



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

El estado actual y futuro del oro negro en Puno

Newton Machaca¹, Sofia Benavente²

^{1,2} Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

RESUMEN

El Altiplano es una cuenca inter-montañosa compleja estructurada por tectónica de corrimiento (Rochat et al., 1998; Rochat, 2002), con un potencial petrolífero probado como lo mostró la producción del campo Pirin (37.7 °API) en el borde septentrional del Lago Titicaca. El área de estudio, ubicada dentro del departamento de Puno, involucra el lote petrolero 105 con contrato en fuerza mayor de la empresa Antilles Oil & Gas NL, por motivos de índole social

La cuenca del Altiplano, en el Perú conocida como la Cuenca Titicaca, se prolonga hacia los países de Bolivia, Chile y Argentina, ésta ha sufrido eventos geodinámicos que han condicionado su morfología actual siendo los más importantes los del Cretáceo Superior-Paleógeno a la actualidad. A pesar de la presencia de seeps de hidrocarburos en el área, los que certifican la presencia de un sistema petrolero activo; el análisis estratigráfico y estructural tiene serias deficiencias, lo que dificulta la comprensión integral del mismo. Los objetivos del presente estudio son: describir las características hidrocarburíferas de los afloramientos, describir las características de las rocas generadoras y describir las características de las rocas sello en la cuenca. Este estudio pretende también contribuir al conocimiento de los aspectos socioeconómicos, políticos. Los resultados del estudio muestran en base a los principios del análisis de cuencas, que en el altiplano tanto la gobernabilidad como la sostenibilidad de los recursos hidrocarburíferos se encuentran en crisis, frente a esta realidad existen alternativas para implementar nuevos sistemas de exploración, tanto para disminuir la contamina-

ción ambiental como para reducir la extrema pobreza de los pobladores de la zona. En el pasado las condiciones de vertido directo de aguas formacionales que iban directamente al Lago Titicaca, el presente con los pozos abandonados técnicamente pero con suelos salinizados, se espera en un futuro no muy lejano hacer una recuperación de los suelos, del petróleo y gas presente en la cuenca.

Palabras clave: *Sistema activo de petróleo y gas, cuenca, servicios ambientales*

ABSTRACT

The Altiplano is a complex inter-mountain basin structured by shifting tectonics (Rochat et al., 1998, Rochat, 2002), with proven oil potential as shown by the production of the Pirin field (37.7°API) at the northern edge of the Lake Titicaca. The study area, located within the department of Puno, involves the oil lot 105 with contract in force majeure of the company Antilles Oil & Gas NL, for social reasons

The basin of the Altiplano, in Peru known as the Titicaca Basin, extends to the countries of Bolivia, Chile and Argentina, this has undergone geodynamic events that have conditioned its current morphology being the most important the Upper Cretaceous-Paleogene to the present. In spite of the presence of hydrocarbon seeps in the area, those that certify the presence of an active oil system; The stratigraphic and structural analysis has serious deficiencies, which makes comprehensive comprehension of it difficult. The objectives of the present study are: to describe the hydrocarbon characteristics of the outcrops, to describe the characteristics of the generating rocks and to de-

scribe the characteristics of the seal rocks in the basin. This study also aims to contribute to the knowledge of socio-economic, political aspects. The results of the study show, based on the basin analysis principles, that in the highlands, both governability and the sustainability of hydrocarbon resources are in crisis, in the face of this reality there are alternatives to implement new exploration systems, both to reduce environmental pollution as to reduce the extreme poverty of the inhabitants of the area. In the past the conditions of direct discharge of formational waters that went directly to Lake Titicaca, the present with wells technically abandoned but with salinized soils, it is expected in the not too distant future to make a recovery of soils, oil and gas present in the basin.

Keywords: Active oil and gas system, basin, environmental services

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo: “El estado actual y futuro del oro negro en Puno”, considera la selección de metodologías adecuadas para propiciar soluciones a los problemas de la exploración de petróleo y gas en Pirín y alrededores, caracterizando geológicamente los afloramientos de petróleo y gas presentes en la zona.

