



El nexo agua-energía y alimentación

Autores y e-mails de todos: Amelia Díaz¹, Miquel Salgot². adiaz@ub.edu; salgot@ub.edu

^{1,2} **Grupo Consolidado de Investigación HIDROSEC. Universitat de Barcelona**

Área Temática: *La gestión del agua en la economía circular*

Resumen:

El consumo global de energía se prevé que aumente un 48% entre 2012 y 2040; y la demanda de agua un 50% y un 18% entre 2007 y 2025 en los países en vías de desarrollo y en los desarrollados, respectivamente. Satisfacer estas demandas será un gran reto debido al acelerado aumento de la población, el desarrollo económico, la urbanización y los efectos derivados del cambio climático.

Los estrechos vínculos entre los tres sectores dan lugar a la necesidad de abordar los retos desde la perspectiva de un nexo; el estudio interdisciplinar de numerosos aspectos técnicos de los servicios ambientales de la sociedad actual en los países desarrollados se ha convertido en una necesidad acuciante, especialmente cuando se plantean situaciones de escasez de agua.

En los países con un mix energético que depende en un grado importante de la energía hidroeléctrica y en los que la agricultura de riego genera beneficios considerables, es importante la gestión de los recursos hídricos, especialmente los de desembalse. Si a estas circunstancias se unen otras demandas de recursos de agua y la dependencia de recursos energéticos externos, como los de petróleo, es preciso gestionar la relación entre agua, energía y producción agrícola; el nexo.

Se revisan las relaciones binarias entre agua, energía y alimentos; y finalmente el nexo entre los tres componentes estudiado desde el punto de vista económico y social. El enfoque nexo permite explorar las opciones más eficientes desde el punto de vista financiero, económico, ambiental y social promoviendo soluciones sostenibles en el largo plazo. El nexo es una herramienta para mejorar la gestión y los servicios con objetivos de eficiencia y equidad.

Palabras Clave: *Nexo agua-energía y alimentación; eficiencia y equidad; economía circular*

Clasificación JEL: Q25; H7



1. Introducción

En este nexo de tres componentes, es preciso describir inicialmente cada uno de los tres individuos aisladamente, después en relación con los otros, en parejas, y finalmente estudiar qué sucede con la unión de los tres (el nexo) y en el futuro se van a incorporar ciertamente otras disciplinas al trío.

Agua, energía y alimentos generan principalmente servicios útiles para la sociedad. Los servicios ambientales son una de las últimas novedades semánticas para describir los beneficios que algún componente de la naturaleza aporta a la sociedad humana.

La energía es un punto de unión entre agua y alimentos, y se pueden encontrar muchas justificaciones para este punto de unión. Por ejemplo, Malthus aseguró que la tierra llegaría a su límite de explotación agrícola y que la hambruna se extendería por el mundo. Es evidente que esta predicción del 1800 no se ha cumplido, por lo menos a nivel mundial, y que, dos siglos después, aún se puede asegurar que bien distribuidos y gestionados habría alimentos para toda la población mundial. Las mejoras de la productividad, debidas a la aparición de la máquina de vapor a escala industrial sobreyeron la afirmación, pero con la condición de utilizar más energía para producir alimentos, es decir, mediante la tecnificación.

No obstante, de vez en cuando aparecen los neomalthusianos, que retoman las viejas teorías y las venden como nuevas. Esta vez puede ser verdad: el planeta llega al límite; hay una “carga máxima” de personas que puede soportar.

Con lo indicado hasta aquí, puede empezar a atisbarse una relación bastante clara entre el nexo agua-energía y alimentación y la economía:

- El agua es necesaria para mejorar la productividad de la agricultura, ya que la diferencia de rendimiento económico entre cultivos de secano y de regadío es muy importante. El coste de aportar agua a un cultivo que no esté basado en las precipitaciones puede ser importante.
- La energía está relacionada con el aporte de agua para regadío, tanto por la necesidad de crear infraestructuras de transporte como para la extracción de agua



subterránea y el movimiento del agua, ya sea en la infraestructura o para su aplicación con técnicas modernas (gota a gota, tuberías exudantes, aspersión) que requieren energía.

- Los cultivos alimentarios (y los de otro tipo) requieren agua y energía para aportarla y para las labores de cultivo. Determinados cultivos pueden emplearse para generar energía en forma de biomasa y secundariamente combustibles líquidos.

2. Agua y energía/energía y agua

La energía depende cada vez más del agua; de hecho, el agua es materia prima y componente de proceso en las diferentes etapas del ciclo de la energía. El agua es un elemento básico en el funcionamiento de las centrales eléctricas térmicas; las de carbón, fuel-oil o gas natural. Se usa agua para extraer, transportar y transformar los combustibles fósiles, para regar las plantas de las que se obtienen bio-combustibles, para refrigerar las centrales nucleares o para fabricar el silicio de las placas solares fotovoltaicas. Por eso, la escasez de agua tiene un impacto cada vez mayor en la fiabilidad y el coste de muchos recursos energéticos.

Sucede lo mismo en sentido contrario. La energía ejerce un papel decisivo en el ciclo integral del agua. La disponibilidad, calidad y coste de la energía son cada vez más importantes para los gestores de los sistemas hídricos, en lo que se conoce como ciclo antrópico del agua. Tanto es así que, a veces, las mejoras en ahorro de agua se obtienen mediante un aumento muy significativo del consumo energético, como ha sucedido en algunos sistemas agrarios.

