



Joaquín Melgarejo Moreno
(Editor)



JOAQUÍN MELGAREJO MORENO (EDITOR)

Congreso Nacional del Agua Orihuela

Innovación y Sostenibilidad



Coordinado por:
Patricia Fernández Aracil



CAMPUSHABITAT5U



© los autores, 2019
© de esta edición: Universitat d'Alacant

ISBN: 978-84-1302-034-1

Reservados todos los derechos. No se permite reproducir, almacenar en sistemas de recuperación de la información, ni transmitir alguna parte de esta publicación, cualquiera que sea el medio empleado - electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, etcétera-, sin el permiso previo de los titulares de la propiedad intelectual.

EL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN Y LA ESCASEZ HÍDRICA

Borja Montaña Sanz

Instituto del Agua y las Ciencias Ambientales, Universidad de Alicante

RESUMEN

Existe una extensa bibliografía que analiza los sistemas de gestión integrada de los recursos hídricos, este tipo de análisis se centra en optimizar el abastecimiento de la demanda de agua con los recursos disponibles. Sin embargo, a largo plazo, el crecimiento de la población es el origen de la continua desestabilización de los sistemas anteriormente descritos. Además, los incrementos de población no sólo generan aumentos en la demanda de agua, sino que lo hacen en otros recursos como la energía y alimentos. Si bien podría parecer que el resto de recursos deben analizarse separadamente, lo cierto es que existe una interdependencia entre recursos tales como el agua, la energía y los alimentos. El crecimiento demográfico mundial no parece que vaya a ser ilimitado, las estimaciones apuntan a un estancamiento en los once mil millones de habitantes. El progreso técnico es la única herramienta posible para evitar un colapso en mercados como el del agua.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la Revolución Industrial hasta la actualidad se ha producido un crecimiento demográfico sin precedentes. Antes de la Revolución Industrial el crecimiento demográfico era limitado y respondía bastante bien a la denominada trampa malthusiana según la cual, el ser humano por una tendencia natural a tener descendencia crearía una escasez de recursos per cápita que desencadenaría en una escasez que acabaría por disminuir de nuevo la población a causa de una catástrofe, guerra, epidemia... Sin embargo, con la aparición del progreso tecnológico se ha hecho posible el que desde 1700 hasta la actualidad la población haya podido crecer y de forma paralela también lo haya hecho la producción per cápita. Pese a todo lo anterior, nuestro planeta tiene ciertos recursos que son escasos y nosotros vamos a analizar en este trabajo el caso concreto del agua. La pregunta que nos planteamos en este trabajo es: ¿seremos capaces de generar agua suficiente para un volumen de población creciente? Nuestra hipótesis de partida es que el crecimiento de la población supondrá un reto para las tecnologías del agua, pero no sólo para estas. Un incremento del agua disponible implicará un incremento del coste energético del agua. Este trabajo parte del análisis de una extensa bibliografía que analiza los problemas particulares de los mercados del agua, alimentos y energía, pero estos tres mercados tienen algo en común. El crecimiento de la población es el que hace que la demanda de estos recursos aumente y para generar incrementos de la oferta nos encontramos con costes crecientes si analizamos cada uno de estos mercados de forma aislada, pero, la evolución de los costes es mucho más

abrupta cuando entendemos además la interconexión existente entre esos tres recursos y el crecimiento de la población.

2. EL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN

El planeta se enfrenta desde la Revolución Industrial a un continuado aumento de la población y el nivel de riqueza por habitante. En la figura 1 partiendo de la base de datos de Angus Maddison hemos calculado la población total mundial y el PIBpc y podemos ver que pese al aumento continuado del nivel de población también hay un aumento continuado del nivel de riqueza por persona¹.

