

Modelización económica hidro-energética en producciones agropecuarias pampeanas de la cuenca del río Colorado

Roberto Mariano

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

E-mail: marianorobertocarlos@gmail.com

RESUMEN

La producción de alimentos y la suficiencia alimentaria plantean un gran reto ligado a la disponibilidad de agua y energía. Cuando se conjugan condiciones hidrológicas adversas con cultivos que poseen altos requerimientos de agua, la presión sobre los recursos hídricos y energéticos se acrecienta. La disminución del volumen glaciario observado en los Andes, acarrea riesgos de escasez hídrica en las distintas regiones y para las diferentes actividades socioeconómicas que dependen del recurso. La cuenca argentina del río Colorado en la provincia de La Pampa posee condiciones climáticas semidesérticas, pero cuenta con potencialidad de utilización hídrica para el desarrollo productivo. Estudios recientes han revelado que el caudal de la cuenca ha disminuido y puede que la tendencia se extienda a lo largo de los próximos años. El costo y la disponibilidad de energía en las zonas rurales tienen una influencia decisiva en el desarrollo agrícola, principalmente en zonas de producción bajo riego. La propuesta de trabajo tiene como objetivo presentar avances de un modelo económico hidro-energético para una potencial utilización en las producciones agropecuarias pampeanas actuales y potenciales de la cuenca pampeana del río Colorado. Resulta necesario seguir profundizando en la construcción teórica y la validación empírica del modelo económico hidro-energético. El modelo sería de utilidad para generar estrategias de desarrollo sustentables y eco-eficientes para las producciones agropecuarias pampeanas actuales y potenciales de la ribera del río Colorado. Se espera que el modelo económico hidro-energético beneficie la toma de decisiones estratégicas de los productores agropecuarios actuales y potenciales de la cuenca pampeana del río Colorado.

INTRODUCCIÓN

Los análisis mundiales de escasez de agua concluyen en que gran parte de la población mundial (dos tercios como máximo) será afectada durante las próximas décadas por la escasa disponibilidad de agua (Alcamo et al., 2000; Vörösmarty et al., 2000; Wallace y Gregory, 2002; Rijsberman, 2006). En el siglo XX la población mundial se triplicó, pero el consumo de agua se multiplicó por seis (Cosgrove y Rijsberman, 2000). Muchos países están experimentando escasez del recurso en años secos y en estaciones secas (ADB, 2013). La insuficiencia de agua se concentrará en zonas con escasez de precipitaciones y alta densidad de población (Rijsberman, 2006).

La presión se agrava cuando se conjugan condiciones hidrológicas adversas y los cultivos poseen altos requerimientos de agua, ya que deben regarse para solventar la demanda no satisfecha con precipitaciones. La disponibilidad de agua plantea un gran reto ligado a la producción de alimentos y a la suficiencia alimentaria, “sólo se puede proveer suficiente comida si hay agua disponible en el momento adecuado, en el lugar adecuado, y en la cantidad y calidad suficientes” (Chávez Cortés y Binnqüist Cervantes, 2012:17). Es necesario mejorar la productividad del agua en los sistemas de producción agrícola, reducir el uso del agua a

través de la innovación, conservación, redistribución y cambio de patrones de uso y reuso del recurso (Brandes et al., 2005).

Recientemente ha cobrado importancia la cantidad de energía necesaria para hacer funcionar el ciclo integral del agua. La energía es utilizada en la producción y distribución de alimentos, para el bombeo de agua de riego, su transporte, distribución y refrigerar el almacenamiento. El costo y la disponibilidad de energía en las zonas rurales ha tenido y seguirán teniendo una influencia decisiva en el desarrollo de la agricultura (ADB, 2013). Aumentar eficiencia y productividad en el uso del agua y la energía pueden ser herramientas poderosas para mejorar la sostenibilidad de las regiones (Aldaya et al., 2011). El desafío mundial para la agricultura es producir más alimentos en no mucha más tierra, usando menos agua, fertilizantes y plaguicidas que en las tendencias históricas (ADB, 2013).

La problemática del uso del agua para producir energía y la energía para gestionarla se presenta como relevante, actual y necesitada de estudios técnicos y científicos (Hardy y Garrido, 2010). La humanidad se encuentra en un momento decisivo en el cual el desafío de la seguridad del agua ya no puede ser abordado como un ejercicio de resolución de problemas, sino que se trata de una redefinición y remodelación de la humanidad con el agua que fluya desde las comunidades, las economías y los ecosistemas que la sustentan (Maas, 2012).

La escasez del agua es un problema global pero las soluciones deben ser planteadas a niveles regionales o locales. La capa de nieve de invierno en los Andes, entre 30° 8 y 37° 8 de latitud sur, es la fuente principal de la escorrentía superficial y el agua que se utiliza de suministro en las tierras bajas adyacentes del centro de Chile y del centro-oeste de Argentina (Masiokas et al., 2010). Las poblaciones dependientes de las cuencas de los ríos alimentados por la nieve, tendrán suministros menores de agua durante el correr de los años, suponiendo que las tendencias climáticas continúen (ADB, 2013). Las cuencas hidrográficas son la escala apropiada y adecuada para comprender los procesos claves del aumento de la escasez de agua (Rijsberman, 2006).

La cuenca del río Colorado tiene una extensión aproximada de 48000 kilómetros cuadrados. El río Colorado nace en las Cordillera de los Andes de la confluencia de los Ríos Grande y Barrancas, y atraviesa valles de las provincias de Mendoza, Neuquén, La Pampa, Río Negro y Buenos Aires, hasta desembocar en el Océano Atlántico. Mediciones recientes del Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO) en la estación de aforos Buta Ranquil, han revelado que el caudal del Colorado ha disminuido: de una media anual histórica de 4692 hectómetros cúbicos ha pasado a una media de 2652 hectómetros cúbicos (Períodos 2010-2011 a 2014-2015), acumulando un déficit en cinco períodos de 10200 hectómetros cúbicos (COIRCO, 2015).

Los modelos hidro-económicos son herramientas que combinan el campo de la economía neoclásica con la oferta superficial y subterránea de agua, representan sistemas integrados y espacialmente distribuidos de los recursos hídricos, la infraestructura, las opciones de gestión y los valores económicos (Harou et al., 2009). Entre los indicadores utilizados para evaluar agua y energía surgen la Huella Hídrica (HH) y la Tasa de Retorno Energético (TRE). Análisis prospectivos estratégicos de escenarios son métodos utilizados para procurar administrar el riesgo que conllevan los modelos hidro-económicos.

La propuesta de trabajo tiene como objetivo presentar avances de un modelo económico hidro-energético para una potencial utilización en las producciones agropecuarias pampeanas actuales y potenciales de la cuenca pampeana del río Colorado.

Área de estudio

La región del río Colorado se organiza como un eje territorial este-oeste, desde la cordillera de los Andes Sur hasta la desembocadura en el Mar Argentino. La región presenta una superficie de aproximadamente 48000 kilómetros cuadrados y comprende unas 17 millones de hectáreas que se corresponden con la superficie de los departamentos de Malargüe de la provincia de Mendoza; Chos Malal y Pehuenches de la provincia de Neuquén; Puelén, Curacó, Lihuel Calel y Caleu Caleu de la provincia de La Pampa; General Roca, Avellaneda y Pichi Mahuida de la provincia de Río Negro y Patagones y Villarino de la provincia de Buenos Aires.

El clima de la región es templado-frío y semi-desértico, aunque con un marcado efecto de precipitación orográfica en su extremo occidental. Esto genera un gradiente de precipitación en la zona de alta montaña que alcanza los 1100 milímetros anuales en las cumbres, para descender hasta los 200 milímetros anuales en la zona de Buta Ranquil, aguas abajo de la confluencia de los ríos Grande y Barrancas que, al unirse, dan origen al río Colorado. La precipitación vuelve a aumentar muy lentamente hasta alcanzar los 400 milímetros anuales en la región de Pedro Luro, provincia de Buenos Aires (MPFIPS, 2014). Desde el punto de vista hidrológico la distribución espacial de la precipitación en el río Colorado, permite dividir la cuenca en dos grandes partes: una subcuenca *activa*, aguas arriba de la estación de aforos Buta Ranquil y una subcuenca *pasiva* aguas abajo (MPFIPS, 2013).

