



Contamination of Karstic Aquifers by Infiltration
of Milk Serum, Caseríos San Francisco, Florida
and Vigaspampa, Celendín – Cajamarca 2021

Luis Antonio Chavez Carranza,
Katherine Elizabeth Salazar Bustos, Daniel Alva Huamán and
Ricardo Portilla Castañeda

EasyChair preprints are intended for rapid
dissemination of research results and are
integrated with the rest of EasyChair.

March 5, 2022



Contamination of Karstic Aquifers by Infiltration of Milk Serum, Caseríos San Francisco, Florida and Vigaspampa, Celendín – Cajamarca 2021

Luis Antonio Chavez Carranza,
Katherine Elizabeth Salazar Bustos, Daniel Alva Huamán and
Ricardo Portilla Castañeda

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

February 16, 2022

Contamination of Karstic Aquifers by Infiltration of Milk Serum, Caseríos San Francisco, Florida and Vigaspampa, Celendín – Cajamarca 2021

Antonio Chavez, Ing¹, Katherine Salazar Ing¹, Daniel Alva, Ing¹, Ricardo Portilla, Ing¹

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. antoniochavezcarranza@gmail.com, daniel.alva@upn.edu.pe
miguel.portilla@upn.edu.pe, ytakt698@gmail.com

Abstract– The objective of the present investigation is to determine the level of contamination of the karstic aquifers by infiltration of whey in the San Francisco, Florida and Vigaspampa hamlets, Celendín province. Cajamarca, Peru 2021. For which the mapping of the study area was carried out, to determine the calcareous formations, as well as the elevation and/or depressions that favor the emanation of the springs, to later be complemented by the sampling of 3 springs specifically located in each hamlet, thus, to later carry out the physicochemical, chemical and biological analyzes of the samples sent to the laboratory. Later, with the database, the Easy Quim 4.0 Software was used to appreciate the graphs that show the polluting variations of the analyzed waters, using the Piper and/or Schoeller Diagram. Then, a comparison of the three test points was made, in order to be able to recognize the contamination of the groundwater, since the results obtained from the laboratory were evaluated, with the environmental quality standards (ECA) established by the Peruvian government in the Supreme Decree No. 004-2017-MINAM which establishes the national standards for the environmental quality of category A1 water in the Peruvian territory, in addition to the maximum permissible limits (LMP) DS No. 031-2010-SA for effluents of domestic wastewater, from the housing sector. In this way, the results were found with a contamination much greater than that provided by Peruvian laws, in environmental quality, taking into account the geology of the study area.

Key words: Infiltration, hydrology, contamination, whey.

Resumen– El objetivo de la presente investigación es determinar el nivel de contaminación de los acuíferos kársticos por infiltración de suero de leche en los caseríos San Francisco, Florida y Vigaspampa, provincia Celendín. Cajamarca, Perú 2021. Para lo cual se realizó el mapeo de la zona de estudio, para determinar las formaciones calcáreas, así como, la elevación y/o depresiones que favorecen a la emanación de los manantiales, para luego ser complementados por el muestreo de 3 manantiales ubicados específicamente en cada caserío, es así que, para realizarse posteriormente los análisis fisicoquímicos, químico y biológico de las muestras enviadas a laboratorio. Posteriormente con la base de datos, se procedió a utilizar el Software Easy Quim 4.0 para lograr apreciar las gráficas que muestren las variaciones contaminantes de las aguas analizadas, utilizando el Diagrama de Piper y/e Schoeller. Luego, se logró realizar una comparación de los tres puntos de muestreo, para así, poder reconocer la contaminación del agua subterránea, puesto que se evaluó los resultados obtenidos de laboratorio, con los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos por el gobierno peruano en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM el cual establece, los estándares nacionales de la calidad ambiental del agua de categoría A1 en el territorio peruano, además, de los límites máximos permisibles (LMP) DS N°031-2010-SA para efluentes de aguas residuales domésticas, del sector vivienda. De esta manera, se encontraron los resultados con una contaminación mucho mayor a lo dispuesto por las leyes peruanas, en calidad ambiental, tomando en consideración la geología de la zona de estudio.

Palabras clave: Infiltración, hidrogeología, contaminación, suero de leche.

I. INTRODUCCIÓN

El volumen total de agua subterránea dulce almacenado en la Tierra oscila el 96% del agua dulce no congelada, además el agua subterránea abastece casi el 50% del agua potable mundial y 43% de toda el agua utilizada para riego en la agricultura. Asimismo, desde los años 60's y desde diversas disciplinas surgen conceptos, metodologías y enfoques para la evaluación de la vulnerabilidad. [1]

Los acuíferos son una de las bases de suministro de consumo humano, estos son formaciones geológicas que almacenan, actúan como depósito y reserva, por lo que son de suma importancia tanto para un presente como para un futuro del agua. [2 - 13]

Por consiguiente, si el suero de leche es descargado en roca o suelos, puede llegar a filtrarse hasta las aguas freáticas, convirtiéndose en una amenaza para la salud de los animales y humanos, además de ello, cambia la composición química del agua, llegando a perturbar los organismos en el subsuelo, de

debido a los procesos biológicos, perturbando de una manera muy peligrosa, con respecto a la contaminación. [3 - 12]

El agua residual proveniente de agroindustrias se caracteriza por tener una elevada Demanda Química de Oxígeno (DQO). Estas son generadas por residencias, instituciones, locales comerciales e industriales. La evaluación de la calidad de agua se lleva a cabo utilizando tres indicadores: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST). [4]

La descarga de cualquier compuesto con una alta demanda bioquímica de oxígeno, como el suero de leche, logra ser vertido en cualquier sistema ecológico acuático como acuíferos, los macroorganismos que lo degradan necesitan una gran cantidad del oxígeno disuelto, y si la cantidad baja significativamente, se produce olores fétidos por putrefacción, lo que provoca la muerte por la alta demanda de contaminación de los ecosistemas, es por ello, que el problema radica en que por cada 1000 litros de suero, se compara con las aguas residuales producidas en un día por 500 personas. [5 - 17]

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Programa de muestreo

Con el cartografiado geológico de la zona de estudio, se elaboraron distintos mapas (topográfico, geológico, geomorfológico, satelital) para así, delimitar la presencia de manantiales. Es así que, se procedió a realizar en campo a identificar los efluentes de agua subterránea (Acuífero) así como, el suero de leche procesado en las platas queseras. Identificado, los manantiales, el muestreo se realiza en equipos proporcionados por laboratorio, en los cuáles se encontrará los parámetros físico-químicos, químicos y/o biológicos para posteriormente, ser procesadas en el S-Quim 4.0.

