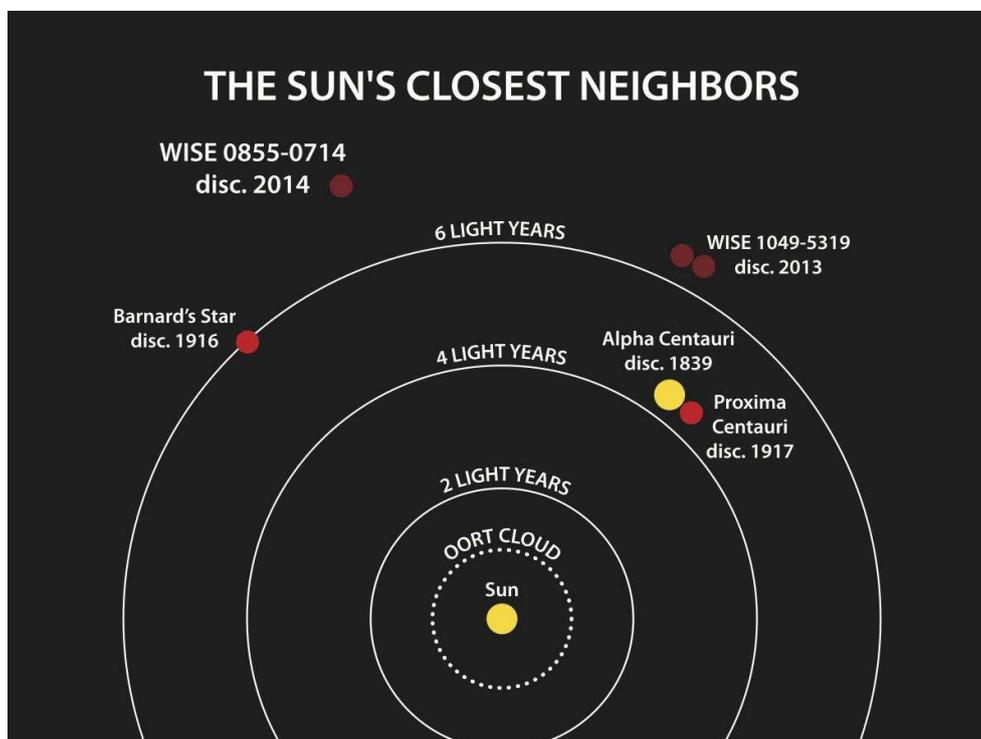


Figura 2: Las estrellas más cercanas al Sol. Fuente: NASA/Penn State University.

Distribución espacial en un radio de 12.5 años luz

En un radio de 12.5 años luz, existen poco más de 20 sistemas estelares; algunos son dobles y triples, por lo que el número de estrellas es un poco mayor, 33 en total, pero no todas se pueden visualizar a ojo desnudo (Figura 3).