El río Colorado es un elemento natural de vital importancia y pertenece al grupo de los sistemas patagónicos de vertiente atlántica. Presenta una extensión de aproximadamente 920 kilómetros de longitud desde la Cordillera de los Andes hasta el Mar Argentino (Weber et al., 2005b) y su principal fuente de alimentación son las aguas de deshielo (Dillon, 2004). El caudal medio en la estación de aforos Buta Ranquil (37° 06' de latitud sur, 69° 44' de longitud oeste) es de 147 metros cúbicos por segundo (Weber et al., 2005a) y en la estación de aforos Pichi Mahuida (38° 49' de latitud sur, 64° 58' de longitud oeste) registra un caudal medio de 130 metros cúbicos por segundo. Coincidente con su régimen nival, en octubre aumenta su caudal alcanzando sus máximos en diciembre y retornando a niveles menores en marzo. Puede presentar crecidas pluviales ocasionales entre febrero y agosto (Weber et al., 2005b), en las cuales su caudal puede variar entre 40 a 1.000 metros cúbicos por segundo (EPRC¹, 1998 citado por Dillon, 2004).

Desde el punto de vista territorial, la dinámica y organización de la región del río Colorado depende de numerosas variables, las cuales se conjugan de acuerdo con las características del ambiente natural y de las dinámicas sociales, políticas y culturales. Dos miradas diferentes pueden plantearse para entender esta dinámica territorial: una mirada regional y una mirada sectorizada. En ésta última, se pueden identificar diversas microrregiones espaciales, las cuales son resultantes de diversos factores de integración y cohesión de nivel local. Se estructuran así, en la región, las siguientes microrregiones (Figura 1): A) la microrregión de la cuenca alta o del Borde Andino; B) la microrregión Catriel, 25 de Mayo y Casa de Piedra; C) la microrregión de Río Colorado y; D) la microrregión del Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC) (MPFIPS, 2013).

La cuenca del Colorado posee condiciones climáticas semidesérticas pero cuenta con toda la potencialidad de utilización del agua para la generación del desarrollo productivo. Más allá de la actividad petrolera hacia el oeste de la región, la agricultura ha cumplido un rol clave al motorizar procesos de conquista y organización territorial, especialmente mediante la producción intensiva bajo riego. Dicha dinámica de producción está vinculada al uso y gestión de agua cuyo signo dominante es la escasa dotación de agua para las crecientes demandas. La región cuenta con el Embalse Casa de Piedra, sin el cual la capacidad productiva aguas abajo sería muy limitada (MPFIPS, 2014).

¹Ente Provincial del Río Colorado.

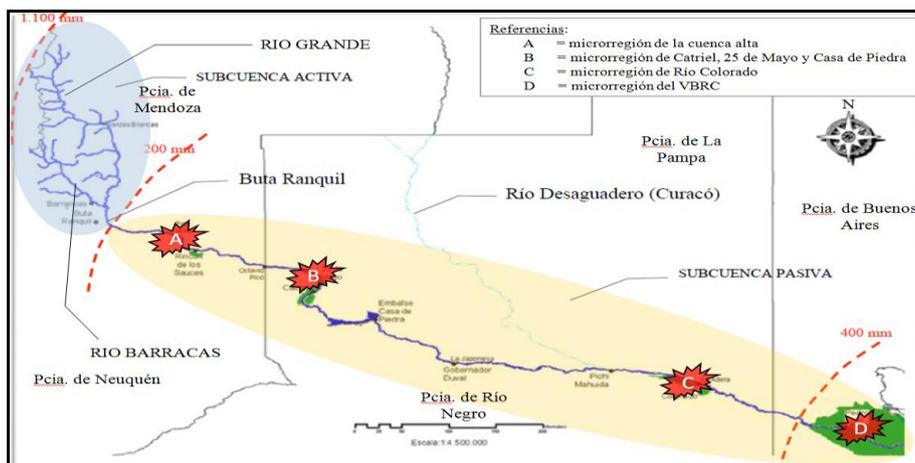


Figura 1.- Subcuencas y microrregiones de la cuenca del río Colorado.

Fuente: Adaptado de MPFIPS (2013).

Existe una demanda de agua cada vez mayor en la región debido a nuevas actividades y usuarios, esta demanda encuentra un límite existente en la disponibilidad real de agua (MPFIPS, 2014). En la Figura 2 se observa el derrame histórico anual del río Colorado en la estación de aforos Buta Ranquil, con una media histórica de 4.692 hectómetros cúbicos. En los últimos cinco períodos (2010-2011 a 2014-2015) se ha registrado un déficit acumulado de 10.200 hectómetros cúbicos (COIRCO, 2015).

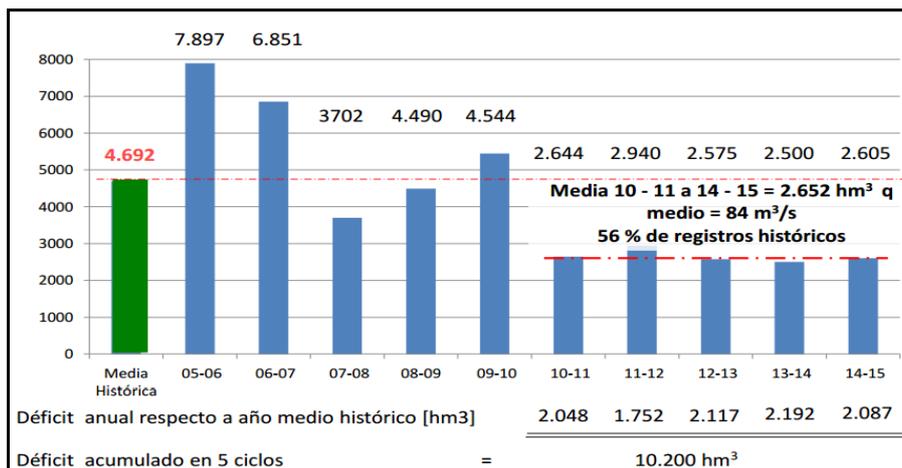


Figura 2.- Derrame anual del río Colorado en la estación de aforos Buta Ranquil.

Fuente: COIRCO (2015).

El sector agropecuario es la principal actividad productiva sobre la cual se estructura la actividad económica de la región del Colorado. De oeste a este, el área cuenta con una alta disparidad en la utilización del riego como recurso productivo. Dentro de las producciones agrícolas, la producción de pasturas y forrajes son las más importantes, las cuales se relacionan directamente con la producción ganadera, ya sea en las zonas de riego como en las áreas de secano. La producción de cereales y oleaginosas son segundas en importancia y la producción hortícola se encuentra presente pero en superficies limitadas. En cuanto a la ganadería bovina es principalmente de cría (MPFIPS, 2013).

El modelo propuesto se desarrollará particularmente en las producciones agropecuarias pampeanas actuales emplazadas dentro de los límites geográficos de la provincia de La Pampa, más precisamente en las localidades de 25 de Mayo, Casa de Piedra, Gobernador Duval y La Adela. Dichas localidades se encuentran repartidas en dos de las cuatro microrregiones establecidas para la cuenca del río Colorado: B) Catriel, 25 de Mayo y Casa de Piedra y; C) de Río Colorado.

En La Pampa, de las 85000 hectáreas asignadas para la explotación (aplicando riego gravitacional) del recurso hídrico, solamente se encuentran en uso 11024 hectáreas de las cuales 9554 hectáreas se encuentran bajo sistemas de riego (INTA, 2012). La decisión política del Gobierno Provincial de autorizar solamente los sistemas de riego presurizados para todos los proyectos futuros, hacen prever que el área a regar se podría triplicar, considerando la eficiencia en el uso del agua de estos sistemas (INTA, 2012). En el año 2015 se registraron aproximadamente 5779 hectáreas en producción (DGEC, 2015). El río Colorado es un recurso aún desaprovechado que “continúa representando el instrumento clave para la superación de esa tradicional dependencia del recurso agrícola y ganadero extensivo en que se afirma la economía pampeana y de la posibilidad de lograr un mayor equilibrio territorial de la provincia” (Michelini, 2010:113).