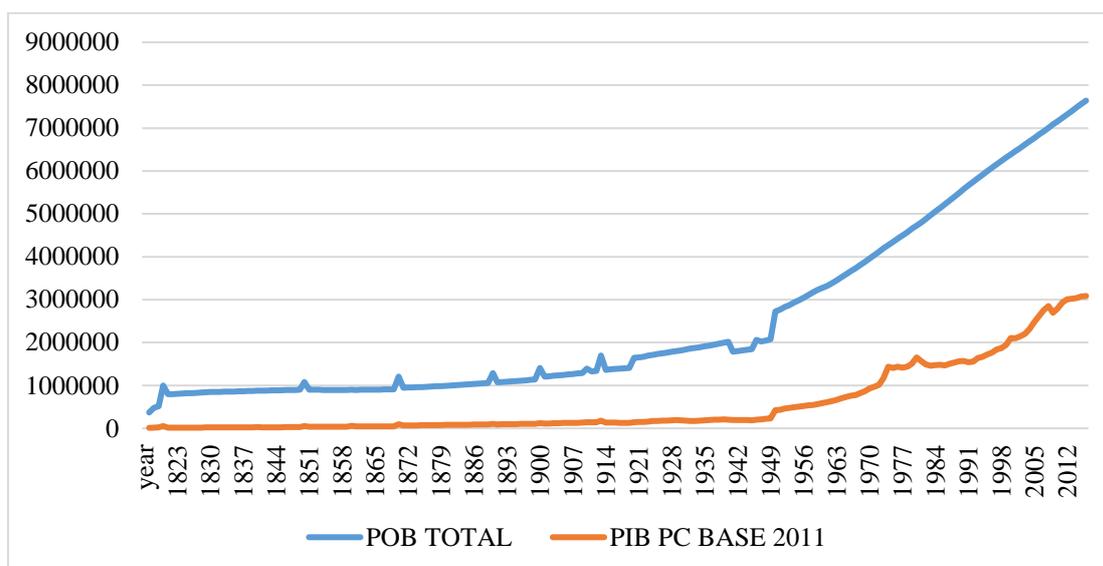


Figura 1. Evolución de la población² y el PIBpc³. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Angus Maddison.

El planeta en el que vivimos consta de recursos limitados, por lo que las dinámicas de crecimiento exponencial de población y PIBpc no son sostenibles (Meadows, 1972). Cabe señalar que en el año 2004 se publicaba el libro “Los límites del crecimiento: 30 años después”, este libro actualiza algunos datos y vuelve a la conclusión de que “no puede haber un crecimiento poblacional, económico e industrial ilimitado en un planeta de recursos limitados” (Meadows, 2004). En la misma línea de pensamiento tenemos la asociación sin ánimo de lucro Population Matters⁴ que promueve la reflexión de las consecuencias del crecimiento de la población sobre el medio ambiente. En sus publicaciones Population Matters considera que la población mundial óptima sería de entre 2.700 y 5.100 millones de habitantes, esta cifra ya está ampliamente superada pues en octubre de 2011 ya teníamos 7.000 millones de habitantes y estamos creciendo continuamente⁵. No obstante, las predicciones apuntan a un estancamiento de la

¹ Es importante remarcar que hemos obtenido el PIBpc mundial dividiendo el PIB total entre la cantidad de habitantes del planeta. Sin embargo, hay que poner de manifiesto que existe una gran desigualdad en el mundo, de modo que no debe pensarse que en promedio la gente tiene el PIBpc calculado, sino que, una gran mayoría tiene bastante menos riqueza frente a una minoría que tiene muchos más recursos.

² Expresado en miles de habitantes.

³ Expresado a precios constantes en dólares de 2011.

⁴ Anteriormente era conocida como Optimum Population Trust, tiene sede en Reino Unido.

⁵ La página web de la organización es www.populationmatters.org

población mundial en los 11.000 millones, de hecho, ya pueden observarse evidencias de que el crecimiento, aunque agresivo se está estancando y alcanzando niveles más moderados tal y como muestra la evolución de la tasa de fertilidad en el mundo.

