

Expansión Exponencial: Realidades esenciales **(Exponential Expansion: Essential Realities)**

Badii, M.H; A. Guillén; D. Castillo-Martínez; M. García-Martínez y J.L. Abreu
UANL, San Nicolás, N.L., México

Resumen. Se presenta la noción conceptual de la expansión exponencial de las poblaciones. Se enfatiza, por medio de ejemplos sencillos, el papel potencialmente catastrófico de “tiempo de duplicación” en éste tipo de crecimiento. Se describen las interrelaciones implícitas derivado de la expansión exponencial dentro de los conglomerados humanos o ciudades incluyendo el descontento involucrado. Finalmente, se discuten las nociones Malthusiana y Neo-Malthusiana a la par con el desarrollo socio-económico relacionado con la economía de libre mercado basado en la generación de ideas innovadoras con discusiones en pro y en contra y con la entropía como una sombra siempre latente.

Palabras Clave: Crecimiento exponencial, ideas innovadoras, la bomba poblacional, límites del crecimiento

Abstract. The conceptual notion of population exponential expansion is presented. The potentially catastrophic role of “doubling time” in this type of population growth is noted. The implicit relationships due to exponential growth within the human conglomerates or cities along with the accompanying discontent are described. Finally, the Malthusian and Neo-Malthusian concepts along with economic development in the realm of free market economy based upon innovative ideas and hitherto pros and cons with the lingering shadow of entropy are discussed.

Keywords: Exponential expansion, innovative ideas, limits to growth, population bomb

Nociones conceptuales

Las sorprendentes nociones tanto atractivo como no atractivo sobre el crecimiento exponencial han sido conocidos desde hace milenios, especialmente en el oriente, donde el interés compuesto había sido conocido y utilizado correctamente desde tiempos ancestrales. Esta noción está bien ilustrado en una poesía épica de la literatura mundial, el *Shahname*, escrito hace aproximadamente, 1000 años por un poeta persa llamada Ferdowsi. Este es la poesía épica más larga de la historia y duro 30 año para escribirla. Simultáneamente con esta poesía, el juego de ajedrez fue introducido desde India a Persia. Con su popularidad, Ferdowsi lo immortalizó usando el ajedrez para ilustrar las implicaciones del crecimiento exponencial. A continuación se demuestra una versión de este concepto (Badii et al., 2013a, 2013b, 2017).

Cuando el inventor Hindú presentó el juego de ajedrez al Rey persa, se le gusto tanto al Rey que solicitó al inventor Hindú pidiera lo que quisiera como un premio al crear este juego. El inventor que tenía inclinaciones matemáticas, pidió en retorno un regalo en forma de granos de arroz del Rey persa que para su majestad parecía algo extremadamente modesta. Sin embargo, el inventor solicitó que estos granos se distribuyeran de forma siguiente: Un grano de arroz sobre la primera celda de ajedrez, 2 en la segunda celda, 4 en la tercera celda, 8 en la cuarta celda, y así sucesivamente, duplicando la cantidad para cada celda progresiva. El Rey ofendido por esta solicitud tan modesta, ordenó a su tesorero a contar los granos de arroz que el inventor había pedido. Sin embargo, cuando el tesorero no había cumplido el orden del Rey durante una semana, el Rey le pidió la razón por su tardanza. El tesorero respondió que tomaría mucho más de todos los granos de su reinado para otorgar el premio al inventor.

Vamos a analizar el por qué la respuesta del tesorero no solamente es correcta, sino que hecho es una subestimación enorme del tamaño del premio. En realidad es un argumento simple. Hay que señalar que el juego de ajedrez tiene 64 celdas (8 x 8). La instrucción para el premio es que solo 1 grano en la celda 1, 2 en la celda 2, 4 en la celda 3, y así sucesivamente. Por tanto, en la celda 8 hay $2 \times 2 = 128$ granos. Sin embargo, al llegar a la última (64) celda, el número de los granos se determina por multiplicar 63 veces (es decir, $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \dots 63$ veces). El resultado es un número astronómicamente grande: Si usted conduce esta operación en su calculadora confirmará el número 9,223,372,036,854,775,808, lo que es un poco por debajo de 10 millones trillones de granos de arroz! Esta cantidad de granos de arroz constituye un montón más grande que el Monte Everest de las Himalaya.