De la totalidad del Sistema de Aprovechamiento Provincial se ocupa el Ente Provincial del Río Colorado (EPRC), un organismo dependiente del Gobierno de La Pampa que se encuentra a cargo de las obras de regadío a lo largo territorio pampeano. Desde su creación² el EPRC ha desarrollado tareas para transformar tierras improductivas en uno de los sectores de mayor interés de La Pampa, siguiendo su propósito el programar, coordinar, ejecutar y administrar el plan de desarrollo de la ribera pampeana del Colorado. De acuerdo con dicho propósito, el Ente posee una estrecha relación con las políticas provinciales que desarrolla cada gobierno de turno para el área. Por este motivo, la dirección del organismo se conforma y mantiene integrada por personas cercanas al gobierno provincial (Michelini, 2010).

Los estudios inherentes al desarrollo de la cuenca del río Colorado en la provincia de La Pampa son considerados como tema estratégico prioritario por el Gobierno de La Pampa a través del EPRC y por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) a través de la reciente Unidad de Extensión y Desarrollo Territorial³ y el Proyecto Regional con Enfoque Territorial “Gestión de innovaciones para el desarrollo sustentable de la cuenca del Río Colorado”.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el objetivo de la investigación, el trabajo aborda una revisión bibliográfica de distintas fuentes de información secundaria sobre aspectos teóricos y metodológicos que se han tenido en cuenta para la construcción del modelo económico hidro-energético. El trabajo articulará en una primera etapa con antecedentes teóricos y otra con antecedentes metodológicos. Finaliza con la adecuación de los antecedentes en una propuesta de modelo económico hidro-energético para las producciones actuales y potenciales de la cuenca del río Colorado en la provincia de La Pampa.

ANTECEDENTES

Antecedentes Teóricos

El crecimiento de la población mundial previsto en alrededor de 9 mil millones de personas para el año 2050 requerirá de importantes esfuerzos para aumentar la producción de alimentos (dos mil millones de personas más en comparación con la actualidad), esto significa que se necesitará aproximadamente un 30% más de alimentos a nivel mundial, sin tener en cuenta problemas de asignación, la sobreproducción y el desperdicio de alimentos (Wezel et al., 2014). Además de este gran desafío de aumentar la producción en el que se encuentra la agricultura a nivel mundial, en las últimas décadas se ha notado un aumento de la demanda para

² Según Michelini (2010), el EPRC fue fundado hasta 6 veces a través de las siguientes instituciones: Comisión Provisoria del río Colorado en 1959, Comisión Técnica del río Colorado en 1960, Ente Provincial del río Colorado en 1962, Secretaría de Planificación y Desarrollo de la Cuenca del Colorado en 1966, Administración provincial del río Colorado en 1968 y finalmente Ente Provincial del río Colorado en 1973.

³ Instalada en la localidad pampeana de 25 de Mayo a partir del año 2011.

lograr el desarrollo hacia una agricultura sustentable, donde la producción es a la vez respetuosa del ambiente, socialmente justa y económicamente beneficiosa (Wezel et al., 2014).

El agua es considerada como el principal recurso que determina el nivel de desarrollo sostenible y el equilibrio entre las necesidades. En la planificación y gestión de los recursos hídricos se proponen enfoques globales, teniendo en cuenta las condiciones regionales o locales, con determinados pasos y una perspectiva a largo plazo (UNEP, 2011). Existe un gran esfuerzo de la comunidad internacional para hacer frente a la escasez de agua en la agricultura y se motiva a que este debate impulse a generar un aumento en la productividad del recurso (Rijsberman, 2006).

La escasez de agua puede limitar el desarrollo y utilización de energías renovables, a su vez el aumento de la eficiencia en las etapas del ciclo del agua implica necesariamente mayor consumo de energía. El sector de la energía debe mejorar su eficiencia en el uso del agua, eliminando o reduciendo al mínimo el gasto neto en los procesos (Hardy y Garrido, 2010). La energía se convertirá en un factor cada vez más crítico en el mantenimiento nacional, regional y en la confiabilidad global, la seguridad y la sostenibilidad (Hightower, 2012).

La Economía de los Recursos Naturales trata la gestión de los recursos intentando resolver conflictos entre usos alternativos, el objetivo es alcanzar la pauta óptima de agotamiento para los recursos renovables o el uso sustentable para los no renovables (Labandeira et al., 2007). La base para los recursos no renovables plantea que el análisis surge de la preocupación sobre las tasas excesivas de extracción de estos recursos y su bajo precio de mercado. En este contexto, la ineficiencia se debe a que las relaciones entre los agentes no se encuentran valoradas adecuadamente y toda asignación eficiente requiere necesariamente que cada agente se enfrente con los precios correctos de sus acciones, por lo tanto el concepto de eficiencia económica resulta clave para la gestión de los recursos naturales (Labandeira et al., 2007).

La teoría de la empresa neoclásica se caracteriza por residir sobre un entorno sin fricciones en el que las empresas (guiadas por las fuerzas del mercado de oferta y demanda en competencia perfecta) son capaces de llegar a un punto de equilibrio óptimo del mercado donde se ajusta el concepto de eficiencia económica, es decir, lleva a una asignación eficiente de los recursos. El problema reside en que los aportes neoclásicos centran sus estudios en individuos racionales, con información perfecta y plena certidumbre. En la realidad toda actividad humana, y en concreto la actividad económica, se desarrolla dentro de un marco institucional⁴ que reduce la incertidumbre al tiempo que limita las alternativas de los individuos (Carrasco Monteagudo y Castaño Martínez, 2012). Por dichas razones, el enfoque neoclásico es difícilmente aplicable a entornos complejos como los actuales.

Las ideas centrales de la economía neoinstitucional⁵ se resumen en que las instituciones importan y son susceptibles de ser analizadas (Williamson, 2000), su finalidad se encuentra en explicar la importancia de las instituciones en la vida social. El óptimo al que llega la visión de la empresa neoinstitucionalista es más transitorio, se enfatiza más en la posibilidad de que tales restricciones cambien. El empresario tratará de buscar fórmulas de inversión que le permitan aumentar los beneficios de la empresa en distintos entornos (económicos, sociales, institucionales, legales) cambiantes.

La externalidades ambientales se definen como los efectos que generan las actividades de un individuo o firma, alterando la estructura de costos y los beneficios privados y públicos de los demás individuos o firmas. Teóricamente la existencia de pocos individuos posibilita la negociación entre partes, el problema subyace cuando el número de individuos o firmas aumenta, para este tipo de situaciones será el Estado⁶ quien deba

⁴ “Las instituciones son las «reglas de juego», el modo de hacer las cosas en una sociedad, en una empresa en un momento y espacio concreto” (Carrasco Monteagudo y Castaño Martínez, 2012:51).

⁵ Autores destacados y precursores de esta corriente son Coase, North, Williamson y Ostrom (Carrasco Monteagudo y Castaño Martínez, 2012).

⁶ “Forma de organización política, dotada de poder soberano e independiente, que integra la población de un territorio” (RAE, 2014).

garantizar la provisión de los bienes que presentan externalidades. En todos los casos el método que debe adoptar el ente estatal debe estar enmarcado en las regulaciones y perseguir la eficiencia de los recursos. La estrategia se sustenta en reducir los niveles de actividad e impactos que generan los sistemas productivos y para cumplirla se utilizan instrumentos de regulación ambiental que están basados en la propiedad y los mercados. Instrumentos de programación cuantifican el impacto ambiental en marcos lógicos y deben medirse en términos de indicadores que presentan información respecto de calidad y cantidad para determinar justamente los logros esperados (Narodowski, 2011).

