

Degradación de Agua y Suelo ante Shocks Económicos y Alteraciones Climáticas: el caso de la Cuenca Norte de la Provincia de Mendoza

Eduardo Comellas⁽¹⁾ y José Luis Jofré⁽²⁾

(1) Instituto Nacional del Agua – Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua (INA - CELA).
Universidad Nacional de Cuyo - Facultad de Ciencias Económicas (UNCuyo - FCE)

(2) Instituto Nacional del Agua – Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua (INA - CELA).
Universidad Nacional de Cuyo - Facultad de Ciencias Políticas y Sociales (UNCuyo - FCPyS)

E-mail: ecomellas@ina.gov.ar

RESUMEN: El objetivo del presente trabajo es estimar coeficientes asociados al impacto que determinadas alteraciones climáticas y particulares condiciones económicas, ejercen sobre las sustentabilidad de la actividad agrícola en las zonas de oasis y, particularmente, para la viticultura. La posible alteración en las alternativas de sustentabilidad de esta actividad, se mensurará a través de la estimación econométrica de coeficientes de impacto, combinando en esta modelización variables ambientales, económicas y fiscales.

Para abastecer al modelo, se utilizarán datos disponibles para la Cuenca Norte de la Provincia de Mendoza, obtenidos durante el período 1960/2003. La particularidad que manifiesta el período temporal bajo estudio es que evidencia un interesante comportamiento en las variables implicadas en el modelo que será desarrollado: tal como se demostrará, durante los años medulares de ese período, se sucedieron una serie de acontecimientos que, actuando de manera conjunta, constituyen los principales detonadores de las graves problemáticas ambientales que actualmente limitan el crecimiento de la actividad agrícola en la región.

En la actualidad, al combinarse nuevamente estas variables, se verían impactadas ahora nuevamente la calidad de los suelos y de las aguas subterráneas, pero ya no en las zonas de cultivo del Oasis Norte, sino las de los Oasis Centro y Sur. Debido a que estas cuencas constituyen el principal reservorio para el desarrollo sustentable de la agricultura y que potencialmente se encuentran amenazadas por impactos similares a los evidenciados décadas atrás en la Cuenca Norte (probablemente también con consecuencias similares), es que se considera prioritario estudiar con profundidad la relación causal de los acontecimientos allí manifestados. Se espera además, que el estudio sea de utilidad para proveer a los tomadores de decisiones, de información para el diseño de escenarios prospectivos que permitan implementar medidas de control y monitoreo para evitar o mitigar los potenciales daños ambientales.

INTRODUCCIÓN

La asociación de eventos que se someterá a estudio, estuvo conformada por una sucesión de años de escaso caudal hídrico superficial, altos precios agrícolas (principalmente vid), y ciertas políticas de estímulo fiscal para la producción primaria. Fue por ello que, bajo este panorama altamente favorable desde lo económico pero adverso en cuanto a la disponibilidad de agua superficial, se generaron en los productores los incentivos suficientes para ampliar sus explotaciones productivas valiéndose de la utilización de agua subterránea. Esta conducta condujo luego, en poco menos de un par de décadas, a marcadas situaciones de sobreexplotación de acuíferos, manifestando casi de manera inmediata serios problemas de contaminación salina de aguas y suelos y, consecuentemente, afectando las posibilidades de desarrollo de la actividad agrícola al punto en que hoy en día, existen amplias áreas dentro de este oasis en las que la actividad primaria se ha tornado totalmente inviable.

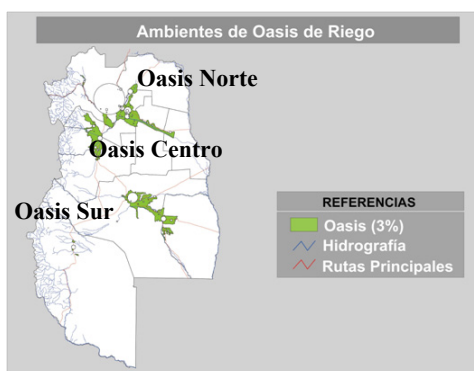
La problemática mencionada no se encuentra actualmente generalizada en toda la provincia; existen aún otras dos cuencas (Centro y Sur) en las que la calidad de las aguas y de los suelos continúa siendo adecuada para el desarrollo de la agricultura, motivado principalmente porque el proceso de extracción de agua subterránea ocurrió en ellas con una intensidad significativamente menor a la evidenciada en el norte. Sin embargo, estas dos cuencas son altamente susceptibles de ser impactadas en el futuro por un fenómeno similar al ya manifestado en la Cuenca Norte: por un lado, los escenarios derivados de Modelos de Circulación General de la Atmósfera (MCGA) asociados al calentamiento global, predicen que el caudal de los ríos de Los Andes Centrales sufrirán una reducción en sus caudales del orden del 5 al 20% en los próximos años; por otra parte, existe cierto consenso entre los economistas de que el fenómeno de la “agflación” se manifestará con intensidad en los próximos años y, conjuntamente con la internacionalización de los productos agrícolas, ejercerá presión alcista en los precios de estos bienes; finalmente, nuevamente y a diferencia de lo ocurrido en décadas recientemente pasadas, se perfila en el orden provincial una política gubernamental con un marcado rol por parte del Estado provincial en la generación de incentivos destinados a la producción primaria.

De ese modo, al combinarse nuevamente estas variables (bajos caudales superficiales, altos precios y políticas de incentivos), se verían impactadas ahora nuevamente la calidad de los suelos y de las aguas subterráneas, pero ya no en las zonas de cultivo del Oasis Norte, sino las de los Oasis Centro y Sur. Así, debido a que estas cuencas constituyen el principal reservorio para el desarrollo de una actividad agrícola de carácter sustentable, y que actualmente se ven amenazadas por problemáticas que guardan ciertas similitudes con las acontecidas décadas atrás en la Cuenca Norte (probablemente también con consecuencias similares), es que se considera prioritario estudiar con profundidad la relación causal de los acontecimientos allí manifestados. Más allá de ello, se espera que el estudio sea de utilidad para proveer a los tomadores de decisiones, de adecuada información para el diseño de escenarios prospectivos que permitan implementar medidas de control y monitoreo para evitar o mitigar los daños ambientales que podrían manifestarse ahora en estas dos cuencas.

CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La gestión de los recursos hídricos debe atender a todas las interacciones que se suceden en una cuenca, ya que es esta unidad la que mejor manifiesta las relaciones entre los demás recursos y el agua, además de expresar los efectos físicos de las actividades humanas y los problemas que éstas generan. En ese sentido, el presente estudio se focaliza sobre la principal cuenca de la Provincia de Mendoza: la Cuenca del Oasis Norte (conformada por los ríos Mendoza y Tunuyán Inferior). La Ilustración I muestra esta zona, junto con las otras dos cuencas provinciales de mayor importancia: la Cuenca del Oasis Centro y la Cuenca del Oasis Sur.

Ilustración 1: Oasis Productivos de la Provincia de Mendoza



Fuente: Marco Estratégico para la Provincia de Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo, 2004

Dado que una cuenca no sólo es una delimitación geográfica, sino que constituye también en una delimitación económica, social, biótica y climática, se considera adecuado que sea ésta la unidad utilizada para ordenar y circunscribir el presente informe; por ello se hace necesario introducir desde el comienzo el concepto de cuenca. Una de las definiciones más completas, sugerida por Vich A. I. J. (1996), es aquella que la presenta como una entidad integrada o un conjunto holístico de componentes relacionados entre sí, los cuales conforman una red de drenaje coherente, armónico, discreto y separado de su entorno por una frontera dentro de la cual operan determinadas funciones propias de otros subsistemas (atmosférico, superficial y subterráneo). La función central de todo el sistema es la regulación de las aguas precipitadas hacia su superficie y su movimiento a través de los distintos subsistemas que la integran.

