

SOBREEXPLOTACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA Y LA AGROEXPORTACIÓN EN EL ACUÍFERO COSTERO DE LA YARADA, TACNA, PERÚ

OVEREXPLOITATION OF UNDERGROUND WATER AND AGRO EXPORTS IN THE COASTAL AQUIFER OF LA YARADA, TACNA, PERU

Edwin Pino

Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. (epino68@hotmail.com)

RESUMEN

La agricultura desarrollada con base en los acuíferos costeros, normalmente está condicionada a la recarga de éstos, el acuífero de La Yarada, presenta problemas de contaminación por procesos de intrusión marina. La irrigación en La Yarada, en sus inicios, incorporó cultivos de alta demanda de agua por el alto contenido de sales que tienen sus suelos, en la actualidad el cultivo más representativo es el olivo, cuyo producto es materia de exportación a mercados principalmente de Chile y Brasil, esta situación ha generado competencia por la extracción desmedida del agua subterránea generando problemas de desbalance; asimismo, es importante tener clara la visión del Estado, diferenciando entre los gobiernos liberales y neoliberales, y los nacionalistas con tendencia a la izquierda, como los que ha tenido el Perú, con respecto al desarrollo, puesto que se tienen tendencias de incentivos de desarrollo de una agricultura industrial hasta otras que privilegian una política de fronteras vivas y de interés geopolítico, que deja de lado lineamientos de competitividad y eficiencia, entre otros aspectos.

Palabras clave agricultura en costa; sobreexplotación del agua subterránea; acuífero La Yarada; agroexportación.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas a nivel mundial es la escasez de agua, la región Tacna ubicada geográficamente en la cabecera del desierto de Atacama (Chile), no es ajena a esta situación de severidad en baja disponibilidad de agua. A esta situación se suma el problema de calidad; es decir, la región no solo enfrenta problemas de cantidad sino también de calidad. En la cuenca Caplina, en la que se encuentra emplazado el acuífero de La

ABSTRACT

Agriculture developed based on coastal aquifers is normally conditioned by their recharge; the aquifer of La Yarada presents contamination problems from processes of marine intrusion. In its beginnings, irrigation in La Yarada incorporated crops of high water demand due to the high content of salts in their soils. Presently, the most representative crop is the olive tree, whose product is export material to markets, primarily in Chile and Brazil. This situation has generated competition over the excessive extraction of underground water, generating problems of imbalance. It is also important to have a clear view of the State, differentiating between liberal and neoliberal governments, and nationalists with leftist tendencies, as have been present in Peru, regarding development, since there are trends of development incentives of an industrial agriculture and others that privilege a policy of living borders of geopolitical interest, which leave aside guidelines of competitiveness and efficiency, among other aspects.

Key words: coastal agriculture; overexploitation of underground water; La Yarada aquifer; agro exports.

INTRODUCTION

One of the main problems worldwide is water scarcity. The Tacna region located geographically in the township of the Atacama Desert (Chile) is not foreign to this situation of severity in low water availability. There is a problem of water quality in addition to this situation; that is, the region not only faces problems of quantity but also of quality. In the Caplina basin, where the aquifer La Yarada is located, the sources with greatest influence on the water quality were determined, which emanate waters with high content of arsenic, lead, sodium and iron in concentrations above the values of the Environmental Quality Standard (Pino

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: mayo, 2019. Aprobado: marzo, 2020.

Publicado como ARTÍCULO en ASyD 18: 247-258. 2021.

Yarada, se determinaron las fuentes con mayor influencia sobre la calidad del agua, que emanan aguas con alto contenido de Arsénico, Plomo, Sodio y Hierro en concentraciones por encima de los valores del Estándar de Calidad Ambiental (Pino *et al.*, 2017). Asimismo, la crisis de gobernabilidad y gobernanza en el uso del agua subterránea en el acuífero costero La Yarada es un elemento que contribuye al agotamiento y deterioro de la calidad del agua subterránea, por procesos de intrusión marina (Pino *et al.*, 2018). En este acuífero se presenta un desorden generalizado, no se cumplen los reglamentos ni las leyes, y se ha puesto en una situación caótica la estabilidad del sistema a razón de continuar incrementando en forma indiscriminada la superficie de cultivo. Elinor Ostrom en su obra *“El gobierno de los bienes comunes: La evolución de las instituciones de acción colectiva”* aborda un misterio de antigua data en las ciencias sociales: por qué individuos plenamente racionales, cuando actúan de manera colectiva para aprovechar ciertos recursos, toman decisiones que conducen a resultados irracionales (Rodríguez, 2010). Este problema, transformado en postulado teórico, ha conducido a dos recomendaciones de política pública: establecer derechos de propiedad, por un lado, o por el otro imponer el control del Estado.

El acuífero de La Yarada, se encuentra ubicado en la región Tacna al sur de Perú, límite con Chile y Bolivia (Figura 1), por su ubicación, su disponibilidad hídrica se ha visto agudizada en las últimas décadas debido a la frecuente presencia de sequías y la ampliación de la frontera agrícola no autorizada con la consecuente incorporación de nuevos pozos sin licencia de explotación de aguas subterráneas (Pino *et al.*, 2018). La rápida expansión económica genera serios problemas al uso del agua subterránea en zonas áridas, las que normalmente tienen altas tasas de agotamiento (El Alfy *et al.*, 2017). En este sentido, prevalece un escenario de incertidumbre a raíz de la inseguridad de tener un balance positivo o al menos equilibrado en el sistema acuífero.

