



INVESTIGA I+D+i 2014/2015

GUÍA ESPECÍFICA DE TRABAJO SOBRE "BÚSQUEDA DE PLANETAS HABITABLES FUERA DEL SISTEMA SOLAR"

Texto de Jesús Martínez-Frías

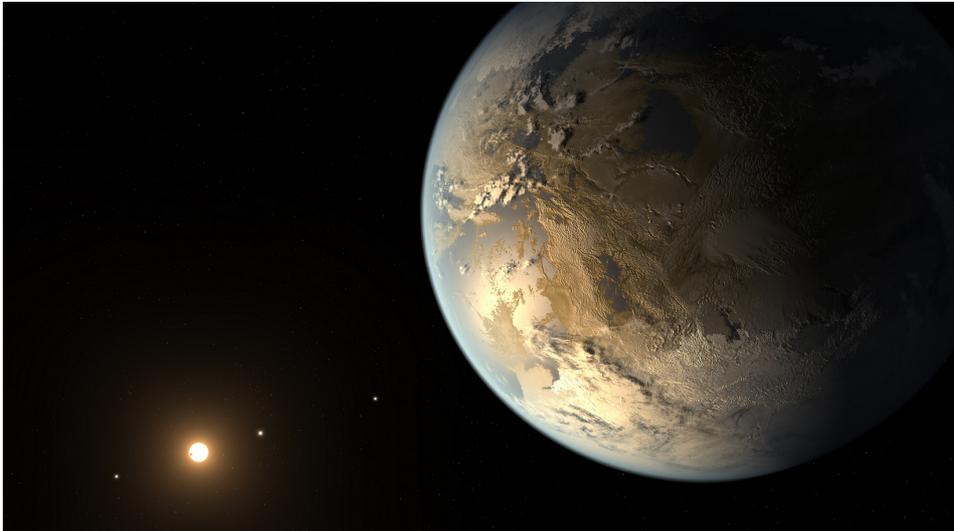
Octubre de 2014

Introducción

Nos encontramos en un momento crucial en el ámbito de la exploración espacial, especialmente en los campos específicos de la planetología y la búsqueda de vida. Tras las misiones tripuladas a la Luna de hace ya decenios, los avances científicos y tecnológicos han continuado de manera progresiva durante este medio siglo. Hoy podemos decir que, tras las numerosas misiones robóticas enviadas a otros planetas, lunas, asteroides y cometas, el ser humano se encuentra a punto de dar el salto hacia la exploración tripulada de otros planetas de nuestro sistema solar, concretamente Marte. Por primera vez, la humanidad podría disponer de otro lugar donde trasladarse y, tal vez, habitar. Un desafío científico y tecnológico con implicaciones también desde una perspectiva social y cultural.

Sin embargo, este progreso ha conllevado, en paralelo, otros descubrimientos que, aunque ya se preveían, no han sido verificados hasta hace apenas dos décadas: el hallazgo más allá de nuestro

sistema solar de numerosos planetas. ¿Cómo son estos planetas extrasolares o exoplanetas? ¿Podrían ser habitables? ¿Podría existir vida? ¿Qué sabemos realmente acerca de ellos?



El telescopio espacial Kepler de NASA descubrió el primer planeta del tamaño de la Tierra (Kepler-186f) orbitando una estrella en su "zona habitable". Imagen: *NASA Ames/SETI Institute/JPL-Caltech*.

Para abordar esta apasionante temática debemos tener en cuenta una serie de factores que han marcado el desarrollo de estas investigaciones:

- I. la reconsideración de determinados conceptos científicos y etimológicos sobre planetología que, en principio, parecían bien establecidos en el marco de nuestro sistema solar;
- II. una evaluación y aproximación multidisciplinar a los conceptos y criterios de habitabilidad planetaria, que son fundamentales para establecer los modelos y marcos de referencia que nos permiten abordar la búsqueda de vida más allá de nuestro planeta y

III. un avance extraordinario en el conocimiento de nuestro universo, que ha llevado en definitiva al descubrimiento de los exoplanetas. Algo que nos permite ser más ambiciosos en la búsqueda de respuestas y preguntarnos sobre la posible existencia de *nuevas Tierras* más allá de las fronteras de nuestro sistema solar.