Los modelos hidro-económicos son herramientas que combinan el campo de la economía neoclásica con modelos hidrológicos de ingeniería y representan sistemas integrados y espacialmente distribuidos de los recursos hídricos, la infraestructura, las opciones de gestión y los valores económicos (Harou et al., 2009). La complejidad de las interacciones entre el agua y la economía se pueden capturar a través de modelos matemáticos formales, vinculando procesos hidrológicos y biogeoquímicos con “leyes” económicas de oferta y demanda subyacentes de la prestación de servicios hídricos escasos (Brower y Hofques, 2008). En estos modelos la distribución del agua es impulsada o evaluada por el valor económico que genera; en condiciones de escasez de agua un enfoque económico ayuda a identificar las asignaciones eficientes y a reducir gastos innecesarios por malas prácticas de uso (Harou et al., 2009).

Los escenarios son métodos utilizados para procurar administrar el riesgo que conllevan los modelos hidro-económicos, fundamentalmente en los datos de entrada de agua, la estructura, los valores de los parámetros y los resultados del modelo, de manera que sean lo más consistente posible en los diferentes enfoques (Brower y Hofques, 2008). Se define a un escenario como un conjunto de elementos que describe una situación futura y que poseen una trayectoria de eventos los cuales permiten pasar de una situación origen a una situación futura (Godet y Durance, 2011). Los escenarios intentan construir representaciones posibles del futuro así como también el camino que se debería seguir para lograrlo. Desde el análisis prospectivo de los escenarios futuros, Godet y Durance (2011) han elaborado un método de construcción de escenarios particular.

En las últimas décadas, diferentes autores e instituciones han incorporado a estudios internacionales y nacionales un concepto que interrelaciona el vínculo o “nexo” entre el agua y la energía (CEC, 2005; Hardy y Garrido, 2010; UNEP, 2011; Hardy et al., 2012; ADB, 2013) y en algunas oportunidades con la producción de alimentos. Hardy et al. (2012) consideran dos enfoques distintos para trabajar el nexo entre el agua y la energía: uno denominado “energía para el agua” y el otro “agua para la energía”. Ambos parecen similares pero se abordan de modos diferentes. El primer foco sobre “energía para el agua” separa la conexión de las diferentes etapas que consumen energía para hacer funcionar el ciclo integral del uso de agua, en las principales etapas identificadas son evaluados los costos energéticos por unidad de volumen de agua (Hardy et al., 2012). Estudios relacionados a dichos enfoques (CEC, 2005) plantean la posibilidad de realizar el enfoque de los nexos a niveles nacionales, regionales y locales.

El agua es por definición un recurso renovable que cumple un ciclo hidrológico de recarga, el problema subyace ante la escasez por la sobreexplotación de su capacidad de recarga natural. Bajo un enfoque de perspectiva ambiental, es válido imputar también como consumos de producción los correspondientes a los costos energéticos de producción de los insumos agropecuarios utilizados (Frank, 2010).

Para alimentar a una población mundial en crecimiento, se necesitan prácticas que proporcionen alimentos suficientes, que no sean en detrimento o un riesgo para el medio ambiente y que garanticen la viabilidad económica de los agricultores (Wezel et al., 2014). Los distintos niveles de toma de decisión (empresas, instituciones, gobierno, entre otros) necesitan metodologías con criterios de base científica y tecnológica que les permitan entender los efectos que los productos generan en el medio ambiente, en orden a tomar decisiones para el desarrollo de producciones sustentables y eco-eficientes (Manazza, 2012).

Frank (2010) resalta que la eficiencia del agua y la energía en las actividades productivas de Argentina será uno de los principales aspectos a considerar en el futuro cercano. “Es importante conocer cómo las actividades agropecuarias y los cambios en el uso de la tierra impactan sobre éstos indicadores de eficiencia para diseñar sistemas de producción que mejoren el aprovechamiento de éstos dos recursos estratégicos” (Frank, 2010:22).

Antecedentes Metodológicos

Como herramientas idóneas al descubrimiento y formulación de nuevas estrategias innovadoras y dinámicas de eficiencia y transparencia en el uso del agua se presentan los modelos hidro-económicos. Dichos modelos se orientan a brindar información para que los administradores logren mayores eficiencias en el uso del agua y proporcionen ideas sobre planes de operaciones flexibles que reduzcan los efectos negativos de la creciente escasez de agua y otros cambios. La mayoría de estos modelos comparten elementos básicos: flujos hidrológicos, infraestructura para gestionar el agua, la demanda económica de agua (beneficios o pérdidas en un período de tiempo) y los costos de operación⁷ (Harou et al., 2009).

Dos enfoques se encuentran disponibles para los modelos de demanda de agua: inductivos y deductivos. Los modelos inductivos describen las técnicas implementadas a través de la inferencia estadística a partir de observaciones empíricas (análisis estadísticos o econométricos) y son intensivos de datos. Los modelos de optimización deductivos utilizan cálculos de demandas y beneficios con datos empíricos de un estudio de caso particular y son computacionalmente intensivos (Harou et al., 2009; Booker et al., 2012).

Dentro de los deductivos, los enfoques metodológicos que integran la modelización hidro-económica se pueden resumir en tres grupos de trabajo: a) modelos basados en un enfoque integral u holístico, b) modelos basados en un enfoque modular y, c) un enfoque denominado Equilibrio General Computable (CGE, por sus siglas en inglés) (Brower y Hofques, 2008). Los modelos holísticos se centran en resolver la escasez de agua por medio de la combinación entre el suministro y la contaminación. Los enfoques modulares se aplican a problemas típicos de la gestión del agua que se encuentran relacionados a la contaminación del agua y a las inundaciones en cuencas hidrográficas. Los modelos CGE examinan las repercusiones de toda la variabilidad temporal de la economía con respecto al suministro de agua y a las restricciones de uso, es decir, muestran como las actividades económicas están vinculadas a los flujos de contaminación y como éstos impactan en el desarrollo económico de un país o de una cuenca hidrográfica (Brower y Hofques, 2008).

Bekchanov et al. (2015) realizan otra clasificación en dos grupos de modelos hidro-económicos: a) modelos de simulación u optimización a nivel de cuencas (SIMOPT) y; b) modelos de *inputs-outputs* (IOM) o modelos de ECG. Ambos grupos poseen diversas características:

a) Modelos SIMOPT: los modelos de simulación trabajan con la reproducción del sistema de agua lo más real posible (simulación y calibración) y establecen diferentes escenarios físicos para el manejo. Los modelos de optimización se fundamentan generalmente en un caso hipotético (el óptimo o “mejor”) determinado por una función objetivo modelo para una cuenca en particular (por ejemplo: óptimo resultado en eficiencia de agua, óptima infraestructura y minimización de los costos). Dichos modelos son los más utilizados en los estudios de manejo de cuencas (Harou et al., 2009; Bekchanov et al., 2015).

b) Modelos IOM y CGE: los modelos IOM evalúan flujos de HH y Agua Virtual destinados a productos y al comercio de *commodities*. Generalmente se aplican para estimar la HH de diferentes *commodities* como alternativa de enfoques deductivos, por ejemplo considerando sólo la HH en la primera

⁷ Los costos de producción de agua incluyen los costos variables para bombear, tratar y mejorar la calidad del agua, así como los del capital y fijos de estructura y operaciones. La mayoría de los modelos hidro-económicos están diseñados para la gestión, por lo que incluyen sólo costos operacionales variables de la infraestructura existente (Harou et al., 2009).

etapa de producción a través de un Análisis de Ciclo de Vida⁸ (ACV) simplificado. Los modelos de CGE, son desarrollados para analizar el conjunto y la distribución de los efectos de políticas de manejo de agua o cambios en la oferta de agua en consonancia con el cambio climático (Bekchanov et al., 2015).