Ubicación Geográfica

El Oasis Norte de la Provincia de Mendoza está conformado por las cuencas de los ríos Mendoza y Tunuyán Inferior, abarcando los Departamentos de Luján de Cuyo, Maipú, Guaymallén, Godoy Cruz, Capital, Las Heras, Rivadavia, San Martín, Junín, Lavalle, La Paz y Santa Rosa. Esta área constituye la región con mayor cantidad y densidad de población de la provincia (más de un 1,2 millones de habitantes concentrados en 46.459 Km²), la zona con mayor cobertura de servicios sanitarios básicos (el 82% de su población posee suministro de agua potable, casi el 70% posee servicios de cloaca y el 84% cuenta con un servicio de recolección de residuos), así como también el sitio en el que se genera más de las tres cuartas partes del Producto Bruto Provincial.

Actividad Económica

El Oasis Norte es el área en la cual se desarrollan las actividades económicas que explican alrededor del 75% del Producto Bruto Geográfico de la Provincia. Sin embargo, para los objetivos perseguidos en el estudio, es de particular interés cuantificar y conocer las principales actividades agrícolas de la zona. Así, según datos del año 2008 (último dato desagregado disponible), el valor generado por estas actividades ascendió a la cifra de 803.709,34 miles de pesos, representando cerca del 28% del agregado sectorial provincial.

Las actividades agrícolas se concentran en los departamentos de Maipú, Luján de Cuyo y Lavalle, y están vinculadas con el cultivo de vid, hortalizas y el desarrollo de la olivicultura. En referencia a la superficie cultivada, según la situación evidenciada al momento de efectuarse el Censo Provincial Agropecuario (2002), la mayor cantidad de superficie cultivada con frutales correspondía a viñedos: más de 71.000 hectáreas que representaron el 50% de la superficie provincial cultivada con vid.

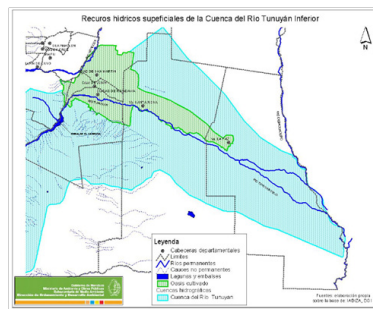
Características Hidrológicas Superficiales

Si bien la provincia de Mendoza se caracteriza por la aridez de su territorio y la escasez de recursos hídricos, puntualmente en el Oasis Norte la disponibilidad cuantitativa y cualitativa de agua es totalmente apremiante: mientras que la disponibilidad hídrica (oferta) es de aproximadamente 3.450 Hm³ por año (a lo que se pueden agregar alrededor de 800 hm³ de agua subterránea susceptible de ser extraída con la tecnología actual), los requerimientos (demanda) ascienden a cerca de 3.270 hm³ anuales. De ese modo, y en lo que respecta puntualmente al recurso hídrico superficial, el grado en el que éste se encuentra comprometido queda de manifiesto al determinar que la disponibilidad (oferta) de agua es apenas 10% mayor a la asignación (demanda). Otro indicador que da cuenta del grado de escasez es el índice de stress hídrico, que se ubica apenas por encima de los 1.500 m³ de agua por habitante por año.

La actual crisis de escases de agua en el Oasis Norte, tenderá a ser aún mayor en el futuro ya que, mientras los requerimientos (demanda) serán seguramente mayores como consecuencia del crecimiento de la población y de las actividades económicas, la disponibilidad (oferta) no sólo se verá afectada en términos cualitativos por la contaminación antrópica, sino que también los Modelos de Circulación General de la Atmósfera (MCGA) predicen una contracción cuantitativa en los caudales hídricos superficiales de los Andes Centrales como consecuencia de las alteraciones climáticas. En referencia a lo anterior, los registros paleoambientales indican que se están manifestando condiciones climáticas anómalas en el contexto de los últimos siglos y que la disponibilidad del recurso hídrico estaría siendo afectada por los cambios en la temperatura. Según estos modelos, se espera para el siglo XXI en la zona de los Andes Centrales, que las precipitaciones de origen Atlántico vayan en aumento, en tanto que disminuyan los aportes desde el Pacífico. Esto implica que, al ser los ríos de la zona de origen glaciar, y por ende tener su origen en los aportes del Pacífico, sus caudales se verán reducidos. Las estimaciones, según el MCGA que se considere, indicarían que los caudales de los ríos cordilleranos se reducirán entre un 5 a 15% con respecto a los valores promedios evidenciados durante el siglo XX.

superficie de esta cuenca es de alrededor de 22.800 km². En la Ilustración 3 se puede apreciar la ubicación del tramo Inferior del Río Tunuyán.

Ilustración 3: Cuenca del Río Tunuyán Inferior



Fuente. Dirección de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Urbano

El caudal medio de este río es aproximadamente de 900 hm³, con oscilaciones que van desde 480 hm³ para años hidrológicamente pobres, hasta los 1.700 hm³ en años abundantes.

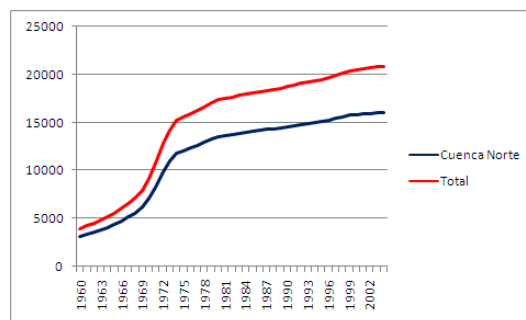
Características Hidrológicas Subterráneas

Bajo esta área se encuentra un importante reservorio de agua subterránea, constituido por acuíferos que abarcan todo el subsuelo de la zona, y con niveles de agua que van desde un nivel de surgencia natural hasta más de 200 metros de profundidad. Ese sistema subterráneo cuenta con una recarga anual del orden de los 600hm³, un stock total estimado de más de 270.000hm³. La extracción anual promedio es de 380hm³, con un mínimo de 100hm³ en los años con superávit de agua superficial y un máximo de 600hm³ correspondiente a los periodos de sequía. Está conformado por dos tipos de acuíferos, uno libre y otro confinado estructurado en tres niveles de explotación: nivel freático (inferior a los 80 metros de profundidad), segundo nivel (entre los 100 y 180 metros) y tercer nivel (superior a los 200 metros de profundidad).

En este oasis, y sobre los tres niveles de acuíferos descritos, se concentra la mayor cantidad de perforaciones para la extracción de agua subterránea de toda la Provincia, variando sus profundidades de explotación entre los 70 y los 350 metros (dependiendo del acuífero desde el cual se produce la extracción), y, en términos generales, siendo sus rendimientos medios del orden de los 80 m³ por hora. La extracción anual estimada por bombeo se ubica en valores promedio de 622 Hm³, infiriéndose en el oasis del Río Tunuyán Inferior valores promedios de 237 Hm³ anuales.