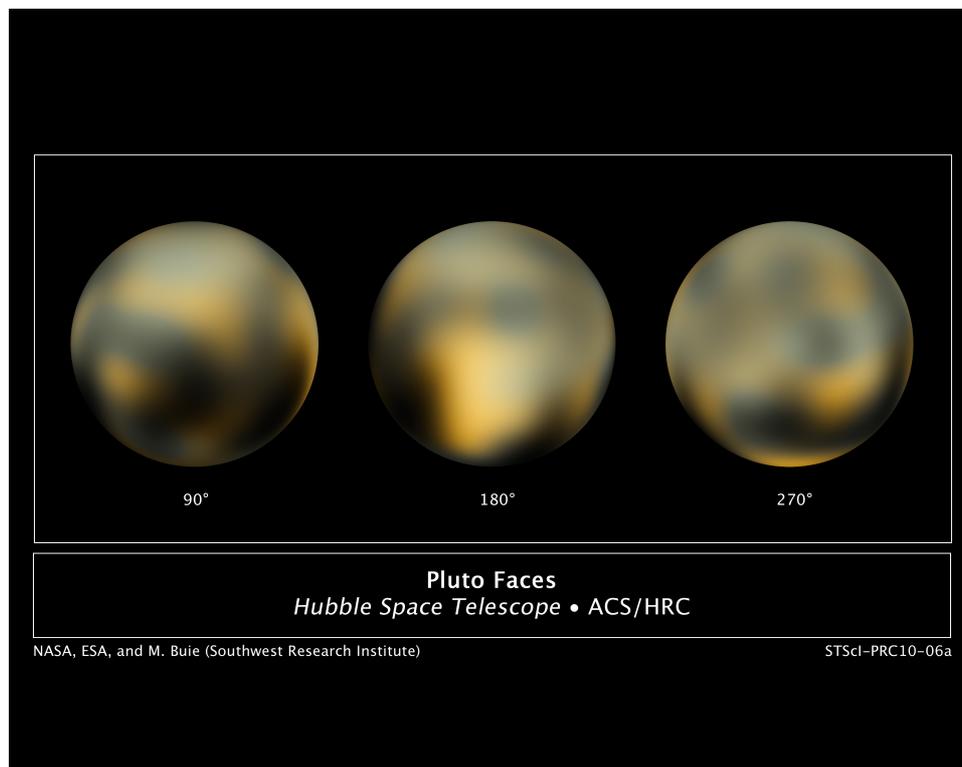
Consideraciones principales

Con respecto a estos tres puntos indicados anteriormente, es importante considerar, en primer lugar, la propia definición de lo que es un planeta y lo que no lo es. El hallazgo de nuevos planetas extrasolares, en distintos contextos y con diferentes características, puede cambiar nuestros esquemas actuales y, quién sabe, tal vez redefinir lo que recientemente acaba de ser modificado por la propia Unión Astronómica Internacional.

En agosto de 2006, la Unión Astronómica Internacional (IAU), decidió adoptar oficialmente una definición de planeta y de los otros cuerpos del Sistema Solar. De esta manera, un planeta debe cumplir una serie de condiciones:

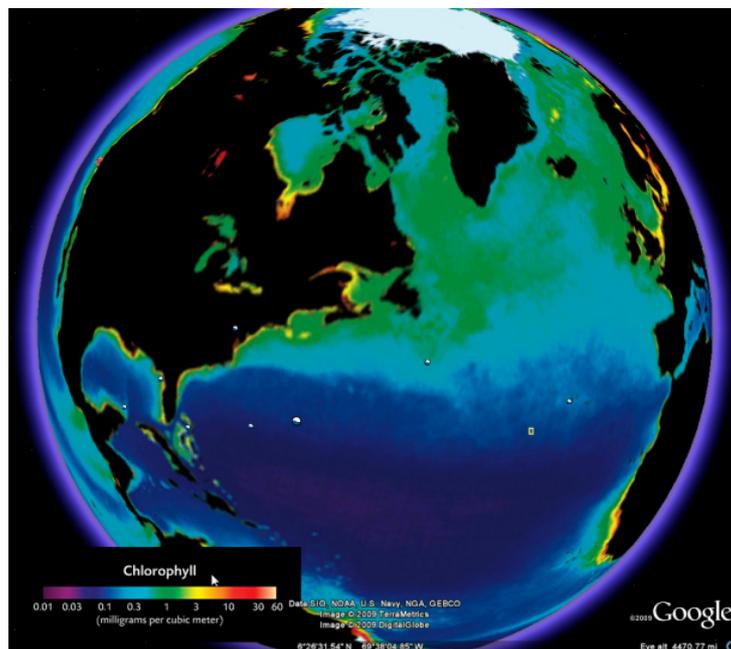
- debe orbitar alrededor del Sol;
- tiene que poseer masa suficiente como para que su propia gravedad domine las fuerzas presentes como cuerpo rígido, se encuentre en equilibrio hidrostático y, por tanto, adopte una forma aproximadamente redondeada y
- debe ser el objeto claramente dominante en su vecindad, habiendo "limpiado" su órbita.