B. Trabajo de campo

En esta etapa, se contempló, el cartografiado geológico, en los caseríos de Vigaspampa, San Francisco y la Florida a una escala determinada de 1/20 000 para lograr incluir los acuíferos kársticos en la zona, presentes en la zona; además de ello, se contempla la delimitación de estructuras primarias y/o secundarias, litología, ubicación de los efluentes de suero de leche, así mismo, los sumideros existentes; ello permitió realizar con mucho mejor detalle la investigación.

C. Trabajo en Laboratorio

Las muestras recolectadas en campo, se enviaron a laboratorio en el menor tiempo posible, para lograr una buena determinación de los parámetros. En el caso del agua contaminada (agua + suero de leche) se debe visualizar los parámetros: Temperatura, turbidez, pH, conductividad, aniones, cationes, bacterias, así mismo, en base investigaciones, se debe muestrear la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

D. Trabajo de gabinete Post – campo

Es así que, con la data proporcionada por laboratorio, se procederá a encontrar, el diagrama de Piper, Schoeller Berkaloft, Stiff, Stabler, Simulation pH, Korjinski, entre otros, utilizando el software Diagrammes, de los cuales se obtendrán o se simularán los parámetros, los cuales permitirán realizar una mejor interpretación de los resultados.

II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. GEOLOGÍA

La Geología Regional donde está ubicado el proyecto, se encuentra relacionado a unidades litológicas principales del Cretáceo Inferior hasta el Cretáceo Superior, encontrándose además de ello, rocas intrusivas, es así que, se mencionan las principales, como la formación Celendín aflora en la provincia del mismo nombre, generando alrededor de todo su territorio, un relieve de hondonadas y terrenos bajos caracterizados por tonos amarillentos y marrones producidos por intemperismo, además de ello, se presenta la formación Cajamarca, compuesta por 100 a 400 m aprox. de calizas, formando escarpes o lomos prominentes de color blanquecino a gris claro, en cambio la formación Carhuaz, representa en su mayoría un depósito continental, acumulado en el Miogeosinclinal peruano durante el Neocomiano y Aptiano, correlacionándose con depósitos clásticos de edad similar, del resto de los andes peruanos,

El lactosuero es un subproducto resultante de la precipitación y separación de la caseína de la leche durante la fabricación del queso (Muñoz, 2015, pág. 6). Incluso es la fracción de leche de cualquier especie animal que representa alrededor del 85% - 95% del volumen de leche y retiene el 55% de sus nutrientes; su composición se basa en lactosa del 70% - 80%, proteínas 9%, minerales del 8% - 20%, además posee lípidos, ácidos lácteos, cítricos y compuestos nitrogenados. [6]

Un litro de leche equivale a un aporte de DBO de 110.000 mg/L y de DQO de 220.000 mg/L. De manera similar, el aporte de un litro de suero a la DQO es de aproximadamente 60.000 mg/L. [7]

En el norte del Perú, debido a la concentración de rocas kársticas, que almacenan agua, están siendo utilizadas como tiraderos, de las diferentes industrias que existen, esto afectando considerablemente a los acueductos subterráneos, tales contaminantes, son vertidos por sumideros calcáreos, los cuales sirven como pasaje, para el transporte de cualquier material. [8]

En este sentido, en las zonas de Perú, aproximadamente el 48% de las aguas residuales reciben tratamiento y lo restante es vertido al mar, ríos o lagos y en un nivel más local, en la región Cajamarca, una de las actividades económicamente más significativas que tradicionalmente la han identificado es la producción de leche. [9]

El lactosuero viene siendo evacuado, sin tratamiento alguno a los ríos, aguas subterráneas y al alcantarillado de la ciudad de Cajamarca. Por lo que, de los 1100 litros de leche fresca bovina procesada en la elaboración del queso, se ha calculado que genera un aproximado de 990 litros de lactosuero como residuo por cada día, además de que contiene una carga orgánica muy elevada (DQO aproximadamente de 60.000 mg/l). [10]

El desarrollo de esta investigación permitirá determinar el nivel de contaminación de los acuíferos kársticos por infiltración del suero de leche en los caseríos San Francisco, Florida y Vigaspampa – Celendín – Cajamarca determinando así, el porcentaje de pH, aniones, cationes y metales totales presentes en el agua, entre otros, y así poder comparar con los valores LMP y ECAS para el agua realizando una evaluación más minuciosa.



Figura 1. Plano de satelital y de ubicación de la zona de estudio

además de otras formaciones geológicas, que constituyen la región Cajamarca.

La Geología Local de la zona de estudio está conformado principalmente por las formaciones Chulec, presentándose en un 75% en el caserío de “Vigaspampa” compuesta por una secuencia de calizas y margas color pardo, intercaladas con niveles de lutitas calcáreas, con un potencial general de 200 metros coloración amarillentas, esto debido a la erosión e intemperismo, debido a las pendientes, la geología forma quebradas, en temporadas, de lluvias, cierta cantidad de agua, llega a los sumideros calcáreos, pertenecientes al Grupo Quilquiñán, constando de calizas margosas, de grano fino, medio a grueso, de color gris amarillento, además, de ello las calizas presentan venillas de calcita, con una sucesión de limolitas. En el caserío “San Francisco” y “La Florida” la formación Cajamarca se presenta un 90% del territorio consistiendo de calizas gris oscuras a azuladas con delgadas intercalaciones de arcillitas y margas de los mismos colores, presentando estratos de 60 cm, es así que, en la parte media se presentan estratos con un promedio de 100 cm intercalándose en el techo con margas.

Geomorfológicamente los tres caseríos, en las que se encuentra la zona de estudio, presentan las principales unidades características, que pueden controlar la inclinación del terreno, y por lo cual existe la presencia de manantiales, como: Montañas: Constituyen toda la zona de estudio, debido a que la altura promedio es de 3500 m.s.n.m con pendientes, desde los 25°.

