

Determinación estadística de vida extraterrestre extremófila basada en la ecuación de Drake-Maccone

Statistical determination of extremophile extraterrestrial life based on Drake-Maccone equation

Freddy Alexander Torres Payoma¹, María Jimena López Munévar², Juan Camilo Cuervo Say³, Angie Viviana Andrade Suarez⁴

Resumen

La ecuación de Drake establece la probabilidad de encontrar vida inteligente extraterrestre en el universo. Además de otros factores, considera aquellas variables que cuerpos rocosos (tales como planetas, satélites, cometas, entre otros) deben tener basado en el desarrollo de vida en la tierra. En el presente trabajo se presenta una solución alternativa a la ecuación de Drake con el objetivo de determinar estadísticamente la probabilidad de encontrar vida biológica extraterrestre en general, es decir, que sea capaz o no de comunicarse con nosotros. Para la interpretación de los resultados fue necesario apoyarse de los conceptos de la mecánica estadística y modificar el factor de planetas donde evoluciona vida, con el fin de involucrar también vida extremófila.

Palabras clave: Drake, vida extraterrestre, extremófilos, mecánica estadística, estadística.

Abstract

Drake's equation establishes the probability of finding extraterrestrial intelligent life in the universe. In addition to other factors considers those variables that rocky bodies such as planets, satellites, comets, among others, must have to host life based on how it developed on the earth. In this paper, an alternative solution to the Drake equation is presented to statistically determine the probability of finding extraterrestrial biological life in general, that is, whether it can communicate with us or not. For the interpretation of the results, it was necessary to rely on some concepts of statistical mechanics and modify the factor of planets where life evolves, to also involve Extremophilic life.

Keywords: Drake, extraterrestrial life, Extremophiles, Statistical Mechanics, Statistical.

1. Introducción

Uno de los grandes interrogantes que se ha planteado la humanidad es responder

“si estamos solos o no en el gran universo”. Bajo el anterior postulado, Drake (1961) estableció una ecuación bajo

¹ Magister en ciencias-física. Universidad Nacional de Colombia. Docente física general, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Docente tutor física general, escuela ECBTI. <https://orcid.org/0000-0002-5206-0836> Correo: freddy.torres@unad.edu.co.

² Estadística, estudiante. Universidad Nacional de Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-9663-1303>. Correo: malopezmu@unal.edu.co

³ Licenciado en física, estudiante. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://orcid.org/0000-0003-2419-1019>. Correo: jccuervos@correo.udistrital.edu.co

⁴ Licenciada en química, estudiante. Universidad Pedagógica Nacional. <https://orcid.org/0000-0002-7992-9634>. Correo: avandrades@pedagogica.edu.co

algunos criterios y rigurosidad científica que fue aceptada por críticos, la cual determina las condiciones mínimas necesarias (o básicas) para que exista vida en un planeta. Sin embargo, algunas de las variables analizadas dentro de la ecuación dependen de comunicación microondas y de vida extraterrestre inteligente.

Por otra parte, en nuestro planeta tierra se han observado y caracterizado nuevas e interesantes especies que parecen ser “de otro planeta”, pues pueden sobrevivir bajo condiciones extremas tales como altas o bajas temperaturas, presiones, radiación e incluso en el espacio durante un tiempo prolongado. Este tipo de organismos han sido denominados por la comunidad científica como extremófilos.

Relacionando las dos ideas anteriores, el presente trabajo tiene como objeto de estudio determinar la fracción de cuerpos rocosos f'_L que pudiesen albergar vida extraterrestre extremófila.

2. Vida extremófila

La vida en el planeta tierra se da a raíz de tres pilares fundamentales: Un *líquido*, en donde se producen reacciones químicas (H_2O), un *elemento* con la facilidad para formar compuestos ($C+$) y una fuente de energía (E) en constante transformación (Beltran, 2009).

Por otra parte, existen algunos microorganismos que son capaces de adaptarse a lugares con condiciones extremas, en donde desarrollan estrategias químicas y físicas para protegerse de variables exógenas, tales como la desecación, la radiación, las temperaturas altas o bajas, entre otras (Lopez-Munever, 2019).

Algunas de sus estrategias son:

- *La síntesis de sitonemina*: un pigmento y metabólico secundario capaz de absorber regiones UVA, UVB y UVC del espectro electromagnético. Este compuesto evita que el 90% de los rayos UVA ingrese a las células (se caracterizó por primera vez utilizando espectroscopia Raman).