Esta decisión de la IAU cambió los esquemas existentes de manera que en el sistema Solar, ahora sólo existen ocho planetas (Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno). Plutón perdió su estatus de planeta y pasó a ser un "planeta enano". Sin embargo, existen voces de investigadores pertenecientes a distintas disciplinas que no están del todo de acuerdo con esta decisión ni con el procedimiento seguido. Por ejemplo, recientemente (18 Septiembre 2014) este tema sobre lo que debe ser o no debe ser un planeta ha sido objeto de un apasionante debate (ver <https://www.youtube.com/watch?v=2RNGSuFqmro>)



Imágenes del ahora "planeta enano" Plutón tomadas por el telescopio espacial "Hubble". ¿Tenemos suficientemente clara la definición de planeta? Su controvertida pérdida del estatus de planeta ha hecho replantear la propia definición; algo importante, al menos desde el punto de vista conceptual, si queremos abordar el estudio de planetas fuera de nuestro sistema solar.

En segundo lugar, los avances en los estudios sobre habitabilidad planetaria conllevan definir apropiadamente qué es la habitabilidad a distintas escalas y establecer marcadores claros e inequívocos, científicamente rigurosos, sobre la posible existencia de vida en otros planetas más allá de nuestro sistema solar. Para ello, la Tierra es hasta el momento el único planeta conocido en el que existe vida y la única referencia que tenemos.



Para analizar la habitabilidad y para determinar especialmente la existencia de vida de un planeta, tenemos que disponer de claros biomarcadores que nos proporcionen una información irrefutable. Si utilizáramos la Tierra como modelo (hasta el momento el único planeta conocido en el que sabemos se ha desarrollado la vida), la clorofila sería un perfecto ejemplo de biomarcador.

Es muy importante diferenciar la habitabilidad de la existencia de vida. La capacidad de un planeta o luna para albergar vida (es decir que reúna condiciones de habitabilidad, de acuerdo con los modelos de vida y ambientes geológicos, en ocasiones extremos, en los que la vida aparece en la Tierra), no implica necesariamente que deba

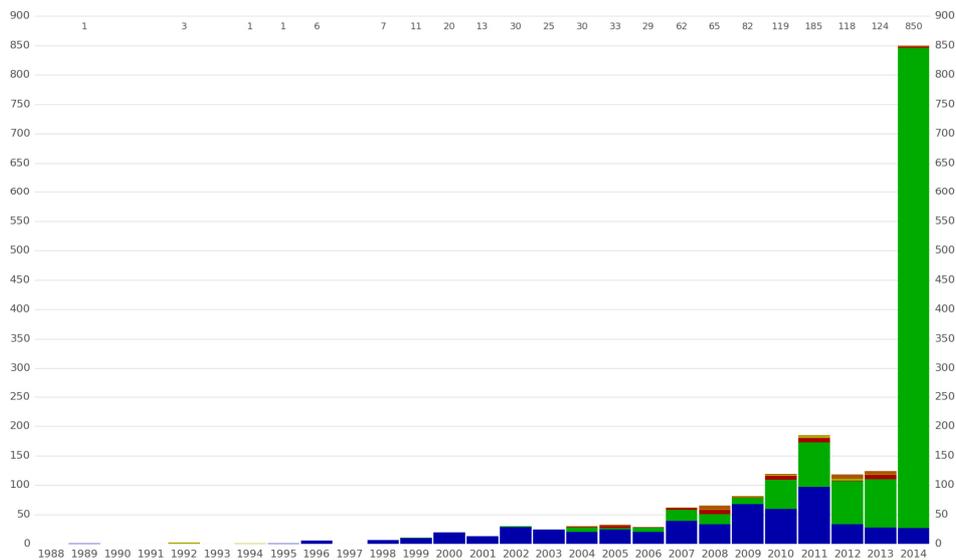
existir vida en él. Tener claro este concepto es fundamental para elaborar cualquier trabajo sobre habitabilidad planetaria con un mínimo de rigurosidad. Para ello, un aspecto determinante es distinguir entre los conceptos de *biomarcador* y *geomarcador*. Solamente se debe utilizar el término biomarcador cuando se trata de "*compuestos orgánicos relacionados clara e inequívocamente con la actividad metabólica de organismos*". Es decir, la detección de un biomarcador constituye una prueba incuestionable de que existe vida en un planeta o de que existió en el pasado.