El mercado internacional, es el elemento que propicia exigencias significativas en los tipos de cultivos, la tecnología y la propiedad de la tierra en los ámbitos y regiones donde se hallan los agentes en interacción (Muñoz, 2016). En la irrigación La Yarada, el cultivo representativo es el olivo, al año 2017, las plantaciones de olivo ascendieron a 22 906 ha que representa más de 50% del área

et al., 2017). Likewise, the crisis of governability and governance in the use of underground water from La Yarada coastal aquifer is an element that contributes to the exhaustion and deterioration of underground water quality, by process of marine intrusion (Pino *et al.*, 2018). In this aquifer there is generalized disarray, and the regulations or laws are not obeyed, which have placed the stability of the system in a chaotic situation by virtue of continuing to increase the farming surface indiscriminately. Elinor Ostrom in her work, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*, addresses an old mystery in the social sciences: Why do fully rational individuals, when they act collectively to exploit certain resources, make decisions that lead to irrational results? (Rodríguez, 2010). This problem, transformed into a theoretical postulate, has led to two recommendations of public policy: to establish property rights, on the one hand, or to impose control of the State, on the other hand.

The aquifer of La Yarada is located in the Tacna region in southern Peru, bordering Chile and Bolivia (Figure 1). Due to its location, its water availability has been aggravated in recent decades because of the frequent presence of droughts and the expansion of the unauthorized agricultural frontier, with the corresponding incorporation of new wells without license to exploit underground waters (Pino *et al.*, 2018). The fast economic expansion generates serious problems for underground water use in arid zones, which normally have high exhaustion rates (El Alfy *et al.*, 2017). In this sense, a scenario of uncertainty prevails as a result of the insecurity of having a positive balance or at least balanced in the aquifer system.

The international market is the element that contributes to significant demands on the types of crops, the technology, and the land ownership in the areas and regions where interaction agents are found (Muñoz, 2016). In the La Yarada irrigation zone, the representative crop is the olive tree, and by the year 2017, olive plantations represented 22 906 ha which are more than 50% of the cultivated area in the whole region of Tacna, compared to the olive production at the national level. Tacna represents 86.54% with production in the year 2017 of 69 254 t (DRAT, 2018), while the region of La Libertad (0.21%, 162 t), Lima (2.16%, 1716 t), Ica (7.56%, 6050 t), Arequipa (7.56%, 2659 t), and Moquegua (0.21%, 169 t). Figure 2 shows the evolution of the exported

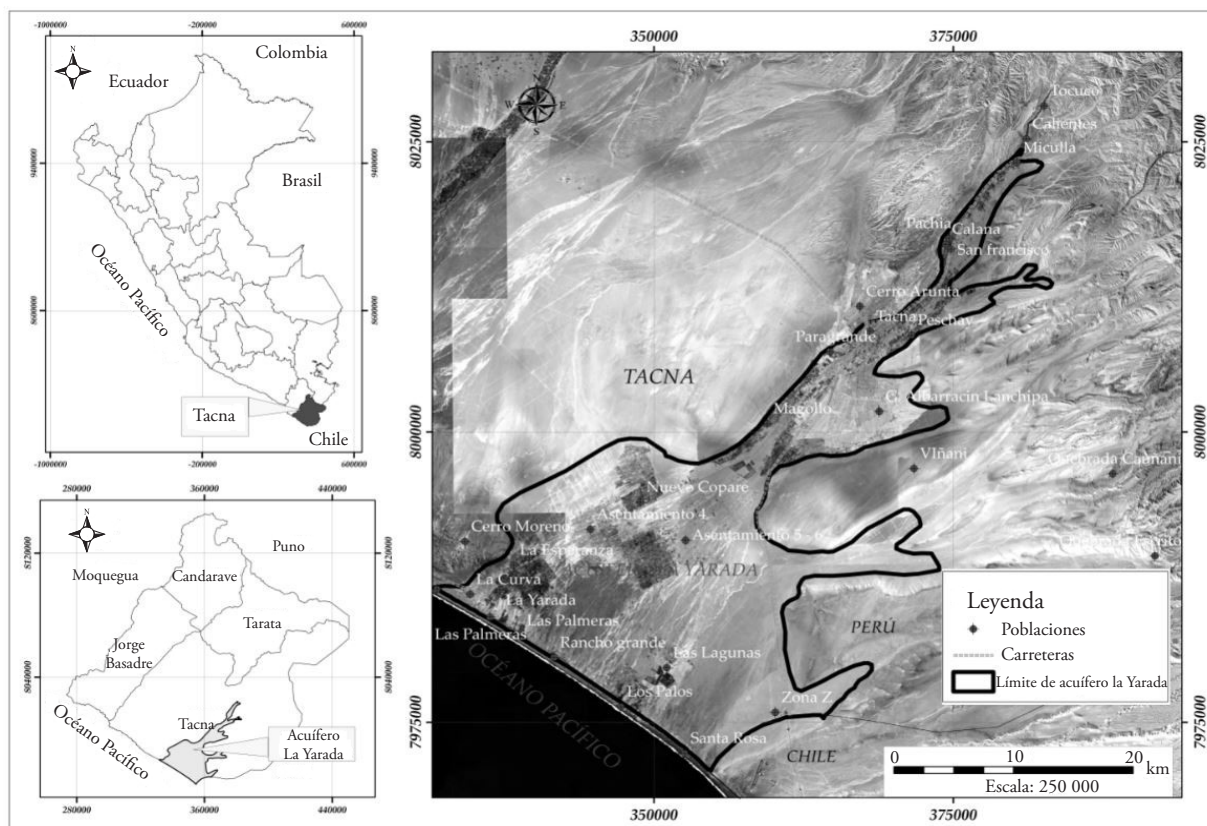


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.
Figure 1. Location of the study zone.

cultivada en toda la región Tacna, respecto a la producción de aceituna a nivel nacional, Tacna representa 86.54% con una producción en el año 2017 con 69 254 t (DRAT, 2018), la región La Libertad (0.21%, 162 t), Lima (2.16%, 1716 t), Ica (7.56%, 6050 t), Arequipa (7.56%, 2659 t) y Moquegua (0.21%, 169 t). En la Figura 2 se muestra la evolución del volumen exportado de aceituna para el período 2001 a 2017, con tendencia creciente. Asimismo, se tienen reportes de exportación de 78% a Chile, 19% a Brasil y 3% a otros países.