Este ejemplo ilustra el poder fantástico y la absurda noción del crecimiento exponencial no-controlada y también demuestra algunas de sus características no sospechadas: comienza sorprendentemente lento, pero una vez liberado, se vuelve completamente fuera del control, consumiendo todo en frente de sí misma. Además, en cada momento del tiempo, el tamaño de una población creciendo exponencialmente, es mayor que la suma de todos los individuos que existían antes de este punto del tiempo. Por ejemplo, el número de los granos en cada una de las celdas es siempre mayor que la suma de todos los granos en todas las celdas previas juntas. Por tanto, hoy existen más personas en el planeta que la suma de todas las personas que habían existido desde el comienzo del crecimiento exponencial hasta ahora. En otras palabras, una población no sustentable o aparentemente “infinita” caerá sobre el sistema de forma no esperada como el ejemplo siguiente

lo va a demostrar. Sin embargo, en la naturaleza (comunidades, poblaciones, ecosistemas) existen mecanismos de control llamados “factores de retroalimentación negativa” los cuales son componentes ecológicos limitantes, como fuerzas de competencia, relacionados con la limitación de recursos ambientales (degradación, competencia) que inhiben el crecimiento.

Suponer que deseamos preparar una muestra de un antibiótico, como por ejemplo, la penicilina y comencemos con un proceso con un solo bacteria, la cual sabemos que se divide en dos hijas idénticas cada minuto. Por tanto, después de un minuto tendremos 2 bacterias, cada uno se divide en dos bacterias después de otro minuto, generando 4 bacterias. Otro minuto más tarde tendremos 8, luego 16 y así sucesivamente, doblando el número de los individuos con cada minuto sucesivo. Este ejemplo es análogo al ejemplo de arroz de arriba. Suponemos que comenzamos el proceso del crecimiento en un contenedor a las 8 de la mañana y hay suficiente recursos, alimento y condiciones ideales que aseguren que el contenedor se llenaría con bacterias exactamente a las 12 horas (durante 4 horas). La pregunta es, ¿A qué tiempo entre 8:00 a.m. y 12:00 horas el contenedor está medio lleno?

Mucha gente, típicamente, sugiere un tiempo casi a la mitad entre 8:00 y 12:00, como por ejemplo, 10:00. La respuesta correcta que sorprende a mucha gente es 11:59, es decir, justamente, un minuto antes del mediodía (12:00 hr). La razón es, debido a que la población se duplica en el tamaño cada minuto, entonces, el contenedor debería estar medio lleno, justamente un minuto antes de la terminación del proceso del crecimiento, lo cual es 11:59 a.m.

Vamos a tomar este experimento un poco más allá trabajando al revés: 1 minuto antes del mediodía el contenedor está medio lleno, 2 minutos antes del mediodía el contenedor está solamente $\frac{1}{4}$ o 25% ($\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$) lleno, 5 minutos antes del mediodía el contenedor está $\frac{1}{32}$ lleno ($(\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2})$), es decir, cerca de 3% lleno, donde la bacteria es apenas visible. Proceder en esta forma, una calculación similar demuestra que a las 11:50 a.m., con un solo 10 minutos quedando para las 12:00, el contenedor es solamente, 0.1% lleno y por ende, se ve vacío. Por tanto, por casi el tiempo de vida de este pequeño universo, el contenedor parece vacío, con casi nada ocurriendo dentro del contenedor, a pesar de que la colonia de la bacteria continúa creciendo exponencialmente durante todo el tiempo. Solamente es durante los últimos pocos minutos, correspondiendo a una diminutiva fracción de su total existencia, y justo antes de que el universo de bacteria llegue a su fin triste, es cuando se puede observar algo de acción visible en el contenedor (Duarte et al., 2019).