Explotación de los recursos hídricos subterráneos: mientras que la Provincia de Mendoza contaba, hasta el mes de marzo del 2004, con cerca de 20.700 perforaciones registradas (de las cuales se piensa que aproximadamente el 50% se encuentran hoy en estado operativo), en el Oasis Norte el número de perforaciones registradas ascendía en esa fecha a cerca de 16.000 (aproximadamente 8.000 se encuentren en estado de operatividad). De lo anterior se desprende que cerca del 80% del stock provincial de perforaciones se encuentra emplazado sobre la zona del Oasis Norte. Los comentarios efectuados anteriormente son respaldados mediante la inclusión de la Ilustración 4, que muestra la evolución del stock de perforaciones registradas en este oasis, conjuntamente con la manifestada en escala provincial, entre los años 1960 a 2004.

Ilustración 4: Evolución del stock de perforaciones, Provincia de Mendoza y Oasis Norte, período 1960-2004

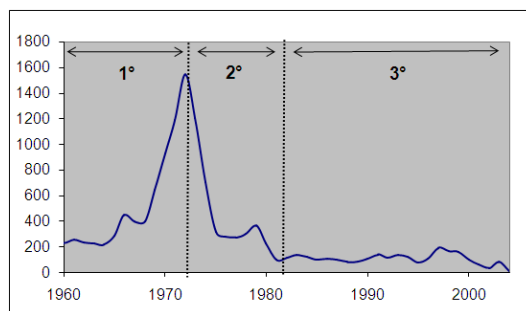


Fuente: elaboración propia sobre la base de datos aportados por el Departamento General de Irrigación

En la imagen precedente, puede apreciarse que la evolución del stock de perforaciones manifestó un comportamiento particular durante la primera mitad de la década del '70, signada por un acelerado crecimiento en su número. Una forma alternativa de chequear la dinámica del stock de las perforaciones, surge a través del análisis del incremento anual en el orden provincial: mientras en los años anteriores a 1970 el promedio anual de crecimiento en el stock fue de 365 perforaciones, entre los años 1970 a 1975 se aceleró hasta superar las 1.120 perforaciones, para luego en los años posteriores a 1975 caer a un promedio de 200 perforaciones por año.

Las perforaciones efectuadas en el Oasis Norte, no resultaron ajenas a esta dinámica y se comportaron de modo similar a la manifestada en el orden provincial. Así pueden diferenciarse para este oasis y dentro de la dimensión temporal sujeta a análisis, la marcada existencia de tres etapas: (1) **Etapa (1960/1968)** “Incremento lento” –332 p.a.p. (perforaciones anuales promedio)–, (2) **Etapa (1969/1974)** “Incremento explosivo” –990 p.a.p. anuales promedio, (3) **Etapa (1975/2003)** “Caída y Estancamiento” –138 p.a.p.– La Ilustración 5 resume el incremento manifestado en cada una de esas etapas.

Ilustración 5: Incremento en el número de perforaciones en el Oasis Norte



Fuente: elaboración propia sobre la base de datos aportados por el Departamento General de Irrigación

Dada la particular evolución manifestada durante el quinquenio 1970/75, la inquietud que surge de modo inmediato es la de intentar identificar cual fue el factor que motivó ese incremento explosivo, factor que no estuvo presente en los años anteriores a 1970 y se diluyó en los posteriores a 1975.

PROBLEMÁTICA DE LA SOBREXPLORACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

Entre las principales problemáticas asociadas a la desmedida explotación de los recursos hídricos subterráneos, sobresalen las asociadas a la contaminación salina de los mismos y el efecto de degradación que esto genera sobre la calidad de los suelos. Ambas problemáticas son explicadas a continuación, haciendo énfasis no sólo en su estado actual, sino también en la evolución temporal de estos procesos de degradación.

Contaminación salina de acuíferos

Actualmente, la calidad de las aguas subterráneas en este oasis, y en particular en su sección oriental, sufre un acelerado proceso de deterioro atribuida fundamentalmente a la sobreexplotación del recurso puesta de manifiesto en la década de los 70 y, al deterioro de los pozos existentes. Lo anterior es respaldado por varios estudios realizados por el Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua –CELA- (Llop, Fasciolo, 1998), que demuestran que la salinización y el deterioro de la calidad del agua subterránea en la zona se explica sólo en un 10% por la existencia de pozos rotos y en mal estado; la proporción restante es totalmente explicada por la sobreexplotación efectuada por la actividad agrícola. Estos resultados son respaldados por los datos de calidad del agua generados por el Centro Regional de Agua Subterránea –CRAS- los cuáles reflejan que, para el nivel medio y desde fines de la década del 70 hasta principios de la del 90, la conductividad eléctrica del agua subterránea en una extensa área crítica del oasis aumentó en el orden de los 1.500 micromhos/cm (la medida utilizada para evaluar la salinidad es la conductividad eléctrica del agua expresada en micromhos/cm).

Vale la pena remarcar que, en alusión a la concentración salina de acuíferos subterráneos existe consenso internacional en asumir que el nivel máximo de salinidad recomendable para el agua destinada hacia el consumo humano no debe superar los 1.600 - 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mientras que, por otro lado, el parámetro para este indicador relacionado con la producción agrícola indica que para valores que superen los 2.500 - 3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ el crecimiento vegetativo de los cultivos comienza a resentirse. De ese modo, tomando estos valores extremos claramente surge de la lectura de la tabla precedente que, tanto el primero como el segundo nivel

de explotación del Oasis Norte, se encuentran seriamente comprometidos para estos usos, mientras que el tercer nivel presenta un estado cualitativo por ahora aceptable (aunque existen algunas muestras tomadas en algunas áreas puntuales de este oasis, y para este nivel de explotación, que indicarían que allí se estaría generando un incipiente proceso de degradación del agua subterránea).

En cuanto a las causas del deterioro de la calidad del agua subterránea en general, éstas se explican principalmente por el intercambio salino que se produce entre los diferentes niveles del acuífero cuando éstos son sometidos a diferentes presiones (dado que los tres niveles se encuentran semi confinados, las alteraciones físicas y químicas en uno de ellos tienen incidencia en los restantes); por ello, cuando se produce una excesiva recarga del primer nivel, producto de altas ineficiencias en el riego, además de incrementarse la presión de este nivel, se altera su composición química, ya que las sales del suelo percolan deteriorando su calidad. Este deterioro cualitativo genera la necesidad de efectuar perforaciones más profundas, hacia el segundo nivel; sin embargo allí, ahora también la excesiva extracción de agua subterránea genera una caída en la presión de ese nivel y, dado que el primer nivel ha quedado con mayor presión, se produce un intercambio de líquidos a través de áreas semi-confinadas, generando intrusión salina desde el primer nivel hacia el segundo. Este intercambio químico a través de la intrusión de agua por las áreas semi-confinadas, se genera también entre el segundo y el tercer nivel de explotación: el resultado luego de algunas décadas de explotación desmedida es el deterioro cualitativo de la totalidad del acuífero subterráneo.

Degradación de suelos por ascenso de la capa freática.

La salinización del agua de riego implica una creciente salinidad del suelo, lo que produce caídas en el rendimiento de los productos agrícolas por intoxicación salina y asfixia radicular. Así, por encima de determinados umbrales de salinidad del suelo, los cultivos con mayor sensibilidad deben ser desestimados del esquema productivo, reduciéndose la diversidad de la oferta de productos agrícolas. En el límite, cuando los niveles de salinidad alcanzan altos valores, los terrenos resultan inapropiados para todo tipo de cultivo, por ende, los impactos económicos asociados, además de las pérdidas en la producción primaria, están dados principalmente por la caída del valor de la tierra, la pérdida de activos e insumos productivos, y por el empobrecimiento de la población rural (que generalmente se deslazan hacia las zonas periféricas de las grandes ciudades).