Valles: En la pampa “San Francisco” perteneciente al caserío “San Francisco” se constituye de depósitos coluviales formados por gravas, arenas y arcillas se encuentra en un rango de 8-10°;

Escarpes: Muy común, este tipo de topografía accidentada, conformada por pendientes no menor a 15°.

Planicies: Presentes en el caserío “La Florida” y “Vigaspampa” con pendiente dominantes desde los 8°-18°.

Colinas: Pequeños relieves ondulados, con cerros de muy poca elevación no mayor 500 metros, con una inclinación general de 20-50° de pendiente.

Geología Estructural: Gran presencia de estructuras geológicas, los cuales han sido originadas, por fuerzas comprensivas e extensivas, efectuadas durante el levantamiento de los andes siendo estas estructuras bien desarrolladas por la gran presencia de una falla de control mineralizante (Falla Punrre).

Los caseríos de “San Francisco – La Florida – Vigaspampa” se encuentran en la gran falla de rumbo inverso “El Punrre”, el cual controla a la vez pequeñas fallas normales e inversas, en la formación Cajamarca, es por medio, a la intersección de las fallas se produce la infiltración de agua en los tres caseríos originando la infiltración del agua. Es así que, la fuente del acuífero principal es el Grupo Quilquiñán, la que se encuentra en la intersección de la gran falla del “Punrre” la cual, a la vez, concentra los sumideros calcáreos de las formaciones kársticas:

Cajamarca, Quilquiñán – Mujarrum y el Grupo Pulluicana siendo las tres últimas formaciones calcáreas, aflorando como “manantiales”.



Figura 2. Falla el “Punrre” ubicada en los caseríos “Vigaspampa” y “La Florida”

Los pliegues se observan de una mejor manera y con un control estructural muy evidenciado en el caserío “San Francisco” y “la Florida” presentándose un pliegue de tipo Sinclinal, en base al buzamiento de 48°.



Figura 3. Plegamiento ubicado en el caserío “San Francisco” y la “La Florida”.

El área de alimentación y recarga constituye el caserío de “El Milagro” por medio de sumideros calcáreos, los cuales se concentran, por las fallas, con los estratos permeables, las areniscas de la Formación Inca y Farrat, siendo las responsables de la infiltración, para el manantial M-01. Para el manantial M-02/M-03 la infiltración se genera en el Grupo Quilquiñán, apoyado por la falla “Punrre”. Para que se produzca la infiltración del agua se debe principalmente a las fallas y las unidades litológicas, en este caso existe una falla principal, la cual posee a la vez fallas de menor proporción que alimentas los acuíferos kársticos, y los afloramientos del agua subterráneas. Gp. Pulluicana Sm. Calcáreo Sinclinal SW NE 48 ° SE NW

B. HIDROLOGÍA

Hidrológicamente la zona de mayor recarga está constituida los drenajes, por donde discurre las aguas pluviales, en las estaciones lluviosas.

La zona de recarga se aprecia en la Formación Inca ubicada en el caserío “La Honda” y el “Milagro” la cual posee una mayor elevación mucho más alta favorece la recarga, para el manantial de “Vigaspampa” emplazado en la formación Pulluicana.



Figura 4. Perfil de elevación interceptando los dos puntos de muestreo (M-01)

El caserío de “Vigaspampa” se encuentra a 250 metros por encima, de los caseríos “La Florida” y “San Francisco” constituyendo la zona de recarga (sumidero calcáreo).

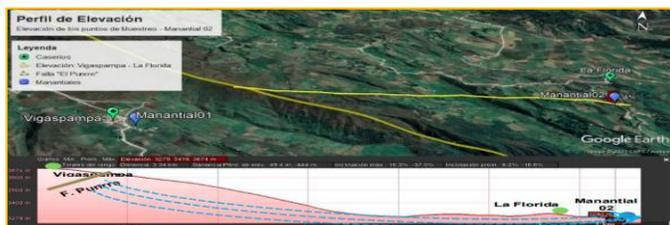


Figura 5. Perfil de elevación de los dos puntos de muestreo (M-02).

En este sentido, el manantial de la “Florida” y “San Francisco” se encuentra emplazados en la formación Cajamarca, favorecida por la gran falla del “Punre” haciendo posible la infiltración del agua.



Figura 6. Perfil de elevación interceptando los dos puntos de muestreo (M-03).

C. HIDROGEOLOGÍA

La elaboración de los distintos perfiles de elevación y/e geológicos se mostrará de una mejor manera, que el agua, tiene un recorrido de varios kilómetros, además debido a la altitud, en las zonas de recarga, que constituyen los sumideros calcáreos,

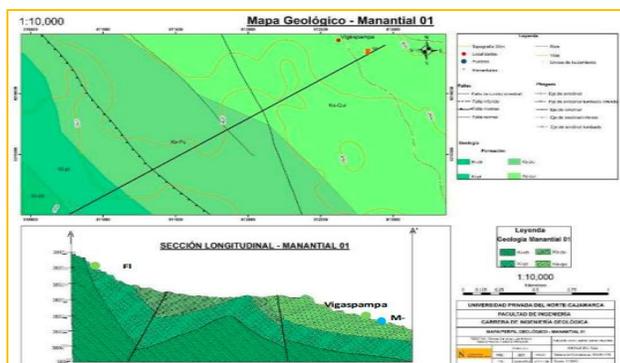


Figura 7. Mapa y Sección Geológica (M-01).

El Manantial 01 el cual se encuentra en el caserío de “Vigaspampa”, se puede apreciar la formación Chulec, se presenta en el caserío “La Honda” y “El Milagro” con la presencia de sumideros calcáreos.

Esto significa, que para el caserío de “Vigaspampa” se tiene un acuífero moderadamente productivo, con una capacidad media de almacenar y transmitir el agua.