El riego de cultivos es el usuario más significativo en el uso consuntivo de agua del planeta y muy importante en países con climas áridos y semiáridos (Booker et al., 2012). Los modelos pueden reflejar diferentes opciones para los productores entre varios niveles de uso de agua y de alternativas tecnológicas de aplicación (por ejemplo: surcos, por aspersión, goteo, entre otros) para cada cultivo. Los enfoques más comunes de modelado en sistemas de riego para cultivos agrícolas abordan las exigencias en la demanda de agua de riego, ya que el agua es el insumo clave del proceso de producción. En estos casos, la estimación del valor económico del agua es equivalente a aislar la contribución marginal del agua al valor total de la producción (Harou et al., 2009).

Dichos enfoques son deductivos e implican la creación de modelos de comportamiento óptimo para una explotación agropecuaria (Booker et al., 2012). El comportamiento dependerá de las decisiones de los agricultores sobre la mezcla de cultivos, el momento de aplicación del agua y la tecnología del riego (precio de venta de los cultivos, los costos y la disponibilidad del agua, las características agroclimáticas, el esfuerzo por una gestión correcta de los riesgos). La utilización o elaboración de los modelos dependerá de los objetivos de las diferentes investigaciones (Figura 3).

Como ejemplos concretos de modelos hidro-económicos deductivos, podemos mencionar modelos de programación matemática positiva (PMP) (Maneta y Howitt, 2014). Una característica importante de los modelos PMP es que relacionan la producción agrícola con variables de entrada (por ejemplo: mezcla de cultivos, la superficie de cultivo, agua aplicada, entre otras) en base a datos de respuestas de los agricultores. El comportamiento económico de los agricultores no está motivado solamente por el deseo de maximizar los ingresos, sino también impulsado por la cultura, la experiencia personal y las tradiciones, que a menudo se desarrollan para reducir el riesgo.

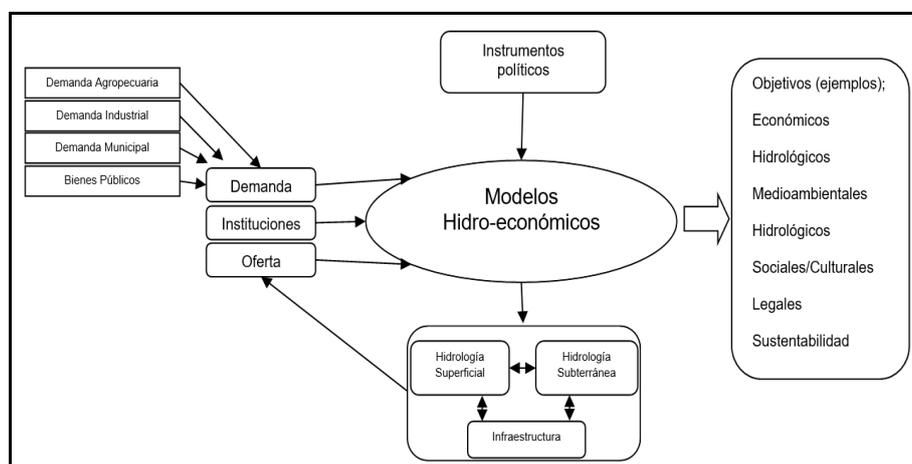


Figura 3-. Estructura conceptual básica de los modelos hidro-económicos.

Fuente: Booker et al. (2012).

Un avance propuesto por Maneta y Howitt (2014) mencionan nuevas herramientas que se deben tener en cuenta a la hora de la obtención de datos para el uso de la calibración de los modelos agrícolas, como herramientas de teledetección y sensores satelitales, por ejemplo *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* o *Landast*. Los autores manifiestan que se han visto mejoras sustanciales en las estimaciones basadas en satélites, dicha información puede proporcionar estimaciones de rendimientos

⁸ La SETAC (1993) define al ACV como un procedimiento de evaluación de cargas energéticas y ambientales correspondiente a un proceso o a una actividad, que se efectúa identificando materiales, energía utilizada y descartes liberados en el ambiente natural.

relativamente simples que pueden ser precisas en escalas municipales o provinciales, si se realiza una suficiente parametrización y calibración regional.

Frisvold y Konyar (2012) realizaron un estudio en el cual examinaron la agricultura en seis estados del suroeste de Estados Unidos. Los autores utilizaron el modelo Recursos Agrícolas de Estados Unidos con el cual simulaban la adaptación de los estados a grandes reducciones en los suministros de agua. Compararon diferentes producciones agrícolas considerando impactos en la reasignación del agua que se esperaría en escenarios de sequía o cambio climático.

Existen varios ejemplos de modelos hidro-económicos y varias opciones de *software*'s para ejecutarlos, ejemplos de sistemas comerciales son CALVIN, GAMS, AMPL, AIMMS, AQUA-TOOL, entre otros (Harou et al., 2009).

Entre los indicadores utilizados para evaluar el nexo “energía para el agua” surge la HH; un indicador de uso de agua que tiene en cuenta el uso directo e indirecto por parte de un consumidor o productor. Cuando el indicador es aplicado a un producto se define como el volumen de agua utilizada para producir un producto, medida a lo largo de la cadena de suministro (Hoekstra et al., 2011). Todos los componentes de una HH total se especifican geográfica y temporalmente. Hoekstra et al. (2011) dividen al indicador en tres tipos:

- HH azul: se refiere al consumo⁹ de los recursos superficiales y subterráneos.
- HH verde: referida al consumo de precipitaciones almacenadas en el suelo como humedad.
- HH gris: hace hincapié en la contaminación y se define como el volumen de agua dulce que se consume para asimilar la carga de contaminantes que figuran en las concentraciones naturales y estándares ambientales de calidad de agua existente (Hoekstra et al., 2011).

El cálculo de la HH de cada producto o servicio generado en la economía, medida tanto en unidades físicas como monetarias, debe ayudar en la toma de decisiones, ya que brinda información espacio-temporal explícita sobre la apropiación de agua para los diversos propósitos humanos (Hoekstra et al., 2011). En el mismo sentido, el método de determinación de un valor económico a una unidad de agua, expresado en términos monetarios, dependerá precisamente de la definición de la unidad de medida de cantidad de agua.

El contenido de agua virtual de un animal al final de su vida útil se define como el volumen total de agua que utilizó para crecer y procesar su alimentación, para proporcionar el agua potable, y para limpiar su alojamiento y similares. Depende de la raza de un animal, el sistema de producción, el consumo de alimento y las condiciones climáticas del lugar donde se cultiva la alimentación (Chapagain y Hoekstra, 2004).

Ran et al. (2016) realizan una revisión sobre las metodologías que se encuentran disponibles para evaluar el uso de agua en el ganado en pie. Clasifica su estudio en tres categorías: a) evaluaciones de productividad de agua, b) evaluaciones de HH y; c) evaluaciones de ACV. Las evaluaciones de productividad de agua calculan el ratio de los beneficios netos por la cantidad de agua extraída o utilizada, las evaluaciones de HH identifican diferentes tipos de agua (verde, azul y gris) de la producción, de un producto o de un proceso y las evaluaciones de ACV calculan el uso consuntivo de agua a través de una cadena de valor que produce productos ganaderos.

Como ejemplo de ecuaciones matemáticas en producciones intensivas ganaderas, Brew et al. (2011) investigaron el consumo de agua en ganado bovino a corral con diferentes razas. Concluyen que el promedio de consumo en los animales en confinamiento (de 200 a 400 kilogramos de peso vivo consumiendo alrededor de 1,4 kilogramos/día de alimento por el lapso de 13 semanas) es de alrededor de 30 litros de agua

⁹ Se denomina “consumo” a la pérdida de agua disponible, tanto en un cuerpo como en la superficie del suelo en un área de captación determinada. Las pérdidas se producen cuando el agua se evapora, volviendo a otra cuenca o al mar o incorporándose a un producto (Hoekstra et al., 2011).

por día, con una variación de +/- 8,5 litros. Las razas británicas y continentales en general, consumieron más agua que las Brahman y Romosinuano.