- *La criptobiosis*: David Keilin (1959) definió la criptobiosis como “el estado de un organismo que no tiene signos vitales visibles y cuya actividad metabólica es difícil de medir, además de ser reversible desde un punto muerto” (Toro, 2017).

Los rastros que dejan dichas *estrategias* se conocen como *biomarcadores*, entre los que se encuentran: restos de lípidos, aminoácidos, azúcares e isótopos de carbón. Ahora, en lo referente a las condiciones extremas, la radiación solar y cósmica, serían unos de los principales factores que los microorganismos necesitan resistir para sobrevivir (Herrero, 2006).

2.1 Clasificación de extremófilos

A los organismos que logran sobrevivir bajo condiciones de estrés se les conocen como extremófilos, los cuales pueden ser verdaderos o extremo-tolerantes. Los primeros son capaces de desarrollarse en ambientes extremos, y de hecho son estos ambientes de su preferencia (Cavicchioli, 2002).

Según las condiciones extremas del ambiente, los extremófilos se clasifican en:

- *Termófilos*: son aquellos que pueden sobrevivir y/o desarrollarse en ambientes con altas temperaturas.

- *Psicrófilos*: son aquellos que resisten bajas temperaturas (< 15° C).

- *Halófilos*: pueden sobrevivir y/o desarrollarse en ambientes salinos.

- *Acidófilos*: pueden sobrevivir y/o desarrollarse en ambientes ácidos, es decir con un pH menor a 7.0.

- *Alcalófilos*: contrario a los acidófilos soportan y/o se desarrollan en ambientes alcalinos, es decir, con pH mayor a 7.0.

- *Radiófilos*: soportan y/o se desarrollan en ambientes radioactivos.

- *Barófilos*: son aquellos que soportan y/o se desarrollan en ambientes con altas presiones.

- *Xerófilos*: pueden sobrevivir y/o desarrollarse en ambientes con extrema sequía, incluso sin agua.

Cabe destacar que un organismo extremófilo podría pertenecer a varias de las categorías, (de hecho, es lo esperado y lo más común) ya que los lugares en donde se han encontrado se caracterizan por tener distintos factores considerados extremos.

3. Ecuación Drake-Maccone

Después de realizar el estudio de los conceptos de vida extremófila, ahora se procede a realizar el análisis de la ecuación de Drake centrando el estudio en la existencia de vida extraterrestre

únicamente (Seager, 2013), resulta la expresión

$$N = E^* f_Q F_{HZ} f_o f_L f_s,$$

Con N el número de planetas donde puede existir vida extraterrestre, E^* el número de estrellas observadas, f_Q la fracción de estrellas en su fase estable, F_{HZ} la porción de estrellas con planetas rocosos, f_o la fracción de planetas que son detectados, f_L planetas donde evoluciona vida y f_s planetas sobre los que la vida produce una marca detectable de gas (Torres-Payoma, 2019). Existen diversas versiones de la ecuación de Drake teniendo en cuenta diferentes parámetros físicos, por ejemplo, Devora (2017) plantea la posibilidad de existencia de vida artificial.

3.1 Estadística de Maccone

Maccone (2010) define cada uno de los parámetros físicos de la ecuación de Drake como la productoria de siete (7) variables aleatorias positivas, es decir

$$N = \prod_{i=1}^7 D_i,$$

donde D_i corresponden a cada uno de los términos de la ecuación de Drake, resultando de ello el número total de civilizaciones como una función de probabilidad estadística

$$\langle N \rangle = e^{\mu} e^{\frac{\sigma^2}{2}}.$$

4. Vida extraterrestre extremófila

Después de la interpretación física y estadística de la ecuación de Drake, se realiza el ajuste al modelo de Drake-

Maccone, para ello, es necesario considerar que la fracción de planetas que tienen vida sea igual a la unidad ($f_L = 1$), el cual es un factor que depende de las condiciones astrobiológicas. Torres-Payoma (2019) propone que el factor de corrección para vida extraterrestre extremófila se interprete como

$$f'_L = \frac{ET}{P} + VCE,$$

Donde, VCE corresponde a los planetas que pueden albergar vida en condiciones extremas, ET los planetas tipo tierra y P al cuerpo rocoso en estudio.