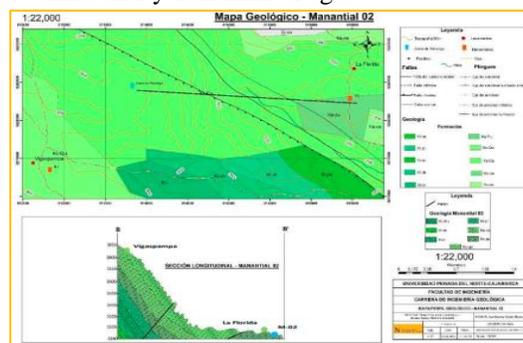


Figura 8. Sección y Perfil Geológico (M-02)

Para el caserío de “La Florida”; con la elaboración de la sección longitudinal del manantial 02, se puede apreciar, una topografía accidentada, siendo la geología y las estructuras, protagonistas, de la recarga del acuífero kárstico, en este sentido, se menciona las siguientes formaciones de manera apreciable en superficie; Cajamarca se puede observar en las partes altas del caserío de “Vigaspampa” en plena intersección con la gran Falla “El Punre”; Pulluicana, constituyendo las 2/4 del caserío “La Florida” y la presencia del manantial presentando calizas margasos, de grano medio a fino.

Es así que, debido a esta gran falla, logra en gran medida favorecer la infiltración que se genera en el caserío de “Vigaspampa” en los sumideros calcáreos, hasta “La Florida” con un recorrido promedio de la mezcla del agua y el suero de leche de 3.3 km hasta el manantial del Grupo Pulluicana.

Se puede interpretar, que para el caserío de “La Florida” se tiene un acuífero de capacidad media-alta de transmitir y almacenar el agua subterránea.

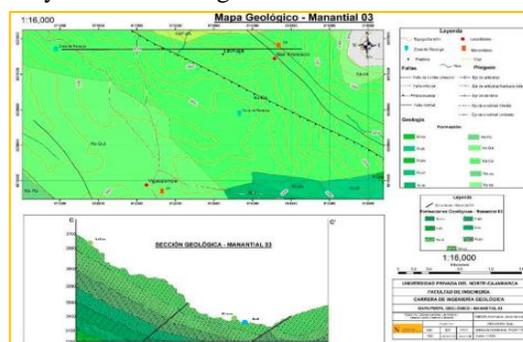


Figura 9. Perfil y Sección Geológica (M-03).

Al igual, que para el caserío de “La Florida” en “San Francisco” la geología superficial, que se aprecia a simple vista corresponde a la formación Cajamarca, además de la presencia del manantial en este territorio, dicha geología constituye las 3/4 de la “Florida”, es así que, las demás formaciones geológicas, se

aprecian a medida que se baja de altitud, hasta la “pampa San Francisco” con dirección SE y “La Hacienda” con dirección NE del caserío.

Además, el control estructural obedece a la gran falla regional “El Punrre” en donde se genera la infiltración, hasta el manantial que se encuentra en el caserío “San Francisco” con una distancia promedio de 2.5 km. El acuífero presenta una susceptibilidad baja con una capacidad alta-media de transmitir el agua.

D. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para el análisis e interpretación de las muestras obtenidas de los resultados del Laboratorio Regional del Agua se procesarán los datos en el software Easy Quim 4.0 para poder interpretar cada grafico que se obtenga en el programa.

Diagrama de Piper: En base al diagrama, se puede observar, en el triángulo de cationes, los tres manantiales presentan una elevada concentración de calcio, esto se debe a la presencia de calizas de las diferentes formaciones geológicas que conforman los tres caseríos. Por consiguiente, en el triángulo de aniones el manantial M-02 y M-03 presenta un alto valor de ion cloruro e intermedio ion sulfatado, lo que hace interpretar, que el ion cloruro se debe a alto contenido de sal que se emplea para la fabricación del queso, lo cual se obtiene un suero de leche alto en contenido de ion cloruro, además de ello, el sulfato se debe a la presencia de calizas, con intercalaciones de lutitas y margas, perteneciente a la formación Cajamarca y Grupo Quilquiñan, del Cretáceo Superior, en los caserío “La Florida” y “San Francisco”.

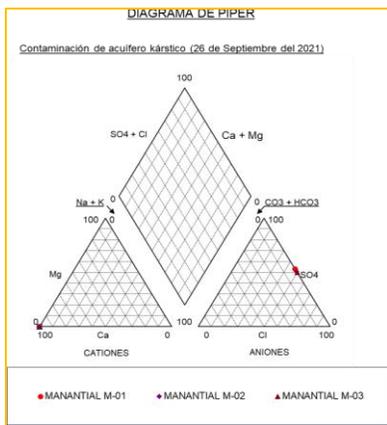


Figura 11. Diagrama de Piper de las muestras analizadas.

Para el manantial M-01 el cual se encuentra en el caserío “Vigaspampa” presenta un valor de 50-55% del ion sulfato, esto en gran medida al Grupo Quilquiñan, esto se debe a que el agua posiblemente transcurra por las calizas, margas, además de ello, que, en base a varios estudios, es común encontrar valores intermedios-altos de sulfato en el agua subterránea. Teniendo en cuenta, el resultado de los dos triángulos el agua de los manantiales M-02 y M-03 es Clorurada. Sin embargo, el agua de la muestra M-01 corresponde a sulfatada y/o clorurada cálcica.

Diagrama de Schoeller: En el gráfico, se puede observar los valores de los aniones y cationes, teniendo en cuenta la escala logarítmica, en donde se puede observar que las tres muestras de agua poseen una mayor concentración de cloro y sulfato, tomando la consideración de que las muestras fueron tomadas el mismo día (26 de septiembre del 2021) con diferencias de una hora, entre cada muestra, lo que hace interpretar, que los valores que se observan se debe principalmente al ambiente geológico, donde se encuentren estas y al largo recorrido que posee, desde la fuente hasta la surgencia en cada caserío.

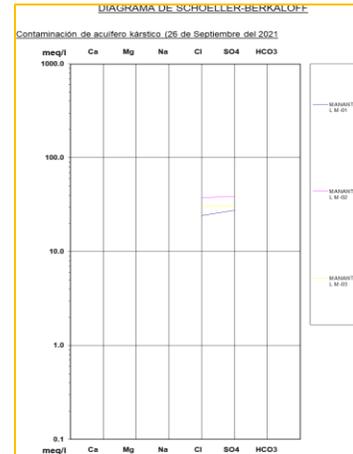


Figura 12. Diagrama de Schoeller-Berkaloff de las muestras analizadas.

E. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez, obtenido los resultados, se procedió a realizar una comparación, de los tres puntos de muestreo, para así, poder reconocer la contaminación del agua subterránea, debido al suero de leche, y así garantizar la calidad del agua, puesto, que se evaluó los resultados obtenido teniendo, en cuenta los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos por el gobierno peruano en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM el cual establece, los estándares nacionales de la calidad ambiental del agua de categoría A1 en el territorio peruano, además, de los límites máximos permisibles (LMP) DS N°031-2010-SA para efluentes de aguas residuales domésticas, del sector vivienda.