Tabla 1. Evolución de la tasa de fertilidad en el mundo. Fuente: elaboración propia a partir de UNdata (2012)

Año	Ratio de fertilidad total
1950-1955	4,95
1955-1960	4,89
1960-1965	4,91
1965-1970	4,85
1970-1975	4,45
1975-1980	3,84
1980-1985	3,59
1985-1990	3,39
1990-1995	3,04
1995-2000	2,79
2000-2005	2,62
2005-2010	2,52
2010-2015	2,36

La teoría malthusiana vinculaba el crecimiento demográfico al crecimiento económico, pero existen evidencias de que esta relación se rompe cuando el país alcanza un nivel de desarrollo elevado. Para demostrarlo, hemos construido un que sigue la siguiente ecuación teórica:

$$TVpoblación = \beta_0 + \beta_1 * TVGDPpc + \beta_2 * TVPOP_{t-1} + u$$

La hipótesis que nos planteamos a priori es que el coeficiente de β_1 no será significativo en países desarrollados y sí en los no desarrollados cuando el modelo es aplicado para los últimos cincuenta años⁶. Los resultados pueden consultarse en la tabla 2.

⁶ Hay dos razones fundamentales para haber seleccionado hacer el modelo para los últimos cincuenta años:

- En primer lugar, si tomamos todos los datos para países industrializados, el modelo empleará también aquellos periodos en los que el país estaba realizando su transición demográfica que es precisamente un periodo de alto crecimiento del PIBpc acompañado de alto crecimiento de la población
- En segundo lugar, si ampliamos la muestra a más de los últimos cincuenta años nos estaremos metiendo en el periodo de la recuperación de la Segunda Guerra mundial lo que implicó en muchos países una elevada tasa de crecimiento del PIBpc junto a un elevado crecimiento de la población.

Tabla 2. Modelo de predicción de la población con los datos de los últimos 50 años, entre los años 1967 al 2016⁷ (ambos incluidos). Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Angus Maddison.

Variable dependiente	TVPmundial	TVPOPEEU	TVPOPChina	TVPOPalemania	TVPOPReinoUnido	TVPOPAustralia
Constante	0,69**	0,52***	0,58***	0,00	0,01	0,25*
TVGDPi	0,00	0,00	-0,04***	0,01	0,01	0,02
TVPOP-1	0,53***	0,49***	0,70***	0,90***	0,94***	0,79***
R2	0,42	0,42	0,64	0,74	0,85	0,62
P-Valor (F)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Variable dependiente	TVPVietnam	TVPEspaña	TVPFrancia	TVPMexico	TVPSudáfrica	TVPArgentina
Constante	1,93***	0,19*	0,00***	0,00***	0,00***	0,00***
TVGDPi ⁸	-0,00***	-4,63	0,03***	0,02	0,02	0,00
TVPOP-1	0,25***	0,87***	0,50***	0,73***	0,73***	0,66***
R2	0,80	0,77	0,43	0,62	0,62	0,61
P-Valor (F)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

3. POBLACIÓN Y DEMANDA DE AGUA

La raíz del problema reside en que el crecimiento de la población es el que está ocasionando un aumento de la demanda de recursos hídricos y esta expansión demográfica no parece que vaya a cesar en los próximos años sino más bien todo lo contrario. En la figura 2 vemos como las previsiones para los años futuros son de un crecimiento de la población con el consecuente aumento de la escasez hídrica por habitante.

⁷ Hemos tomado 50 años por tener una cantidad de años redonda y estética, de otro lado queríamos alejarnos temporalmente de un periodo demasiado cercano a la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, un hecho a tener en cuenta en el periodo que hemos tomado es que tenemos dentro del mismo la crisis de 2008, durante esta crisis países como España experimentaron un decrecimiento demográfico en el número de nacimientos junto con un decrecimiento de la renta, esto hace que los vínculos entre PIBpc y la tasa de variación de la población aparezcan en los modelos todavía más fuertes de lo que son en realidad, por la influencia de este ciclo de corto plazo. El hecho anterior mencionado le da todavía mucha más credibilidad al resultado de que no existe una relación significativa entre riqueza y evolución de la población puesto que al reaccionar conjuntamente la demografía y la economía en la crisis de 2008 podría hacer que el coeficiente β_1 de los distintos modelos apareciera como significativo.

⁸ El “i” hace referencia al país en cuestión, puesto que cada modelo está construido con datos del propio país.