En cuanto a la medición de energía y como indicador de estimación consistente surge la Tasa de Retorno Energético (TRE). Para efectuar su cálculo se realiza el cociente entre la energía que retorna un proceso (*outputs*) y la energía que se ha invertido en desarrollar y mantener ese proceso de transformación de energía (*inputs*). Es posible aplicarlo en diversos sistemas y adaptable a las necesidades de cada investigación particular (Tello y Galán del Castillo, 2013; Atlason y Unnthorsson, 2014).

En las producciones agropecuarias la TRE se puede medir utilizando diversos índices de retorno en vez de uno solo. Aquellos sistemas agrícolas que tengan por objetivo ser sustentables, por lo general poseen mayor biomasa reutilizada (*inputs* internos) en comparación con la agricultura industrializada convencional que depende de insumos crecientes (*inputs* externos) procedentes principalmente de combustibles fósiles (Tello y Galán del Castillo, 2013). Por ejemplo, si poner en marcha y mantener un determinado proceso de obtención de energía de un producto agropecuario ha supuesto utilizar 2 Megajulios de energía, y durante todo ese tiempo he obtenido 40 Megajulios, la TRE será de 20, “esto quiere decir que obtengo veinte veces la energía invertida en el proceso, es por tanto un proceso rentable energéticamente. Sin embargo, un proceso con una TRE igual o menor de 1 no sería rentable energéticamente, y se trataría más bien de un sumidero de energía” (Ballenilla y Ballenilla, 2008:26).

Tieri et al. (2014) determinan la salida de energía (*outputs*) multiplicando la producción anual por hectárea de cada sistema de producción agropecuario por el contenido energético de la misma. El total de la energía ingresada (*inputs*), se puede diferenciar entre energía directa e indirecta. La energía directa (*inputs* internos) es aquella consumida en las labores vinculadas a las actividades productivas, incluyendo combustibles, lubricantes y electricidad (Denoia et al., 2008). La energía indirecta o *inputs* externos incluyen a la energía involucrada en el proceso de producción de los fertilizantes, semillas, herbicidas, insecticidas, alimentos balanceados y las labores realizadas para la producción de los alimentos importados para cada producción. Para obtener el ingreso de energía, se multiplica la cantidad de cada insumo por su correspondiente contenido energético (Tieri et al., 2014).

Para administrar el riesgo que conlleva la realización de los modelos, Godet y Durance (2011) desarrollan la construcción de escenarios futuros posibles en tres etapas o fases: en la primera etapa (“Construir la base”) proponen realizar un “análisis estructural” que resulta ser una herramienta muy valiosa para delimitar el sistema y determinar las variables. Seguidamente realizan un análisis de los actores que integran el sistema y sus interrelaciones a través del “Método de actores, objetivos, correlación de fuerzas” (MACTOR). Dicho método busca estimar la correlación de fuerzas que existen entre los actores y estudiar sus convergencias y divergencias con respecto a determinados retos y objetivos asociados.

Cada actor debe ser definido en función de sus objetivos, problemas y medios de acción. Es necesario analizar la posición que asumen los actores entre sí. Aunque el método MACTOR se inserta en el método de escenarios, puede utilizarse por separado, tanto con fines prospectivos como para el análisis de una situación estratégica dada (Godet y Durance, 2011).

La contribución marginal es la diferencia entre el precio de venta neto¹⁰ de un producto y su costo de venta variable (Vazquez, 2000). Se sustenta bajo la teoría de que se deben medir los costos variables para definir la comparación de los negocios, ya que los gastos de estructura condicionan el negocio pero serían reasignados a más de un producto. Aquellos rubros cuyos insumos mensuales guardan vinculación proporcional directa con el nivel real de actividad (los que se erogan a partir de producir y comercializar una unidad de producto) son denominados costos variables. Los factores de costo que no tienen cabida en este enunciado son los

¹⁰ Deducidos descuentos de caja, bonificaciones e intereses implícitos (Vazquez, 2000).

considerados costos de estructura o fijos (Vazquez, 2000). La contribución marginal no representa una utilidad en su totalidad, sino que a partir de la misma deberían descontarse los costos fijos (Vazquez, 2000).

Como ejemplo de análisis económico, Durán y Pesce (2007) evaluaron distintas alternativas de producción para diversas especies (manzanas y peras) y variedades frutícolas en diferentes sistemas de conducción y tipos de establecimientos ubicados en el Alto Valle de la provincia de Río Negro, Argentina. Para las autoras, los resultados económicos se pueden ver afectados por la especie y variedad analizada, el sistema de conducción de las plantas, el tamaño del establecimiento, el destino de venta de la fruta y otras variables (Durán y Pesce, 2007).

RESULTADOS PRELIMINARES

Modelo económico hidro-energético

La estructura del modelo económico hidro-energético propuesto (Figura 4) se encontraría planteada como una adaptación de la conceptualización básica de los modelos hidro-económicos realizada por Booker et al. (2012). A la conceptualización básica se incorpora la demanda energética y la elaboración de una matriz institucional en la que se analizarán e interrelacionarán los actores y los instrumentos políticos gubernamentales para el área de estudio particular.

1) Oferta hidrológica superficial: Caudal río Colorado.

En concordancia con la adaptación del modelo económico hidro-energético se deberá estimar la proyección del caudal del río Colorado. Se podría estimar una función de la oferta hídrica. Cabe señalar que en la estación de aforos Buta Ranquil se cuentan con datos desde el año 1940.

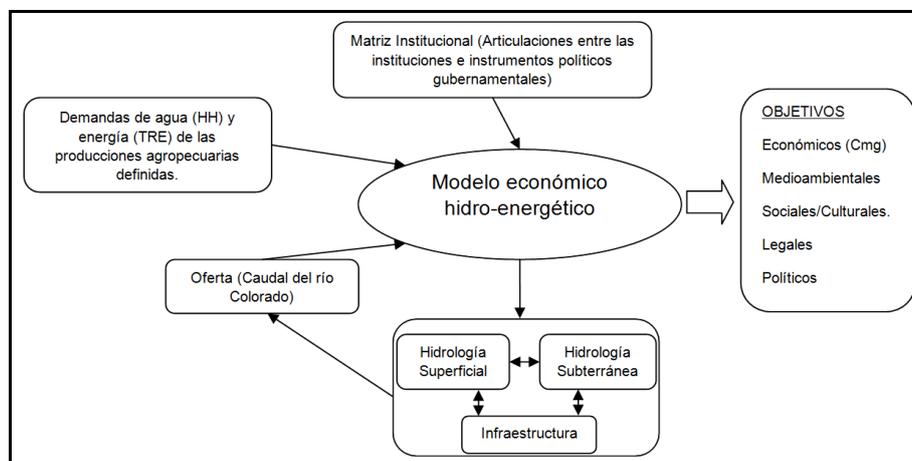


Figura 4.- Modelo económico hidro-energético.

Fuente: Adaptado de Booker et al. (2012).

2) Demandas de agua y energía: Indicadores de consumo de agua y energía.

En cada uno de los sistemas de producción analizados se evaluarán indicadores propuestos para uso de agua y de energía. Los indicadores seleccionados para capturar demandas de agua y energía serán: HH y TRE. Los indicadores obtenidos serán elaborados en condiciones locales y luego se contrastarán con parámetros provinciales, nacionales e internacionales para efectuar la validación.

2.a) Huella Hídrica en producciones agrícolas y ganaderas

En cuanto al cálculo del indicador HH resulta fundamental definir los límites de la zona geográfica. El enfoque más apropiado para este tipo de evaluación consiste en tomar una cuenca entera como unidad de análisis y distinguir pequeñas subcuencas dentro de la cuenca (Hoekstra et al., 2011). En este sentido, se desarrollará dentro las producciones pampeanas del río Colorado. Se evaluará el consumo de agua en la producción primaria agropecuaria.