Puntualmente, en la cuenca del Río Mendoza, el acuífero superficial o freático abarca desde la zona de los Corralitos y Santa Blanca hacia el norte hasta el desierto de Lavalle y acumula agua, debido a capas impermeables cercanas a la superficie del suelo, proveniente de la infiltración en ríos y canales, del exceso de riego en las zonas cultivadas y de las lluvias. Todas estas fuentes arrastran sales desde el suelo hacia el acuífero superficial, generando una capa freática altamente salina, con una concentración superior a 10.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica (INTA, 2002).

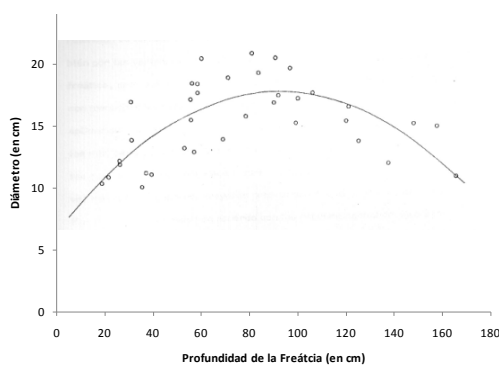
IMPACTOS SOBRE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Desarrollo vegetativo de la vid y el nivel de la freática

Siguiendo lo expuesto por Andaur Cáceres (1988), los cultivos requieren de una profundidad mínima utilizable de suelo para que sus raíces se desarrollen sin limitaciones en la absorción de agua y nutrientes, para de ese modo crecer sanos y productivos. Por lo hasta ahora comentando, los suelos del Oasis Norte tienen fuertes limitantes en su perfil, asociado esto a un nivel alto de freática. En consecuencia, un nivel freático a poca profundidad producirá problemas de falta de aireación en el perfil del suelo, anegamiento de su superficie, y muerte radicular. Lo anterior se debe a que una cantidad excesiva de humedad en el suelo limita el intercambio gaseoso entre el suelo y la atmósfera, con lo cual baja el contenido de oxígeno disponible en la planta. La deficiencia de oxígeno causa una disminución en la respiración de las raíces, deteriorando el crecimiento y su permeabilidad, disminuyendo la absorción y la capacidad de transporte de agua y nutrientes a través de ellas. Además, por otra parte, una aireación deficiente del suelo reduce la tasa de mineralización de la materia orgánica.

En general, aunque mayor a otros frutales, las plantas de vid poseen un umbral de tolerancia crítico en relación a la concentración de sales en el suelo. Esto lo demuestra el mencionado autor en su trabajo, ya que a través de la estimación de una regresión entre los perímetros de los troncos de la vid y la profundidad promedio del nivel freático, pudo estimar una función de tipo cuadrática tal como se reproduce en la Ilustración 6. Según esa imagen, el perímetro de los troncos aumenta con el incremento de la profundidad del nivel freático hasta llegar a un máximo (cuando la freática se ubique aproximadamente a un metro de la superficie), después del cual el perímetro disminuye ante mayores profundidades del nivel freático.

Ilustración 6 Efectos de la profundidad del nivel freático sobre el perímetro de los troncos de vides

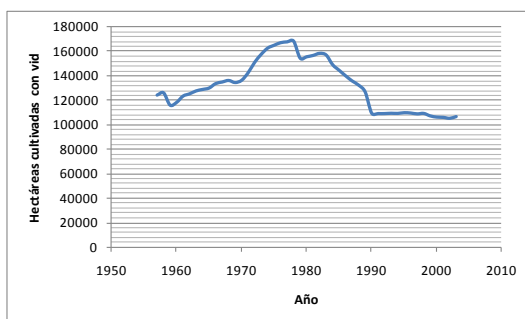


Fuente: Andaur Cáceres, José Luis. Efectos de la Profundidad del Nivel Freático sobre el Desarrollo Vegetativo de la Vid y Diseño de un Sistema de Drenaje. Universidad Nacional de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Agronomía. Santiago de Chile, 1988.

Impactos sobre la producción del Oasis Norte

Según registros del Instituto Nacional de Vitivinicultura, en la Provincia de Mendoza la superficie cultivada con vid ascendía, a fines de la década del 80, a casi 253.000 hectáreas, mientras que diez años después, ésta se redujo a 145.000 hectáreas. Estas cifras muestran que durante el lapso mencionado el área cultivada con vid en Mendoza se redujo en más 100.000 hectáreas. El Oasis Norte también acompañó esta tendencia provincial y, tal como se observa en la Ilustración 7, luego de contener casi 175.000 hectáreas cultivadas durante los años 1976/78, comenzó a evidenciarse en la siguiente década una significativa reducción (a tasa creciente) en la superficie cultivada para, finalmente durante la década de los 90 (y hasta el presente), estancarse en no más de 100.000 hectáreas. Las pérdidas que se produjeron en este oasis, representan más del 65% del total de hectáreas perdidas en el orden provincial.

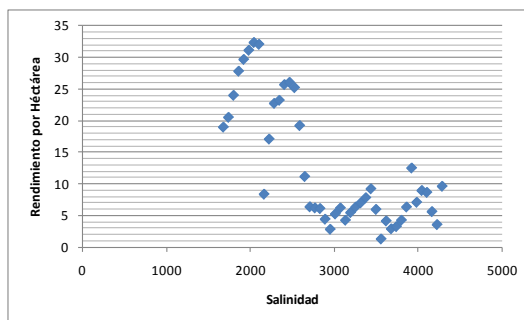
Ilustración 7: Evolución de la Superficie Cultivada con Vid en el Oasis Norte



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos aportados por el Instituto Nacional de Vitivinicultura

Sin embargo, el impacto sobre el sector no sólo se manifestó en la contracción de la superficie cultivada, sino también en la productividad por hectárea cultivada en la zona. Así, luego de evidenciar valores promedios cercanos a los 20 quintales por hectárea durante los años comprendidos entre 1960 a 1980 (con picos de 25 a 30 entre 1970-75), la productividad se desplomó luego de este período a rendimientos que, en promedio, no llegaron a superar los 6 quintales por hectárea (con rendimientos inferiores a 4 quintales promedio para los primeros años de la década del ochenta) Sin indagar en otros factores, uno de los motivos por el que la productividad pudo reducirse tan severamente, puede llegar a estar relacionado con las problemáticas ambientales (anteriormente descriptas) vinculadas con la degradación del agua y de la calidad de los suelos. En efecto, la posible existencia de un vínculo entre la merma en la productividad por hectárea cultivada con vid y la concentración salina en los acuíferos subterráneos puede visualizarse a través de la lectura de la Ilustración 8, donde se aprecia la correlación negativa que existe entre ambas variables.

Ilustración 8: Rendimiento por hectárea cultivada con vid y salinidad de los acuíferos subterráneos



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del Instituto Nacional de Vitivinicultura y el Instituto Nacional del Agua

MODELIZACIÓN DE IMPACTOS

Variables explicativas del modelo

Como ocurre con frecuencia, el comportamiento manifestado por una variable no suele ser consecuencia de un único factor causal sino, de un cúmulo de situaciones que operan en forma conjunta. Para la determinación de los factores que incidieron e inciden en la decisión de efectuar una perforación de agua subterránea, se trabajará sobre la hipótesis de que la misma se efectúa sobre la base de incentivos económicos, hídricos y fiscales. De ese modo, las variables involucradas serán los precios esperados de los productos agrícolas, el caudal superficial esperado y la vigencia de estímulos fiscales.