En ocasiones, el término biomarcador se ha utilizado (e incluso se sigue utilizando) sin la suficiente rigurosidad, lo que ha dado lugar a confusión y a malinterpretar algunas evidencias que pueden explicarse sin necesidad de acudir a un origen biogénico de las mismas. Por ello, para evitar este tipo de problemas, surgió el término geomarcador, referido a *evidencias que permiten obtener información del contexto geológico (abiótico) y de las condiciones de habitabilidad del ambiente*. Los geomarcadores pueden estar relacionados con la vida (ej. el agua, un mineral, una característica geoquímica, etc) pero no son prueba suficiente para verificar su existencia.

Finalmente, en relación con el punto 3, es fundamental establecer cuáles son los principales métodos de detección de exoplanetas y especialmente cuáles son los más apropiados para encontrar otras posibles *nuevas Tierras* en las que determinar si encajarían los criterios y modelos de habitabilidad conocidos.

Aunque se ha sugerido que las primeras propuestas sobre planetas extrasolares podrían remontarse a finales de 1980, existe un acuerdo general de que la primera detección de un planeta extrapolar tuvo

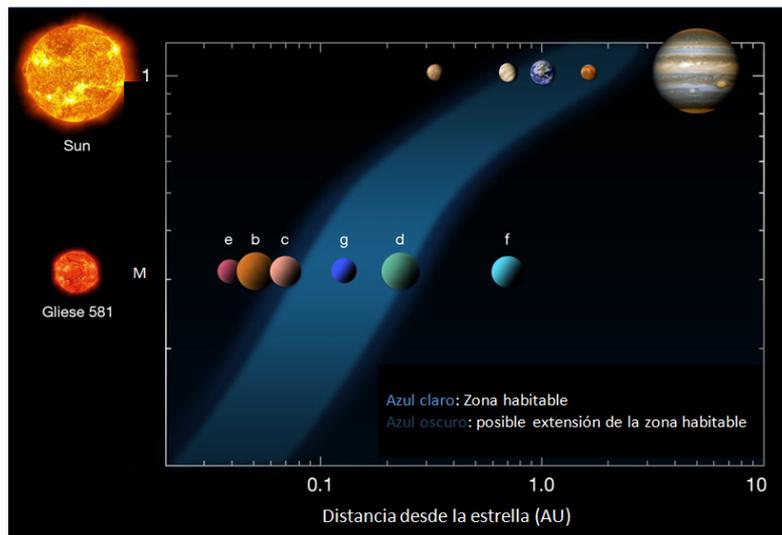
lugar en 1992. Aleksander Wolszczan y Dale Frail descubrieron un sistema planetario orbitando el púlsar PDR1257+12. En 1995, Michael Mayor y Didier Queloz, del Observatorio de Ginebra, detectaron el primer planeta extrasolar alrededor de una estrella "normal" (de secuencia principal), la estrella 51 Pegasi. Desde esa fecha, el progreso en los descubrimientos de exoplanetas ha sido realmente asombroso y en la actualidad el número supera los 1800.