Teniendo en cuenta lo anterior, la vida en condiciones extremas se interpreta como una sumatoria de cada uno de los planetas que pueden tener características de vida extremófila, es decir,

$$VCE = \frac{\chi_1}{P} + \frac{\chi_2}{P} + \frac{\chi_3}{P} + \dots + \frac{\chi_N}{P},$$

Los coeficientes χ_i son las variables identificables de posible supervivencia para organismos extremófilos, según sea la condición extrema de los individuos. El resultado será

$$\begin{aligned} f'_L &= \frac{ET}{P} + \frac{\chi_1}{P} + \frac{\chi_2}{P} + \frac{\chi_3}{P} + \dots + \frac{\chi_N}{P} \\ &= \frac{ET}{P} + \frac{\sum_{i=1}^N \chi_i}{P}, \end{aligned}$$

Al considerar los factores anteriores, e introduciendo los resultados dentro de la expresión general, el número de cuerpos rocosos que podrá albergar vida extraterrestre extremófila estará dado, finalmente por la expresión

$$N = E^* F_Q F_{HZ} f_o \left(1 + ET^{-1} \sum_{i=1}^N \chi_i \right) f_L f_S.$$

El método estadístico usado con una desviación del 10% no muestra mucha significancia en la razón de proporción de los datos clásicos con respecto a los datos estadísticos, sin embargo, una las perspectivas del presente trabajo es determinar con mayor exactitud y precisión, basados en reportes científicos en astrobiología y astrofísica, que permitan incluir una desviación con más detalle.

Con la anterior ecuación es posible encontrar vida extraterrestre en diversos sistemas rocosos, modificando y aumentando la probabilidad de encontrar seres con vida en el espacio exterior.

5. Conclusiones

El método estadístico de Maccone permite realizar una valoración estadística de la ecuación de Drake calculando los límites de la función de distribución de probabilidad, logrando así dar un grado más de exactitud y precisión.

Se puede resolver el sistema usando otro tipo de función de probabilidad, para ello es necesario investigar más a fondo el comportamiento de las variables intrínsecas dentro de cada una de las ecuaciones.

Al despreciar los términos asociados a vida inteligente, la ecuación de Drake permite evaluar la existencia de vida extremófila, aumentando las probabilidades de que se encuentra vida en el espacio.

Referencias

Para incluir citas

Acevedo, Y. V. N., Quintero, J. F. L. & Clavijo, C. C. G. (2016). Recorrido

- virtual en tercera dimensión de la sede principal en una universidad de Bogotá. *Publicaciones e Investigación*, 10, 83-93.
- Abello Mendoza, E. N., & Bernal Suárez, W. F. (2017). Prototipo para la orientación automática de paneles solares. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/29750>
- Agreda, F. U. P. & Castrillón, J. H. (2017). Aplicación de la técnica smed en el procedimiento de cambio de tintas de la referencia bolsa kraff colanta entera 3c a bolsa kraff amtex tannus 2c. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 113-124.
- Alegría, Y. M., Collazos, C. A., Granollers, T. & Gil, R. (2014). Propuesta de valoración del comportamiento como complemento a la evaluación emocional de los usuarios mientras interactúan con sitios web. *Publicaciones e Investigación*, 8, 185-201.
- Barragán, F. M. M. (2017). Formulación y elaboración de productos de panificación con yacón (*Smallanthus sonchifolius*) como endulzante, para la población con deficiencias en el metabolismo de los disacáridos. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 127-139.
- Bastidas, S. E. C., Cabrera, A. A., Mez, H. E. C. & Cervelion, A. J. (2019). Sistema en tiempo real para el monitoreo de variables médicas en pacientes hospitalizadas con redes WSN. *Publicaciones e Investigación*, 13(1), 27-44.
- Bastidas, S. E. C., & Peláez, J. M. L. (2015). Algoritmos de planificación para la transmisión de datos en tiempo real con IEEE 802.15. 4. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1443/1883>
- Bautista, E. A. S., Roa, J. R. V., & Ortega, J. A. T. (2015). Estimación de la huella hídrica para un cultivo de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Publicaciones e Investigación*, 9, 135-146.
- Beltran, E. (2009). Acercamiento a los estudios actuales sobre el filo Tardigrada y su importancia en la medicina. *Universitas Medica*, 50(3), 380-403.
- Bríñez, J. A. B., Cuevas, M. M. & Torres, M. (2014). Análisis de parámetros objetivos y subjetivos en pre-amplificadores de audio. *Publicaciones e Investigación*, 8, 13-24.
- Castañeda, C. C. C. (2016). Ros-gazebo. una valiosa Herramienta de Vanguardia para el desarrollo de la robótica. *Publicaciones e Investigación*, 10, 145-160.
- Cavicchioli, R. (2002). Extremophiles and the Search for Extraterrestrial Life. *Astrobiology*, 2(3)281-292. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12530238/>
- Cerra Escobar, I. L., & Villarreal Padilla, J. E. (2017). State of art: utilizing social network analysis in diverse fields. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), <https://doi.org/10.22490/25394088.2257>