Una referencia en la que se enmarca este caso, es el uso ilimitado de un recurso de uso común (Smith y Pinedo, 2002) se utilizan las tierras comunales de pastoreo sobrexplotadas por los pastores para el engorde de su ganado. Supone que la racionalidad de cada pastor está basada en el propio interés individual, lo cual hará que cada pastor busque alimentar a sus animales con la mayor cantidad posible de pastizal con el fin de obtener el máximo beneficio en la venta del ganado. Esto lleva al sobrepastoreo, deteriorando el recurso.

volume of olives for the period of 2001 to 2017, with growing trend. Likewise, there are reports of exports of 78% to Chile, 19% to Brazil, and 3% to other countries.

A reference which frames this case is the unlimited use of a resource of common use (Smith and Pinedo, 2002); communal grazing lands are used which are overexploited by shepherds to fatten their livestock. It is assumed that the rationality of each shepherd is based on his own individual interest, which will make every shepherd look to feed their animals with the greatest amount possible of pastureland with the aim of obtaining the maximum benefit in livestock sales. This leads to overgrazing, deteriorating the resource.

In La Yarada aquifer the situation is very similar, underground water is a common resource and its exploitation can be used by all the farmers that have ownership of the lands, with an additional element: in this aquifer system there are serious governance and governability problems that make the exploitation of this aquifer indiscriminate, generating quite marked

En el acuífero La Yarada, la situación es muy similar, el agua subterránea es un recurso común, su explotación puede ser utilizada por todos los agricultores que tienen propiedad sobre las tierras, con un elemento adicional, en este sistema acuífero existen problemas graves de gobernanza y gobernabilidad que hace que la explotación de este acuífero sea en forma indiscriminada, generando problemas de desbalance muy marcados (Pino *et al.*, 2018). Estas acciones desmedidas y sin intervención de la autoridad competente, está llevando a un deterioro de la calidad por problemas de intrusión marina.

Otro supuesto es que los propietarios de tierras y pozos de agua subterránea tienen incentivos individuales para maximizar la explotación con el fin de extraer el mayor volumen de agua del acuífero (Damonte, 2015). En el caso de La Yarada los agricultores que tienen licencia de uso de agua y los que no la tienen, buscan extraer el mayor volumen de agua del acuífero a pesar que existen volúmenes de explotación autorizados, esta situación ha provocado el descenso progresivo del nivel freático del acuífero. En muchos casos se viene realizando reubicación de los pozos más cercanos a la línea de playa que han sido contaminados por procesos intrusivos del agua de mar.

En este trabajo se busca responder en que forma el mercado internacional y el crecimiento indiscriminado de las plantaciones de cultivos de exportación contribuyen a la sobreexplotación del acuífero, generando un desbalance en el sistema acuífero. Esto debilita la acción colectiva por la pugna de intereses de los usuarios de agua con licencia, los no autorizados y la capacidad reguladora del gobierno para la conservación de la fuente de agua subterránea (Muñoz, 2016; Pino *et al.*, 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo a las características del estudio, metodológicamente se establecieron interrelaciones, donde se consultaron documentos académicos y material oficial de dominio público, buscando establecer las relaciones entre la agroexportación y la sobreexplotación del agua subterránea, en función de la legislación del uso del agua subterránea en el Perú. En el trabajo de campo se priorizó la revisión de información de las instituciones ligadas a la problemática del uso del agua en el acuífero de La

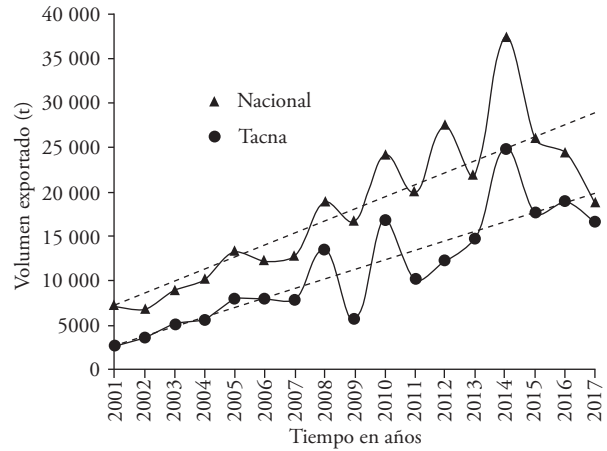


Figura 2. Evolución del volumen exportado de aceituna.
Figure 2. Evolution of the volume of olives exported.

imbalance problems (Pino *et al.*, 2018). These excessive actions and without intervention from the competent authority are leading to a deterioration of the quality from problems of marine intrusion.

Another assumption is that the owners of lands and underground water wells have individual incentives to maximize the exploitation with the aim of extracting the highest volume of water from the aquifer (Damonte, 2015). In the case of La Yarada the farmers that have license for water use and those who do not have it seek to extract the highest volume of water from the aquifer, despite there being authorized volumes of exploitation; this situation has caused the progressive decrease of the aquifer's water table level. In many cases, the wells closest to the beach line that have been contaminated by intrusive processes of sea water have been relocated.

This study attempts to respond to the question of how the international market and the indiscriminate growth of the plantations of export crops contribute to the overexploitation of the aquifer, generating an imbalance in the aquifer system. This weakens the collective action from the struggle over interests of water users with license, those unauthorized, and the regulating capacity of the government for conservation of the underground water source (Muñoz, 2016; Pino *et al.*, 2018).

MATERIALS AND METHODS

According to the characteristics of the study, interrelations were established methodologically,

Yarada e instituciones que manejan información de exportación de la producción agrícola en el país.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El acuífero de La Yarada

Se encuentra emplazado en la zona más árida de la costa peruana y a su vez cabecera del desierto de Atacama, se caracteriza por la escasez de recursos hídricos. Esta situación dio lugar a que desde hace varias décadas se utilicen las aguas subterráneas para el desarrollo de la agricultura y otras actividades económicas. Sin embargo, debido a la falta de un programa de explotación, el acuífero viene siendo sobreexplotado generando un permanente descenso del nivel freático, comprometiendo sus reservas no renovables, lo que ha causado el fenómeno de la intrusión marina debido a la alta concentración de pozos de explotación de aguas subterráneas en la zona próxima a la línea del mar y zona media del acuífero (Pino y Coarita, 2018). En la Figura 3, se muestra la evolución histórica de la superficie irrigada y los volúmenes extraídos del acuífero, la tendencia de ambos es creciente, no existen medidas gubernamentales para establecer cuál es el límite del volumen de explotación, los instrumentos legales sobre veda de este acuífero no se cumplen.