Este trabajo es importante porque permite describir el potencial de recursos con los que se cuenta en la zona, las posibilidades de su exploración, explotación y recuperación.

Para realizar la presente investigación ha sido necesario revisar estudios anteriores relacionados o vinculados con el tema, con la finalidad de buscar sustanciales aportes al mismo, los más relevantes se mencionan a continuación.

La región donde se ubica el Lote 105, presenta exploraciones de hidrocarburos que se iniciaron en la zona de Pirín hace 130 años (aproximadamente con el inicio de las actividades petroleras en el noroeste del Perú), las que han manifestado cierto potencial que aún no ha sido explotado adecuadamente debido a diversos factores como falta de presupuesto, tecnología incipiente, saturación de agua de formación, etc. Salvo el caso relevante de la compañía americana Titicaca Oil que logró una producción récord de más de 280 mil barriles de petróleo. La referencia histórica así lo señala:

En el año 1875 la compañía Corocoro fue la primera empresa en efectuar un perfilaje, alcanzan-

do la profundidad de 599,7 pies. En esa ocasión, se atravesó un horizonte productivo, que produjo 52,6 barriles diarios. Este pozo fue entubado 98,4 pies con forros de 5” y los 501,3 pies restantes se derrumbaron por lo que se abandonó el pozo.

Luego, en 1876, un explorador llamado Fazzino efectuó un trabajo minero, abriendo galerías para la explotación del petróleo en Pirín. Este procedió a excavar un pique de 18 metros de profundidad y de 1,5 metros de diámetro, a una distancia de 150 metros al SE del pozo anteriormente perforado por la compañía Corocoro. A los 9 metros debajo de la superficie, se corrió una galería de 20 metros de largo y en el fondo del pique a 18 metros, otra galería de 40 metros; ambas en dirección al pozo anteriormente mencionado. No obstante, al derrumbarse la galería inferior, sólo se explotó el nivel superior donde el petróleo se producía con agua de formación, arrojando 02 galones diarios; producción insuficiente que motivó su abandono.

Después de 29 años en 1905, la compañía americana Titicaca Oil Co. realizó nuevas perforaciones en la zona. En 10 años, esta compañía perforó 10 pozos, de los cuales 7 mostraban una producción variable de 4 a 20 barriles por día. El horizonte productivo estuvo entre 131 y 394 pies de profundidad. Con la realización de nuevos perfilajes en cinco de estos pozos, en el primero se encontró un nuevo horizonte productivo a los 574 pies; este fue el pozo más profundo de esta compañía llegando a una profundidad de 755 pies.

Sin embargo, pese a que esta compañía logró producir 281 111 barriles de petróleo (siendo hasta la fecha la única empresa que logró producir cantidad apreciable de petróleo en la zona); la producción de agua de formación a fuerte presión ocasionó el abandono de estos pozos.

En 1917 la Sociedad de Petróleos España, de capitales chilenos, adquirió los derechos e instalaciones de la anterior compañía americana. Esta empresa perforó 5 pozos a profundidades comprendidas entre 170,6 y 410 pies. En tres de estos pozos se logró producir 497 barriles de petróleo.

En 1919 la compañía chilena suspendió todos los trabajos debido a la tensa relación entre Perú y Chile e incluso, esta compañía retiró los forros de producción de algunos pozos, lo que produjo la inundación del pozo petrolero con agua de formación. Así, en Septiembre de 1920, los pozos empezaron a producir agua de formación a fuerte

presión, con emanaciones de gas carbónico y sulfhídrico, hasta llegar a un WOR (relación agua petróleo) de 100.

En 1907 continúan las exploraciones en la zona de Corapata, cuando el "Sindicato Petrolero del Titicaca" se formó con la finalidad de explorar la Pampa Corapata. Aparentemente, hicieron dos perforaciones pero ante el fracaso de éstas por falta de capital, se suspendieron las labores sin obtener resultados positivos (Anónimo, 1924).

Entre los años 1922 y 1925 en la zona de Sorajacha, la Peruvian Corporation realizó otro intento de perforación en la cuenca del Titicaca, habiendo adquirido la concesión Bolognesi a una distancia de 2,5 Km. al sur del pueblo de Samán. Perforaron tres pozos, con resultados negativos.