- Cifuentes, A. F. M. & Clavijo, C. C. G. (2015). Marco de referencia para la gestión de TI centrada en la creación de valor compartido, aplicado a una propuesta de formación en maestría. *Publicaciones e Investigación*, 9, 163-176.
- Cruz, A. V., Cordero, L. A. & González, A. P. (2014). Evaluación energética de los generadores de vapor F1-2 y BH-109 de una refinería cubana de petróleo. *Publicaciones e Investigación*, 8, 89-96.
- Delgado, Á. D. G., Ruiz, Y. Y. P., Córdoba, L. S., López, L. M., & Kafarov, V. (2014). Experimentación y optimización conjunta de la disrupción celular de microalgas y extracción soxhlet de aceite para alimentación y biocombustibles. *Publicaciones e Investigación*, 8, 127-136.
- Devora, L. (2017). Modificación de la ecuación de Drake. *Universo Oculto*.
<http://luisdevora.com/?p=517>
- Díaz, J. M. G., Díaz, N. G., & Cuellar, A. M. Q. (2010). Comparación entre los índices de agua potable IAP y los índices de riesgo de la calidad de agua para consumo humano IRCA utilizados para la determinación de la calidad del agua para consumo humano. *Publicaciones e Investigación*, 4, 53-59.
- Fernández, M. F. C., Casallas, D. M. D., & Marín, C. E. M. (2015). Análisis de la calidad del agua del río Bogotá durante el periodo 2008–2015 a partir de herramientas de minería de datos. *Publicaciones e Investigación*, 9, 37-50.
- Fisco, J. A., & Sabogal, D. P. (2014). Reconstrucción de atmósferas sonoras tridimensionales. *Publicaciones e Investigación*, 8, 27-33.
- Fuentes, L. F. Q., & Castelblanco, S. G. (2011). Perfil del sabor del clon CCN51 del cacao (*Theobroma cacao* L.) producido en tres fincas del municipio de San Vicente de Chucurí. *Publicaciones e Investigación*, 5, 45-58.
- Fuentes, L. F. Q., Pinilla, M. G., & Mendoza, L. J. (2014). Estandarización de la fase de fermentación “fase i” en la obtención de un licor de mandarina utilizando levadura “*Saccharomyces cerevisiae*”. *Publicaciones e Investigación*, 8, 139-149.
- Garzón, L. J. R., & Jiménez, V. L. L. (2017). Vulnerabilidad hídrica de la cuenca del río Blanco, en el municipio de La Calera, considerando los escenarios de cambio climático propuestos por la corporación autónoma regional de Cundinamarca-Car. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 77-88.
- Giraldo, R., Vargas, T., & Gil, H. (2009). Mejoramiento del proceso de deshidratación de uchuva. *Publicaciones e Investigación*, 3, 37-49.
- Herrero, L. (2006). ¿Qué es la vida? ¿La ciencia se atreve a definirla? *Dialogos Revista Electrónica de Historia*, 7(1), 1-35.
<https://www.redalyc.org/pdf/439/43970102.pdf>
- Jiménez-García, W. G., & Rentería-Ramos, R. R. (2020). Contributions of