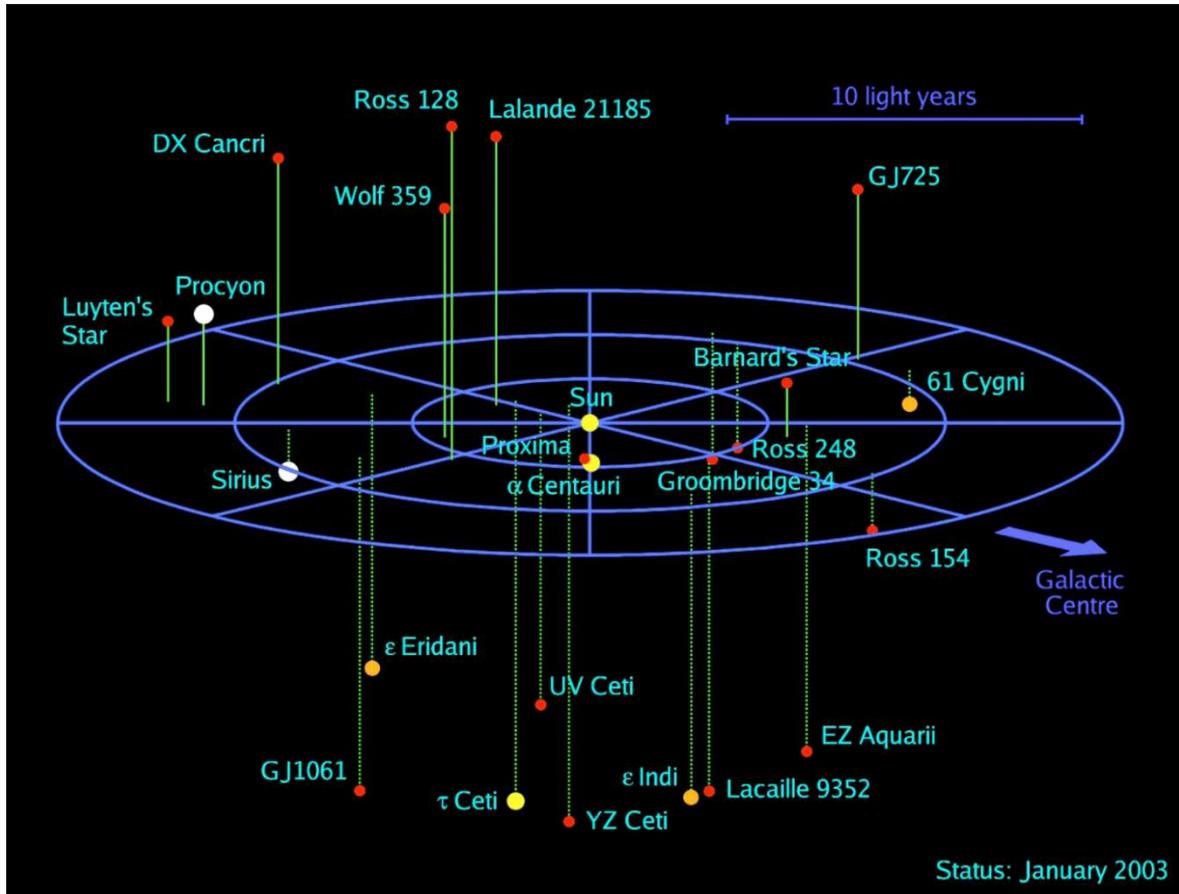


Figura 3: Estrellas en un radio de 12.5 años luz del Sol. Los colores representan estrellas de secuencia principal, enanas, blanco A y F, amarillo G, anaranjado K y rojo M (la gran mayoría de las estrellas en toda la vecindad del sistema solar). Los anillos concéntricos representan 5, 10 y 15 años luz de radio. Fuente: ESO/R.-D.Scholz et al. (AIP).

Distribución espacial en un radio de 21 años luz

Se estima que en un radio de 21 años luz con centro en el Sol existen aproximadamente 160 estrellas, aunque poco más del 5% serían visibles a ojo desnudo. La distribución estelar en este rango espacial, según tipo espectral y cantidad, tiene el siguiente detalle: A (2), F (1), G (7), K (17), M (94), enanas blancas (8) y enanas marrones (33). Nótese que sólo 3 estrellas son más masivas y luminosas que el Sol. Fuente: <https://courses.lumenlearning.com/astronomy/chapter/a-stellar-census/>

Distribución espacial en un radio de 50 años luz

En una esfera de radio igual a 50 años luz, se estima que son 133 las estrellas que pueden verse a ojo desnudo. Se estima que existen 1.400 sistemas estelares en este volumen, con un total aproximado de 2.000 estrellas, la mayoría similares al Sol. Si el Sol se observara desde una distancia de 50 años luz, su magnitud aparente sería de 5.8, casi en el límite de visibilidad. (An atlas of the universe, Powel, 2022)

Distribución espacial en un radio de 250 años luz

Se estima en 260.000 el número de estrellas en un radio de 250 años luz desde el Sol. La Figura 4 muestra las 1.500 estrellas más brillantes, la mayoría de mayor luminosidad que el Sol. Se estima que el 70% de las estrellas visibles a ojo desnudo están ubicadas en esta región.