Ahora veamos esta situación desde el punto de vista de la bacteria viviendo en la colonia. Primero, acordar que la vida de este universo es 4 horas o 240 minutos. Ahora, aun después de 100 generaciones, que es equivalente a 100 minutos en el “tiempo real”, correspondiendo, aproximadamente a 2000 años en “tiempo humano” (asumiendo 20 años para cada generación humana), la vida es maravillosa, el alimento es abundante y la comunidad continúa a expandir y coloniza su pequeño universo. Aun después de 200 generaciones, todo parece magnífico, y todavía después de 235 generaciones, todo se ve bien, pero algunas bacterias quizás han tomado “conciencia” sobre los límites de su universo y “perciben” por vez primera que su alimento está comenzando a ir hacia la escasez. Muy rápido después de este punto, al duplicarse por 239 veces, cuando la población ha alcanzado su límite, es decir, el gran número de 10^{71} (un trillón multiplicado por sí mismo un millón de veces), las cosas parecen muy malas para cada individuo y de hecho una generación después (generación 240, equivalente a 240 minutos o 4 horas desde 8:00 a.m. hasta 12:00 del mediodía.) todo se acaba. *El mensaje fundamental y las implicaciones del crecimiento exponencial no-controlado son bastante real: Crecimiento rápido seguido por estancamiento y colapso.*

Crucial en este tipo de crecimiento es que el sistema es cerrado, significando que los recursos disponibles a la colonia son finitos. La situación del universo de bacteria mencionado arriba es análogo al sistema cerrado que hemos creado para nosotros en el planeta, con nuestra casi total dependencia en combustibles de origen fósil en lugar de ser abierto y empoderado externamente por el sol. Mientras que el crecimiento exponencial es una manifestación tremenda de nuestros extraordinarios logros como la especie, implicados en este están las semillas potenciales de nuestra decadencia y portal de problemas muy cercanos (Soto et al., 2019).

Implicaciones de crecimiento exponencial

1.- La emergencia y el descontento de las ciudades industriales

Los ejemplos arriba ilustran el significado y las implicaciones de un crecimiento exponencial no-controlado y obviamente, su relevancia fundamental para el desarrollo sustentable. Es muy difícil no ver estos ejemplos antropocéntricamente, como una saga épica del hombre moderno que está destinado a terminar trágicamente y de una manera rápida en la misma forma

que ocurrió con la colonia de bacteria. ¿Pueden estos ejemplos, ser metáforas realísticas para lo que hemos observado durante los últimos 200 años? o ¿Pueden ser fábulas míticas que presentan mal entendimientos en su simplicidad y será posible que el ser humano continúe en su viaje hacia aun un mejor y glorioso futuro, riqueza y prosperidad?

Tales preguntas han saturado debates muy emocionantes que comenzaron muy pronto después del inicio de la era industrial hasta hoy en día. La transición de laborar la tierra y producción artesanal hacia maquinas autómatas, creación de empresas para producción masiva de artículos, la innovación tecnológica y el incremento de productividad en agricultura, la introducción de nuevos productos químicos, la producción de procesos metalúrgicas, el mejoramiento de la eficiencia de centros de electricidad y el mayor uso del vapor desde el recurso renovable de la madera al fuentes de combustibles del origen de fósil (gas, petróleo, y carbón), todo contribuyó una emigración más y más de la gente de las formas tradicionales de sostenimiento a centros urbanos con alto crecimiento, los cuales fueron percibidos a generar mejores oportunidades para el empleo. Este proceso continua sin cesar a nivel global hasta el presente día.