Sólidos Disueltos Totales: La presencia de sólidos disueltos totales en el manantial M-01 es de 2208 mg/L mientras que el manantial M-02 oscila en 1312 mg/L y finalmente el manantial M-03 es de 1188 mg/L, los tres manantiales no se encuentran dentro del límite permisible y/e ECA que es de 1000 mg/L.

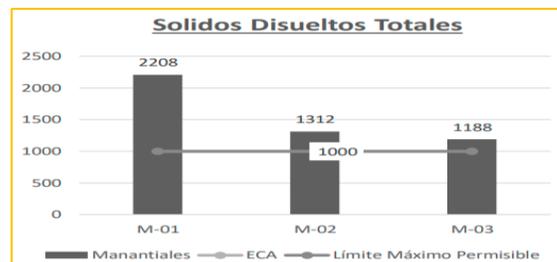


Figura 13. Comparación Sólidos Disueltos Totales.

Como se observa en la gráfica el manantial M-01 ubicado en el caserío “Vigaspampa” presenta mayor cantidad debido a que el suero, que se logra infiltrar en el caserío “El Milagro” proviene de 2 plantas queseras, por ello, el queso a poseer una mayor salinidad, además de una gran cantidad de sustancias disueltas como los sólidos no utilizados en la elaboración de queso, presenta mayor valor. Para el manantial M-02 ubicado en “La Florida” también está por encima del límite máximo permisible, esto, a que el agua esta mezclado con el suero de leche, conteniendo de esta manera gran cantidad de sustancias disueltas (solidos) además, de que la zona de recarga, que se genera en el caserío de “Vigaspampa” hasta la “Florida” tiene una distancia recorrida por el agua de 3.3 km adquiriendo, en el transcurso una mayor cantidad de minerales.

El manantial M-03 ubicado en el caserío de “San Francisco” también sobrepasa el valor máximo permisible, pero en menor valor a los dos primero manantiales, esto se debe a que la distancia recorrida del manantial es de 2.45 km, lo que produce, en el transcurso esta agua adquiera minerales, debido al contacto con diferentes tipos de rocas, sin embargo, el valor es mucho menor al manantial M-02; además de ello, que en la zona de recarga, el suero de leche que logra verter, posee una menor cantidad.

Potencial de Hidrógeno (pH): En base al gráfico, los valores del pH de los tres manantiales, no se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (6.5 pH como mínimo y 8.5 pH como máximo), esto se debe a la mezcla del agua subterránea con el suero de leche, favoreciendo la mezcla de estas dos sustancias liquidas el recorrido, obteniendo de las tres muestras un pH acido. Encontrándose el lactorusero acido con un pH < 4.5. Teniendo un pH de 1.86 para el manantial M-01 y 1.83 para M-02/M-03.

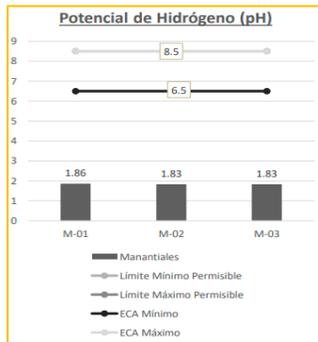


Figura 14. Comparación de Potencial de Hidrógeno.

Fluoruros: Las tres muestras de agua, se encuentran dentro del LMP y ECA siendo 1.5 mg/L. Los valores mínimos de las tres aguas, está relacionado con la mayor presencia del suero de leche, es así que, a mayor presencia de suero de leche por encima del agua subterránea, mucho menores serán los valores del ion fluoruro.

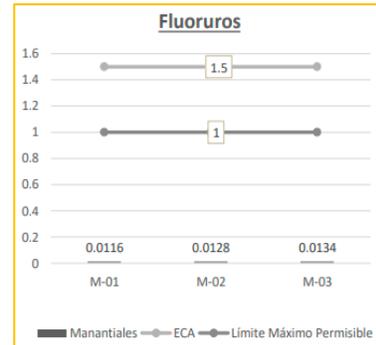


Figura 15. Comparación del Fluoruro.

Cloruros: En base a la figura, se puede observar, que las muestras de agua, sobrepasan, en mayor cantidad, el límite máximo permisible, así como, los estándares de calidad ambiental, que es de 250 mg/L, dando mayor relevancia a la hipótesis de que el suero de leche, generalmente oscila los 1100 mg/L.

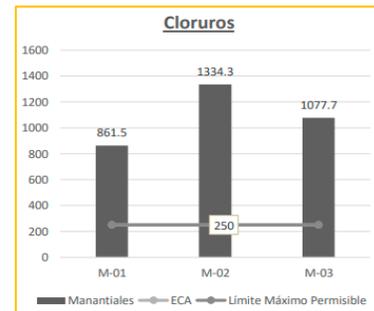


Figura 16. Comparación del Cloruro.

Los valores altos, se debe a que son aguas contaminadas (agua subterránea + suero de leche) en ese sentido, se menciona que, para poder elaborar el queso, se utiliza una cantidad de 200 – 100 gramos de sal; es por ello, que el suero de leche contiene sales, generando valores mayores en las muestras de los manantiales.

Nitrato: Las tres muestras de agua, se encuentran dentro de ECA y LMP, que es de 3 mg/L, según los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua.

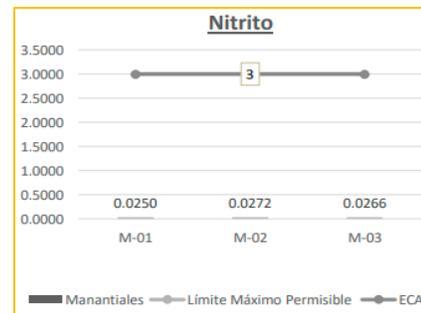


Figura 17. Comparación del Nitrato.

Los valores menores, está relacionado con el pH de los manantiales.