A pesar de todo lo que se ha comentado y de una relación bastante estrecha entre el agua y la energía, pocas veces se han estudiado conjuntamente. Únicamente se han pensado juntas en la producción directa de energía desde el agua (hidroeléctricas) o del transporte y producción de agua usando energía. Es importante recordar que desde hace muchos siglos se ha producido energía útil usando la energía cinética del agua.

En el inicio de la revolución industrial, las circunstancias se modificaron. En la actualidad la relación depende del agua disponible o que se puede usar, y del precio de



la energía. Cuando el aumento de la oferta de suministro de agua dejó de depender de la fuerza de la gravedad o del viento y empezó a depender de la combustión de materiales fósiles, la relación entre el agua y energía se hizo más intensa. De hecho, la evolución de las nuevas tecnologías de la era industrial se inició con la capacidad de generar vapor en grandes cantidades. Las políticas del agua y la energía están unidas por las leyes naturales y la geografía, pero el hombre ha separado esta unión natural y hay que considerar que las políticas y tecnologías que se centran demasiado en un recurso pueden tener efectos negativos en el otro.

3. Agua y alimentación

El agua se puede describir como un alimento, pero lo que se debe establecer es su relación con los restantes alimentos.

El agua es una parte cuantitativamente importante de prácticamente todos los alimentos, y de toda la materia orgánica, es imprescindible para el crecimiento de las plantas. Económicamente, la agricultura de regadío es mucho más rentable que la de secano. Los productos de una y otra agricultura son diversos, pero a causa de la rentabilidad de los cultivos y, por lo tanto, de la práctica de la agricultura, para poder suministrar una cantidad suficiente de alimentos a la población se tiende a regar los sistemas agrícolas siempre que sea posible. El riego puede ser total o de complemento/suplemento.

Dejando aparte el agua que incorporan los alimentos, el cambio que se produce en el sistema de regado es importante, puesto que cambia la cantidad de agua en el ambiente receptor y en aquel del que se extrae el agua. También hay cambios en algunos aspectos climáticos de ambas zonas. Obviamente también cambia la vegetación y los cuerpos de agua de las zonas en que se ha empezado a regar, ofreciendo rendimientos mayores, pero con ciertos posibles efectos secundarios, incluyendo la contaminación y a menudo la eutrofización. En relación con la economía hay que valorar los efectos de la reducción de recursos disponibles de una cuenca y los aumentos en la otra. Los cálculos deben hacerse basándose también en el uso previsto del agua en la cuenca receptora.



Si en la relación entra la ganadería, los problemas acostumbran a agravarse. El contaminante químico más conocido son los nitratos procedentes de las deyecciones ganaderas, especialmente de las explotaciones porcinas.

La política en relación con el nexo agua/alimentación se ha centrado en los últimos años en el intento de modernizar los regadíos, apoyado más o menos claramente por subvenciones públicas, con la teoría bastante falsa de que así se reducirá el consumo de agua. La mejora es básicamente un aumento del rendimiento (*more crop per drop*) aunque como contrapartida se pida una reducción de consumos. No hay que olvidar que muchas de estas prácticas de subvención pueden considerarse ilegales y tampoco que determinadas formas de aplicación del agua a los suelos pueden favorecer la salinización.

4. Energía y alimentación

La relación entre energía y alimentación se puede establecer de diversas formas. Hay que recordar otra vez que la fuente inicial de energía en la tierra es el sol, que permite la fotosíntesis y por lo tanto la generación de materia orgánica. La agricultura puede ser considerada como una transformación de energía y agua en alimentos. Por lo tanto, se puede afirmar que los alimentos son almacenes de energía, empleados por los organismos heterótrofos que consumen los que han fabricado los autótrofos. Por el hecho de la llegada diferenciada de radiación solar a la tierra, la energía disponible para la fotosíntesis cambia según la latitud. No obstante, esta actividad de los vegetales no depende únicamente de la radiación solar, sino que hace falta que haya agua y buenos suelos o alternativamente sustratos adecuados.

La componente económica de estas circunstancias energéticas mencionadas es muy importante, y tiene como consecuencia un gran flujo artificial de materia orgánica a nivel mundial. Las zonas con buena producción, si hay insolación suficiente y suelos adecuados, exportan alimentos a lugares donde las condiciones no son tan buenas, como es el caso de los cítricos mediterráneos hacia el norte de Europa.

De hecho, el comercio mundial de alimentos es una herramienta más de distribución de energía en el planeta. En vez de consumir los productos de temporada, muchos de los



miembros de las sociedades desarrolladas se han acostumbrado a consumir cualquier producto (especialmente fruta) en cualquier estación. El gasto energético del transporte a largas distancias aumenta con el consumo energético de las cámaras refrigeradas para mantener el producto sin que se eche a perder. La inversión energética en determinados cultivos entraría en el terreno de la falta de sostenibilidad.

Al intentar cambiar el flujo indicado, determinados países con clima frío y no tan fríos, han extendido el uso de invernaderos, en los que se cultivan plantas que no vivirían en la zona instaladas al aire libre, al menos durante todo el año. Es el caso, por ejemplo, de los tomates holandeses, que crecen usando mucha energía en invernaderos recalentados. Son tomates de formas perfectas y de medidas casi idénticas, pero sin el sabor que les daría haber crecido en el sol mediterráneo, y además son más caros.

5. Nexo agua, energía y alimentación

Reintroduciendo el concepto del nexo agua/energía/alimentación como evolución de los antiguos ciclos biogeoquímicos, vemos que se trata de una descripción moderna y que proviene de la evolución de varios binomios o nexos más reducidos, como son el agua/energía o agua/agricultura.