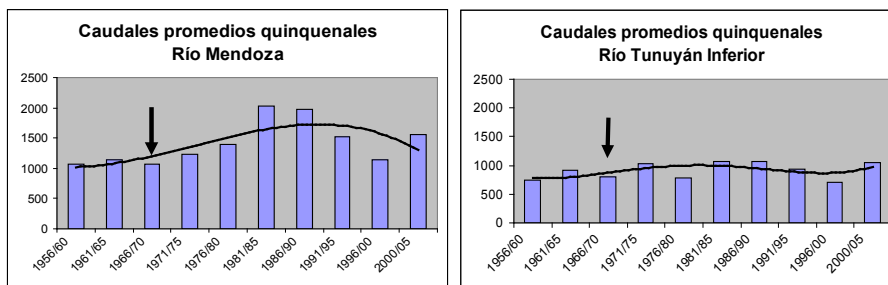
A priori, es de esperar que un incremento en el precio esperado de los productos agrícolas –en general el precio del quintal de uva- cree los incentivos necesarios para incrementar la superficie cultivada y en consecuencia, se produzcan incrementos en los requerimientos hídricos (tanto superficiales como subterráneos). Por otro lado, una disminución en los caudales esperados del recurso superficial sería un claro mensaje de que es necesario volcarse hacia algún bien sustituto (agua subterránea). Por último, incentivos fiscales que fomenten la producción agrícola e incluso a las perforaciones, se constituirían en otro de los factores que impulsan el uso del recurso hídrico subterráneo.

A continuación se efectúa un análisis detallado de la posible incidencia de estas variables en el uso del recurso hídrico subterráneo, indicando el posible sentido en que modificaciones de estas alteren la intensidad de uso del mismo. Se deja para más adelante, su estudio a través del herramental econométrico.

Caudal superficial: según datos históricos, el Río Mendoza tiene un caudal medio cercano a los 1.400 hm³. Sin embargo a lo largo de diferentes ciclos hidrológicos se aprecia que la variabilidad del caudal alrededor de ese valor medio es importante; de ese modo los registros evidencian un valor mínimo histórico de 735 Hm³ en 1971 y un máximo histórico de 2.971 hm³ en 1988. Por otra parte, el Río Tunuyán Inferior presenta un caudal medio de alrededor de 900 hm³, con valores extremos de 1700 hm³ (1973) y de 480 hm³ (1977) dentro del período analizado.

Para simplificar la visualización y suavizar algunas oscilaciones de corta trascendencia temporal, resulta interesante agrupar los caudales a través de su valor promedio quinquenal. Los datos así obtenidos son reflejados en la Ilustración 9, la cual indica también la línea promedio de caudal histórico y se señala el quinquenio con menores aportes promedios.

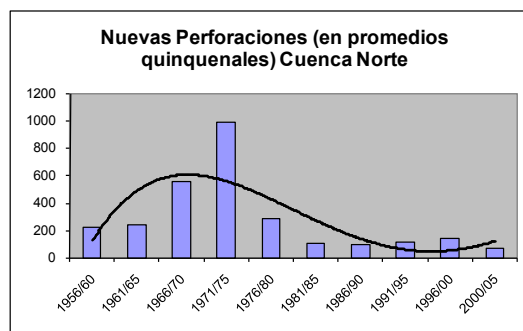
Ilustración 9: Caudal de los Ríos Mendoza y Tunuyán Inferior, en Hm³ promedios quinquenales



Fuente: elaboración propia sobre la base de datos aportados por el Departamento General de Irrigación

Tal como puede visualizarse en la Ilustración 9 (referida a la evolución temporal en el número de nuevas perforaciones agrupadas por quinquenio), resulta interesante observar que el periodo en el cuál los registros de caudal fueron mínimos, es el anterior al de máxima expansión del número de perforaciones subterráneas, mientras que los periodos de mayor aporte de caudal superficial se condicen con los de menor incremento en el stock de perforaciones.

Ilustración 9: Evolución de las nuevas perforaciones efectuadas en la Cuenca Norte (promedios quinquenales)



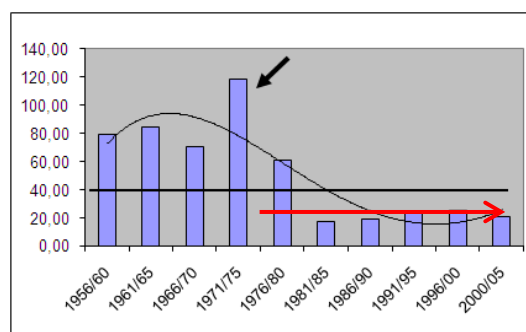
Fuente: elaboración propia sobre la base de datos aportados por el Departamento General de Irrigación

Lo anterior induce a pensar que si se considera que los agentes económicos intentan predecir el valor futuro del caudal superficial en función de su comportamiento pasado, dada una seguidilla de años pobres desde el

punto de vista hidrológico, lo esperable para el futuro será también años relativamente pobres y, por el contrario, si se mantienen registros de años ricos lo esperado para el futuro es un caudal relativamente abundante. De ese modo y dado que el periodo previo a 1970 evidenció un caudal relativamente escaso, los agentes económicos formaron sus expectativas para los años futuros sobre la base de estos registros, y esperando para el quinquenio 1970/75 caudales superficiales relativamente pobres; actuando en consecuencia optaron por incrementar el stock del bien sustituto del recurso superficial. De modo contrario puede inferirse que durante los periodos de caudal relativamente ricos, tales como los evidenciados en la década de los 80, los incentivos para realizar perforaciones subterráneas disminuyeron dado que los agentes habían formado sus expectativas esperando un importante aporte superficial.

Precio de productos agrícolas: Ante la ausencia de series de precios que reflejen la evolución de los diferentes productos agrícolas durante un periodo de tiempo extenso, tal como el requerido a los fines de este estudio, es que se optó por trabajar con la serie de precios del quintal de uva. Como argumento atenuante resulta el hecho de que, en el Oasis Norte, la superficie destinada al cultivo de de vid representa cerca del 60% de la total cultivada. Para convalidar su inclusión en el análisis, la serie de precios del quintal de uva fue elaborada de modo tal que refleje el precio promedio ponderado en términos reales a precios de 2003. De ese modo, con las series disponibles, pero expresadas en términos nominales, se elaboró una nueva serie que refleja esos valores en términos reales, tomando en cuenta sólo los valores registrados en el Oasis Norte. Su visualización gráfica se aprecia en la Ilustración 10, en la cual se expresa el precio promedio ponderado real del quintal de uva en promedios quinquenales (en precios del año 2003), incluyendo además la línea que denota el precio promedio del período así como también se señala el período de registro máximo en los precios (1970/75).