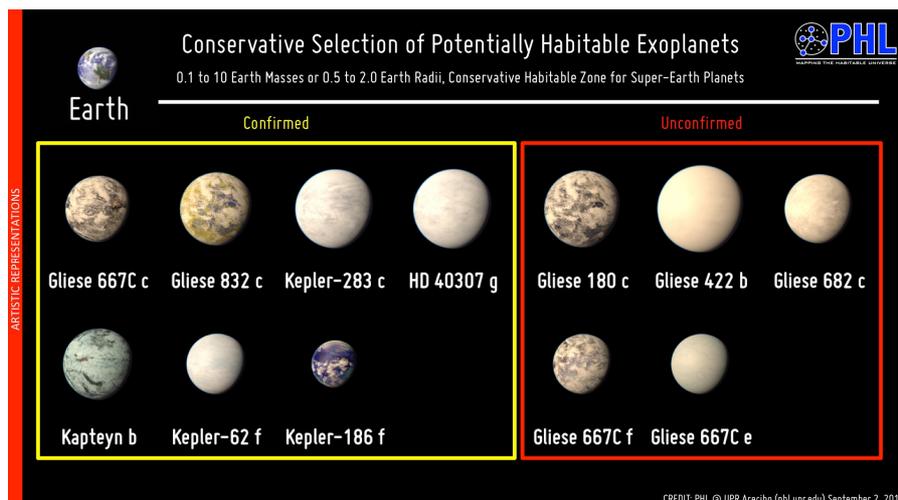
Número de planetas extrasolares descubiertos por año (hasta septiembre de 2014). Los colores indican el método de detección. Azul: velocidad radial; verde: tránsito; rojo: detección (imagen) directa; amarillo: variaciones temporales; marrón: microlentes.

Existen distintos métodos de detección de exoplanetas, básicamente: 1) astrometría; 2) velocidad Radial; 3) tránsito; 4) microlentes gravitacionales; 5) variación en al tiempo del tránsito; 6) binaria eclipsante y 7) detección directa, y se ha descubierto toda una compleja tipología y diversidad exoplanetaria.

Atendiendo a los diferentes criterios de habitabilidad, tanto astronómicos (en relación con la zona de habitabilidad y tipo de estrella como con los propiamente planetarios), la selección de planetas es obviamente mucho más restrictiva.



En esta imagen se ha realizado una comparación de la zona habitable del sistema Gliese 581 (una enana roja situada a 20,5 años luz de la Tierra), con respecto a la zona habitable de nuestro sistema solar. *Imagen: ESO.*



En esta imagen, tomada de la web del Laboratorio de Habitabilidad Planetaria de la Universidad de Puerto Rico en Arecibo, se muestra una representación artística de

una selección "conservadora" de los planetas extrasolares que se considera de tipo rocoso y con temperaturas adecuadas para la existencia de agua líquida. *Imagen PHL @ UPR Arcibo.*

Potenciales temas de discusión

Cualquier trabajo que aborde la búsqueda de planetas habitables fuera de nuestro sistema solar, debe plantearse una serie de preguntas, tales como las que se han incluido en la siguiente figura.



Si queremos ir más allá de la detección y adentrarnos en la utilización de criterios rigurosos para la búsqueda de vida en exoplanetas, este proceso será inevitablemente multidisciplinario, con la participación de astrónomos y astrofísicos, geólogos planetarios, astroquímicos, biólogos, bioquímicos y otros especialistas.

Bibliografía

Es posible encontrar multitud de recursos sobre el tema, especialmente considerando los distintos enfoques de planetología general, habitabilidad, astrobiología, planetas extrasolares (exoplanetas), etc. Los recursos que se han seleccionado aquí como bibliografía son tanto páginas webs como otros recursos on-line y libros. Dada la temática, la bibliografía en castellano/español es escasa, aunque sí es posible encontrar algunos recursos, como el del ESO.

1. <http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>
2. <http://www.space.com/25986-planet-definition.html>
3. http://missionscience.nasa.gov/nasascience/what_is_a_planet.html
4. <http://www.astrobio.net/comparative-planetology/>
5. <http://www.amazon.com/Planetology-Unlocking-Secrets-Solar-System/dp/1426201214>
6. <http://www.eso.org/public/science/exoplanets/>
7. http://www.eso.org/public/archives/presskits/pdf/presskit_0005.pdf
8. <http://lasp.colorado.edu/home/wp-content/uploads/2011/06/whatisaplanet.pdf>
9. <http://exoplanet.eu/>
10. <http://planetquest.jpl.nasa.gov/>
11. <http://www.planetary.org/explore/space-topics/exoplanets/>
12. <http://www.planetary.org/explore/space-topics/exoplanets/>
13. <http://www.openexoplanetcatalogue.com/>
14. <http://phl.upr.edu/projects/habitable-exoplanets-catalog>
15. http://www.iop.org/publications/iop/2010/file_42552.pdf
16. <http://depts.washington.edu/astrobio/drupal/content/exoplanets-detection-habitability-biosignatures>
17. <http://wwwuser.oats.inaf.it/astrobiology/planhab/>
18. <http://www.crcpress.com/product/isbn/9781466584617>
19. <https://www.coursera.org/course/astrobio>
20. http://www.amazon.com/Astrobiology-Multi-Disciplinary-Approach-Jonathan-Lunine/dp/0805380426/ref=cm_lm_f_tit_1