La gran tendencia actual es considerar cada uno de estos desafíos por separado, en función de la especialidad de quien se aproxima al caso. La pregunta en este momento es cuál de los tres sujetos del nexo es más relevante: el agua, la energía o los alimentos. De hecho, la alimentación se puede descartar como primer componente, puesto que depende necesariamente de los otros dos. El agua tendría que ser la clave, el elemento sustantivo, puesto que es insustituible, es la base de la producción de unos tipos de energía (hidroeléctrica, molinos) o tiene una participación decisiva en otros como refrigerante (centrales nucleares y térmicas) y puede ser imprescindible en la producción masiva de alimentos.

De todas maneras, la realidad no es la que acabamos de describir, sino que en muchos estados las empresas de energía tienen una gran capacidad de influencia en las políticas estatales (el *lobby* clásico) por su capacidad económica y el agua produce pocos ingresos comparativamente, a pesar de que es un mercado bastante seguro.



Generalizando, podría afirmarse que las políticas de agua y alimentación están subordinadas a la política energética. A veces hay un cierto conflicto latente, por ejemplo, en la gestión de los embalses, que sirven a la vez como reservas de agua para bebida, energía hidráulica y agua para riego. En este caso, la cuestión estriba en responder a la pregunta: ¿qué objetivo hay que definir como prioritario?

Una antigua ley de aguas de 1866 fijaba diversas prioridades (o jerarquías de uso del agua) bastante curiosas desde el punto de vista actual:

- Abastecimiento de poblaciones (usos urbanos).
- Abastecimiento de ferrocarriles.
- Riegos (alimentación).
- Canales de navegación.
- Molinos (para energía) y otras fábricas, barcas de paso y puentes flotantes.
- Estanques para viveros o acuicultura de pescados (alimentación).

Varios de estos usos ya han desaparecido, excepto algunas instalaciones testimoniales, pero hay otros nuevos, lo que muestra una evolución muy clara de los usos del agua. El nexo, pues, no es estático, evoluciona con el tiempo. Es obvio que la demanda local de agua, energía y alimentos crecerá a medida que las ganancias per cápita y la población aumenten: el desarrollo hace crecer la demanda. Pero no sólo se trata de esto, no se puede decir que la demanda sea de los mismos productos, dado que se vuelve cada vez más sofisticada: se requieren más, diferentes y mejores alimentos y más energía para hacer funcionar los aparatos relacionados (cámaras, lavados, etc.).

Otro asunto es que las estrategias de marketing impulsen “nuevos” mercados, como los “bio” en todas sus versiones, los mercados de proximidad y otras iniciativas. Esta nueva aproximación permite, en teoría, una reducción de los gastos de transporte de los tres componentes del nexo agua, alimentos y energía y, en consecuencia, un mejor aprovechamiento de los recursos naturales. Esto puede ser cierto en el caso de las pequeñas conurbaciones, pero en las grandes ciudades es preciso cambiar estos conceptos, o cuando menos adaptarlos.



Las ciudades drenan recursos de un área más grande cuanto mayor número de habitantes y mejor salud económica tienen. Por lo tanto, parece absolutamente necesario usar herramientas de transporte que acerquen el producto (agua, energía, alimentos) al usuario final. Toda esta aportación de recursos externos (inputs) se traduce en unas salidas o drenajes de subproductos (outputs) que se pueden definir y detectar con relativa facilidad. Por una parte, se crea una isla urbana de calor, bastante marcada y que es uno de los temas de investigación debatidos en la actualidad. Esta isla está acompañada de, o quizás tendríamos que decir que participa en, la polución atmosférica derivada de las actividades urbanas. Por otra parte, hay una cantidad importante de desechos de todo tipo, entre los que destacan, quizás por haber sido más estudiados, los desechos sólidos de origen doméstico y las aguas residuales. Todos estos contienen una gran cantidad de energía en forma de materia orgánica en principio no disipable o eliminable fácilmente. Las depuradoras, el reciclaje y finalmente la incineración son las herramientas habituales de gestión de estos residuos. Por lo tanto, podemos decir que las ciudades y su área inmediata, o no tanto, de influencia son un sumidero de residuos, no deseable pero real.

Siguiendo esta línea de razonamiento, en las ciudades ha habido tradicionalmente una línea de uso del agua: captación, transporte, tratamiento, desinfección final, distribución, uso, recogida de las aguas residuales, transporte, tratamiento, tratamiento avanzado, y aplicación/vertido al medio. Cada circunstancia y calidad marca los pasos necesarios. La adición de las últimas etapas (tratamiento avanzado y reutilización) está marcando el paso a la iniciativa europea de la economía circular, que también se ha incorporado al nexo.

Dejando aparte la demanda de agua o de energía, incluso de alimentos, entran en juego otros componentes, principalmente la seguridad, tanto en términos de cantidad como de calidad.

A la pregunta de qué se considera seguridad de abastecimiento, la respuesta en el caso de la energía parece obvio que sería la garantía de que haya siempre energía disponible y con una calidad determinada (sin cortes ni oscilaciones); en el caso de los alimentos que haya siempre suficientes y con una calidad que no afecte la salud del consumidor, y



en cuanto al agua que haya siempre en cantidad suficiente y también con una calidad adecuada. Hace falta también plantear que en la sociedad actual la demanda puede estar diversificada en más de un lugar para una única persona: es decir en las 2, 3 o 4 residencias que un usuario puede poseer. Hay que pensar en las implicaciones económicas de tener que multiplicar las capacidades de las redes en función de las demandas, pero también en las de no poder satisfacer todas las demandas.