Ilustración 10: Precio promedio ponderado real del quintal de uva, en promedio quinquenal para el Oasis Norte



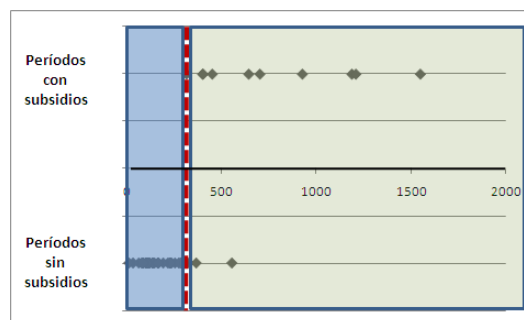
Fuente: elaboración propia sobre la base de datos aportados por el Instituto Nacional de Vitivinicultura

Tal como pudo ser apreciado en la anterior ilustración, el periodo donde se registraron los mayores precios corresponde con el de mayor incremento en el número de perforaciones, mientras que los periodos que evidenciaron menores precios son justamente los de menor incremento en su stock. Nuevamente acá, considerando que los agentes económicos intentan predecir el valor futuro del precio en función de su comportamiento pasado, dada una seguidilla de precios relativamente bajos resultará esperable para el futuro precios también bajos y, por el contrario, si se mantienen registros de precios relativamente altos, lo esperado

para el futuro serán precios orientados en ese sentido. De ese modo, dado que a comienzos del año 1970 se evidenció un nivel de precios relativamente alto, los agentes económicos formaron sus expectativas para los años futuros inmediatos sobre la base de estos registros y esperaron para todo el quinquenio precios relativamente altos; estos incentivos económicos indujeron a incrementar la superficie cultivada y la necesidad de agua subterránea (y superficial). En contraposición a esto, cuando la racha de precios fue pobre durante algunos años (década del 80), los agentes económicos esperaron para el futuro inmediato un comportamiento similar, por lo se redujeron sus incentivos a extender la superficie cultivada y por ende, se redujo la necesidad de contar con una mayor dotación de agua.

Subsidios a emprendimientos agrícolas: Para analizar la existencia de un posible vínculo entre el número de perforaciones y el otorgamiento de desgravaciones impositivas al sector agrícola, es que se toma en consideración el período durante el cual se mantuvo en vigencia una manifiesta política de incentivos fiscales (años comprendidos entre 1968 y 1976). La Ilustración 11 sintetiza este comportamiento; en ella se visualiza, mediante una línea vertical punteada, el número promedio de perforaciones registradas durante todo el periodo de estudio; se aprecia que para los periodos de vigencia de incentivos fiscales (cuadrante superior) el incremento fue superior al promedio –lo que se evidencia porque todas las observaciones se encuentran a la derecha de la línea que marca el promedio anual del período-, mientras que para años sin subsidios (cuadrante inferior) el incremento en las perforaciones fue menor al promedio anual del período –lo que se manifiesta al observar que la mayoría de las observaciones se concentran a la izquierda de la línea vertical que denota el promedio anual–.

Ilustración 11: Concentración de perforaciones en periodos con subsidios vs. periodos sin subsidios



Fuente: elaboración propia sobre la base de datos aportados por el Departamento General de Irrigación

Se aprecia durante los periodos de vigencia de medidas impositivas de tipo expansivo, que el incremento en el número de perforaciones fue mayor que el incremento anual promedio (serie 1960-2003), mientras que en periodos de ausencia de medidas fiscales de asistencia, el incremento resultó ser menor al incremento promedio del período bajo estudio.

Mecanismos de formación de expectativas

Como sucede en la elaboración de cualquier modelo que intente explicar el comportamiento futuro de un grupo de agentes económicos, se hace necesario abordar diversas hipótesis relativas al modo en el que éstos

forman sus expectativas referentes a los valores futuros que tomarán las variables implicadas en ese modelo. Para este trabajo, la hipótesis seguida para definir el proceso de formación de expectativas será la sostenida por la “escuela de expectativas adaptativas”. Según este enfoque, los agentes económicos elaboran sus expectativas sobre el comportamiento futuro de alguna variable, en función del comportamiento que la misma variable evidenció en el pasado. Si los agentes económicos elaboran sus expectativas sobre la base de información pasada retrotrayéndose varios periodos, se podría decir que se trata de expectativas adaptativas “de memoria larga”; si la información utilizada para la elaboración de las expectativas futuras se condice con el comportamiento de una variable observado en el reciente pasado, se podría decir que se trata de un proceso de formación de expectativas de “memoria corta”.

En el caso del proceso de formación de expectativas vinculado con los agentes económicos intervinientes en el modelo bajo estudio, se supondrán inicialmente cuatro procesos de formación de expectativas adaptativas, cada uno con distinta retrospección temporal: se supondrá, como primera alternativa, que el valor esperado de una variable es igual al valor que ésta evidenció en el periodo anterior, en segundo término que el valor que se espera será un promedio de los valores evidenciados en los dos periodos anteriores, en tercer lugar se supondrá que el valor esperado será función de los valores observados en los últimos dos periodos, pero asignándole un peso mayor al valor evidenciado en el año más reciente, y finalmente en cuarto lugar, se supondrá que se forman a través del promedio de los valores observados en los últimos cuatro periodos.

Las cuatro alternativas mencionadas deberán ser aplicadas a las variables “caudal” y “precio”, para determinar la variable “caudal esperado” y la variable “precio esperado”. Cada una de esas cuatro alternativas debe verificarse sobre cada una de las dos variables anteriormente mencionadas, a los fines de determinar aquella que mejor ajusta el modelo.

Procesos alternativos de formación de expectativas

✓ En el Caudal esperado:

1. $E(C_t) = (C_{t-1})$
2. $E(C_t) = (\frac{1}{2} C_{t-1} + \frac{1}{2} C_{t-2})$
3. $E(C_t) = (0,8 C_{t-1} + 0,2 C_{t-2})$
4. $E(C_t) = (\frac{1}{4} C_{t-1} + \frac{1}{4} C_{t-2} + \frac{1}{4} C_{t-3} + \frac{1}{4} C_{t-4})$

Donde el término “C” hace referencia a caudal y el subíndice t denota la dimensión temporal. De ahora en más estas variables serán denominadas como C1, C2, C3 y C4 (C, debido a que se trata de la variable caudal, la numeración es en referencia al proceso de formación de expectativas definido)

✓ En el Precio Esperado:

1. $E(P_t) = (P_{t-1})$
2. $E(P_t) = (\frac{1}{2} P_{t-1} + \frac{1}{2} P_{t-2})$
3. $E(P_t) = (0,8 P_{t-1} + 0,2 P_{t-2})$
4. $E(P_t) = (\frac{1}{4} P_{t-1} + \frac{1}{4} P_{t-2} + \frac{1}{4} P_{t-3} + \frac{1}{4} P_{t-4})$

Ahora el término “P” hace referencia a precios y el subíndice t denota nuevamente la dimensión temporal de la variable. De acá en adelante, estas variables serán denominadas como P1, P2, P3 y P4 (P es a los fines de diferenciar que se trata de la variable precio y la numeración se establece con el objeto de diferenciar cuál es el proceso de formación de expectativas)

Determinantes del uso del agua subterránea

Se demostrará ahora mediante técnicas econométricas, que los incentivos generados por los precios manifestados en el mercado vitivinícola y las degravaciones impositivas que beneficiaron al sector, operando en forma conjunta dentro del período de tiempo de mayor escasez de agua superficial registrado en el siglo, fueron las variables que condujeron a un fuerte incremento en el número de perforaciones y en el uso del agua subterránea, llegando a casos de sobre-explotación y generando posteriores alteraciones en la calidad de los suelos y en el rendimiento de los cultivos.

Variables utilizadas en el modelo: como paso previo a la estimación econométrica del modelo, se realizará una breve síntesis de las variables utilizadas. Ello servirá de ayuda para facilitar la comprensión de las ecuaciones y tablas que se presentarán al final de esta sección.