Estos cambios impulsados por la Revolución Industria (Badii et al, 2017a, b) ocasionaron muchos manufactureros creativos y dueños de empresas y por ende el crecimiento de una clase media con influencia mucho mayor que antes vista. Sin embargo, el destino de la nueva clase media, sea en las empresas o en las minas, fue abismal, junto con el crimen, la contaminación, las enfermedades, una clase media enorme viviendo en la miseria, como una respuesta al crecimiento poblacional rápida y la industrialización con suma hacinamiento y condiciones no sanitarias (Badii et al., 2017, 2018a).

Manchester en Inglaterra, fue la primera ciudad industrial del mundo cuya población creció por un facto de 6 durante un periodo de 60 años de 20,000 en 1771 a 120,0000 en 1831, hasta más de 2 millones para 1900 casi 70 años después. La evolución de Manchester ha proporcionado el templete típico que ha sido repetido innumerablemente a lo largo del mundo hasta el día de hoy, como New York, London, Paris, Cd. de México, Sao Paulo, Nairobi, Calcuta, Shenzhen, todos sufriendo la las mismas condiciones negativas asociadas a los megalópolis.

Es fácil a olvidar las condiciones difíciles no sanitarias de la vida de la clase trabajadora antes de la era industrial. Casi todos los pecados que asociamos con la era industrial y la urbanización eran prevalentes en la época pre-industria, por ejemplo, trabajo de los niños, condiciones sucias de vida o jornadas laborales muy largas. De hecha la mejoría de vido se debe a

la ciencia, tecnología y la ilustración, los cuales contribuyeron a disminuciones enormes en la mortalidad infantil y por ende al crecimiento poblacional. La vida puede parecer peor a un trabajador urbano que su colega agrícola, especialmente, debido a los problemas inhumanas asociadas a las empresas y las minas en relación a trabajar en el campo, pero también, debido a la gran escala y el tamaño de los problemas todo como resultado de la expansión exponencial. Mismos argumentos persisten hoy, donde mucha gente cree que la vida era mucho mejor cuando vivíamos en aldeas pequeñas y pueblos donde había un sentido de comunidad y interrelación, los cuales parecen ausentes, en la multitud de la ciudad moderna (Badii et al., 2016).

2.- Malthus, Neo-Malthusiano y la gran Innovación Optimista

Thomas Robert Malthus fue la primera persona en reconocer la amenaza de un crecimiento exponencial no-controlado y lo relacionó con los desafíos de limitación y disponibilidad de los recursos. Malthus fue un clero Inglés y un estudioso y también uno de los primeros a contribuir a los campos nuevos de la economía y la demografía y sus implicaciones para las estrategias políticas a largo plazo. Él publicó un ensayo muy influyente en 1798 intitulado “*An Essay on the Principle of Population* o *Un ensayo sobre el principio de la población*” en donde declaró que “el poder de la población es infinitamente mayor que el poder en la Tierra para producir sostenimiento para el hombre”. Su argumento fue que la población “multiplica geométricamente”, significando que la población crece a una tasa exponencial, mientras que la capacidad para producir y suministrar alimento incrementa solamente “aritméticamente”, implicando que crece a una tasa muy baja, por ende la población finalmente, gana a la fuente alimenticia, llevando la humanidad a un colapso catastrófico (Guillen et al., 2015).

Malthus concluyó que para poder evitar éste catástrofe y asegurar una población sustentable, se requiere una forma de control de la población. Este se origina o a través de las causas “naturales” como el incremento en las enfermedades, hambruna, guerras, o más preferible por cambio de hábitos sociales, particularmente, de la clase trabajadora pobre, cuyo comportamiento reproductivo, según Malthus, era la causa del problema. Siendo un devoto cristiano, no le gustaba la noción de control de natalidad por medio de los métodos contraceptivos, sino el concepto de la restricción moral, como abstinencia, matrimonio en edades más grandes, o restringir el matrimonio de la gente pobre o la gente con problemas de salud físico o mental (Arce

et al., 2018). Los Neo-Malthusianos modernos no tienen escrúpulos religiosos relacionados con control de natalidad artificial, el aborto, o programas de esterilización voluntaria (González et al., 2018, Monrreal et al., 2019).