Los cambios en la calidad del agua y la energía son relativamente limitados forzosamente, o cuando menos se reducen a una decisión de uso en determinadas circunstancias (e.g. agua de bebida del grifo o embotellada) y en el caso de la energía al elegir un hipotético origen (renovable, no renovable). No obstante, en el caso de la alimentación la elección es mucho más compleja: mercados de proximidad, productos de temporada, alimentación vegetariana o vegana, etc. Las implicaciones son bastante más importantes en cuanto a la energía y al consumo de productos casi de todo el mundo. Es imposible satisfacer todas las necesidades de una ciudad tan sólo con los productos de proximidad, como ya se ha indicado. La demanda de prácticamente cualquier producto agrícola en cualquier época del año, con una cierta independencia del precio, crea unas necesidades de consumo de agua (para la producción) y de energía (para el transporte) bastante considerables.

Colateralmente aparece en las sociedades desarrolladas el tema de la pobreza “específica”. Siempre se había hablado de pobreza en general; pero en estos días se diferencia entre pobreza energética, de agua y de alimentación, especialmente en los medios de información. Parece quizás demasiado sofisticado establecer estas especificidades y se hace difícil pensar que las tres no sucedan al mismo tiempo, junto con el resto de limitaciones habituales en esta situación.

A partir de aquí se definen carencias crónicas, problemas para el desarrollo o crecimiento económico, malestar social, desigualdades sociales, etc.

Hay diferentes intensidades de uso de la energía en la producción de agua o de uso del agua en la producción de energía; e intensidades de uso de energía y agua para la producción de alimentos. Ha habido numerosos conflictos geopolíticos en la gestión del



agua y la energía, pero todavía no en la gestión de los alimentos, aunque no es descartable. En todo caso, hay una relación disfuncional entre la producción de cultivos para la alimentación y la de cultivos para generar energía. En este último caso se acostumbra a presentar problemas de uso y agotamiento de los suelos, lo que añade otro componente al nexo, y así se podría seguir. Es decir, el modelo no se agota en tres componentes.

Podemos pues constatar que hay muchas relaciones en el nexo del que estamos tratando:

- Seguridad alimentaria.
- Seguridad de energía.
- Abastecimiento de agua en ambientes urbanos.
- Seguridad ambiental.
- Eficiencia en el uso de los recursos.
- Planificación de infraestructuras integradas.

Estas relaciones conducen desde el punto de vista científico a plantear individual o colectivamente algunas cuestiones y afirmaciones:

- ¿Cuánta agua se exporta desde un lugar determinado en forma de materia orgánica o agua? ¿Naranjas o melones en los países del norte de Europa, ricos en agua?
- Se puede considerar un mercado global de agua en formas diversas: alimentos, energía, agua envasada. Es costoso transportar esta agua ya sea en forma de fruta u otros alimentos.
- En un mundo tan interconectado, ¿hay que plantear que el agua no es únicamente un problema local?
- Hay regiones o países que tienen ventajas competitivas basadas en sus dotaciones naturales: agua, agricultura y energía/minerales.
- Desde el punto de vista energético y de seguridad alimentaria, los alimentos compiten con el biocombustible/soja y similares.



- Se espera que la demanda regional de agua, energía y alimentos crezca exponencialmente en paralelo con el aumento de ganancias per cápita y el aumento de la población.
- No se trabaja todavía con modelos de análisis integrado agua/energía/alimentos
- En esta relación hay grandes olvidados, los suelos son el paradigma.
- Si hay que hacer más grande, o introducir nuevos agentes en, el nexo agua/energía/alimentación, se pueden incluir otros elementos como son el cambio climático, la gestión de recursos - renovables y no renovables-, la desalinización del agua, el etanol como combustible, etc. Algunos se pueden incluir en el nexo, pero otros necesitan nuevos agentes para ser entendidos.

Estudiando los nexos se aprecian contradicciones en algunas políticas sectoriales, y algunas ya las hemos indicado: producción de biocombustibles versus producción de alimentos (el resultado es el empobrecimiento alimentario de una parte vulnerable de la población); cambios extraños en los precios de la energía (*fracking* versus petróleo “convencional”) que facilitan la pobreza energética; sobreexplotación de acuíferos con más consumo de energía para extracción o por la mejora de la calidad del agua extraída.

Con estas comparaciones se comprueba de nuevo que no hay acción sin reacción y que los nexos no son sencillos de describir ni de acotar.

Se indica con bastante énfasis que la planificación será capaz de solucionar muchos de los problemas que hemos mencionado. No obstante, no se puede decir que en el país haya una planificación hidráulica seria, al menos hasta el momento presente.

De todas maneras, no se debe olvidar que vivimos en una sociedad en la que el peligro y su derivada, el riesgo, son una constante con la que se ha aprendido a vivir y convivir. Por lo tanto, la sociedad vive en un perpetuo riesgo aceptable, riesgo que cambia según sea la materia estudiada. Curiosamente, preocupa menos el riesgo asociado al agua y los alimentos (sed, calidad del agua y hambre) que el energético (el riesgo de falta de energía para el automóvil). Se tiene que remarcar que la estructura de nexo hace casi obligatorio que cualquier variación en uno de los términos tenga repercusiones



inmediatas en los otros dos, y que el medio ambiente sea siempre subyacente en las decisiones de cambio. En esta tesitura, tiene sentido recordar que una de las herramientas para modificar el nexo son las cargas impositivas.