- ✓ Variable (B): Perforaciones o Bombas
 $B \Rightarrow$ variable dependiente. Variación en el stock de perforaciones.
- ✓ Variable (C): Caudal esperado
 $C1 \Rightarrow E(C_t) = (C_{t-1})$
 $C2 \Rightarrow E(C_t) = (\frac{1}{2} C_{t-1} + \frac{1}{2} C_{t-2})$
 $C3 \Rightarrow E(P_t) = (0,8 P_{t-1} + 0,2 P_{t-2})$
 $C4 \Rightarrow E(P_t) = (\frac{1}{4} P_{t-1} + \frac{1}{4} P_{t-2} + \frac{1}{4} P_{t-3} + \frac{1}{4} P_{t-4})$
- ✓ Variable (P): Precio esperado
 $P1 \Rightarrow E(P_t) = (P_{t-1})$
 $P2 \Rightarrow E(P_t) = (\frac{1}{2} P_{t-1} + \frac{1}{2} P_{t-2})$
 $P3 \Rightarrow E(P_t) = (0,8 P_{t-1} + 0,2 P_{t-2})$
 $P4 \Rightarrow E(P_t) = (\frac{1}{4} P_{t-1} + \frac{1}{4} P_{t-2} + \frac{1}{4} P_{t-3} + \frac{1}{4} P_{t-4})$
- ✓ Variable (S): Subsidios
 $S \Rightarrow$ variable dummy que tomará el valor 1 en los periodos en los que se registraron los más altos estímulos fiscales al sector agrícola.
- ✓ Variable (C): Constante
 $C \Rightarrow$ constante del modelo

Forma funcional del modelo: corresponde ahora seleccionar la forma funcional adecuada que permita generar un ajuste preciso para las variables del modelo. Puesto que la razón básica de los modelos de regresión es lograr explicar la mayor cantidad posible de la variación de la variable dependiente utilizando variables explicativas, se dice que este es bueno si esta explicación, medida por el R^2 , es tan alta como sea posible, conjuntamente con una importante significatividad individual y global de las variables (estadístico

F) y la presencia en cada variable, del signo esperado por las hipótesis previamente planteadas y apoyadas en la teoría económica.

En virtud de lo anterior, y como resultado de diferentes pruebas previas, resultó ser que la forma funcional lineal en logaritmos presenta una mejor performance en este set de indicadores estadísticos en relación con las demás formas funcionales analizadas y en virtud de su significatividad individual y global, así como también por presentar el signo esperado por las hipótesis previamente planteadas. Además esta forma funcional presenta como ventaja, que sus coeficientes estimados reflejan las elasticidades, es decir, el cambio porcentual que evidenciará la variable dependiente ante cambios de un 1% en el valor de la variable independiente.

De manera general, el modelo estimado responde a la forma:

$$\log B_t = \vartheta_1 \log C_{(t-1)} + \vartheta_2 \log P_{(t-1)} + \theta_3 \log F + C \quad (1)$$

Estimación de coeficientes: sobre la base de la forma funcional explicitada en la Expresión (1), y utilizando las variables anteriormente señaladas, se corrieron las 16 regresiones necesarias para cubrir todas las combinaciones de variables posibles. Los resultados de cada una de ellas pueden visualizarse en la Tabla 1.

Tabla 1: Coeficientes estimados y test estadísticos para el modelo lineal en logaritmos

	C1	C2	C3	C4	P1	P2	P3	P4	S	C	R2	DW	F
1	-0.78 (-3.67)				0.31 (3.59)				1.22 (5.52)	9.79 (5.87)	0.80	1.93	42.91
2	-0.81 (-3.76)					0.31 (3.47)			1.27 (5.81)	9.92 (5.91)	0.79	1.96	41.89
3	-0.79 (-3.71)						0.32 (3.63)		1.23 (5.62)	9.75 (5.86)	0.80	1.95	43.29
4	-0.73 (-3.70)							0.43 (4.63)	1.27 (6.54)	8.88 (5.64)	0.83	2.07	53.07
5		-1.14 (-4.33)			0.25 (2.97)				1.08 (5.04)	12.6 (6.11)	0.82	1.73	49.12
6		-1.73 (-4.47)				0.26 (2.90)			1.12 (5.25)	12.79 (6.24)	0.81	1.78	48.52
7		-1.46 (-4.36)					0.27 (3.01)		1.09 (5.12)	12.56 (6.11)	0.82	1.75	49.54
8		-1.08 (-4.66)						0.39 (4.37)	1.11 (5.92)	11.64 (6.32)	0.85	1.93	64.18
9			-0.93 (-4.06)		0.28 (3.34)				1.16 (5.39)	11.17 (6.05)	0.81	1.86	46.48
10			-0.99 (-4.17)			0.29 (3.24)			1.21 (5.65)	11.35 (6.13)	0.81	1.90	45.61
11			-0.96 (-4.10)				0.30 (3.39)		1.17 (5.48)	11.13 (6.05)	0.81	1.88	46.89
12			-0.90 (-4.21)					0.41 (4.52)	1.21 (6.37)	10.24 (6.00)	0.84	2.04	58.69
13				-1.72 (-4.91)	0.11 (1.20)				1.01 (4.89)	17.32 (6.30)	0.83	1.38	55.54
14				-1.77 (-5.01)		0.09 (0.91)			1.04 (4.98)	17.32 (6.30)	0.83	1.39	54.34
15				-1.73 (-4.88)			0.11 (1.11)		1.02 (4.93)	17.40 (6.16)	0.83	1.39	55.16
16				-1.51 (-4.69)				0.25 (2.45)	1.04 (5.39)	15.26 (5.88)	0.85	1.55	64.59

Fuente: elaboración propia sobre la base de la información de salida del software Eviews

Modelo estimado: en virtud de su significatividad individual y global, así como también por presentar el signo esperado por la teoría, es que se selecciona la regresión 8 de la tabla anterior. La Ilustración 12 muestra los resultados obtenidos, mientras que los test estadísticos descartan la posible existencia de multicolinealidad, heterocedasticidad y autocorrelación de las variables implicadas en el modelo.

Ilustración 12: Mejor alternativa de ajuste para el modelo lineal en logaritmos

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	11.64336	1.841307	6.323421	0.0000
LCAUDAL2	-1.085341	0.232885	-4.660418	0.0001
LPRECIO4	0.390900	0.089396	4.372662	0.0001
SUBSIDIO	1.116330	0.188388	5.925699	0.0000
R-squared	0.857497	Mean dependent var	5.383861	
Adjusted R-squared	0.844138	S.D. dependent var	0.856309	
S.E. of regression	0.338066	Akaike info criterion	-2.064591	
Sum squared resid	3.657229	Schwarz criterion	-1.888644	
Log likelihood	-9.919150	F-statistic	64.18576	
Durbin-Watson stat	1.930058	Prob[F-statistic]	0.000000	

Fuente: salida del software Eviews

De los resultados anteriores, y sobre la base de la Expresión (1), el modelo resultante es:

$$\text{LogBOMBAS} = 11,64 \cdot (C) - 1,08 \cdot \log \frac{(C_{t-1} + C_{t-2})}{2} + 0,39 \cdot \log \frac{(P_{t-1} + P_{t-2} + P_{t-3} + P_{t-4})}{4} + 1,11 \cdot \text{SUBSIDIO} \quad (2)$$