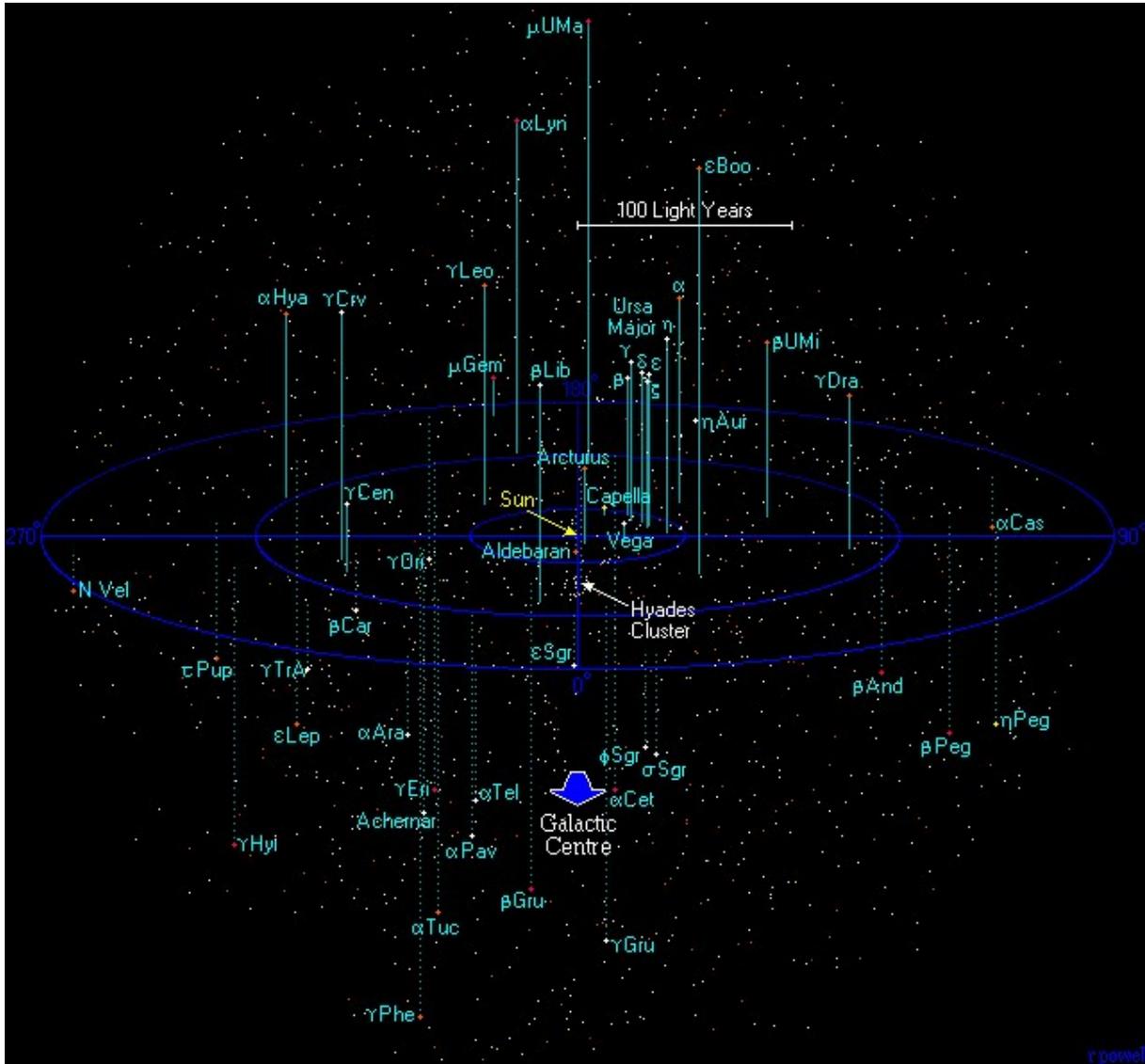


Figura 4: Distribución de estrellas en un radio de 250 años luz del Sol.
Fuente: Powel, 2022.

Distribución espacial en un radio de 5.000 años luz

Ampliando el volumen espacial bajo análisis, se estima en 600 millones el número de estrellas en un radio de 5.000 años luz desde el Sol. La Figura 5 muestra las estrellas visibles a ojo desnudo más distantes (la mayoría de éstas son gigantes y supergigantes, mucho más luminosas que el Sol), en el Brazo de Orión. Rho Cassiopeia es la más brillante de estas estrellas, ubicada a unos 4.000 años luz, en el límite de visibilidad a ojo desnudo.