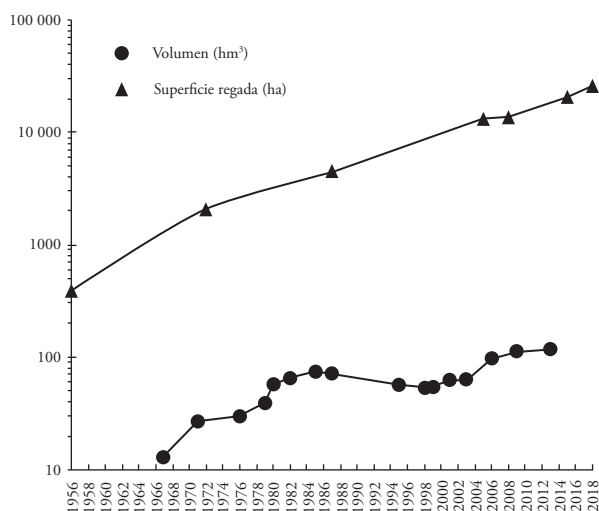


Figura 3. Volúmenes explotados y superficie bajo riego.
Figure 3. Exploited volumes and surface under irrigation.

where academic documents were consulted as well as official material of public dominion, seeking to establish the relationships between agro exports and the overexploitation of underground water, in function of the legislation of underground water use in Peru. In the field study, reviewing the information about institutions linked to the problem of water use in La Yarada aquifer was prioritized, as well as about institutions that manage information about exports of agricultural production in the country.

RESULTS AND DISCUSSION

The aquifer of La Yarada

It is located in the most arid zone of the Peruvian coast and at the same time the township of the Atacama Desert, it is characterized by the scarcity of water resources. This situation gave place to the use of underground waters for the development of agriculture and other economic activities since several decades ago. However, due to the lack of a program for use, the aquifer has been overexploited generating a permanent decrease of the water table, jeopardizing its non-renewable reserves, which has caused the phenomenon of marine intrusion due to the high concentration of underground water wells for use in the zone near the sea line and medium zone of the aquifer (Pino and Coarita, 2018). Figure 3 shows the historical evolution of the surface irrigated and the volumes extracted from the aquifer, the trend of both is increasing, there are no government measures to establish the limit of exploitation volume, the legal instruments on closed season for this aquifer are not obeyed.

La Yarada at the Beginning of the 20th Century

At the beginning of the 20th century, Peru after the war of the Pacific and the loss of many essential resources in their economy –saltpeter and guano– were found in a critical situation and the city of Tacna remained occupied by the Chilean military forces, and it would not be until 1929 when it was returned to the Republic of Peru (Rivera, 2018). According to Dagnino (1925) only one cause delays agricultural development of this zone: water scarcity, particularly in the province of Tacna, manifests believing that there is no region where water has a

La Yarada a inicios del siglo XX

A inicios del siglo XX, el Perú tras la guerra del Pacífico y la pérdida de varios recursos esenciales en su economía -el salitre y el guano-, se encontraba en una situación crítica y la ciudad de Tacna permanecía ocupada por las fuerzas militares chilenas y no sería hasta 1929 que fuera devuelto a la República del Perú (Rivera, 2018). Según Dagnino (1925) sólo una causa retarda el desarrollo agrícola de esta zona: la escasez de agua, sobre todo en la provincia de Tacna, manifiesta creer que no hay región donde el agua tenga más alto precio que en Tacna. Han habido largos litigios por algunos minutos más o menos de riego. Las distribuciones se hacen con una expedición y exactitud que maravillan. La historia muestra que durante la ocupación chilena se realizaron tres sondeos para exploración de aguas subterráneas en La Yarada (Cavagnaro, 1989).

El antecedente a los inicios de la irrigación La Yarada, es la irrigación Magollo, ubicada a 12 km. de la ciudad de Tacna y a 10 km. del distrito La Yarada-Los Palos, su desarrollo se hizo efectivo durante los gobiernos de Bustamente y Rivero (1945–1948) y Odría (1948–1956), registró un incremento de 30% el área cultivable del Valle (Cavagnaro, 1989), fue la primera irrigación promovida por el Estado en la región y una de las primeras en desarrollar agricultura en el desierto.

A partir de 1955, se consiguió la primera autorización del gobierno para explorar y desarrollar irrigaciones con pozos subterráneos en La Yarada, en un área de 1300 ha paralelas al mar. El diario *La Voz de Tacna* en su edición del 14 de Julio de 1956 informaba: “Seis pozos con sus respectivas instalaciones están listos para irrigar 1300 ha: se ha entregado en propiedad los pozos Nos. 3, 4 y 5 y 660 ha que se ubican entre la costa y la carretera Tacna-Arica. Entre 1956 y 1957 se plantaron los primeros olivos traídos desde Italia (Rivera, 2018). Estos suelos de características salinas en sus inicios fueron cultivados con alfalfa para el lavado y posteriormente poder ser utilizados en otros tipos de cultivo. Es importante señalar que en los inicios los motores de los equipos de bombeo eran accionados por equipos diésel a altos costos operativos y bajos rendimientos (ANA, 2009).

Entre enero y marzo del año 1966, la zona de Tacna fue declarada en emergencia por el gobierno central, debido a las fuertes sequías. La construcción de

higher price than in Tacna. There have been long disputes over some more minutes or less minutes of irrigation. The distributions are made with a dispatch and exactness that are a wonder. History shows that during the Chilean occupation three drills were performed to explore underground waters in La Yarada (Cavagnaro, 1989).