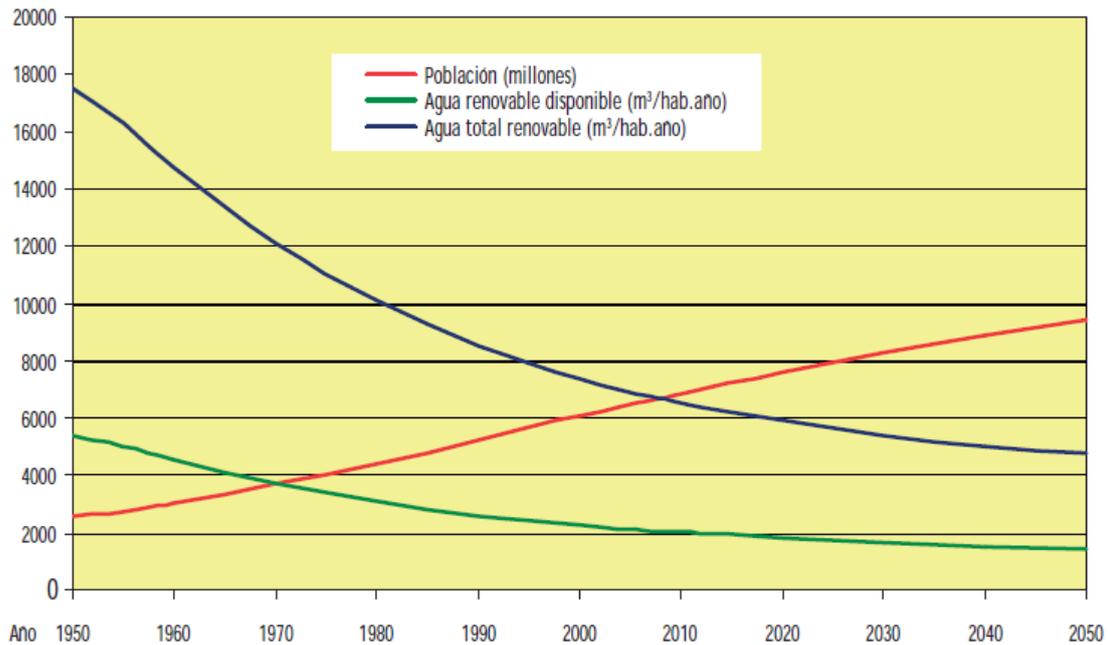


Figura 2. Evolución del agua disponible por habitante ante cambios en la población.
Fuente: Prats-Rico, 2016.

Según diversas estimaciones, se espera que la población pueda estancarse en 11 mil millones durante el siglo XXI, la consecuencia será que tal y como muestra el gráfico anterior la cantidad de agua renovable por habitante será inferior a la que tenemos en la actualidad, lo que no sabemos con precisión es cuál será el nivel de demanda hídrica a abastecer. De un lado, el crecimiento de la población junto con el paralelo aumento estimado de la riqueza por habitante generará una tensión hacia el crecimiento de la demanda de recursos hídricos, el progreso tecnológico de otro lado puede hacer que el consumo sea más eficiente y el incremento no sea tan elevado. Para abastecer una demanda de agua creciente deberá hacerse uso de recursos no convencionales tales como la desalación y reutilización, la consecuencia será un aumento del consumo energético y del coste de esa agua adicional.

4. EVOLUCIÓN DE LOS COSTES Y EL USO DE RECURSOS DADA UNA DEMANDA CRECIENTE DE AGUA

El agua dulce es un recurso limitado, es por ello que una demanda creciente de este recurso nos lleva a la situación de tener que generar incrementos de la oferta mediante vías no convencionales, como la desalación. El agua desalinizada presenta un elevado coste energético y económico si la comparamos con el agua superficial es por esto que una demanda creciente de agua supondría un mayor consumo energético vincula a la misma y un mayor coste económico.