Interpretación de

resultados: de acuerdo al modelo estimado, el incremento en el número de perforaciones del periodo t, es explicado por el caudal esperado a partir de la formación de expectativas basadas en el comportamiento promedio que esa variable evidenció en los periodos $t_{(-1)}$ y $t_{(-2)}$, por el precio esperado formado sobre la base del comportamiento promedio evidenciado en los periodos de tiempo $t_{(-1)}$, $t_{(-2)}$, $t_{(-3)}$ y $t_{(-4)}$, por la vigencia o no de subsidios al sector agrícola y por una constante. Se observa que los signos resultaron ser los esperados, ya que una variación en el precio esperado genera una variación en el mismo sentido en la variable perforaciones, mientras que una variación sobre la variable caudal esperado genera una variación en sentido contrario en la variable perforaciones. Además, por tratarse de una forma funcional lineal en logaritmos, las elasticidades parciales pueden ser fácilmente reconocidas:

$$(3) \text{ Elasticidad de las perforaciones ante cambios en el caudal esperado} = \frac{\frac{\Delta B}{B}}{\frac{\Delta C}{C}} = -1,08$$

$$(4) \text{ Elasticidad de las perforaciones ante cambios en el precio esperado.} = \frac{\frac{\Delta B}{B}}{\frac{\Delta P}{P}} = 0,39$$

Desde la expresión (3) se concluye que, ante una variación de un 1% en el caudal superficial esperado, el número de perforaciones variará en sentido contrario un 1,08%, mientras que desde la expresión (4) es posible afirmar que, ante una variación de un 1% en el precio esperado, el número de perforaciones variará en el mismo sentido un 0,39%. Estos coeficientes de impacto estarían indicando que, en caso de generarse una nueva y sostenida reducción en los caudales hídricos superficiales conjuntamente con incrementos en los precios de los productos agrícolas, la cantidad de perforaciones para extraer agua subterránea aumentaría, generando incrementos aún mayores en la salinidad del agua y suelos productivos. Sin embargo, en referencia al primer coeficiente estimado, y en alusión principal a la cuenca del Río Mendoza, desde que éste se encuentra regulado por el Dique Potrerillos las modificaciones en su régimen hídrico han dejado de tener implicancias en la disponibilidad de agua para riego en buena parte del Oasis. Hoy por hoy, resultaría altamente probable pensar que el valor de este coeficiente (cambios en la cantidad de perforaciones ante modificaciones en el caudal) sería cercano a cero: contracciones en el régimen hídrico superficial, tales como las que se esperan se manifiesten como consecuencia del Cambio Climático Global no implicarán necesariamente un incremento en el uso del agua subterránea, debido principalmente a que las oscilaciones hídricas serían morigeradas a través del rol regulador del Dique Potrerillos.

Sin embargo, los comentarios anteriores no anulan la capacidad predictiva del modelo al trasladar el análisis hacia otros oasis productivos de la Provincia. En efecto, estos coeficientes pueden ser utilizados para evaluar cómo, ante futuros y probables comportamientos de las variables independientes, la cantidad de perforaciones de agua subterránea reaccionará y se modificará la intensidad de su uso, pudiendo llegar a establecerse la probabilidad en la que podrían manifestarse nuevas situaciones de sobreexplotación, salinización y degradación de suelos en otros ámbitos geográficos fuera del Oasis Norte.

CONCLUSIONES

De acuerdo al modelo estimado, el incremento en el número de perforaciones del periodo t , es explicado por el caudal esperado a partir de la formación de expectativas basadas en el comportamiento promedio que esa variable evidenció en los periodos $t_{(-1)}$ y $t_{(-2)}$, por el precio esperado formado sobre la base del comportamiento promedio evidenciado en los periodos de tiempo $t_{(-1)}$, $t_{(-2)}$, $t_{(-3)}$ y $t_{(-4)}$, por la vigencia o no de subsidios al sector agrícola y por una constante. Se observa que los signos resultaron ser los esperados, ya que una variación en el precio esperado genera una variación en el mismo sentido en la variable perforaciones, mientras que una variación sobre la variable caudal esperado genera una variación en sentido contrario en la variable perforaciones. Además, por tratarse de una forma funcional lineal en logaritmos, las elasticidades parciales pueden ser fácilmente reconocidas:

De la lectura de los coeficientes estimados es posible afirmar que, ante una variación de un 1% en el caudal superficial esperado, el número de perforaciones variará en sentido contrario un 1,08%, mientras que, ante una variación de un 1% en el precio esperado, el número de perforaciones variará en el mismo sentido un 0,39%. Estos coeficientes de impacto están indicando que, en caso de generarse una nueva y sostenida reducción en los caudales hídricos superficiales conjuntamente con incrementos en los precios de los productos agrícolas, la cantidad de perforaciones para extraer agua subterránea aumentaría, generando incrementos aún mayores en la salinidad del agua y suelos productivos. Sin embargo, en referencia al primer coeficiente estimado, y en alusión principal a la cuenca del Río Mendoza, desde que éste se encuentra regulado por el Dique Potrerillos, las modificaciones en su régimen hídrico han dejado de tener implicancias en la disponibilidad de agua para riego en buena parte del Oasis Norte. Hoy por hoy, resultaría altamente probable pensar que el valor de este coeficiente (cambios en la cantidad de perforaciones ante modificaciones en el caudal) sería cercano a cero: contracciones en el régimen hídrico superficial, tales como las que se esperan se manifiesten como consecuencia del Cambio Climático Global, no implicarán necesariamente un incremento en el uso del agua subterránea debido principalmente a que las oscilaciones hídricas serían morigeradas a través del rol regulador del Dique Potrerillos.

Sin embargo, los comentarios anteriores no anulan la capacidad predictiva del modelo al trasladar el análisis hacia otros oasis productivos de la Provincia. En efecto, estos coeficientes pueden ser utilizados para evaluar cómo, ante futuros y probables comportamientos de las variables independientes, la cantidad de perforaciones de agua subterránea reaccionará y se modificará la intensidad de su uso, pudiendo llegar a establecerse la probabilidad en la que podrían manifestarse nuevas situaciones de sobreexplotación, salinización y degradación de suelos en otros ámbitos geográficos fuera del Oasis Norte.

REFERENCIAS

- ANDAUR CÁCERES, José Luis, *Efectos de la profundidad del nivel freático sobre el desarrollo vegetativo de la vid y diseño de un sistema de drenaje*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, 1988.
- AZQUETA OYARZUN, Diego, *Valoración Económica de la Calidad Ambiental* (Madrid, Mc Graw-Hill, 1995).
- DEPARTAMENTO GENERAL DE IRRIGACIÓN, *Datos estadísticos y series históricas de caudal y perforaciones*.
- GOBIERNO DE MENDOZA. DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS, *Recopilación de series estadísticas 1960-1973*. Mendoza, Argentina, 1974.
- INSTITUTO NACIONAL DE VITIVINICULTURA, *Síntesis básica de la estadística vitivinícola argentina*, Mendoza, Argentina. Febrero de 1998 y anexos complementarios.
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA, *Problemática Hídrica de la Cuenca del Río Mendoza*, Mendoza, Argentina, 2002.
- SUBSECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE. *Informe Ambiental para la Provincia de Mendoza*. Ministerio de Ambiente y Obras Públicas (2007).

- LLOP, Armando, *Modelos de Formación de expectativas*. En Separata de la revista de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNCuyo. Año XXIII, Nros. 67/68, Enero – Agosto de 1971.
- LLOP, Armando. *Guía sobre la salinización del agua subterránea en el este mendocino*. INA-CELA, Mendoza, Argentina, 2002.
- MORÁBITO, J; MIRÁBILE, C; MANZANERA, Y OTROS. *Evolución de la salinidad de suelos regadíos e incultos en el área del Río Mendoza*. Informe Técnico INA-CRA (2005).
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO, *Marco Estratégico para la Provincia de Mendoza 2010*. Mendoza, Argentina (2004).
- VILLALBA, R. *Fluctuaciones Climáticas de Largo Plazo en la Cordillera de Los Andes*, Informe Técnico IANIGLIA. (2005),