Una consecuencia desafortunada del análisis de Malthus era que estas ideas fueron interpretadas como inculpar a los pobres por insistir en reproducir demasiado rápido. Esto era sencilla para concluir que la culpa era la reproducción rápida de la clase trabajadora pobre en lugar de la explotación capitalista que daba origen a la pobreza. Además el grupo Malthusiano también cree que el paternalismo de la clase pobre tanto por el gobierno y/o el sector filantrópico era contra-productivo, con el hecho de incrementar el número de los pobres, y por ende llevar al país a banca rota. Estas ideas han generado enormes debates que han perdurado durante los últimos 200 años y hasta el día de hoy. Durante éstos años han criticado la noción de Malthus tanto de parte de los capitalistas, socialista, Marxistas, y el libre mercado, los conservadores y los liberales (Petricciuolo et al., 2019).

Por otro lado, las ideas de Malthus han influenciado pensadores grandes como John Maynard Keynes, autor de la escuela de “Economía Mixta”; Alfred Russel Wallace y Charles Darwin, autores de la “Teoría de la Evolución por medio de la Selección Natural”. En años recientes, con la preocupación sobre sustentabilidad global, las ideas de Malthus han sido ampliados para incluir preguntas sobre limitación de recursos en general (no solamente el alimento), con menos énfasis sobre la clase pobre o sobre el crecimiento poblacional, sino principalmente, desde el punto de vista del medio ambiente, cambios climáticos, y el reconocimiento que estos asuntos trascienden barreras geográficas y económicas.

Sin embargo, dentro del corriente principal de los economistas y pensadores sociales, la teoría Malthusiana y sus implicaciones han perdido peso. La mayoría piensa que los supuestos básicos de la teoría Malthusiana son fundamentalmente equivocados, y existen bastante evidencia para apoyar esta opinión. A lo mejor, de principal importancia es la contradicción a la expectativa Malthusiana, en que la producción agrícola no incremento de forma lineal con el tiempo, sino, siguió el mismo patrón del crecimiento poblacional, es decir, producción exponencial. Además, ha ocurrido una estable disminución de la tasa de fecundidad del ser humano, acompañado con un estable incremento en el promedio del nivel de estándar de vida. En término promedio, los salarios se incrementan y el acceso a los métodos contraceptivos son cada vez más factibles y los trabajadores insisten en reproducir menos.

Hay algunos economistas que piensan que las ideas de Malthus en término de inminente colapso de la sociedad humana son algo ingenuas, simplistas, o solamente erróneas. En contrario, hay algunos ecólogos y físicos, quienes opinan lo contrario. De hecho algunos economistas prominentes declaran que “cualquier persona que cree que el crecimiento exponencial pueda continuar para siempre en un mundo finito, debe ser un *loco* o un *economista*”.

La mayoría de los economistas, científicos sociales, políticos, y líderes de los negocios, típicamente, justifican su optimismo por medio del milagro de la “innovación” la cual de una forma mágica nos mantiene a flote exponencialmente. Ellos de una forma cierta apuntan a la noción de que la innovación y el estar abierto a los cambios, estimulado por la economía de libre mercado, han continuado a empoderar el crecimiento exponencial y el incremento en el nivel de estándar de vida. Según ellos, la idea original de Malthus fue errónea, debido a la falta de visión sobre los avances tecnológicos en agricultura motivada por el espíritu de los descubrimientos de la ilustración innovación, la ciencia y la Revolución Industrial. Estos llevaron a inventar instrumentos, herramientas y máquinas agrícolas fabulosas, rotación de los cultivos, uso incremental de los fertilizantes y los plaguicidas, ingeniería genética. Estos a su turno contribuyeron a una eficiencia mucho mayor en la producción por medio de incrementar el rendimiento y mecanización de los procesos, los cuales por los 10,000 años previos, habían sido llevados a cabo, principalmente por la mano. Por ejemplo, ahora toma solo unos pocas horas para cultivar 100 bushels de trigo, versus semanas para el mismo trabajo.