Bromuros: En base a la figura, se puede observar, que los valores de dichas muestras de aguas, sobrepasan el límite

máximo permisible y estándares de calidad ambiental de 0.5 mg/L; esto en gran medida, a que la zona al ser agrícola, los pobladores utilizan fertilizantes para la cosecha de sus alimentos, estos al mezclarse con el agua de lluvia, llegan a filtrarse hacia el subsuelo, lo que produce contaminación, además, esto se ve apoyado por el vertimiento del suero de leche, por parte de las plantas queseras, a los sumideros calcáreos.

Es así que, para el manantial M-01 tiene una menor concentración, esto se debe, a que la población del caserío, utiliza en menor cantidad el uso de fertilizantes para la cosecha de sus alimentos, pero, aun así, el valor es mucho mayor al límite máximo permisible, debiéndose principalmente al suero de leche; el manantial M-02 se debe, a que, los fertilizantes que son utilizados en el caserío “La florida” se emplean de manera inconsciente por parte de la población, además, que las filtraciones que se generan por el suero de leche son mucho mayores, finalmente el manantial M-03 que se encuentra en el caserío “San Francisco” tiene valores similares a los del M-02 pero en menor cantidad, esto a que, en la zona de recarga, el lactosuero que se logra filtrar en los sumideros calcáreos es menor al resto de caseríos.

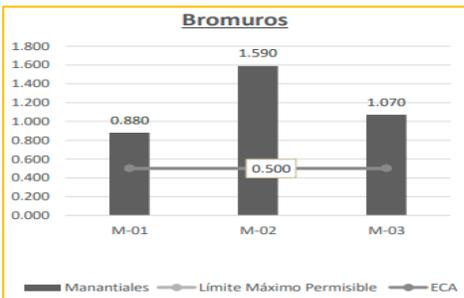


Figura 18. Comparación del Bromuro.

Nitratos: La presencia de nitratos en el manantial M-01 es de 1.800 mg/L, de M-02 de 12.610 mg/L, mientras que la del manantial M-03 es de 1.680 mg/L. Las tres muestras se encuentran dentro los LMP y ECA que es de 50 mg/L.

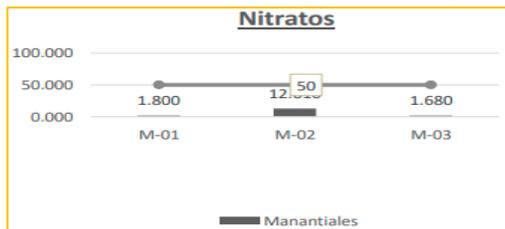


Figura 19. Comparación del Nitrato.

El valor más alto lo tiene el manantial M-02 como se observa en la figura, esto a que posee la mayor distancia de recorrido del agua subterránea, el transcurso del agua genera disolución de las rocas y minerales, además, de que el suero al ser altamente contaminante, genera descomposición de materia vegetal de la zona aledaña.

Sulfatos: Se puede apreciar, en la figura, valores muy altos, con respecto al LMP y ECA que es 250 mg/L. Siendo la presencia en el manantial M-01 de 1323.6 mg/L, 1863 mg/L para el manantial M-02 y para el manantial M-03 de 1458.5 mg/L.

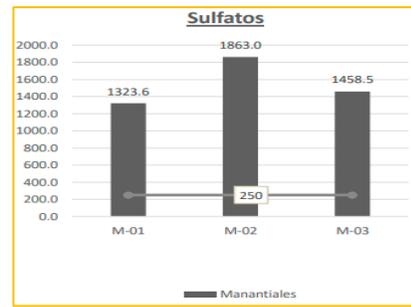


Figura 20. Comparación del Sulfato.

El valor alto del manantial M-02 radica en que la infiltración del suero de leche es mucho mayor, al de los dos manantiales, en gran parte al ser un agua contaminada por suero de leche.

Fosfatos: Los valores muy altos del ion fosfato, en los tres manantiales, radica en el agua contaminada, siendo mayor a los estándares de calidad ambiental y al límite máximo permisible que es de 0.1 mg/L.

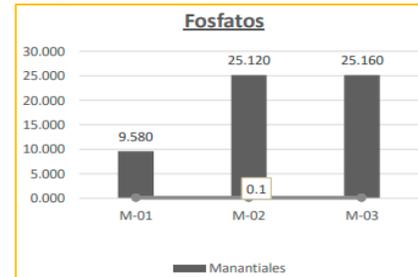


Figura 21: Comparación del Fosfato.

En el manantial M-01 posee un valor de 9.580 mg/L siendo menor, al de los manantiales M-02 y M-03 con 25.120 – 25.160 mg/L respectivamente, lo que hace suponer que la cantidad excesiva, induce al crecimiento desmesurado de algas y otros organismos, lo que provoca la eutrofización de las aguas, al morir los vegetales y ser descompuestos, se agota el oxígeno, lo que se traduce a un agua maloliente, precisamente esta agua se encuentra en los dos ultimo manantiales en mayor cantidad.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Como se observa en la figura la demanda química de oxígeno de los manantiales M-01 es de 2172.2 mg/L, del manantial M-02 oscila en los 4601.0 mg/L, mientras que del manantial M-03 es de 3143.7 mg/L.

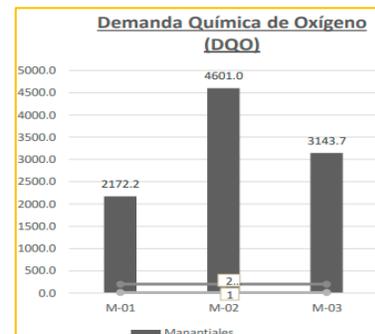


Figura 22. Comparación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Las tres muestras sobrepasan el límite máximo permisible, que es de 10 mg/L, además de los estándares de calidad ambiental (ECA) de un valor 200 mg/L; lo que indica, un alto grado de materia orgánica susceptible a oxidarse químicamente, especialmente en el manantial M-02/M-03. El valor alto en el manantial M-02 se debe a que, el suero infiltrado es mucho mayor.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): En las tres muestras el valor de la demanda bioquímica de oxígeno, sobrepasa el límite máximo permisible (3 mg/L) y los estándares de calidad ambiental (ECA) de 100 mg/L esto indica que obviamente existe contaminación en los tres manantiales, en mayor medida por la gran cantidad de materia susceptible a consumirse u oxidarse, por las bacterias presente en las muestras.