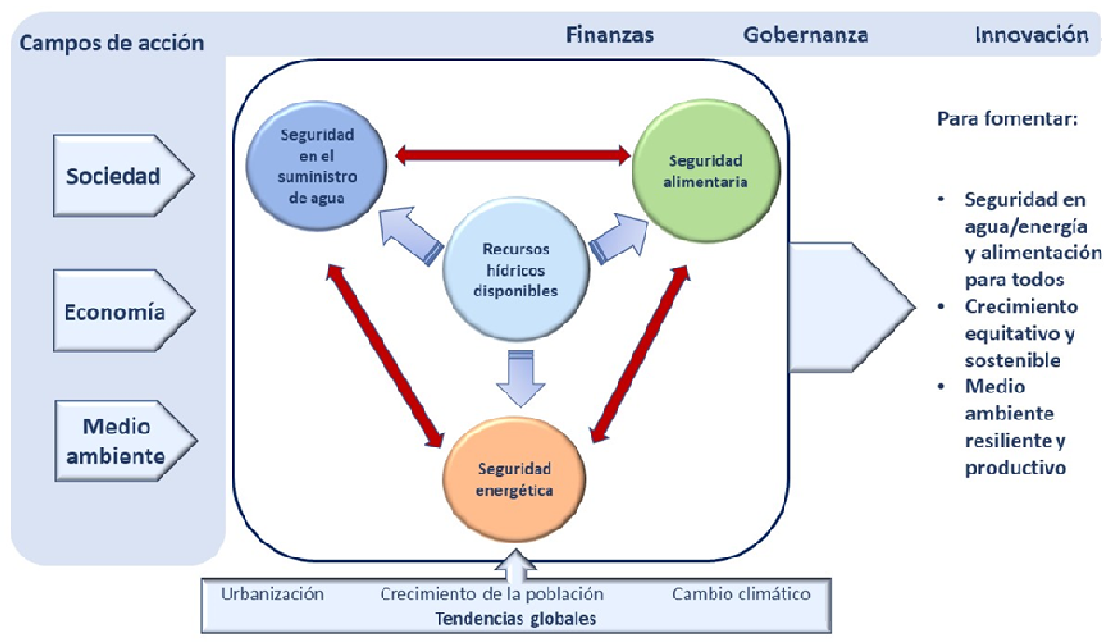
Para los que han vivido la implantación en Cataluña de la Junta de Aguas de Cataluña, la de Saneamiento y la Agencia Catalana del Agua, las tasas e impuestos no son neutros sobre el significado del nexo. Tampoco lo es la política de precios, a menudo más influida por la política cuatrienal que por el precio real del bien o servicio que se presta. El precio debería estar formado por la suma del precio de la energía, a menudo subvencionado, el de operación y mantenimiento, los análisis, el control de la administración, etc.

6. El nexo agua, energía y alimentación en el debate internacional

En el debate internacional, el concepto de nexo toma cuerpo a partir de la asamblea anual del Foro Económico Mundial (WEF) celebrada en 2008, en la que los líderes económicos pusieron de relieve la necesidad de desarrollar una mejor comprensión de la relación entre el agua y el crecimiento económico. El informe “Water Security: The Water-Food-Energy-Climate Nexus”, publicado por el WEF en 2009, refleja el debate existente y expone el reto al que nos enfrentamos si no se toman medidas para mejorar la gestión del agua en las siguientes dos décadas.

En esta misma línea, se celebró en Bonn en noviembre de 2011 la “Conferencia sobre el Nexo entre Agua, Energía y Seguridad Alimentaria – Soluciones para una Economía Verde”, en la que se mostró cómo el nexo agua, energía y seguridad alimentaria puede mejorar en una economía verde, incrementando la eficiencia y creando sinergias entre sectores. En el documento que sirvió de base para dicha conferencia, el nexo es representado gráficamente, tal como aparece en la Figura 1.

Figura 1. El nexos agua- energía y alimentación



Fuente: Hoff, H., 2011

En dicha Figura puede observarse cómo el agua juega en este caso un papel fundamental, ayudando tanto a la seguridad energética como a la seguridad alimentaria. En el binomio agua-energía cabe destacar que el agua utilizada en la energía supone alrededor de un 8% del total de extracciones de agua, llegando a alcanzar un 45% en los países industrializados. Asimismo, el sector de la energía tiene también impactos sobre la calidad del agua y por lo tanto sobre la disponibilidad de agua limpia. Se requiere energía para mover, distribuir y tratar el agua y las fuentes no convencionales de agua, tales como las aguas residuales regeneradas o la desalinización del agua de mar son muy a menudo muy intensivas en utilización de energía.

En el binomio agua y alimentación cabe señalar que la producción de comida es el mayor usuario de agua a nivel global, responsable de entre el 80 y el 90% del uso de agua para consumo, más una parte importante de agua para uso agrícola. De acuerdo con esto, es también responsable de la sobreexplotación del recurso.



En el binomio energía y alimentación cabe señalar que la mecanización y otras medidas de modernización han ayudado a que haya más campos y a hacer de la agricultura un trabajo más llevadero. Sin embargo, como contrapartida ha aumentado el uso de energía, en particular en la preparación de la tierra, en los fertilizantes, en el riego, etc. La agricultura intensiva es a día de hoy muy intensiva en energía, aunque el porcentaje de energía utilizado en la agricultura sigue siendo muy inferior al del agua utilizada en la misma.

El propio sector de la energía puede también afectar negativamente a la producción de alimentos reduciendo la cantidad de terreno disponible por la extracción de combustibles fósiles o la deforestación por biocombustibles. El desarrollo de biocombustibles ha sido identificado como uno de los factores principales causantes de los incrementos de precios de los cereales en el mercado mundial.