Para entender mejor el problema y sus posibles soluciones en el corto plazo vamos a modelizar esta situación. Supondremos una economía en la que el agua es el input y existen dos outputs: el PIB y las emisiones de CO₂ (output indeseable). Vamos a suponer que la disponibilidad de agua es ilimitada, pero, hay una cantidad a de agua que no requiere ningún coste energético. El coste de llevar la cantidad de agua entre a y b es 1.21 kWh/ m³, es decir el coste del trasvase Tajo-Segura, para cantidades de agua

mayores de β , el coste energético es de 3.8 kWh/m³ de modo que, en nuestro modelo, el consumo de energía dependerá del agua de la siguiente forma:

$$\text{kWh/m}^3 = \begin{cases} 0 & \text{si } m^3 < \alpha \\ 1.21 m^3 & \text{si } \alpha \leq m^3 \leq \beta \\ 3.8 m^3 & \text{si } m^3 > \beta \end{cases}$$

Como podemos ver el coste energético del agua se corresponde con la restricción de la figura 3. Vamos a denotar con K la cantidad de kWh/ m³ y con m los metros cúbicos para simplificar.

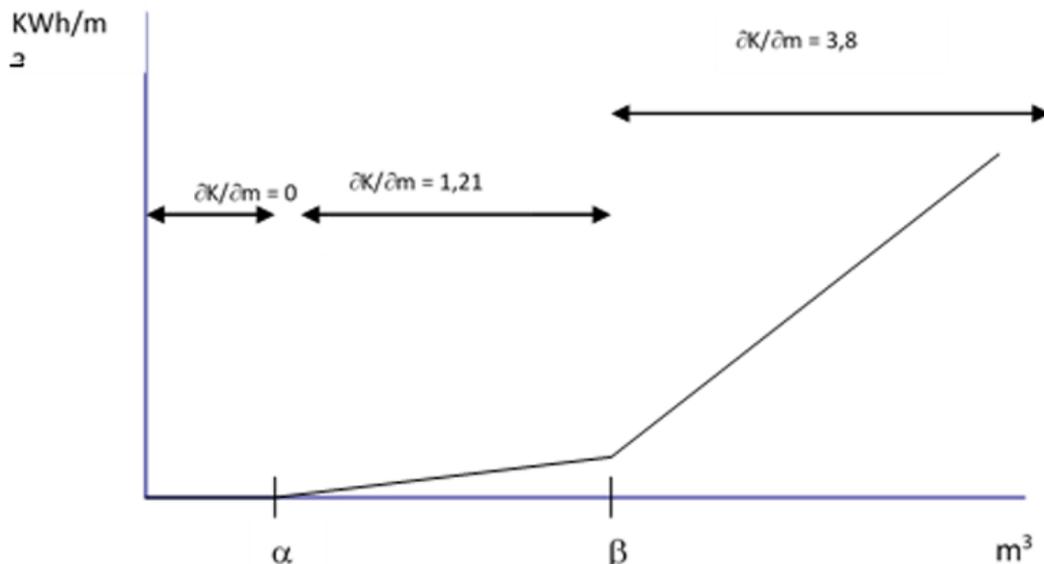


Figura 3. Restricción energética. Fuente: elaboración propia.

Cuando consumimos energía estamos produciendo también un output que afecta negativamente el bienestar de la población, el CO₂ (Directiva Marco del Agua 2000/60/EC. 2000). Ciertamente, la energía que usamos en la producción de agua no causa necesariamente emisiones de CO₂, esto depende de cómo haya sido generada esa energía. El objetivo de la economía que estamos describiendo sería maximizar el PIB minimizando las emisiones de CO₂. Vamos a suponer que la función de utilidad de cada individuo en esta sociedad es la misma, de modo que la combinación de PIB y CO₂ que maximiza la utilidad de un individuo es la misma que maximiza la utilidad de esta economía. Vamos a representar la utilidad de cada individuo con una función Cobb Douglas de parámetros d y g . De modo que tenemos el correspondiente problema de maximización (siendo Y la riqueza medida mediante el PIB y C representa el nivel de CO₂)⁹.

⁹ Por cada kWh se emiten aproximadamente 1.84 Kg of CO₂ dado el modo de producción energética que existe actualmente en España.