Trabajos Posteriores: Entre los años 1939 y 1946, el Departamento de Petróleo, que dependía del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Ministerio de Fomento perforó trece pozos, previo informe de la Comisión Geológica de Puno realizado 2 años antes.

En tres perfilajes se encontraron indicios de petróleo y gas, pero solamente el pozo RH-2 resultó productivo. Tres de los trece pozos fueron ubicados en la antigua zona de Pirín, en la parte alta del monoclinial y los otros fueron perforados aproximadamente a dos kilómetros al sur, excepto el RH-13 que se encuentra ubicado en la Pampa Corapata (Cabrera la Rosa A., 1936).

En los años 1995 y 1996, la compañía rusa YUGANSK perforó 2 pozos en el yacimiento COATA de la cuenca Titicaca sin resultados positivos motivando el abandono del área.

El resultado de producción de estos pozos fue desfavorable, el error probable es la ubicación de los pozos porque se trabajó sin un planeamiento adecuado.

METODOLOGÍA:

1) Pesar 5 g de suelo secado al aire y tamizado por malla de abertura de 2 mm y transferirlo a un tubo de centrífuga de 50 ml. Agregar 33 ml de solución de acetato de amonio. Tapar y agitar en posición horizontal durante 10 minutos. Luego, centrifugar hasta que el líquido sobrenadante esté claro. Esto se logra fácilmente centrifugando a 2 500 rpm. Decantar el líquido en un matraz de 100 ml y repetir la extracción otras dos veces; aforar con acetato

de amonio y guardarlo para la posterior determinación de las bases intercambiables (solución A).

2) Agregar 30 ml de la solución de cloruro de amonio 1 N; agitar durante 10 minutos y luego centrifugar hasta que el líquido sobrenadante esté claro y desecharlo. Adicionar 30 ml de la solución de cloruro de amonio 0.25 N, agitar durante 10 minutos, centrifugar y desechar el sobrenadante. Lavar la muestra con porciones de alcohol de 30 ml agitando durante 10 minutos, centrifugar y eliminar el sobrenadante cada vez. El lavado termina cuando la prueba de cloruros en el decantado es negativa.

3) Prueba de cloruros: Pipetear 10 ml del sobrenadante alcohólico en un tubo de ensaye y agregar 4 o 5 gotas de nitrato de plata, si se observa un ligero precipitado blanco, la reacción es positiva y se debe continuar el lavado hasta que la prueba de cloruros sea negativa.

4) Reemplazar el amonio adsorbido con tres porciones de 33 ml de cloruro de sodio al 10%, agitando durante 10 minutos y centrifugando cada vez. Decantar cada reemplazo en un matraz volumétrico de 100 ml y completar al volumen. Determinar el amonio a partir de una alícuota de 10 ml, la cual se transfiere a un matraz Kjeldahl de 300 ml, se le agregan aproximadamente 8 ml de NaOH al 40% y se conecta al aparato de destilación microkjeldahl. Recoger el producto de la destilación en un matraz Erlenmeyer que contenga 10 ml de mezcla de indicador y ácido bórico. Determinar por Titulación con HCl 0.01N.

CÁLCULOS:

La capacidad de intercambio catiónico expresado en $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$ de suelo (CIC) se calculará de la forma siguiente:

$$\text{CIC} = (F) (V) (N).$$

En donde:

V = volumen (ml) de HCl empleado al titular lo destilado en la solución borrada.

N = normalidad del HCl; y

$$F = \frac{100}{\text{Alicuota}} \times \frac{100}{\text{Peso del suelo}}$$

Alicuota Peso del suelo

Si la alícuota = 10 ml y peso de suelo = 5 g, entonces $F = 200$.