The history of the beginning of irrigation in La Yarada is the irrigation zone of Magollo, located 12 km from the city of Tacna and 10 km from the district of La Yarada-Los Palos. Its development was made effective during the governments of Bustamente and Rivero (1945–1948) and Odría (1948–1956), it showed an increase of 30% of the arable area in the Valley (Cavagnaro, 1989), and it was the first irrigation zone promoted by the State in the region and one of the first in developing agriculture in the desert.

Since 1955 the first authorization from the government was attained to explore and develop irrigation with underground wells in La Yarada, in an area of 1300 ha parallel to the sea. The newspaper *La Voz de Tacna* in its edition from July 14, 1956, reported: “Six wells with their respective facilities are ready to irrigate 1300 ha: the wells number 3, 4 and 5 have been delivered in property, as well as 660 ha that have been located between the coast and the Tacna-Arica highway. The first olive trees brought from Italy were planted between 1956 and 1957 (Rivera, 2018). These soils with saline characteristics at the beginning were cultivated with alfalfa for washing so they could later be used with other types of crops. It is important to point out that at the beginning the motors of the pumping equipment were activated by diesel equipment at high operative costs and low yields (ANA, 2009).

Between January and March of the year 1966, the Tacna zone was declared in emergency by the central government, due to the strong droughts. The construction of the Aricota No. 2 hydroelectric central ended in the year 1966 and in 1967, the Aricota No. 1 hydroelectric central; this work offered an alternative to the high cost of electricity. Likewise, during this period the first stage of the Tacna Plan was executed together with works of energy, irrigation and transport. Among the substations that were installed for the transmission of energy there were Tacna, Ilo, La Yarada and Caleta Morro, zones with a particular demand for electricity, managing to supply electric

la central hidroeléctrica Aricota No. 2 finalizó en el año 1966 y en 1967, la central hidroeléctrica Aricota No. 1. esta obra ofreció una alternativa al elevado costo de la electricidad. Asimismo, durante este periodo se ejecuta la primera etapa del Plan Tacna junto con obras de energía, irrigaciones y transporte. Entre las subestaciones que se instalaron para la transmisión de energía se encontraban Tacna, Ilo, La Yarada y Caleta Morro, zonas con una demanda de electricidad particular, lográndose dotar de energía eléctrica a la irrigación La Yarada, lo que marcó el inicio de la electrificación de los equipos de bombeo de los pozos y el desarrollo de la irrigación.

Balance hídrico y variación de niveles piezométricos

Las variaciones de los niveles piezométricos generalmente tienen comportamiento estacional; es decir, varían de acuerdo a la época del año; ascendiendo mayormente en los meses de verano (enero a marzo), lo cual se debe fundamentalmente a las precipitaciones en la zona alta y media de la cuenca, ocurriendo lo contrario en la época de estiaje, donde el acuífero va disminuyendo su recarga por efecto de la escasa precipitación, en la parte baja de la cuenca de 5 a 6 mm/año, en la parte media entre 50 a 60 mm/año y en la parte alta de la cuenca hasta 110 mm/año, en consecuencia, los niveles de agua descienden. En el acuífero La Yarada, donde la descarga supera ampliamente a la recarga, al año 2016, se observaba que los niveles piezométricos continuaban descendiendo en el acuífero. Según Cabrera y Custodio (2004), a consecuencia de esto, la salinización de los acuíferos costeros es consecuencia de una gestión deficiente o incontrolada, que genera una sobre explotación que puede ser prevenida.

Según (ANA, 2009), el volumen de la reserva renovable se encuentra en el orden de los 54 Hm³/año (1.71m³/s) y la explotación en 112 Hm³/año (3.55 m³/s), la sobre explotación llega a los 58 Hm³/año (1.83 m³/s); es decir, provocando un balance negativo, por esta situación, se viene extrayendo el agua proveniente de la reserva no renovable, lo que se manifiesta por el constante descenso de los niveles piezométricos y el progresivo avance de la intrusión marina, que alcanza los 60 km² y la degradación de la calidad del agua en un área de 127 km² que comprende varios sectores próximos a la línea de playa.

energy to La Yarada irrigation zone, which marked the beginning of electrification of the pumping equipment of the wells and the development of irrigation.

Water balance and variation in piezometric levels

The variations of the piezometric levels generally have seasonal behavior; that is, they vary according to the time of the year, mostly rising in the summer months (January to March), which is due fundamentally to rainfall in the high and medium zone of the basin, with the contrary happening during the dry season, where the aquifer decreases its recharge from the effect of the scarce rainfall in the low part of the basin of 5 to 6 mm/year, in the medium part between 50 to 60 mm/year, and in the high part of the basin up to 110 mm/year, and consequently the water levels decrease. In La Yarada aquifer, where the discharge widely exceeds the recharge, by the year 2016 it was observed that the piezometric levels continued decreasing in the aquifer. According to Cabrera and Custodio (2004), as consequence of this, the salinization of coastal aquifers is the consequence of a deficient or uncontrolled management that generates overexploitation that can be prevented.

According to ANA (2009), the volume of the renewable reserve is in the order of 54 Hm³/year (1.71m³/s) and the exploitation 112 Hm³/year (3.55 m³/s), the overexploitation reaches 58 Hm³/year (1.83 m³/s); that is, causing a negative balance, and because of this situation water from the non-renewable reserve is extracted, which is manifested by the constant decrease of the piezometric levels and the progressive advance of marine intrusion, which reaches 60 km², and the degradation of water quality in an area of 127 km² that covers several sectors close to the beach line.

La Yarada, an aquifer in emergency

At the beginning of 1980, alerts were raised that the aquifer was in an emergency, since the indiscriminate use generated decreases in piezometric levels, the increase in the use of land for agricultural purposes would also imply the period of 1980-1990 meant a progressive increase in the exploitation of the aquifer. Toward the end of that decade, it was

La Yarada, un acuífero en emergencia

A inicios de 1980, se dieron las alertas de que el acuífero se encontraba en emergencia, el uso indiscriminado generaba descensos de niveles piezométricos, el aumento en el uso de suelo para fines agrícolas implicaría también que el periodo de 1980-1990 significó en un aumento progresivo en la explotación del acuífero. Hacia finales de esta década, se constató que el problema del déficit hídrico provenía desde 1976, registrándose un balance negativo de 38 hm³/año, con descenso del nivel freático e intrusión marina (PET, 2006).