Los resultados y los mensajes de la Conferencia de Bonn constituyeron el punto de partida para las discusiones de la Conferencia sobre Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas “Río2012”.

Los tres componentes del nexo están directamente relacionados también con algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que fue aprobada por la 70ª Asamblea de las Naciones Unidas durante la Cumbre de Desarrollo Sostenible 2015, celebrada en París.

La relación entre los ODS y el nexo es la siguiente: (Embidi, 2017):

- Dentro del ODS 2 “Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible”, se formula como meta 2.3. “duplicar la producción agrícola”, y como meta 2.4. “asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra”



- Dentro del ODS 6 “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”, se establece como meta 6.1. “lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos”. También en la meta 6.3.se plantea “mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial”. Asimismo, en la meta 6.4. se establece: “aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua”. Igualmente, en la meta 6,5 el objetivo es “implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda”, y en la meta 6.a.” ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización”.
- Dentro de las metas incluidas en el ODS 7, “Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos”, se establece como meta 7.1. “garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos”; en la 7.2. “aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas”; en la 7.3. “duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética” y en la 7.a. “aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias”.



- Además, se pueden mencionar el ODS 11: “Lograr que las ciudades y asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”; el ODS 12: “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles”; el ODS 13: “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”; el ODS 15: “Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad”; y el ODS 17: “Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible”.

7. El nexo agua, energía y alimentación en las políticas comunitarias

El enfoque “nexo” se ha ido aplicando cada vez más en el diseño de políticas, y algunos estudios han analizado el nexo agua, energía y alimentación con este objetivo. Sin embargo, no existen muchos estudios que analicen con detalle el nexo tripartito.

Cada una de las tres áreas del nexo agua, energía y alimentación han sido parte de la política de la Unión Europea desde hace mucho tiempo (Brandoni et al., 2018). La política energética (carbón y acero) fue uno de los pilares fundacionales de la Comunidad Europea del Carbón y del Acero (CECA), creada en 1951 por los seis estados fundadores del proyecto comunitario, seis años antes de la firma del Tratado de Roma, constitutivo de la Comunidad Económica Europea (CEE) y de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (EURATOM). Le siguió enseguida la Política Agraria Común (PAC) en 1962, y finalmente en el año 2000 se aprobó la Directiva Marco del Agua (DMA).

Si bien no existe una política comunitaria específica relativa al nexo agua, energía y alimentación, sí que existen numerosas interconexiones entre las políticas de agua y agricultura (ECA, 2014), entre las políticas de agua y energía (EIP, 2018) y hasta cierto punto también entre las políticas agrícola y energética (EUR-Lex, 2015).

En 2014 la Comisión Europea presentó al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, la Comunicación denominada “Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa” (CE, 2014).



En ella se afirmaba que la transición a una economía más circular exige la introducción de cambios en todas las cadenas de valor, desde el diseño de los productos hasta los nuevos modelos de gestión y de mercado, desde los nuevos modos de conversión de los residuos en un activo hasta las nuevas formas de comportamiento de los consumidores.

Para conseguirlo, la Comisión Europea propone:

- 1) Establecer un marco de políticas facilitador, comprometiéndose a analizar con más detenimiento las principales insuficiencias del mercado y de la gobernanza que dificultan la evitación y reutilización de materiales de desecho, teniendo en cuenta la heterogeneidad de los tipos de materiales y sus usos, para contribuir a crear un marco político que potencia la eficiencia de los recursos en toda la UE.
- 2) Diseñar e innovar para una economía circular.
- 3) Desbloquear las inversiones en innovación en pro de la economía circular y abordar y, sobre el trasfondo de la reforma del sistema financiero, superar las barreras a la movilización de la financiación privada para favorecer el uso eficiente de los recursos.
- 4) Acompañar en sus acciones a las empresas y a los consumidores, y apoyar especialmente a las pequeñas y medianas empresas.
- 5) Modernizar la política y los objetivos sobre residuos, transformando estos últimos en un recurso, ya que ese es elemento que “cierra el círculo” en los sistemas de economía circular.
- 6) Establecer un objetivo de eficiencia en el uso de los recursos.

En esta misma línea, el 2 de diciembre de 2015 la Comisión Europea aprobó un paquete de nuevas medidas para impulsar la transición de Europa hacia una economía circular, con el objetivo de fomentar la competitividad mundial y el crecimiento económico y crear nuevos puestos de trabajo. Entre las medidas clave a aplicar figuraban: (CE, 2015)

- Financiación de más de 650 millones de euros con cargo a Horizonte 2020 y de 5.500 millones de euros con cargo a los Fondos Estructurales.
- Medidas para reducir el despilfarro de alimentos, incluida una metodología de medición común, una indicación de fechas mejorada y herramientas que permitan



alcanzar el objetivo de desarrollo sostenible de reducir a la mitad el desperdicio de alimentos a más tardar en 2030.

- Elaboración de normas de calidad para las materias primas secundarias a fin de reforzar la confianza de los operadores en el mercado interior.
- Medidas sobre diseño ecológico para 2015-2017 tendentes a promover la reparabilidad, durabilidad y reciclabilidad de los productos, además de la eficiencia energética.
- Una revisión del Reglamento sobre abonos, para facilitar el reconocimiento de los abonos orgánicos y basados en residuos en el mercado único y reforzar el papel de los bionutrientes.
- Una estrategia para el plástico en la economía circular, que aborde los problemas de la reciclabilidad, la biodegradabilidad, la presencia de sustancias peligrosas en los plásticos y el objetivo de desarrollo sostenible de reducir significativamente los desechos marinos.
- Una serie de acciones sobre la reutilización del agua, incluida una propuesta legislativa relativa a los requisitos mínimos para la reutilización de las aguas residuales.