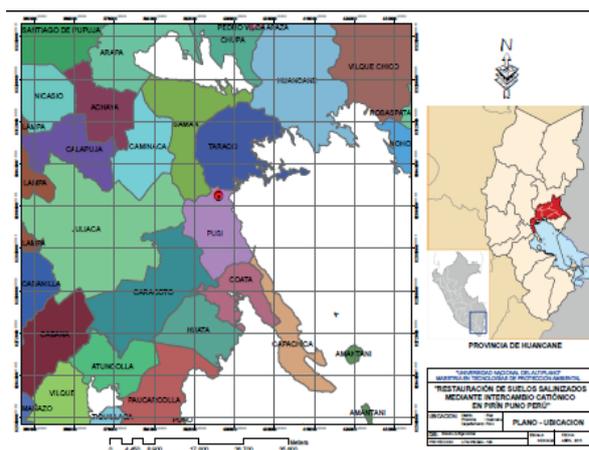


Figura 1. Mapa de ubicación

RESULTADOS

Según la clasificación de la USDA, el pH del suelo es alcalino.

La conductividad indica que el suelo es 2.8 mS/cm, lo cual indica una moderada concentración de sales.

Se observa un exceso de calcio, cloruros, sulfatos y sodio, esto representa alrededor del 80% del total de los cationes analizados y se encuentra en combinación directa con los cloruros, sulfatos y bicarbonatos encontrados en el suelo. Las concentraciones de calcio y magnesio se encuentran por encima de los requerimientos mínimos para un buen desarrollo radicular. La concentración de cloruros y sulfatos son tóxicas para el desarrollo de las plantas. El cloruro de sodio es el responsable de la dispersión de las arcillas lo que provoca el encostramiento superficial y problemas de permeabilidad al agua.

Los constituyentes superficiales activos de los suelos que tienen propiedades de intercambio de cationes se llaman en conjunto “complejo de intercambio”. La cantidad total de cationes intercambiables que un suelo puede retener se denomina “capacidad de intercambio catiónico” (CIC) y generalmente se expresa en miliequivalentes por 100 gramos de suelo.

A partir de la CIC se expresan las cantidades relativas de varios cationes intercambiables presentes en el suelo, como porcentaje de la capacidad de intercambio catiónico.

Como puede observarse el calcio y magnesio en el complejo de cambio ha desplazado al sodio generando los problemas de intoxicación que se

presentan visiblemente en el suelo. Por lo tanto se debe recuperar esa pérdida y a su vez lograr la disminución del PSI desde su valor actual del 50% hasta un porcentaje inferior al 15%.

Para que el suelo alcance su estado de saturación (capacidad de retención hídrica) y permita un mínimo volumen de lixiviado se requieren de grandes volúmenes de agua. Los tiempos para que la lámina de agua atraviese el perfil del suelo es de aproximadamente 10 días. Para el trabajo de campo se deberán tener en cuenta estos datos para no aplicar en una sola etapa grandes volúmenes de agua.

En los tres casos se logró disminuir el porcentaje de sodio intercambiable. La eficacia de la enmienda es mayor en la quinta columna ya que en ella el PSI es 8.68%, teniendo en cuenta que en esta columna se utilizó la totalidad de la enmienda calculada. En los lixiviados analizados se puede observar que existe una mayor concentración del catión Sodio, que es el que se desea reemplazar y que está asociado directamente a los sulfatos incorporados en la enmienda.

CONCLUSIONES

Se han identificado cuatro perfiles de suelo.

El suelo está compuesto por partículas areno arcillosas, en su mayor proporción se encuentran partículas de arcilla montmorillonítica.

Luego de realizada la enmienda química se observó un aumento en la velocidad de infiltración del suelo, lo que implica una mejoría de sus propiedades físicas.

Los agregados de suelo superficial presentan una estructura en forma de bloques, siendo los más pequeños de un tamaño comprendido entre los 5 y 10 mm de diámetro.

Las velocidades de infiltración del suelo son bajas.

Se puede utilizar y con un buen rendimiento el sulfato de calcio como enmienda química para restaurar este sitio específicamente.

El mejor rendimiento se obtiene con una menor granulometría del suelo.

La homogenización de la mezcla suelo yeso favorece la eficiencia de la enmienda química.

Se recomienda continuar haciendo pruebas utilizando carbonato de calcio

El petróleo de Pirín es un petróleo de 39° API (Instituto Americano de Petróleo). Los crudos muy densos o pesados tienen grado API por debajo de 20 y los crudos ligeros por encima de 26. El petróleo crudo de Pirín de color verdoso solidifica a 14° C y tienen un contenido de 0,08% de azufre (máximo permisible 2%). Debe verificarse dicho contenido porque al olfato el olor es intenso.