21. http://www.amazon.com/Astrobiology-Conditions-Physics-Astronomy-Library/dp/3540421017/ref=cm_lm_f_tit_2
22. http://www.amazon.com/An-Introduction-Astrobiology-Iain-Gilmour/dp/0521546214/ref=cm_lm_f_tit_4
23. http://www.printsasia.es/book/extrasolar-planets-hans-deeg-0521868084-9780521868082?utm_source=esgooglebook&utm_medium=opf&utm_campaign=feed&gclid=Cj0KEQjw_IKiBRD7rPqut_OZ4qgBEiQASm4GAvUco8ZMzjfr9OUGeRiivNUNZ0bAWUE3sixj6zrATygaAq0G8P8HAQ
24. http://www.printsasia.es/book/extrasolar-planets-and-astrobiology-caleb-a-scharf-1891389556?utm_source=esgooglebook&utm_medium=opf&utm_campaign=feed&gclid=Cj0KEQjw_IKiBRD7rPqut_OZ4qgBEiQASm4GAv6Mqoo1fZJnruFK707Kw7RFMxljH9AYqfrkRxNNDokaAt0m8P8HAQ
25. <http://www.amazon.com/Exoplanets-Space-Science-Series-Seager/dp/0816529450>
26. http://books.google.es/books?id=p4-BHI3tRI8C&hl=es&source=gbs_book_similarbooks
27. http://books.google.es/books?id=p4-BHI3tRI8C&hl=es&source=gbs_book_similarbooks
28. http://www.astronomia2009.es/El_Tema_del_mes/Marzo:_Planetologia/Planetologia:_Nuestro_Sistema_Solar_y_mas_alla.html
29. <http://www.icog.es/redespa/>
30. <http://www.cab.inta.es/es/inicio>
31. <http://astrorawson.com.ar/Articulos/Exoplanetas.pdf>
32. http://www.mdsc.org/printable_section.php?Section=Junio_2012_Descubriendo_nuevos_mundos_Profundizacion_Metodos&Id=
33. http://www.oac.uncor.edu/documentos/conferencias/otras/ferialibro07_beauge.pdf
34. <http://exoplanetasliada.wordpress.com/metodos-de-deteccion/>
35. http://webs.um.es/bussons/astrobiologia_resumen_Miguel.pdf

Otros recursos

Se incluyen aquí enlaces a videos de youtube ilustrativos acerca de la temática del trabajo:

1. <https://www.youtube.com/watch?v=fAFGFs1yRkI>
2. https://www.youtube.com/watch?v=RLWb_T9yaDU
3. <https://www.youtube.com/watch?v=1kvyZdFAjF0>
4. <https://www.youtube.com/watch?v=jLNO5nXZoUI>
5. <https://www.youtube.com/watch?v=fyfDX4x7WVg>
6. https://www.youtube.com/watch?v=5fc_oJPwcAg
7. https://www.youtube.com/watch?v=ZbijeR_AALo
8. <https://www.youtube.com/watch?v=WS5c4POglts>
9. <https://www.youtube.com/watch?v=096xA8siIy8>
10. <https://www.youtube.com/watch?v=CAKmQtqOZnY>
11. https://www.youtube.com/watch?v=xYi2UYsBJvM&list=PLdDLAS2tMtLO_Ht5-v1Ud0crj1JHJEOAe
12. <https://www.youtube.com/watch?v=5NPhhI0Uyck>
13. <https://www.youtube.com/watch?v=Wy0vCxiCbbU>
14. <https://www.youtube.com/watch?v=-7ChJUyokDA>