MAX

$$U(Y,C) = d\text{Ln } Y - g\text{Ln } (\text{Kg de CO}_2)$$

s.a.:

$$Y = j \text{ m}^3$$

$$\text{Kg of CO}_2 (\text{m}^3) = \begin{cases} 0 & \text{si } \text{m}^3 < \alpha \\ 2.23\text{m}^3 & \text{si } \alpha \leq \text{m}^3 \leq \beta \\ 6.99\text{m}^3 & \text{si } \text{m}^3 > \beta \end{cases}$$

$$a < b$$

$$a, b, d, g, j > 0$$

Nuestro interés no se centra tanto en la resolución del problema propuesto como en el concepto relativo a este. El punto óptimo no permite un crecimiento económico ilimitado porque debe mantenerse un equilibrio entre las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico. Vemos de otro lado que una demanda creciente de agua genera un coste creciente energético y ambiental por cada metro cúbico pero el problema es más grave de lo que parece llegados a este punto. Una demanda creciente de agua se deberá a un crecimiento de la población y de la producción lo cual generará además un crecimiento de la demanda energética con un incremento del coste de obtención de la energía y un mayor requerimiento de agua por parte del sector energético.

5. EL NEXO ENTRE AGUA ENERGÍA Y ALIMENTOS EN UN CONTEXTO DE POBLACIÓN CRECIENTE

Agua, alimentos y energía están interconectados entre sí en sus funciones de producción y costes y a su vez, dependen de la evolución de la población. Sin embargo, es frecuente el encontrar estudios que tratan de forma aislada a cada uno de estos mercados. Anteriormente hemos mencionado que para producir agua se requiere energía, pero de otro lado, el sector de la energía emplea el agua en las centrales hidroeléctricas y en los sistemas de refrigeración de todas las centrales térmicas (nucleares, de combustión de carbón, gas y fuel) y en las termosolares (Aldaya, M.M. y Llamas, R.; 2012:31). El trasiego del agua (un m³ pesa una tonelada) demanda importantes cantidades de energía por lo que siempre se ha preocupado la mejora del rendimiento de los bombeos, como la optimización de los procesos de tratamiento y depuración. Por tanto, a medida que la producción de energía es mayor se necesita más agua para este proceso y a medida que la producción de agua es mayor se necesita más energía para el proceso (Corominas, 2010), además dado el crecimiento de la población cada vez el agua disponible per cápita es menor, en el año 2000 los recursos disponibles representaban un 40% menos de los de 1970 a causa del crecimiento de la población (Schafer, 2013). Existen diversos artículos con modelizaciones similares a la que presentábamos en el punto anterior en las que se muestra el nexo entre el coste de la energía y del agua (Zilberman et al., 2008).

Para la fabricación de alimentos se precisa de agua y de energía. Más población implica más demanda de los tres recursos mencionados y en definitiva se producen unas interconexiones que aceleran los costes de unos y otros recursos y si el crecimiento de la población no cesa, (lo cual parece que sucederá según las estimaciones cuando estemos en once mil millones) el progreso técnico tiene el reto de aumentar las eficiencias de cada uno de los sistemas para evitar un colapso. Por lo tanto, no es resolutorio el que tal y como extensamente se ha hecho en la bibliografía, tratemos de un modo aislado el mercado del agua, alimento o energía, sino que deben ser entendidos como parte de un sistema interrelacionado y estrechamente vinculado al crecimiento demográfico. Este sistema se podría representar mediante el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{coste del agua} \\ &= (\text{demanda de agua} - \text{oferta de agua})^\alpha \\ &* (\text{Coste de la energía})^{\gamma_1} * (\text{Coste del alimento})^{\gamma_2} \end{aligned}$$

Siendo:

$$\alpha > 1$$

$$0 < \gamma_1 < 1$$

$$0 < \gamma_2 < 1$$

$$0 < \gamma_3 < 1$$

$$\begin{aligned} \text{coste de la energía} \\ &= (\text{demanda de energía} - \text{oferta de energía})^\beta \\ &* (\text{Coste del agua})^{\varepsilon_1} * (\text{Coste del alimento})^{\varepsilon_2} \end{aligned}$$

Siendo:

$$\beta > 1$$

$$\begin{aligned} \text{coste de los alimentos} \\ &= (\text{demanda de alimentos} - \text{oferta de alimentos})^\mu \\ &* (\text{Coste del agua})^{\delta_1} * (\text{Coste de la energía})^{\delta_2} \end{aligned}$$