En 1984 el acuífero La Yarada se declara en “veda”, mediante una declaración de emergencia se prohíbe la perforación de nuevos pozos. El Decreto Supremo N° 080-84-AG, dado por el Poder Ejecutivo, también tenía como objetivo reservar por dos años las aguas subterráneas para la ejecución de un estudio hidrogeológico, para determinar los saldos de agua disponibles y así proyectar la ampliación del área agrícola. En 1987 se da un nuevo Decreto Supremo N° 020-87-AG, debido a que los estudios indicados en el D.S. de 1984 sobre La Yarada, no fueron completados. En este nuevo decreto se plantea un periodo de dos años para la realización de estos estudios a cargo del Instituto de Ampliación de la Frontera Agrícola (INAF). Posteriormente el gobierno emite la R.M. N° 696-98-AG que ratifica la veda en el acuífero de La Yarada. En los años siguientes la política de gobierno genera una grave colisión entre la R.M. N° 696-98-AG que ratifica la veda en el acuífero de La Yarada y el D.S. N° 007-2015-MINAGRI, que autoriza formalizar o regularizar las licencias de uso de agua en el referido acuífero. Esta situación generó un antecedente negativo de la política gubernamental en la administración y manejo del agua y en general de todos los recursos naturales sobre el territorio peruano (Pino *et al.*, 2018).

La respuesta política frente a la problemática socioambiental se encuentra documentada en jurisprudencia, sin embargo, a la fecha no ha sido posible alterar la realidad y las tendencias a la sobreexplotación del acuífero siguen avanzando.

Gestión de un acuífero sobreexplotado

Los cultivos de agroexportación en su mayoría son de alta demanda hídrica, en la irrigación La Yarada, el cultivo más importante es el olivo y su producción de

confirmado que el agua deficit problem began in 1976, when a negative balance of 38 Hm³/year was found, with a decrease of the water table level and marine intrusion (PET, 2006).

In 1984 the aquifer of La Yarada was announced to be in “closed season”, and drilling new wells was prohibited through a declaration of emergency. The Supreme Decree N° 080-84-AG, issued by the Executive Power, also had the objective of reserving the underground waters for two years for the execution of a hydrogeological study, to determine the water balance available and thus project the expansion of the agricultural area. In 1987 there was a new Supreme Decree N° 020-87-AG, because the studies indicated in the S.D. from 1984 on La Yarada were not completed. In this new decree a period of two years is suggested to conduct these studies, in charge of the Agricultural Frontier Expansion Institute (*Instituto de Ampliación de la Frontera Agrícola*, INAF). Then the government issued the R.M. N° 696-98-AG that ratifies the closed season in the aquifer of La Yarada. In the next years the government policy generated a grave collision between the R.M. N° 696-98-AG that ratifies the closed season in the aquifer of La Yarada and the S.D. N° 007-2015-MINAGRI, which authorizes formalizing or regularizing the licenses of water use in the aquifer. This situation generated a negative background for the government policy in the administration and management of water and in general of all the natural resources on the Peruvian territory (Pino *et al.*, 2018).

The political response in face of the socioenvironmental problematic is documented in jurisprudence, although until today it has not been possible to alter the reality and the overexploitation trend for the aquifer continues advancing.

Management of an overexploited aquifer

Most agro exports crops have high water demand; in La Yarada irrigation zone, the most important crop is the olive tree and its production of table olives and olive oil. This export crop is of low water consumption; the problem is generated by the extensive cultivation surfaces that have been established indiscriminately. According to Pino *et al.* (2018), in La Yarada aquifer, due to the problem of governability and governance, the laws regarding the management and limitation regimes of underground

aceitunas de mesa y aceite de olivo, este cultivo de exportación es de bajo consumo de agua; la problemática se genera por las extensas superficies de cultivo que se han establecido en forma indiscriminada. Según (Pino *et al.*, 2018), en el acuífero de La Yarada, por el problema de gobernabilidad y gobernanza se ven alteradas y rebasadas las leyes respecto a los regímenes de la gestión y limitación de los recursos hídricos subterráneos, en este sentido, la situación de estabilidad del sistema acuífero es crítica y los niveles piezométricos del acuífero siguen en descenso. La experiencia internacional ha mostrado que, para que la acción colectiva tenga éxito en la aplicación de mecanismos de conservación del recurso común en términos de autogestión, se requiere la aplicación de incentivos adecuados para llevar a cabo actividades que generen un mayor beneficio y que actualmente no se estén realizando (Lopez-Gunn y Cortina, 2006). Declarar acuíferos sobreexplotados y no desarrollar los planes de extracciones o realizarlos sin consulta pública no fueron los incentivos adecuados para que los usuarios asumieran sus responsabilidades de participar en la agrupación, autocontrolarse para dejar de provocar una sobreexplotación; fueron más bien un castigo impuesto sin demasiadas alternativas.

La informalidad en el neoliberalismo debe ser entendida como la ausencia de una forma definida por las instituciones del Estado y reglas del mercado, practicada por un sujeto que migra junto con sus saberes y es agente en la transformación del territorio (Fagioli, 2018). El fenómeno migratorio y de movilidad de personas en la frontera ayuda a complejizar el panorama y la presión sobre los recursos hídricos para distintos usos. Las dinámicas de poder influenciaron los patrones socio-espaciales de acceso y control del agua (Bell, 2015).