- complexity for the understanding of the dynamics of violence in cities. Case study: the cities of Bello and Palmira, Colombia (Years 2010-2016). *Revista Criminalidad*, 62(1), 9-43.
- Jiménez, V. L. L., Ramos, J. J. M., & Guio, D. P. A. (2016). Análisis del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano -Irca- y su relación con variables meteorológicas y ubicación Geográfica para el departamento del Tolima en los años 2012-2013. *Publicaciones e Investigación*, 10, 69-81.
- Laverde, W. E. M., & Bernal, O. A. V. (2015). Herramientas de gestión ambiental para las carreteras de cuarta generación (4g) en Colombia. *Publicaciones e Investigación*, 9, 87-98.
- López-Munévar, M. C. (2019). Análisis de la ecuación de Drake basados en los estudios de formación de galaxias y vida extraterrestre de extremófilos. *Vida sin fronteras*, 69-71.
- Maccone, C. (2010). The Statistical Drake Equation. *Acta Astronautica*, 66(11-12), 1366-1383.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S009457651001499>
- Martínez, J., & Pino, F. J. (2016). Definición de un modelo de calidad de servicios soportado por tecnologías de la información (TI). *Publicaciones e Investigación*, 10, 49-67.
- Masso, J., & Pardo, C. (2015). Hacia una ontología para el gobierno de desarrollo de software en pymes. *Publicaciones e Investigación*, 9, 99-112.
- Mesa Angulo, O. P., Gabriel, F. J., Ostos Ortiz, O. L., & Rentería, R. R. (2020). Modelo de vigilancia tecnológica e inteligencia estratégica: evaluación de nuevos programas académicos de la Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/28934>
- Milquez-Sanabria, H. A. A. (2017). Digestión anaerobia en dos fases, hidrólisis y metanogénesis, de la semilla de mango (*Mangifera indica*). *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 91-100.
- Molina, L. D., & Lozano, L. P. (2016). La desertificación del suelo, aspectos y estrategias de lucha. *Publicaciones e Investigación*, 10, 117-127.
- Montañez Carrillo, L., & Lis Gutiérrez, J. P. (2016). Medición de la madurez de la gestión del conocimiento en la Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería de la UNAD. *Publicaciones e Investigación*, 10, <https://doi.org/10.22490/25394088.1595>
- Ochoa, N. E., Cruz, I. M., Gil, C. E., Chaves, C. C. S., Grajales, S. K., Vargas, L. L. V., & Páez, A. (2015). Estrategias en la construcción de un prototipo como modelo integral en la gestión investigativa orientado hacia el esquema de negocio. *Publicaciones e Investigación*, 9, 113-134.
- Orozco, L. G., & Urrego, A. I. C. (2016). Modelos de ensuciamiento en intercambiadores de calor tubulares en sistemas indirectos en procesos uht en

- la industria láctea. *Publicaciones e Investigación*, 10, 95-114.
- Ortega, J. A. T., Rubio, O. F. C., & Orozco, I. H. (2017). Análisis de ciclo de vida para una biorefinería derivada de residuos agrícolas de palma aceitera (*Elaeis guineensis*). *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 13-36.
- Ortiz, I. A. L., & Angulo, H. M. (2016). Percepción de los estudiantes sobre la utilización de videojuegos en cursos de la Universidad Nacional Abierta ya Distancia-UNAD. *Publicaciones e Investigación*, 10, 163-175.
- Parra, C. A. C., & Espinal, J. M. M. (2014). Parámetros técnicos de captura en instrumentos musicales percutidos del folclor colombiano para su uso en bancos virtuales de sonidos. *Publicaciones e Investigación*, 8, 35-53.
- Pérez, L. A., & Vera, C. A. (2015). Método para medir indirectamente la velocidad de fase en sensores *surface acoustic wave*. *Publicaciones e Investigación*, 9, 65-72.
- Ramírez-del Rio, D., Soto-Mejía, J. A., & Rentería-Ramos, R. R. (2018). Diseño de un modelo bajo el enfoque de dinámica de sistemas para estudiar comportamiento de la dinámica socioeconómica basada en la atención de primera infancia, infancia y adolescencia. *Investigación Operacional*, 39(2), 220-233.
- Reina, C. B., Jiménez, L. N. R., & Pedraza, N. M. (2014). Obtención de biodiesel (etil-éster) mediante catálisis básica a nivel planta piloto derivado de aceites usados de la industria alimenticia. *Publicaciones e Investigación*, 8, 99-116.
- Rentería-Ramos, R. R. & Alfonso, A. V. (2015). Construcción de una red compleja para el estudio de la selectividad de Santiago de Cali por parte de las víctimas desplazadas del conflicto armado en Colombia. *Investigación Operacional*, 36(1), 60-69.
- Rentería-Ramos, R.R., Hurtado-Heredia, R., & Urdinola, B. P. (2019). Morbimortality of the victims of internal conflict and poor population in the Risaralda Province, Colombia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(9), 1644.
- Rentería-Ramos, R. R. & Mejía, J. A. S. (2018). Diseño de una sociedad artificial para estudiar la migración forzada por conflicto armado interno en el suroccidente colombiano. *Investigación Operacional*, 39(2), 206-219.
- Rentería-Ramos, R. R. & Soto Mejía, J. A. (2016). Design agent based model to study the impact of social cohesion and victimization in the criminal behavior. *Ingeniería y Ciencia*, <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/11294>
- Rentería-Ramos, R., Velasco Bonilla, A., María Burbano, J., & M Vitale, A. (2017). Construcción de clústeres empresariales en el sector de la salud en Santiago de Cali a través del algoritmo Multivariate Fuzzy C-Means. *Economía y Desarrollo*, 158(2), 129-140.