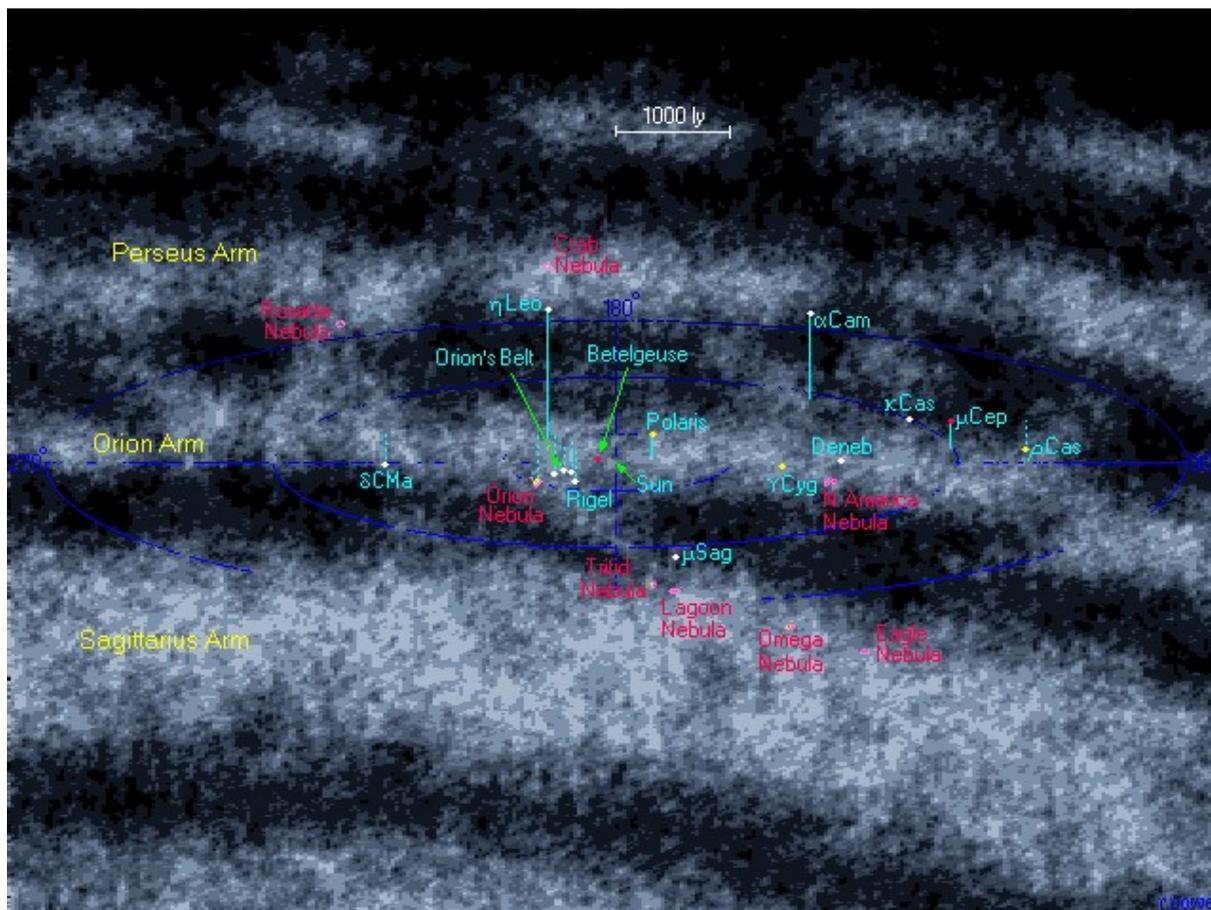


Figura 5: Distribución estelar en un radio de 5.000 años luz del Sol. Fuente: Powel, 2022.

PERO ENTONCES, ¿CUÁNTAS ESTRELLAS SE ENTERARON DE QUE....?

En este ejercicio didáctico, utilizado principalmente en el Secundario y en charlas abiertas a la comunidad, el paso siguiente es elegir un suceso importante de nuestras vidas, sea individual o social, e intentar estimar cuántas estrellas en el entorno astronómico del que formamos parte, visibles a simple vista desde nuestra ubicación sobre la superficie terrestre, recibieron la información de tal suceso.