Cultivos, tenencia y agroexportación

Los cultivos practicados en la irrigación La Yarada, desde sus inicios, correspondieron a aquellos que permitían realizar lavado de suelos por la alta concentración salina de estos y luego cultivos de bajo consumo de agua, debido a que los equipos eran accionados por motores de combustión interna. De esta forma, la alfalfa se convirtió en uno de los principales cultivos y por ende la ganadería lechera, actividad agrícola que por sus propias características económicas fue siendo sustituida en el tiempo por otras alternativas de mayor

water resources are altered and surpassed; in this sense, the stability situation of the aquifer system is critical and the piezometric levels of the aquifer continue decreasing. The international experience has shown that for collective action to be successful in the application of conservation mechanisms for the common resource, in terms of self-management, the application of adequate incentives is required to carry out activities that generate a greater benefit and which are currently not being performed (Lopez-Gunn and Cortina, 2006). Declaring aquifers to be overexploited and not developing the extraction plans or carrying them out without public consult were not the adequate incentives for users to assume their responsibilities of participating in the grouping and self-controlling to stop provoking overexploitation; this was instead a punishment imposed without many alternatives.

The informality in neoliberalism must be understood as the absence of a way defined by institutions of the State and market rules, practiced by a subject who migrates together with knowledge and is an agent of transformation in the territory (Fagioli, 2018). The migratory and mobility phenomenon of people in the border helps complicate the panorama and the pressure on water resources for different uses. The power dynamics influenced the socio-spatial patterns of access and control of water (Bell, 2015).

Crops, land ownership and agro exports

The crops farmed in the irrigation zone of La Yarada, since its beginnings, corresponded to those that allowed washing the soils due to the high saline concentration in these and then crops of low water consumption, because the equipment was activated by internal combustion motors. Therefore, alfalfa became one of the main crops and therefore dairy livestock production, agricultural activity that due to its economic characteristics was substituted in time by other alternatives of higher profitability. Currently, the crop with most surface is the olive tree, followed by alfalfa, maize (starchy hard, *chala*), Cucurbitaceae, paprika pepper, white/red onion, among others. As far as the size of the plots, the range of highest concentration corresponds to 10 to 15 ha. In La Yarada, in contrast with other regions of the country, the presence of the new estate or of large concentrations of land is almost non-existent. Land

rentabilidad. En la actualidad, el cultivo con más superficie es el olivo, seguido por la alfalfa, maíz (duro amiláceo, chala), cucurbitáceas, ají pprika, cebolla blanca/roja entre otros. En cuanto al tamaño de las parcelas, el rango de mayor concentración corresponde de 10 a 15 ha. En La Yarada, a diferencia de otras regiones del país, la presencia del nuevo latifundio o de grandes concentraciones de tierras es casi nula. La tenencia de la tierra está desconcentrada y parcelada en unidades agrarias de hasta 15 ha en su mayoría.

La agroexportación en la región Tacna y en especial en la irrigación La Yarada, por sus características climáticas, está orientada a un número reducido de cultivos. En los últimos años, este espectro reducido se ha orientado básicamente a la aceituna de mesa negra, verde, aceite de oliva y otros derivados de la aceituna como las pastas, aceitunas rellenas, etc., siendo sus principales mercados Chile y Brasil. El volumen de exportación se ha incrementado, en función al crecimiento de las áreas cultivadas, los volúmenes de exportación y en función a los pozos de agua subterránea que han sido perforados en los períodos posteriores a la declaración de la “veda” en el acuífero de La Yarada. Esta situación ha traído consigo problemas graves de deterioro de la calidad del agua subterránea en virtud a la intrusión de la cuña marina por sobreexplotación del acuífero, tal como se ha referido anteriormente. El nivel de «sobreexplotación de los acuíferos» es aconsejable o soportable, depende de los efectos sobre el desarrollo del acuífero y las medidas implementadas para su corrección (Custodio, 2002). Esto no debería ser el resultado de aplicar reglas generales basadas en algunos datos indirectos, en tal sentido, el monitoreo, el conocimiento sólido de los acuíferos y el cálculo o modelación del comportamiento son necesarios en el marco de un conjunto de objetivos.

CONCLUSIONES

El desarrollo de la agricultura con agua extraída de acuíferos costeros normalmente está condicionada a la recarga, en este caso, se trata de un acuífero con problemas de descensos de niveles piezométricos muy marcados y procesos de intrusión marina activos, el volumen explotado es superior al volumen de recarga desde hace ya varias décadas, lo que viene generando un balance negativo, los agentes sociales imponen características, los grupos y las acciones

ownership is decentralized and parceled in agrarian units of up to 15 ha in their majority.

Agro exports in the Tacna region and especially in the La Yarada irrigation zone, due to its climate characteristics, is devoted to a reduced number of crops. In recent years, this reduced spectrum is directed basically toward the black table olive, green olive, olive oil and other products derived from olives such as pasta, filled olives, etc., with its main market being Chile and Brazil. The export volume has increased in function of the increase in cultivated areas, export volumes, and in function of the underground water wells that have been drilled in the periods after the declaration of the “closed season” of La Yarada aquifer. This situation has brought with it grave problems of deterioration of the underground water quality by virtue of the intrusion of the marine wedge from overexploitation of the aquifer, as has been described above. The level of “overexploitation of the aquifers” is advisable or bearable, depending on the effects of the development of the aquifer and the measures implemented for its correction (Custodio, 2002). This should not be the result of applying general rules based on some indirect data; in that sense, monitoring, solid knowledge of aquifers, and calculating or modelling the behavior are necessary within the framework of a set of objectives.