- Rodríguez, J. F. G., Ramírez, A. A., Pérez, L. M., Meza, J. R., & Rentería-Ramos, R. R. (2019). Relación entre la innovación y la productividad laboral en la industria manufacturera de México. *Investigación operacional*, 40(2), 249-254. <http://www.invoperacional.uh.cu/index.php/InvOp/article/view/667>
- Rojas, M. O. A., & Arboleda, L. C. T. (2015). Simulación de redes de sensores inalámbricos: un modelo energético a nivel de nodo-sensor bajo las especificaciones Ieee 802.15. 4tm y Zigbee. *Publicaciones e Investigación*, 9, 13-24.
- Rojas, Y. S. V., Ramírez, L. M. V., & Ortega, J. A. T. (2014). Evaluación de la huella hídrica del lirio japonés (*Hemerocallis*). *Publicaciones e Investigación*, 8, 79-87.
- Sáenz, L. M. B. (2014). Una Visión del sistema de certificación en inocuidad de alimentos. *Publicaciones e Investigación*, 8, 151-159.
- Samper, J. J. C., & Bolaño, M. R. (2015). Seguridad informática en el siglo XX: una perspectiva jurídica tecnológica enfocada hacia las organizaciones nacionales y mundiales. *Publicaciones e Investigación*, 9, 153-162.
- Sanabria, A. E. R., & Pérez, J. R. R. (2015). Catalizadores organometálicos en la industria química. *Publicaciones e Investigación*, 9, 51-64.
- Sánchez, I. C. N., & Alfonso, J. N. M. (2019). Revisión: estimación de deficiencias en la calidad del huevo. *Publicaciones e Investigación*, 13(1), 103-110.
- Sánchez, N. J. Z. (2014). Simulación de un sistema de desodorización de aceite vegetal por medio de un control industrial automatizado. *Publicaciones e Investigación*, 8, 119-125.
- Seager, S. (2013). An Equation to Estimate the Probability of Identifying an Inhabited World Within the Next Decade. *Exoplanets in the Post Kepler Era* (pp.1-20). Harvard. https://www.cfa.harvard.edu/events/2013/postkepler/Exoplanets_in_the_Post_Kepler_Era/Program_files/Seager.pdf
- Sendoya, D. F. (2013). ¿Qué es el control predictivo y hacia dónde se proyecta? *Publicaciones e Investigación*, 7, 53-59.
- Sierra, G. I. L., & Gonzalez, N. V. Y. (2014). Estudio descriptivo mediante análisis multicriterio de la cadena agroalimentaria de la panela. *Publicaciones e Investigación*, 8, 161-183.
- Tangarife, J. H., & Acevedo, Y. V. N. (2015). Video juego interactivo mediante Sdk Kinect 1.6 para apoyar la educación básica primaria de niños entre 5 a 10 años de edad. *Publicaciones e Investigación*, 9, 25-36.
- Toro, R. (2017). El problema de la continuidad metabólica en criptobiosis y su estudio durante de la segunda mitad del siglo XX. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 17(34), 75-98. <https://www.redalyc.org/pdf/414/41452003003.pdf>

- Toro, R. O. (2017). Biocompuestos a base de almidón termoplástico, ácido poliláctico y cascarilla de arroz: efecto del aceite epoxidado de soya. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 49-55.
- Torres-Payoma, F. (2019). Determinación estadística de vida extraterrestre de la ecuación de Drake-Dévora basada en la interpretación estadística de Maccone bajo condiciones extremas de temperatura. *Vida sin fronteras*, 5. doi:22484299
- Waltero, H. E. P. (2015). Arquitectura de un laboratorio remoto desde el enfoque de la formación de ingenieros en ead. *Publicaciones e Investigación*, 9, 147-152.