Para realizar el seguimiento del avance hacia la economía circular, el 16 de enero de 2018 la Comisión Europea presentó al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, la Comunicación sobre un marco de seguimiento para la economía circular.

El marco de seguimiento tiene como objetivo medir los progresos hacia una economía circular de manera que abarque las diversas dimensiones en todas las etapas del ciclo de vida de los recursos, productos y servicios. Por esa razón, el marco de seguimiento cuenta con un conjunto de diez indicadores agrupados en cuatro etapas y aspectos de la economía circular, que se muestran en la Figura 2: Producción y consumo; gestión de los residuos; materias primas secundarias y competitividad e innovación.

Figura 2. Marco de seguimiento de la economía circular



Fuente: CE, 2018

En el documento de 2018 se precisa que en un primer análisis se observan algunos progresos hacia unas tendencias más circulares en la producción y el consumo, por ejemplo, desde el punto de vista de la generación de residuos. No obstante, se señala que aún hay un margen de maniobra considerable para reducir la brecha en cuanto a los resultados entre los Estados miembros, así como en función del material.

Algo similar ocurre con la gestión de los residuos que, si bien evoluciona de forma favorable, presenta también un margen significativo de mejora y se observan diferencias entre los Estados miembros y entre los flujos de residuos. Entre 2008 y 2016, las tasas de reciclaje de los residuos urbanos en la UE aumentaron de un 37% a un 46%. Cinco Estados miembros reciclan más de la mitad de sus residuos urbanos, mientras que otros países se van acercando al objetivo de reciclaje del 65% para 2030, propuesto por la Comisión, y cinco Estados miembros se encuentran todavía por debajo del 25%.

En lo que se refiere a materias primas secundarias, la contribución de los materiales reciclados a la demanda global de materias primas es relativamente pequeña. El



comercio de materias primas secundarias está aumentando tanto en la UE como con terceros países. De media, los materiales reciclados cubren tan solo en torno al 10% de la demanda de materiales en la UE, a pesar de la mejora constante desde 2004.

Por último, respecto a la competitividad y la innovación cabe señalar que, según señala el documento de 2018, la transición hacia una economía circular contribuye al aumento de las inversiones, el valor añadido y el empleo, y estimula la innovación. Se estima que, en la UE, en 2014, la inversión privada en un subconjunto de sectores económicos pertinentes para la economía circular fue de aproximadamente 15.000 millones de euros, lo que supone un 0,1% del PIB. Ese mismo año hubo más de 3,9 millones de puestos de trabajo en estos sectores, lo que supuso un incremento del 2,3% respecto a 2012. A pesar de la crisis económica y financiera, estos sectores de la economía circular crearon en torno a 141.000 millones de euros de valor añadido en 2014, lo que representa un aumento del 6,1% con respecto a 2012.

8. El nexo agua, energía y alimentación y el cambio climático

La producción de energía y de alimentos contribuye de forma notable al cambio climático. Solamente la producción de electricidad y de calor contribuye en un 27% a las emisiones totales de gases efecto invernadero, la agricultura en un 15% y el cambio en el uso de la tierra y la silvicultura en un 14%. Al mismo tiempo, la agricultura y el agua están entre los sectores más vulnerables al cambio climático.

Las políticas climáticas pueden tener también efectos sobre la seguridad en los tres sectores. Las medidas de mitigación del cambio climático tales como la expansión de los biocombustibles o de la energía hidráulica pueden generar nuevas demandas de agua significativas. Asimismo, las medidas de adaptación al cambio climático pueden ser muy intensivas en energía: el riego requiere más energía que la agricultura de secano, la desalinización más que los suministros convencionales de agua, etc. (Hoff, 2011)

La relación entre el nexo tripartito y el cambio climático ha sido analizada en diversos estudios, de los que destacaremos aquí el realizado para los países de la cuenca del Nilo (Al-Riffai et al., 2017).



En este estudio se analiza el impacto del cambio climático en los sectores de agua, energía y alimentación y se valoran las intervenciones políticas en los tres sectores del nexo y el impacto que tienen sobre las economías de los tres países de la cuenca este del Nilo: Egipto, Etiopía y Sudán.

Se considera que el cambio climático impactará directamente en las economías de los tres países a través de los tres sectores: el cambio climático provocará estrés en el suministro de agua, en concreto en las aguas del Nilo; afectará también al sector de alimentación a través de dos vías principalmente, los cambios en los campos de cultivo como resultado de los cambios en las precipitaciones y en las temperaturas, y la pérdida de terreno agrícola en el delta del Nilo como consecuencia del aumento del nivel del mar y la compactación del delta. Finalmente, el cambio climático afectará también al sector energético afectando potencialmente de forma adversa a las capacidades de generación de energía hidráulica. La adaptación a los inevitables efectos del cambio climático requerirá una serie de intervenciones en el nexo por parte de los políticos.

Se diferencia entre efectos directos e indirectos de las políticas de los tres sectores. Por efectos directos se entiende aquellos que se producen cuando la intervención política afecta al menos a uno de los tres sectores directamente, mientras que por efectos indirectos se entiende aquellos que se producen cuando la intervención política afecta a estos sectores a través de un sistema complementario (Nielsen et al., 2015).

Una vez detectados los impactos producidos por el cambio climático, proponen medidas de adaptación (intervenciones políticas) para ayudar a suavizar algunas de las reacciones adversas al cambio climático. Todo ello puede verse reflejado en la Tabla 1.