Nuestro tiempo ha visto una extraordinaria continuación de esta maravillosa revolución en la productividad alimentaria a medida que la agricultura se industrializa más. La producción de alimento en el mundo industrializado está dominada por consorcios de agro-negocios gigantesca los cuales utilizan la ciencia y la tecnología para maximizar rendimiento y optimizar la distribución. Esta mecanización de la producción alimentaria, en donde la carne, el pescado y las verduras son producidas en las líneas de ensamble de las compañías, similar a producción de los automóviles o las televisiones, ha sido expandiéndose rápidamente a lo largo del mundo, proporcionando sostenimiento para billones de personas. Por ejemplo, globalmente, cuatro compañías, producen 74% de pollo, 43% de res y 68% de huevo.

Es difícil no estar convencido por el argumento de la “innovación” cuando uno piensa en término de sustentabilidad a largo plazo. Solo piensa en tremendo número de instrumentos, máquinas, artefactos, procesos e ideas generados durante los últimos dos siglos. Desde aviones,

automóviles, computadoras, el Internet hasta la teoría de la relatividad, la mecánica cuántica, y la selección natural, ha sido un viaje inimaginable, un planeta con infinito suministro de las maravillas que el famoso Ali Baba nunca hubiera imaginado.

Según el Banco Mundial, una de las metas de Milenio puesto por las Naciones Unidas en el año 2000, el cortar la tasa de la pobreza del 1990 en la mitad para el año 2015, ya fue conseguido en el año 2010, cinco años antes del año del blanco. Además, en término promedio, la gente actualmente, vive más tiempo y a un estándar de vida mayor que antes. Este es un lado de la moneda. El otro lado es que desafortunadamente, la mitad de la población mundial todavía vive con un salario menos de \$2.5 dólares de USA, y con hasta un billón de gente que carecen del acceso a agua potable limpia o suficiente alimento. Tal parece que a pesar de todos estos maravillosos avances, la amenaza de Malthus es todavía fuerte y sana y está esperando.

Este punto fue argumentado fuertemente casi hace 50 años en un libro llamado *“The Population Bomb”* publicado en 1968 por el ecólogo Paul Ehrlich (Ehrlich, 1968) donde decía: *“la batalla para alimentar a la humanidad está perdida. En 1979 cientos de miles de persona morirían por la hambruna e pesar del uso de cualquier programa para su salvación. En este momento nada puede prevenir un incremento sustancial en la tasa de mortalidad mundial...”*.

Predicciones pesimistas similares como *“No veo cómo la India puede alimentar a mil millones o más personas para 1980”* fueron declarados e incluso promovieron la esterilización forzada para mitigar el inminente colapso.

En 1972, se realizó un estudio por Dennis Meadows y Jay Forrester (ambos en Massachusetts Institute of Technology o MIT) titulado *“The Limits to Growth”* (Meadows y Forrester, 1972). El enfoque fue explorar cómo los recursos finitos afectarían la continuación del crecimiento exponencial y cuál sería las consecuencias potenciales de *“Crecer como siempre”*. La investigación fue patrocinado por una organización llamada *Club de Roma*, una confederación de los ciudadanos distinguidos del mundo, compartiendo una preocupación común para el futuro de la humanidad; jefes de Estados, diplomáticos, científicos, economistas y líderes de negocios de todos el mundo. El estudio fue el primer intento serio para modelar posibles escenarios para la sustentabilidad de planeta utilizando datos disponibles combinando con simulaciones por computadoras sobre la producción del alimento, crecimiento poblacional, industrialización, recursos renovables y la contaminación. Como tal, este estudio es el pionero de intentos

subsecuentes para modelar de una forma seria el futuro del planeta, incluyendo modelaje de cambios climáticos recientes.