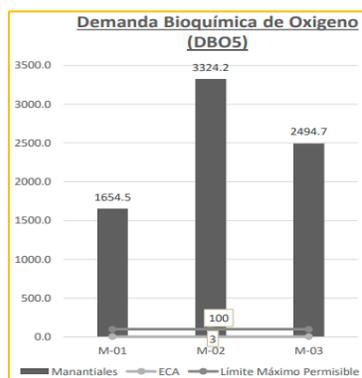


Figura 23. Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).

Parecido, a la demanda química de oxígeno, la muestra que presenta mayor cantidad es la M-02 que se encuentra en el caserío de “San Francisco” con un valor de 3324.2 mg/L en gran medida a la mayor cantidad de suero que se infiltra en la zona de recarga, a través, de los sumideros calcáreos, y apoyado por a distancia que recorre el agua contaminada.

F. DISCUSIÓN

La recomendación principal que se sugiere, es que la Autoridad Nacional del Agua, tome en cuenta fiscalizar los tres caseríos, ya que, en base a los resultados se puede notar una muy alta contaminación, además de ello, que las plantas queseras, no desechen el suero de leche, a los sumideros calcáreos, si no, busquen una alternativa de solución, para ese líquido contaminante, como, servir de alimentación para animales porcinos, o también, dicho suero pase por una etapa de filtración, y así poder disminuir los sólidos. Además de ello, se recomienda realizar un estudio más a detalle y así modelar los acuíferos, y observar, a que otros lugares el contaminante puede llegar a emanar, a parte se recomienda, ejecutar más puntos de muestreo en diferentes zonas, y así poder identificar otros puntos de recarga de los manantiales, y evaluar mucho más los parámetros físico-químicos, biológicos y químicos del agua. Finalmente se recomienda realizar un estudio espeleológico, para determinar cómo influye la contaminación en la formación de las rocas calizas.

En nuestra investigación, los valores del DQO y DBO están por encima de los límites establecidos por Decreto Supremo N°004- 2017-MINAM de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. A partir del estudio geológico, se menciona, que las características geológicas de la zona de estudio, controla las infiltraciones, que se da en cada punto de recarga, es así que, para el acuífero M-01 la infiltración está controlada por la formación Chulec, que se encuentra en el caserío “El Milagro” conformado por calizas y margas de color pardo; en cambio para los acuíferos M-02 y M-03 cada zona de infiltración, esta generalmente dominada por el Grupo Pullucana, constando de calizas margosas, formando sumideros calcáreos en el caserío de “Vigaspampa”.

Aparte de ello, se menciona, que un factor clave, para la infiltración del suero de leche, por medio de los sumideros calcáreos, para los manantiales M-02/M-03 es la presencia de la gran falla “El Punre” presente en el caserío de “Vigaspampa” perteneciente Grupo Quiquiñán, esta se interseca con fallas menores de dirección NW dando lugar a la infiltración de dichos manantiales. En base a las características hidrogeológicas, el manantial M01 posee un acuífera moderadamente productivo, con una capacidad media de almacenar y transmitir el agua; en cambio para los dos últimos manantiales se tiene acuíferos de extensión intermedia, pero con capacidad media-alta de transmitir y almacenar el agua en el manantial M-02, además, en el manantial M-03 se tiene susceptibilidad baja con una capacidad alta-media de transmitir el agua.

El desarrollo del diagrama de Piper, se apreció que para los manantiales M-01 se tiene un agua sulfatada y/o clorurada cálcica, en cambio para el manantial M-02 y M-03 es Clorurada. El factor clave, para determinar la contaminación en las tres muestras de agua, se obtuvo, por medio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y demanda química de oxígeno (DQO) al ser el valor de DQO mayor que el de la DBO, sobrepasando ambos el límite máximo permisible, se genera contaminación.

Esta investigación aplicada a la contaminación de acuíferos kársticos, por parte de la infiltración de suero de leche, realiza un aporte para conocer el nivel de contaminación generada por las industrias Queseras en la Región Cajamarca y a Nivel Nacional, además de ser un gran aporte para las investigaciones futuras, que impliquen estudios hidrogeológicos o geológicos en rocas calcáreas. De manera práctica, la investigación, suele basarse en la toma de muestras realizadas bajo la ley NTPISO/IEC 17025 para así, determinar de manera práctica y analítica, el contaminante que logra emanar en los tres puntos de muestreo y dar a conocer, mediante el análisis el grado de polución en el agua subterránea. En base a la metodología, aplicada a las muestras tomadas y analizadas, la investigación da paso al correcto proceso de selección de muestreo de aguas subterráneas, en diferentes puntos a analizar. En conclusión el presente proyecto trata de incentivar e inculcar a la sociedad en conocer de manera más clara, que las industrias no poseen, ningún derecho en emanar sus desechos tóxicos para el medio, hacia los acuíferos en cualquier parte donde se encuentre el agua subterránea, para ello, se incentiva e implica que dichos restos contengan un control ambiental correspondido por el organismo

encargado de controlar el medio ambiente (MINAM) y la salud de las poblaciones (ESSALUD); además de que, sea necesario que la sociedad, pueda conocer los diferentes controles de calidad, del agua subterránea, para evaluar bajo que estándares establecidos por el ECA mediante el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM los estándares nacionales de la calidad ambiental del agua de categoría A1 en el territorio peruano, además, de los límites máximos permisibles (LMP) DS N°031-2010-SA para efluentes de aguas residuales domésticas, del sector vivienda, se puede mantener el agua de manantiales y/o pozos.