CONCLUSIONS

The development of agriculture with water extracted from coastal aquifers is normally conditioned by the recharge. In this case, it is an aquifer with problems of very marked decreases in piezometric levels and active processes of marine intrusion; the volume exploited has been higher than the recharge volume since many decades ago, which has generated a negative balance; the social agents impose characteristics, groups and excessive actions in order to obtain a higher amount of water are predominant and do not have state intervention. Therefore, there is a governance and governability crisis, generated by the competition over extracting more water to cover the growing irrigation demands by the olive crop, from which the exportable olives and oil are obtained. The La Yarada irrigation zone in its beginnings incorporated crops of high water consumption as a means to treat the high content of salts in their soils; later, the pattern of crops established

desmedidas por obtener mayor cantidad de agua son predominantes y no existe intervención estatal; por tanto, existe una crisis de gobernanza y gobernabilidad, generada por la competencia por extraer más agua para cubrir las crecientes demandas de riego del cultivo de olivo, del cual se obtienen las aceitunas y el aceite exportables. La irrigación La Yarada en sus inicios, incorporó cultivos de alto consumo de agua como un medio para tratar el alto contenido de sales de sus suelos; posteriormente, se fue reconsiderando el patrón de cultivos establecido y en la actualidad el cultivo representativo es el olivo, cuyo producto es materia de exportación a mercados principalmente de Chile y Brasil. Es importante tener clara la visión del Estado, diferenciando entre los gobiernos liberales y neoliberales, y nacionalistas con tendencia a la izquierda, con respecto al desarrollo. Los primeros incentivan el modelo de desarrollo de una agricultura industrial para la exportación; mientras que los segundos privilegian una política de fronteras vivas y de interés geopolítico, que deja de lado lineamientos de competitividad y eficiencia, entre otros aspectos. Por tanto, se tiene una relación directa entre los volúmenes de productos de exportación y la extracción de agua subterránea utilizados para producirlos.

LITERATURA CITADA

- ANA (Autoridad Nacional del Agua). 2009. Caracterización hidrogeológica del acuífero del valle Caplina – La Yarada. Tacna: MINAGRI.
- Bell, M. G. 2015. Historical Political Ecology of Water: Access to Municipal Drinking Water in Colonial Lima, Peru (1578–1700). *The Professional Geographer*, 67(4), 504–526. <https://doi.org/10.1080/00330124.2015.1062700>
- Cabrera, M. C., and Custodio E. 2004. Groundwater flow in a volcanic-sedimentary coastal aquifer: Telde area, Gran Canaria, Canary Islands, Spain. *Hydrogeology Journal*, 12(3). <https://doi.org/10.1007/s10040-003-0316-y>
- Cavagnaro, L. 1989. Conferencia de Inauguración: Historia de las Irrigaciones en el Departamento de Tacna.
- Custodio, E. 2002. Sobreexplotación de acuíferos: ¿qué significa? *Hydrogeology Journal* 10, 254–277. <https://doi.org/10.1007/s10040-002-0188-6>.
- Dagnino, V. 1925. Departamento de Tacna: Geografía física. Lima.
- Damonte Valencia, G. H. 2015. Redefiniendo territorios hidro-sociales: control hídrico en el valle de Ica, Perú (1993–2013). *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 12(76), 109. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr12-76.rthc>
- DRAT (Dirección Regional de Agricultura de Tacna). 2018. Tacna: Serie histórica cultivos 2008–2017. Recuperado 4 de enero de 2019, de http://www.agritacna.gob.pe/link_de_ol_estadi.php
- was reconsidered and currently the representative crop is the olive tree, whose product is export material to markets primarily in Chile and Brazil. It is important to have a clear State vision, differentiating between liberal and neoliberal governments, and nationalists with leftist tendency, with regards to development. The first foster the development model of industrial agriculture for exports, while the second privilege a policy of living borders of geopolitical interest, leaving aside guidelines of competitiveness and efficiency, among other aspects. Therefore, there is a direct relationship between the volumes of export products and the extraction of underground water used to produce them.

—End of the English version—



- El Alfy, M., Lashin A., Abdalla F., and Al-Bassam A. 2017. Assessing the hydrogeochemical processes affecting groundwater pollution in arid areas using an integration of geochemical equilibrium and multivariate statistical techniques. *Environmental Pollution*, 229, 760–770. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.05.052>
- Fagioli, A. 2018. Acumulación originaria y capitalismo neoliberal. Una posible lectura del Chile post-golpe. *Isegoría*, (59), 573. <https://doi.org/10.3989/isegoria.2018.059.11>
- Lopez-Gunn, E., and Cortina L. M. 2006. Is self-regulation a myth? Case study on Spanish groundwater user associations and the role of higher-level authorities. *Hydrogeology Journal*, 14(3), 361–379. <https://doi.org/10.1007/s10040-005-0014-z>
- Muñoz, I. 2016. Agro-exportación y sobreexplotación del acuífero de Ica en Perú. *Anthropologica*, 34(37), 115–138. <https://doi.org/10.18800/anthropologica.201602.005>
- PET (Proyecto Especial Tacna). 2006. La Yarada en Emergencia. Tacna: Dirección de Estudios.
- Pino, E., Tacora P., Steenken A., Alfaro L., Valle A., Chávarri E., y Mejía J. 2017. Efecto de las características ambientales y geológicas sobre la calidad del agua en la cuenca del río Caplina, Tacna, Perú. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 08(06), 77–99. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-06-06>
- Pino V., E., Chávarri V. E., y Ramos F. L. 2018. Crisis de gobernanza y gobernabilidad y sus implicancias en el uso inadecuado del agua subterránea, caso acuífero costero de La Yarada, Tacna, Perú. *Idesia (Arica)*, 36(3), 75–85. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292018005001301>
- Pino V., Edwin, y Coarita A. Fátima. 2018. Caracterización hidrogeológica para determinar el deterioro de la calidad del agua en el acuífero La Yarada media. *Revista de Investigaciones Altoandinas -Journal of High Andean Research*, 20(4), 477–490. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.424>
- Rivera S., Luis. (2018). La agencia de los pozos subterráneos y la geografía histórica del distrito La Yarada-Los Palos, Tacna. Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/12327>
- Rodríguez C., L. 2010. Reseña de «El gobierno de los bienes comunes. la evolución de las instituciones de acción colectiva» de Ostrom, Elinor. *Revista Pueblos y Fronteras Digital*, 6(10), 363-375.
- Smith, R. C., y Pinedo D. (eds). 2002. *El cuidado de los bienes comunes: gobierno y manejo de los lagos y bosques en la Amazonía* (1. ed). Lima: Inst. de Estudios Peruanos.