Se recomienda utilizar también azufre para poder establecer comparaciones de costos

Posteriores investigaciones pueden hacer variar sustancialmente las presentes conclusiones y recomendaciones.

Lixiviados (meq/l)	Columna 3	Columna 4
Sodio	145.8	164.4
Potasio	1.27	1.33
Calcio	28.9	33.7
Magnesio	4.9	5.5
Cloruros	45.48	51.25
Sulfatos	120.62	138.54
Carbonatos	N/C	N/C
En	12.1	13.91

Figura 2. Muestra como en los tres casos el % de sodio intercambiable disminuye notablemente.

Perfil	Color	Textura	Estructura
	Pardo rojizo hasta los 30 cm de profundidad	Arcillo arenoso	Laminar
	Marrón rojizo hasta el metro de profundidad	Areno arcilloso	En bloques maciza
	Amarillo anaranjado	Arenoso	Suelta
	Amarillo grisáceo	Arenoso	Compacta y dura

Figura 3. Características físicas del suelo.

REFERENCIAS

AHLERS, R. (2006).- Gobernabilidad del agua la importancia de la historia, el contexto y la política GIRH –Perú Modulo II, 2006.

Bernes y Ehlers(2009).Estudios magmáticos y geoquímicos en la Meseta Andina.

BOELEN, R. (2006).- Las **múltiples dimensiones de la valoración del agua en la Región Andina. En: agua y Servicios ambientales.** Edgar Isch, Ingo Gentes (editores). Quito: Abya-Yala, Camarén.

GERBRANDT B., et al (2004).- contaminación del Lago Titicaca y afluentes por mercurio y otros elementos pesados. Metalúrgica, Materiales y Soldadura, N° 1, pag. 34-39, junio, 2004.

INEI (2005).- Banco de información distrital. Información cartográfica y estadística del Perú. Sitio electrónico: www.inei.gob.pe;desa.inei.gob.pe/mapas/bid/

INGEMMET – DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL (2002).- Estudio de riesgo geológico Franja N° 2.bol. N° 27, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, mayo 2002.

INGEMMET – DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA ECONÓMICA Y PROSPECCIÓN MINERA (2002).- Estudio de recursos minerales Franja N° 2. Bol. N° 27, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, mayo 2002.

MONGE M. R. & MONTOYA P. C. (2003).- Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Huancané (31x), Moho (31-y) e Isla Soto (32-y). escala 1:100,000. 25. INGEMMET, Dirección de Geología Regional.

MONTANA TECH, the University of. Montana Butte, MT 59701. An investigation of Hg and heavy metal contamination due to mining in the Río Ramis/Lake Titicaca watershed, Perú. January 31, 2003.

MUJICA B. E. (1997).- La cuenca del norte del Titicaca y el manejo precolonial de la puna. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN) e Instituto Andino de Estudios Arqueológicos (INDEA). Sitio electrónico: www.condesan.org/e-foros/cdpp/cdpp69.htm-19k

- ONERN-CORPUNO (1985).- Programa de Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales del Departamento de Puno.
- Programa Mundial de evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) 2003 La cuenca del Lago Titicaca - Bolivia, Perú (WWDR1).
- PROYECTO ESPECIAL LAGO TITICACA (2001).- Niveles comparados del Lago Titicaca. Sistema de Información Geográfica – Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT). Sitio electrónico: www.pelt.org/lago_niveles
- RIVADENEIRA M. & BABY P., 1999 – La cuenca Oriente: Estilo tectónico, etapas de deformación y características geológicas de los principales campos de Petroproducción– *Institut de Recherche pour le Développement*, 88 p.
- Teves, C. (2016) Análisis estructural y sistema petrolero de la Cuenca Titicaca. Tesis Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Universidad Nacional de Ingeniería (2001).- Inventario de Minas Inactivas del Departamento de Puno. Ministerio de Energía y Minas: Proyecto de eliminación de Pasivos Ambientales, 2001. 12p.