Como el ensayo de Malthus, también el libro de Ehrlich “*The Limits to Growth*” recibió mucha atención en las medias populares y fue igualmente provocativo para estimular debates sobre el futuro de planeta. Además, recibió considerable crítica, especialmente, desde la trinchera de los economistas que indicaban a no tomar en cuenta la vertiente de la innovación.

Un líder economista, Julian Simon (Simon, 1981), quien expresó una versión extrema tomada por muchos economistas que el desarrollo espectacular durante los últimos 200 años sería sostenido para “*siempre*” por la capacidad innovadora del hombre. De hecho, Simon, en su libro “*The Ultimate Resource*” publicado en 1981, argumentó que la mayoría de la población actualmente es mejor, debido a la estimulación por mayor tecnología, innovación, ingenio, y por ende encontrando nuevos caminos para explotar los recursos e incrementar los estándares de vida.

Entrando en el siglo XXI, ésta visión de “*Cuernos de la abundancia*” como resultado de la capacidad innovadora del hombre y las posibilidades infinitas del libre mercado, ha emergido como un componente significativo del pensamiento conceptual de corporativo y de economía política. De hecho las ideas de Simon han sido apoyadas por muchas personas en la academia, los negocios y las comunidades políticas. Un resumen de las ideas de Simon fue expresado por el economista Paul Romer (Romer, 1994), uno de los fundadores de “*Endogenous Growth Theory*”, la cual mantiene que el crecimiento de la economía está impulsada, principalmente, por la inversión en capital humano, innovación, y la “creación del conocimiento”. Romer declara que cada generación percibe el límite al crecimiento que los recursos finitos o los efectos colateral negativo generan, si no se descubre nuevas recetas o ideas innovadores. Cabe destacar que cada generación ha sub-estimado la capacidad para encontrar nuevas recetas. Nosotros consistentemente, no entendemos la noción de que cuántas ideas faltan para ser descubiertas. Según Romer, las posibilidades no se suman sino se multiplican, esto indica que las ideas y las innovaciones incrementan de forma multiplicativa (exponencial) y no de manera aritmética (lineal) en concordancia con el crecimiento exponencial de la población y que éste proceso es abierta y sin límite.

Por otro lado, las últimas década han visto el resurgimiento del espíritu de “*The Population Bomb*” y “*The Limits to Growth*”, con el aumento de los movimientos ambientalistas, y el desarrollo de una preocupación seria para el futuro del planeta. Muy cercana a esto hay una

preocupación fundamental por el impacto de la falta de regulación para los corporativos y las ambiciones políticas, la cual ha estimulado una necesidad seria para la “*Responsabilidad Social Empresarial*”. Hacer unión y reducir la tensión continua entre el “capitalismo salvaje” como el motor de la innovación que promueve el crecimiento y la prosperidad para la población versus las “preocupaciones de los ambientalistas” y los que declaran los señales y las advertencias del cambio climático y el potencial colapso económico, constituye un desafío político principal para el presente siglo XXI.

A pesar de que es razonable pensar que la innovación y las ideas colectivas del hombre, apoyado por el libre mercado constituyen el secreto para mantener un crecimiento a largo plazo y en contra de un potencial colapso, sin embargo, no se puede negar sobre sus consecuencias inevitables. Como mucha gente que promueven la noción de que la “innovación” constituye la “panacea” para contestar los desafíos socioeconómicos futuros del mundo, Simon fue un escéptico y que la actividad humana fue lo que ocasionó daños ambientales a nivel global o que fue el origen de muchos problemas de salud, tanto por cambios climáticos, contaminación del aire, el agua y el suelo. “*El espíritu y la Esencia de la Segunda Ley de Termodinámica*” y su manifestación en término de la producción de la “entropía” representan el lado oscuro del crecimiento infinito, es decir, últimamente, todo se hace por el uso de la energía, y el procesamiento de la energía tiene consecuencias negativas inevitables.