- Para chicos en el último año de la escuela secundaria, con 17/18 años, sólo unas pocas estrellas de las que vemos por las noches conocen de su existencia, ¡¡menos de 10!!
- Para la mayoría de sus padres y profesores, menores de 50 años de edad, el número es un poco mayor, unas 133 estrellas han recibido la información de su nacimiento.
- En 1901 Guillermo Marconi realizó la primera comunicación inalámbrica a través del océano Atlántico, ¿cuántos sistemas estelares sabrán que la Tierra ya tiene una civilización tecnológica capaz de comunicarse por radio? ¿Cuántas estrellas hay en 120 años luz (recomendamos ver los 3 minutos iniciales de la película Contacto)?
- ¿Cuántas estrellas de las visibles a ojo desnudo conocen que desde 1871 se las estudia desde el Observatorio de Córdoba, el más antiguo de Argentina? Una estimación da aproximadamente 850 estrellas.
- ¿Qué otros sucesos les gustaría imaginar si ya se conocen allá lejos, entre las estrellas y planetas de la vecindad del Sol?

ASPECTOS INTERESANTES A DESTACAR SOBRE ESTE EJERCICIO

Son muchas las reflexiones posibles de realizar para valorar la riqueza del ejercicio presentado, en especial cuando trabajamos con adolescentes, ya que surgen aspectos de gran interés para la Didáctica de la Astronomía en el desarrollo de las discusiones, en sus preguntas y las posibles respuestas, entre otros. Veamos algunos.

En general, las personas no dimensionan adecuadamente el orden de magnitud del espacio astronómico que nos rodea (la profundidad hacia la cual se dirige la visión). La escala de tiempo también es factor muy complejo para imaginar las situaciones planteadas por el ejercicio, tan fuera de la experiencia temporal cotidiana.

Se imagina el espacio densamente poblado por estrellas y en general con una distribución bastante uniforme de objetos similares entre sí. Más aún, son muchas las personas que consideran que las estrellas tienen un único color (blanco, típicamente) y que brillan todas por igual (idea seguramente reforzada por muchos libros y medios de comunicación). Sin embargo, las personas acostumbradas a observar el cielo detectan rápidamente los colores de las estrellas, y saben además discriminar sus diferentes brillos, por lo que comprenden fácilmente que todas son distintas entre sí.

Es relevante notar que se da por hecho que lo que vemos es la totalidad de lo que existe (no hay más nada allí). Viceversa, se supone que todo lo que existe se puede ver con nuestros ojos (muchas personas expresan que el hecho de que haya objetos cercanos “invisibles” para nosotros les resulta algo muy conflictivo, Figura 6).

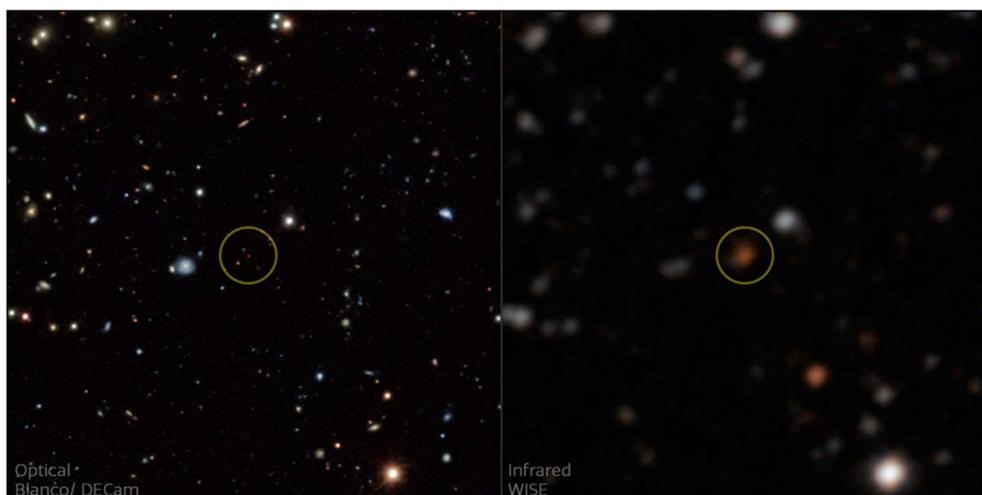


Figura 6: Enana marrón WISEA J025805.29-321917.4. Se estima que en el futuro cercano el número de estrellas de este tipo, en las cercanías del Sol, aumentará sustancialmente, ninguna es visible a ojo desnudo. Fuente: A. Meisner / NOIRLab / NSF / AURA.