Para cuantificar la HH de una subcuenca hidrográfica se deben tener en cuenta las diferentes producciones agropecuarias: calcular la HH agropecuaria particular de cada producción y luego sumar todas las HH agropecuarias calculadas. La HH agrícola cuantifica el volumen total de agua usado para la producción de un producto agrícola (Hoekstra et al., 2011). El uso de agua del cultivo o requerimiento de agua del cultivo (RAC) es el volumen total de agua usada para producir una cantidad determinada de toneladas de un cultivo. Los RAC equivalen a la cantidad de agua necesaria para el crecimiento y desarrollo de la planta, y se calcula por la acumulación de datos de evapotranspiración diaria del cultivo a lo largo del período de crecimiento (Hoekstra et al., 2011).

El cálculo del consumo de agua será determinante y puede realizarse mediante el *software* CROPWAT 8.0¹¹, un programa informático de la *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) para el cálculo mensual de las necesidades hídricas de los cultivos y las necesidades de riego en base a datos de suelo, clima y rendimientos.

Existen tres componentes a tener en cuenta para la medición de la HH de un animal vivo: la alimentación, el consumo de agua potable y agua de servicio, respectivamente, expresado en metros cúbicos de agua por tonelada de animal vivo (Chapagain y Hoekstra, 2004). En los alimentos consumidos, tiene dos partes: a) cantidad real de agua que se requiere para preparar la mezcla de alimentación y, b) el agua incorporada en los diversos ingredientes de los alimentos (Chapagain y Hoekstra, 2004). En cuanto a la bebida, la HH del animal es igual al volumen total de agua extraída para el suministro de agua potable (Chapagain y Hoekstra, 2004). Para efectuar la medición del agua de servicio utilizado, la HH es igual al volumen total de agua utilizada para limpiar los corrales, lavar el animal y otros servicios necesarios para mantener el medio ambiente (Chapagain y Hoekstra, 2004).

Para las producciones ganaderas se estimará el consumo de agua por hectárea a lo largo del período de análisis. Para determinar el consumo de agua en los alimentos balanceados se procederá a explorar sobre su origen y la fórmula de composición, de ésta manera se podrán estimar los valores promedio de agua utilizada. El consumo de agua de bebida se estimará para los animales de acuerdo a datos secundarios.

2.b) TRE

La TRE se calcula dividiendo la energía útil que la producción agropecuaria nos retorna (*outputs*) de la energía útil (*inputs*) que hemos invertido en desarrollar y mantener ese proceso de transformación de energía. Se considerará eficiente aquella producción agropecuaria que posea TRE positiva.

Para las producciones agrícolas se definirá como egresos de energía las toneladas de producto brindado por cada producción en un año. En cuanto a los ingresos se tendrán en cuenta insumos como semillas, fertilizantes, plaguicidas, energía de trabajo humano, energía utilizada por el equipo de riego, combustibles, lubricantes, entre otros. Dichos insumos se clasificarán en internos del sistema de producción y los provenientes desde el exterior. Para los sistemas de producción ganaderos, se definirá como egreso a la energía calculada por kilogramo de peso vivo, y como ingresos se considerará el equivalente a la producción agrícola, atendiendo particularmente a la alimentación durante el período de estudio.

¹¹ Los procedimientos de cálculo utilizados en CROPWAT 8.0 se basan en dos publicaciones de *Irrigation and Drainage Series* -Nº 56 “*Crop Evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements*” y Nº 33 “*Yield response to water*”.

3) *Matriz Institucional: Instituciones, sus articulaciones e instrumentos políticos gubernamentales.*

Se desarrollará de una matriz con las instituciones que son parte del entramado regional pampeano (INTA, COIRCO, EPRC, Municipios, entre otros), sus articulaciones y la legislación que rige las actividades.

De acuerdo con la propuesta metodológica realizada por Godet y Durance (2011) se analizará estratégicamente a los diferentes actores participantes con el método de análisis de juego de actores denominado MACTOR. Según los autores, el método consta de 7 fases: a) construcción de la tabla de estrategias de los actores, b) evaluar la correlación de fuerzas entre los actores, c) identificar los retos estratégicos y los objetivos asociados, d) Posición de los actores en relación con los objetivos y la identificación de las convergencias y divergencias (posiciones simples), e) jerarquización de las prioridades de objetivos para cada actor (posiciones evaluadas), f) integrar la correlación de fuerzas al análisis de las convergencias y divergencias entre actores y; g) redactar recomendaciones estratégicas y formular preguntas clave sobre el futuro. En este caso, el *software* MACTOR es el indicado para realizar la interrelación de la matriz institucional.

4) *Resultados económicos: Contribución marginal en producciones agrícolas y ganaderas.*

La medición de los resultados económicos se realizará en concordancia con la contribución marginal. Éste cálculo se centrará en variables como el precio de venta de la producción y sus costos variables (los que se erogan a partir de producir y comercializar una unidad más de producto). Se definirá el tipo de cambio a utilizar, los precios y costos (materiales directos y mano de obra directa) de referencia en los diferentes mercados institucionalizados.

REFLEXIONES FINALES

A lo largo del trabajo se ha propuesto la conceptualización de un modelo económico hidro-energético adaptado a las producciones agropecuarias pampeanas actuales y potenciales de la ribera del río Colorado. Partiendo de la revisión de antecedentes, principalmente de Booker et al. (2012), se elaboró la propuesta de un modelo económico hidro-energético y surgieron indicadores como HH y TRE que parecieran ser aptos para el desarrollo del modelo, así como la contribución marginal como indicador de medición de los objetivos económicos. El análisis MACTOR propuesto por Godet y Durance (2011) representaría las interrelaciones entre los actores de la cuenca pampeana del río Colorado y sería un complemento articulado en la construcción de la propuesta metodológica.

Resulta necesario seguir profundizando en la construcción teórica y la validación empírica de herramientas que integren los recursos naturales, económicos y las interacciones sociales en pos de generar decisiones para desarrollar producciones sustentables y eco-eficientes (Manazza, 2012). Particularmente profundizar en la propuesta de un modelo económico hidro-energético se enmarca en éste camino. Dicho modelo sería de utilidad para generar estrategias de desarrollo sustentable y eco-eficiente para producciones agropecuarias pampeanas actuales y potenciales de la ribera del río Colorado. Se espera que el modelo económico hidro-energético beneficie la toma de decisiones estratégicas de los productores agropecuarios actuales y potenciales de la cuenca pampeana del río Colorado.

REFERENCIAS

- ADB (Asian Development Bank). 2013. *Thinking about water differently: Managing the water–food–energy nexus*. Mandaluyong City, Philippines.
- Alcamo, J., Henrichs, T. y Rosch, T., 2000. World water in 2025: global modeling and scenario analysis. Rijsberman, F (Ed.), *World Water Scenarios Analyses*. World Water Council. Marseille, France.
- Aldaya, M., Niemeyer, I. y Zarate, E., 2011. Agua y Globalización: Retos y oportunidades para una mejor gestión de los recursos hídricos". *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 230, pp.61-83.