Referencias

- Arce, Y., A. Guillen, M.H. Badii, D. Castillo y J.L. Abreu. 2018. Situación de la mujer en término del trabajo, delitos y sustentabilidad Daena. 13(2)103-131.
- Badii, M.H., J. Landeros, J. Valenzuela, R. Rodríguez, Y. Ochoa & E. Cerna. 2013. Patrones reproductivos. Daena. 8(1): 55-63.
- Badii, M.H., H. Rodríguez, E. Cerna, Y. Ochoa, J. Landeros & J. Valenzuela. 2013. Estrategias de historia de vida. Daena. 8(1): 94-102.
- Badii, M.H., A. Guillen, O. Lugo-Serrato, M. Acuña & S. García. 2016. Evaluación del impacto social de las obras humanas. Daena 11(1): 105-118.
- Badii, M.H., A. Guillen, L.G. Fernández & J.L. Abreu. 2017a. La urbanización en relación con el desarrollo sustentable. Daena. 12(1)69-94.
- Badii, M.H., A. Guillen & J.L. Abreu. 2017b. LA industria y el desarrollo sostenible Daena. 12(1)105-126.
- Badii, M.H., A. Guillén, J.L. Abreu, M. García, K. Narro-Reyes & A. García Rodríguez. 2018. Origen, historia e impacto de la demografía sobre el desarrollo sustentable. Daena. 13(1): 237 – 262.
- Monrreal, F., M.H. Badii, A. Guillen, M. García y J.L. Abreu. 2019. Mortalidad Infantil y menor de 5 años de edad en relación a la sustentabilidad Daena: 14(1): 107-140.
- Badii, M.H., A. Guillen, O.L. Serrato y J.L. Abreu. 2017. Huella ecológica y sustentabilidad Daena. 12(3)26-41.
- Badii, M.H., A. Guillén, D. Castillo, J.L. Abreu, C. Ramírez & D. Garza. Clasificación, uso y abuso de los recursos sociales Daena. 13(1)263-282.

- Duarte, A., M.H. Badii, O.P. Lugo Cerrato, A. Guillen & J.J. Agilar Garnica. 2019. Análisis de la Viabilidad Poblacional: AVP y Sustentabilidad. *Daena*. 14(2): 316 -325.
- Ehrlich, P. 1968. *The Population Bomb*. Ballantine Books, N. Y.
- González. C., Guillen, A. M.H. Badii, D. Castillo y O. Lugo. 2018. Reservas de agua potable en México y su relación con la sustentabilidad. *Daena*. 13(2)40-76. Noviembre 2018.
- Guillen, A., M.H. Badii, F. Garza & M. Acuña. 2015. Descripción y Uso de Indicadores de Crecimiento Económico. *Daena* 10(1): 138-156.
- Meadows, D. y J. Forrester. 1972. *The Limit to Growth*. Universe Books, N. Y.
- Petricciuolo, C., M.H. Badii, A. Guillen, O.L. Serrato y J.L. Abreu. 2019. Migración humana, aspecto laboral, uso y abuso en relación a sustentabilidad *Daena*. 14(1) 141-173.
- Romer, P.M. 1994. The origins of endogenous growth. *Journal of Economic Perspectives*. 8(1): 3-22.
- Simon, J. 1981. *The Ultimate Resource*. Princeton University Press. Princeton, N. J.
- Soto, A., M.H. Badii, A. Guillen, M.S. Acuña Zepeta & J.L. Abreu. 2019. Meta-comunidad: Conceptos y Aplicaciones a la Sustentabilidad. *Daena*. 14(2)302-315.