La gente, en general, aprendió significativamente que las estrellas “mueren”, es decir, está presente la idea de proceso, la mayoría no piensa que las estrellas estuvieron, están y estarán sin cambio por siempre. Sin embargo, la forma más habitual de pensar en la “muerte” de una estrella es la explosión catastrófica, y que este final ocurre para todas las estrellas del cielo. No se considera otra forma de finalización del período de funcionamiento estable de una estrella que la destructiva.

Por otra parte, la gente, también en general, aprendió significativamente que la luz se propaga con velocidad finita (aunque no se comprenda su inmenso valor). Es difícil encontrar quien piense que la luz se propaga en forma instantánea.



Pero esto es válido también para la vida cotidiana. Sin embargo, vivimos acostumbrados a considerar que la información/luz nos llega instantáneamente para las cosas terrestres. Las dimensiones en las que vivimos y las sensaciones asociadas a nuestro metabolismo dan por hecho lo instantáneo, debido a los brevísimos intervalos de tiempo de propagación de la luz en el entorno humano.

La idea de “no reciprocidad” (vemos a todas las estrellas, pero ellas no nos ven a nosotros), impacta mucho. En la vida cotidiana, dando por hecho la sensación de instantaneidad, la reciprocidad es válida y vivimos con esa idea en todos los órdenes.

Pero lo que vale para las estrellas, vale para nosotros. Así, podríamos pensar que todo lo que vemos proviene del pasado de quién/qué emitió la luz. Nadie comparte nuestro presente, el presente no es común. En la dimensión espacial, así también ocurre con la posición topocéntrica desde la cual observamos el universo: es única, no la compartimos con nadie.

Podemos imaginar entonces que vivimos en completa soledad existencial espacio-temporal, percibiendo el universo desde nuestra única y solitaria posición en el espacio y en el tiempo. Esta idea impacta fuertemente en especial a los adolescentes. Y a todos nos da un poco de vértigo, ¿no?

Cabe destacar que la situación planteada en este sencillo ejercicio es “paradigmática”, es decir: la falta de reciprocidad es debida a que en nuestro modelo de universo la luz se propaga con velocidad finita (Camino, 2013). En otras épocas, anteriores a Roëmer, quien midió por primera vez la velocidad de la luz, las respuestas a aquellas preguntas iniciales habrían sido distintas, y la reciprocidad habría valido.

COMENTARIOS FINALES

¿De quién es la “responsabilidad” de que mucha gente (chicos y grandes), habiendo aprendido en forma significativa y correctamente muchos conceptos, aún no comprendan la situación planteada en este ejercicio (como sucede con muchos otros similares)? Claramente, la responsabilidad es de quienes enseñamos Astronomía: docentes, astrónomos profesionales, astrónomos aficionados, comunicadores sociales. En especial, porque la enseñanza que brindamos tiene varios problemas:

- Presentamos conceptos y datos científicos, pero no enseñamos a aplicarlos en contextos diferentes (espacios, tiempos, objetos, procesos, etc.).
- No explicitamos los postulados que damos por hecho (espacio-tiempo, velocidad de la luz, modelo de estrella), y sus aspectos paradigmáticos y epistemológicos.
- No presentamos otras cosmovisiones, en las que el mundo se describía distinto (velocidad de la luz infinita, estrellas inmutables, reciprocidad, etc.).

Deseamos que este ejercicio didáctico, con sus preguntas, respuestas y la discusión sobre las mismas, contribuya a repensar algunas de nuestras actividades y las afirmaciones que damos por hecho sin más en nuestra práctica educativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMINO, Néstor. “La luz en el universo actual”. En **Radiaciones. Una mirada multidimensional**, del Programa “Escritura en Ciencias – 2013”, INFoD, MEN. 2014.

KALER, James B. (2019). “Meet the stars next door”. **Astronomy Magazine**. <https://astronomy.com/magazine/2019/10/meet--the-stars-next-door>

POWEL, Richard. (2022). **An atlas of the universe**. <http://atlasoftheuniverse.com/> .