- Atlason, R. y Unnthorsson, R., 2014. Ideal EROI (energy return on investment) deepens the understanding of energy systems. *Article History Energy*, 67, pp. 241-245.
- Ballenilla, M. y Ballenilla, F., 2008. La tasa de retorno energético. *Revista El Ecologista*, 55, pp. 24-28.
- Bekchanov, M., Sood, A. y Jeuland, M., 2015. *Review of hydro-economic models to address river basin management problems: structure, applications and research gaps*, International Water Management Institute (IWMI Working Paper 167).
- Booker, J., Howitt, R., Michelsen, A. y Young, R., 2012. Economics and the modeling of water resources and policies. *Natural Resource Modeling*, 25, pp.168-218.
- Brandes, O., Ferguson, M., Gonigle, M. y Sandborn, C., 2005. *At a Watershed: ecological governance and sustainable water management in Canada*, The POLIS Project on Ecological Governance, Universidad Victoria, Canadá.
- Brew, M., Myer, R., Hersom, M., Carter, J., Elzo, M., Hansen, G. y Riley, D., 2011. Water intake and factors affecting water intake of growing beef cattle. *Livestock Science*, 140, pp. 297-300.
- Brower, R. y Hofques, M., 2008. Integrated hydro-economic modelling: Approaches key issues and future research directions. *Ecological Economics*, 66, pp. 16-22.
- Carrasco Monteagudo, I. y Castaño Martínez, M., 2012. La nueva economía institucional. *Revista Económica Nuevas Corrientes de Pensamiento Económico*, 865, pp. 43-53.
- CEC (California Energy Commission)., 2005. *California's Water-Energy Relationship*, Final Staff Report (Sacramento: CEC).
- Chapagain, A. y Hoekstra, A., 2004. *Water footprints of nations: Volume 1: Main Report*. Value of Water Research Report Series, 16, UNESCO – IHE.
- Chávez Cortés, M. y Binnqüist Cervantes G., 2012. La huella hídrica agrícola en los Valles de Etna, Zimatlán y Tlacolula, Oaxaca. *Revista Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* 12 (23), pp. 15-50.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado)., 2015. Gestión Integrada del Recurso Hídrico 2014-2015. Previsiones para 2015-2016. *IV Jornada Informativa*. Villa Casa de Piedra, Argentina.
- Cosgrove, W. y Rijsberman, F., 2000. *World Water Vision: Making Water Everybody's Business*, Earthscan Publications.
- Denoia, J., Bonel, B., Montico, S. y Di Leo, N., 2008. Análisis de la gestión energética en sistemas de producción ganaderos. *Revista FAVE*, 7 (1-2), pp. 43-56.
- DGEC (Dirección General de Estadísticas y Censos). 2015. Anuario Estadístico de la Provincia de La Pampa. Gobierno de La Pampa. 308 p.
- Dillon, B., 2004. *Riesgo, recurso hídrico y explotación de hidrocarburos. El caso especial de los derrames de petróleo en el Río Colorado, La Pampa, Argentina*. Anuario 6, Facultad de Ciencias Humanas (UNLPam), pp. 41-61.
- Duran, R. y Pesce, G., 2007. Análisis económico y estratégico de la actividad frutícola. El caso de manzanas y peras en Argentina. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 215-216, pp. 289-317.
- Frank, F., 2010. La ecuación agua-energía en la expansión de la frontera agropecuaria. Cap. 2, En: Viglizzo, E. y Jobbágy, E (eds.). *Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto Ecológico-Ambiental*. INTA. Buenos Aires.
- Frisvold, G. y Konyar, K., 2012. Less water: How will agriculture in Southern Mountain states adapt?. *Water Resour.Res.*, 48, pp.1-15.
- Godet, M. y Durance, P., 2011. *La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios*, UNESCO.
- Hardy, L. y Garrido, A., 2010. *Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España*. Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales, Universidad Politécnica de Madrid. España.
- Hardy, L., Garrido, A. y Juana, L., 2012. Evaluation of Spain's Water-Energy Nexus. *International Journal of Water Resources Development*, 28(1), pp. 151-170.
- Harou, J., Pulido-Velazquez, M., Roserberg, D., Medellín-Azuara, J., Lund, J. y Howitt, R., 2009. Hydro-economic models: Concepts, desing, applications and future prospects. *Journal of Hydrology*, 375, pp. 627-643.
- Hightower, M., 2012). *Water Impacts on Energy Security and Reliability*. In: Bigas, H., (ed.). *Crisis: Addressing an Urgent Security Issue*, UNU-INWEH.
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M. y Mekonnenn, M., 2011. *The Water Footprint Assessment Manual*, Water Footprint Network.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria)., 2012. *Aportes para la construcción territorial en la Provincia de La Pampa desde la EEA Anguil*, EEA “Guillermo Covas”.
- Labandeira, X., León, C. y Vázquez, M., 2007. *Economía Ambiental*, Editorial Pearson Educación.
- Manazza, F., 2012. *Cuantificación y valoración económica del uso consuntivo del agua en los principales productos de las Cadenas Lácteas de La Pampa y San Luis*, UNSL, INTA.
- Maneta, M. y Howitt, R., 2014. Stochastic calibration and learning in nonstationary hydroeconomic models. *Water Resour. Res.*, 50, pp. 3976-3993.
- Masiokas, M., Villalba, R., Luckman, B. y Mauget, S., 2010. Intra- to Multidecadal Variations of Snowpack and Streamflow Records in the Andes of Chile and Argentina between 30° and 37°S. *Journal of Hydrometeorology*, 11, pp. 822-831.
- Mass, T., 2012. *Water and Environmental Security: Supporting Ecosystems and People*. En Bigas, H. (ed.). *The Global Water Crisis: Addressing an Urgent Security Issue*, UNU-INWEH.

- Michellini, J., 2010. *Instituciones, capital social y territorio: La Pampa y el dilema de desarrollo de la cuenca del Colorado*, Editorial Biblos.
- MPFIPS (Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios), 2013. *Diagnóstico Integrado y Escenarios de Futuro de la Región y la Cuenca del Río Colorado*, Subsecretaría de la Planificación Territorial de la Inversión Pública, Argentina.
- MPFIPS (Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios), 2014. Plan Estratégico Territorial de la Región del Río Colorado. Subsecretaría de la Planificación Territorial de la Inversión Pública, Argentina.
- Narodowski, P., 2011. La economía y el ambiente: Ortodoxias y heterodoxias para la aplicación al territorio. *Revista de estudios regionales y mercado de trabajo*, 7, pp. 103-122.
- RAE (Real Academia Española), 2014. *Diccionario de la lengua española*, ASALE.
- Ran, Y., Lannerstad, M., Herrero, M., Van Middelaar, C. y De Boer, I., 2016. Assessing water resource use in livestock production: A review of methods. *Livestock Science*, 187, pp.68-79.
- Rijsberman, F., 2006. Water scarcity: Fact or fiction?. *Agricultural Water Management*, 80, pp. 5-22.
- SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), 1993. *Guidelines for Life Cycle Assessment: A Code of Practice*.
- Tello, E. y Galán del Castillo, E., 2013. Sistemas agrarios sustentables y transiciones en el metabolismo agrario: desigualdad social, cambios institucionales y transformaciones del paisaje en Catalunya (1850-2010). *Belo Horizonte*, II (2), pp. 267-306.
- Tieri, M., Comerón, E., Pece, M., Herrero, M., Engler, P., Charlón, V. y García, K., 2014. *Indicadores utilizados para evaluar la sustentabilidad integral de los sistemas de producción de leche con énfasis en el impacto ambiental*, INTA.
- UNEP (United Nations Environment Programme), 2011. *The bioenergy and water nexus*, Oeko-Institut and IEA Bioenergy Task 43.
- Vazquez, J., 2000. *Costos*, Editorial Aguilar.
- Vörösmarty, C., Green, P., Salisbury, J. y Lammers, R., 2000. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science*, 289(5477), pp. 284-288.
- Wallace, J., Gregory, P., 2002. Water resources and their use in food production. *Aquat. Sci.*, 64, pp. 363-375.
- Weber, J., Menéndez, A. y Tarrab, L., 2005a. Distribución lateral de velocidades en cauces naturales. *Revista Ingeniería del Agua*, 12 (3), pp. 1-14.
- Weber, J., Tarrab, L., Rojas, J., Liendo, L. y Paoli, H., 2005b. Influencia de la geometría en la predicción de la distribución de velocidades en cauces naturales - Caso Río Colorado. En: Farias, H., Brea, J. y Cazeneuve, R (eds). *Ríos 2005: Principios Y Aplicaciones En Hidráulica De Ríos. Segundo Simposio Regional Sobre Hidráulica De Ríos*. Neuquén, Argentina.
- Wezel, A., Casagrande, M; Celette, F., Vian, J., Ferrer, A. y Peigné, J., 2014. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Journal of Agronomy Sustainability Development*, 34, pp. 1-20.
- Williamson, O., 2000. The New Institutional Economics: Taking Stock, Looking Ahead. *Journal of Economic Literature*, 38, pp. 595-613.