Tabla 1. Intervenciones políticas en el nexo agua, energía y alimentación

Escenario	Intervención política	Seguridad hídrica	Seguridad energética	Seguridad alimentaria
Adaptación al CC centrada en el sector de la alimentación , especialmente en los cambios en los cultivos y, si es relevante, en el aumento del nivel del mar	Incremento o disminución del área de cultivo en función de los cambios	Directo: El uso del agua para producción agrícola cambiará al tiempo que aumentará para el consumo industrial y privado	Directo: Se usará más energía por parte de los consumidores y los agricultores	Directo: La producción neta de alimentos se desconoce. Cualquier cambio en los campos de cultivo provocará cambios en la producción agrícola. Indirecto: Potencialmente, se producirán cambios en el empleo agrícola, impactando así en las rentas y en el acceso a la alimentación
Adaptación al CC centrada en el sector de la energía	Cambios en la energía dependiendo más de las renovables en la generación de electricidad, manteniendo intactos los subsidios	Directo: Un mayor uso del agua en el proceso de generación de electricidad	Directo: Más energía disponible para uso de los consumidores a través de una energía más eficiente y menos dependiente de combustibles fósiles	Directo: Mas electricidad disponible para consumo, pero no está claro si el precio del output eléctrico descenderá ya que algunos de los sectores renovables dependerán de los subsidios para operar eficientemente. Por lo tanto, el precio de la electricidad para la demanda intermedia es indeterminado en este caso Indirecto: Potencialmente, un nivel de empleo más elevado en los sectores que generan energía eléctrica contribuyendo a mayores rentas y a mayor acceso a la alimentación
Adaptación al CC centrada en el sector del agua , en una asignación más eficiente de agua	Potenciando fuentes alternativas de agua y mejorando la eficiencia en su uso, por ejemplo, más desalinización e invirtiendo en sistemas de riego más eficientes	Directo: Uso más eficiente de los sistemas hídricos	Directo: Se necesitará más energía para la aplicación de dichos sistemas de riego	Directo: Es de esperar que aumente la productividad en el sector agrícola Indirecto: Incremento en el empleo como resultado de la utilización de dichas redes de riego más eficientes

Fuente: Al-Riffai et al., 2017



9. Conclusiones

En el debate internacional, el nexo agua, energía y alimentación toma cuerpo a partir de la asamblea anual del Foro Económico Mundial de 2008 y ha seguido vigente hasta nuestros días, estando directamente relacionado con una parte importante de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

En lo que se refiere a las políticas comunitarias de la Unión Europea, el enfoque del nexo se ha ido aplicando cada vez más en el diseño de políticas, pero no existen muchos estudios que analicen con detalle el nexo tripartito. En todo caso, si bien no existe una política comunitaria específica relativa al nexo agua, energía y alimentación, sí que existen numerosas interconexiones entre las políticas de agua y agricultura, entre las políticas de agua y energía, y hasta cierto punto también entre las políticas agrícola y energética. La transición hacia la economía circular iniciada en 2014 es una muestra más de la aplicación del nexo.

El nexo es una herramienta nueva que permitirá tratar con más facilidad las complejidades ambientales, económicas y políticas (y otras) que los actores principales de la sociedad actual definen y modifican. La agrupación y comparación empleando la estructura de nexo representa un adelanto en la interdisciplinariedad requerida para poder interpretar muchos de los problemas actuales de las sociedades cambiantes del planeta Tierra.

La herramienta nexo se puede ir complicando añadiendo nuevos componentes, como por ejemplo el cambio climático, siempre que haya profesionales capaces de interpretarla en toda su complejidad, especialmente la económica, y de sacar conclusiones adecuadas para facilitar un desarrollo armónico de la sociedad. En este sentido, cabe señalar que la relación entre el nexo tripartito y el cambio climático ha sido analizada en diversos estudios.



10. Bibliografía

- Al-Riffai, P.; Breisinger, C.; Mondal, A. H.; Ringler, C.; Wiebelt, M.; Zhu, T. (2017) *Linking the Economics of Water, Energy, and Food: A Nexus Modeling Approach*. Egypt SSP Working Paper 04.
- Brandoni, C.; Bošnjaković, B. (2018) “Energy, food and water nexus in the European Union: towards a circular economy”. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Energy*, Volume 171 Issue 3, August, 2018, pp. 140-144.
- Comisión Europea (2014) *Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa*. COM (2014) 398 final. Bruselas.
- Comisión Europea (2015) *Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular*. COM (2015) 614 final. Bruselas.
- Comisión Europea (2018) *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones sobre un marco de seguimiento para la economía circular*. COM (2018) 29 final. Estrasburgo.
- Embidi, A.; Martín, L. (2017) *El nexo entre el agua, la energía y la alimentación en América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas.
- Hoff, H. (2011) *Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus*. Stockholm Environment Institute, Stockholm.
- Nielsen, T., F. Schunemann, E. McNulty, M. Zeller, E. Nkonya, E. Kato, S. Meyer, W. Anderson, T. Zhu, A. Queface, L. Mapemba. (2015) *The Food-Energy-Water Security Nexus: Definitions, Policies, and Methods in an Application to Malawi and Mozambique*. IFPRI Discussion Paper 1480. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI).



World Economic Forum (2009) *Water Security: The Water-Food-Energy-Climate Nexus*. The World Economic Forum Water Initiative. Disponible en: http://www3.weforum.org/docs/WEF_WI_WaterSecurity_WaterFoodEnergyClimateNexus_2011.pdf