Siendo:

$$\mu > 1$$

Crecimiento de la población = $f(\text{constante, tecnología, inercia logaritmica}) - f(\alpha, \gamma_1, \gamma_2, \beta, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \mu, \delta_1, \delta_2)$

Si:

$$\Delta \text{tecnología} * \frac{\partial \text{oferta}}{\partial \text{tecnología}} > \frac{\partial \text{demanda}}{\partial \text{población}} \Delta \text{población} \rightarrow \text{Excedente de producción}$$

$$\Delta \text{tecnología} * \frac{\partial \text{oferta}}{\partial \text{tecnología}} < \frac{\partial \text{demanda}}{\partial \text{población}} \Delta \text{población} \rightarrow \text{Crisis}$$

En conclusión, además de la interdependencia ya mencionada, tenemos que la crisis entendida como un menor crecimiento de la oferta que de la demanda y en consecuencia una escasez del recurso, se dará cuando la fuerza de la tecnología para aumentar la oferta sea menor que la presión del crecimiento de la población para aumentar la demanda.

6. CONCLUSIONES

El estudio de los sistemas de abastecimiento hídrico a través de la medición de la oferta y la demanda de agua son habituales, pero a largo plazo la respuesta a la sostenibilidad de dichos sistemas es exógena a los mismos. Los problemas de abastecimiento hídrico futuros están estrechamente vinculados al crecimiento de la población. Más población supondrá una mayor demanda de agua, pero también de energía y de alimentos. Una mayor demanda energética supondrá un incremento del coste de la misma lo que hará que a su vez los nuevos recursos hídricos sean mucho más costosos ya que, además, el aumento de los recursos hídricos disponibles llegados a cierto punto tiene un elevado consumo energético. Este tipo de antisinergias se producen también con los alimentos y el origen del problema lo tenemos en el crecimiento de la población. Hemos comprobado que el crecimiento de la población se ha desvinculado de la evolución de la riqueza a largo plazo en los países desarrollados, de modo que cuando los países que ahora están aumentando su población alcancen cierto nivel de riqueza, se estancarán demográficamente. Pero hasta que esto suceda, el planeta se enfrenta a un desafío, se estima que la población crezca hasta los once mil millones de habitantes. Ante este fenómeno tenemos la fuerza de degradación del medio ambiente que generará no sólo el aumento de la población sino también del aumento del PIBpc, de otro lado, tenemos el progreso técnico que es el único instrumento capaz de permitir que los incrementos de producción tengan un coste proporcionalmente menor en términos de recursos.

REFERENCIAS

- ABADÍA SÁNCHEZ, R. (2011). Consumo y eficiencia energética en las comunidades de regantes. *Congreso agricultura, agua y energía*. Madrid, 11 y 12 de Mayo de 2011.
- ALDAYA, M.M. y LLAMAS, R. (eds.) (2012). *El agua en España: bases para un pacto de futuro*. Fundación Botín.
- ALLAN, T., KEULERTZ, B. y WOERTZ, E. (2015). El nexo alimentos-energía del agua: una introducción a los conceptos Nexus y algunos problemas conceptuales y operativos. *Revista Internacional de Desarrollo de los Recursos Hídricos*. Volumen 31, Número 3,
- BANCO MUNDIAL (2011). *World Development Indicators 2011*. Washington, DC: Banco Mundial.
- CABALLER, V. y GUADALAJADA, N. (1998). *Valoración económica del agua de riego*. Mundi-Prensa, Madrid.
- CABRERA, E. et al. (2009). Agua y Energía en España. Un reto complejo y fascinante. *Jornada de Ingeniería del Agua. JIA 2009*.
- CANDOLLE, AUGUSTIN PYRAME (1813). *Théorie élémentaire de la botanique, ou Exposition du principe de la classification naturelle et de l'art de décrire et d'étudier les végétaux*. Paris: Déterville.
- CEC (CALIFORNIA ENERGY COMISIÓN) (2005). *California's Water- Energy Relationship. Final staff report*. CEC 700 – 2005 – 011 SF California Energy Comisión. State of California. Noviembre de 2005.