IV. CONCLUSIONES

En base a los estudios geológicos y/e estructurales permitieron conocer la infiltración que se genera, en los caseríos de “Vigaspampa” “La Florida” y “San Francisco” es mediante este análisis, que en el caserío “Vigaspampa” la infiltración se genera en los caseríos “La Honda” y “El Milagro” el cual debido a la presencia de calizas y margas de color pardo, pertenecientes a la formación Chulec, presenta sumideros calcáreos, por los cuales, las dos empresas queseras presente en la zona, logran filtrar el suero de leche, en las depresiones geológicas, esto acompañado de las precipitaciones aluviales, conducen a que dentro del acuífero kárstico se genera la mezcla (suero de leche + agua) dando resultado al líquido contaminante, el cual aflora en el manantial (M-01) en el caserío de “Vigaspampa”. Por otra parte, en el caserío “La Florida” debido a la topografía accidentada, la infiltración se genera, en el caserío “Vigaspampa” la cual presenta característica geológicas pertenecientes al Grupo Quilquiñán y estructural denomina la gran falla “El Punrré” formando diferentes sumideros calcáreos, por ende la empresa Quesera “Nuevo Horizonte” desecha el suero de leche en el sumidero, encontrado en la parte SE del caserío, de esta manera genera la contaminación, acompañado también de las precipitaciones aluviales, recorriendo el contaminante una distancia de 3.5 km, aflorando de esta manera en el manantial (M-02) perteneciente al caserío “La Florida”. Finalmente, el manantial (M-03) presente en el distrito de “San Francisco” la infiltración se genera en el caserío “Vigaspampa” de la misma manera, que para el manantial (M-02), obediendo el recorrido y la presencia de sumidero calcáreo en la parte NE por el Grupo Quilquiñán y la gran “Falla Punrré” generando la mezcla del suero de leche y las precipitaciones aluviales, con una distancia de 2.5 km, hasta el caserío “San Francisco” aflorando el manantial (M-03) perteneciente a la formación Cajamarca.

Mediante la recolección de las muestras de agua, en el manantial M-01 presente en el caserío “Vigaspampa” enviadas al Laboratorio Regional Del Agua se comprobaron que las muestras poseen valores anómalos con respecto a los estándares de calidad ambiental (ECA) y lo límites máximos permisibles (LMP) de agua, muestran un pH de 1.86, sólidos totales de 2208.0 mg/L sobrepasando los valores establecidos. Mientras que, para los parámetros Físicoquímicos, muestran que la presencia de fluoruro, cloruro, nitrito, bromuro, nitrato, sulfato y fosfatos sobrepasan los valores de los estándares de calidad, así como los límites máximos permisibles del manantial; de igual manera, los valores biológicos, especialmente la demanda bioquímica y química de oxígeno, sobrepasa los intervalos del Decreto Supremo N°004-2017-MINAM el cual establece, los

estándares nacionales de la calidad ambiental del agua (ECA) de categoría A1 en el territorio peruano, además, de los límites máximos permisibles (LMP) DS N°031-2010-SA para efluentes de aguas residuales domésticas, del sector vivienda.

Para el manantial M-02 el cual se encuentra en el caserío “La Florida” posee un pH de 1.83, sólidos totales de 1312.0 mg/L. La presencia de los parámetros Físicoquímicos, muestran que la presencia de fluoruro, cloruro, nitrito, bromuro, nitrato, sulfato y fosfatos sobrepasan los valores del ECA y LMP, así como, datos biológicos, correspondiente a la demanda bioquímica y química de oxígeno, sobrepasando los intervalos del Decreto Supremo N°004-2017-MINAM y (LMP) DS N°031-2010-SA para aguas de categoría A1. Por otro lado, para el Manantial M-03 presente en el caserío “San Francisco” posee un pH de 1.83, sólidos totales de 1188.0 mg/L; para los parámetros físicoquímicos y biológicos, de igual manera, sobrepasan los valores del ECA y LMP para efluentes de aguas residuales domésticas, del sector vivienda. Los datos evaluados de los tres puntos de muestreo, se puede mencionar que los resultados obtenido sobrepasan los valores establecidos, por el ECA y LMP; concluyendo que las tres áreas presentan una contaminación elevada, por la Demanda Bioquímica y Química de Oxígeno, para las muestras M-01 es de 2172.2 mg/L, del manantial M-02 oscila en los 4601.0 mg/L, mientras que del manantial M-03 es de 3143.7 mg/L.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ejecutó en la Universidad Privada del Norte (UPN).

REFERENCIAS

- [1] Anguas Cabrera , D., Ortiz Hernández , M. C., Camacho Cruz , K., & Sanchez González , A. (2020). Incremento de Nitrógeno en *Thalassia testudinum* por el aporte de nitrógeno disuelto inorgánico de aguas residuales durante precipitaciones extraordinarias. *SciELO*, 36 (1), 209-214. doi:<https://doi.org/10.20937/rica.2020.53392>
- [2] Antíguedad, I., Uriarte , T. M., & Angel , J. (2007). Los acuíferos kársticos, casos del País Vasco. Madrid: Enseñanzas de la ciencia de la tierra.
- [3] Auler , A., Bakalowiez , M., Zhao , C., Drew , D., Griger , F., Hartmann , J., . . . Goldsneider , N. (2017). The World Karst Aquifer Mapping project: concept, mapping procedure and map of Europe. *Springer Link*, 25(2), 771-785. doi:10.1007/s10040-016-1519-3
- [4] Bojo Canales , C., Fraga Medín, C., Hernández Villegas , S., & Primo Peña , E. (2009). *SciELO: Un proyecto cooperativo para la difusión de la ciencia*. *SciELO*, 11(1), 49-56. Obtenido de <http://www.scielo.com>
- [5] Bolaños Alfaro , J. D. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el Hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica) . Alajuela : Tecnología en Marcha .
- [6] Cairampoma Rojas, M. (2015). Tipos de Investigación Científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *REDVET*, 16(01), 1-14.
- [7] Callejas Hernandez , J., Priero Garcia , F., & Reyes Cruz , V. (2012). Caracterización físicoquímica de un lactosuero: Potencialidad de recuperación de fósforo. *SciELO*, 22(1), 11-18.
- [8] Carrillo , J. (2002). Tratamiento y Reutilización del Suero de Leche. *Mundo Lácteo y Cármino* , 22-35.
- [9] Centro de PML de Nicaragua. (2001). Manual de Buenas Prácticas Operativas de la Industria Láctea. *SciELO* , 40-78.
- [10] Centro Panamericano de Estudios Superiores. (28 de agosto de 2017). *yosoycepes*. Obtenido de Tesis Doctorales en Red: [http://www.yosoycepes.com/blog/index.php/12-blog/articulos/33-tesisdoctorales-en-red-tdr-repositorio-de-tesis-doctorales-de-diferentesuniversidades#:~:text=TDR%20\(Tesis%20Doctorales%20en%20Red,Ca](http://www.yosoycepes.com/blog/index.php/12-blog/articulos/33-tesisdoctorales-en-red-tdr-repositorio-de-tesis-doctorales-de-diferentesuniversidades#:~:text=TDR%20(Tesis%20Doctorales%20en%20Red,Ca)