- COMUNIDAD DE MADRID (2012). *Guía sobre Hidroeficiencia Energética*.
- COROMINAS J (2010). Agua y energía en el riego, en la época de la sostenibilidad. *Ingeniería del Agua*, septiembre 2010, vol. 17, núm. 3, p. 219-233.
- EDERRA I. Y MURUGARREN N. (2010). *La nueva tarifa eléctrica, la nueva escala de los precios del agua de riego*, Servicio de Asesoramiento al Regante, 02 de marzo de 2010.
- EHRlich, PAUL R. (1968). *The population bomb*. Sierra Club, Ballentine Books.
- HOFFMAN, A. (2004). *The connection: water and energy security*. Institute for the analysis of globalsecurity. www.iags.org.
- HARDY, L. y GARRIDO, A. (2010). Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España. *Papeles de Agua Virtual* nº 6. Fundación Botín, Santander.
- HARDY, L., GARRIDO, A. y JUANA, L. (2012). Evaluation of Spain's water-energy nexus. *International Journal of Water Resources Development*. 28:1, 151-170.
- IDAE INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (2010). *Plan de acción de ahorro y eficiencia energética 2011-2020*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- IDAE (2011). *Plan de acción de ahorro y eficiencia energética, 2011-2020*, en España.
- KEYNES, J.M. (1920). *The economic consequences of the peace*. New York, Harcourt, Brace and Howe.
- MARTINEAU, H. (1832). *Illustrations of Political Economy, Life in the Wilds*, tercera edición, William Clowes, Londres.
- MALTHUS, R. (1798). 1ª edición anónima, *An Essay on the Principle of Population, as it affects the future improvement of society with remarks on the speculations of Mr. Godwin, M. Condorcet, and other writers*.
- MALTHUS, R. (1800). Edición anónima, *An Investigation of the cause of the Present High Price of Provisions and General Wealth of the Country*.
- MALTHUS, R. (1803). 2ª edición más extensa (250 000 palabras) con firma de Malthus: *An essay on the Principle of Population; or, a view of its past and present effects on human happiness; with an enquiry into our prospects respecting the future removal or mitigation of the evils which it occasions*.
- MALTHUS, R. (1815 a). *An Inquiry into the Nature and Progress of Rent and the Principles by which it is Regulated*.
- MALTHUS, R. (1815 b). *The Grounds of an Opinion on the Policy of Restricting the Importation of Foreign Corn*, intended as an Appendix to Observations on the Corn Laws.
- MALTHUS, R. (1820). *Principles of Political Economy considered with a View to their Practical Application*.
- MALTHUS, R. (1823). *The Measure of Value stated and illustrated with an Application of it to the alterations in the Value of the English Currency since 1790*.

MALTHUS, R. (1823). *Population*, artículo para la Enciclopedia Británica. Definitions in Political Economy; Preceded by an Inquiry into the Rules Which Ought to Guide Political Economists in the Definition and Use of Their Terms, with Remarks on the Deviation from These Rules in Their Writings.

MALTHUS, R. (1830). *A Summary View of the Principle of Population, largo extracto sobre el artículo de 1823* (Population)

MALTHUS, R. (1846). *Ensayo sobre el principio de la población*. Traducido por D. José María Noguera y D. Joaquín Miquel bajo la dirección de Don Eusebio María del Valle. Madrid.

MEADOWS (1972). *Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad*.

MEADOWS (2004). *Los límites del crecimiento. 30 años después*. Galaxia Gutenberg.

PRATS, D. (2016). La reutilización de aguas depuradas regeneradas a escala mundial: análisis y perspectivas. *Agua y Territorio*, núm 8. “Agua y sostenibilidad. Depuración y reutilización de aguas regeneradas. (coordinador: Joaquín Melgarejo)

SCHAFFER, J.E. (2013). Energy, water and agricultura. *USAID*, pp. 1-3.

UNDATA (2012). *Total fertility rate (children per woman)*.

ZILBERNMAN, D., SPROUL, T., RAJAGOPAL, D., SEXTON, S. and HELLEGERS, P. (2008). Rising energy prices and the economics of water in agriculture. *Water Policy*.