

**EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POR EL USO DEL AGUA
SUBTERRÁNEA EN LA FINCA BUENOS AIRES, UBICADA EN LA VEREDA
LA ESPERANZA DEL MUNICIPIO DE SAN LUIS DEL PALENQUE
DEPARTAMENTO DE CASANARE**

MARTHA CECILIA PUERTO PINILLA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2010

**EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POR EL USO DEL AGUA
SUBTERRÁNEA EN LA FINCA BUENOS AIRES, UBICADA EN LA VEREDA
LA ESPERANZA DEL MUNICIPIO DE SAN LUIS DEL PALENQUE
DEPARTAMENTO DE CASANARE**

MARTHA CECILIA PUERTO PINILLA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
ESPECIALISTA EN QUÍMICA AMBIENTAL

**DIRECTOR
JULIO CESAR CALVO CORREDOR
INGENIERO QUÍMICO, ESP. QUÍMICA AMBIENTAL**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2010

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
2. JUSTIFICACIÓN	17
3. OBJETIVOS	18
3.1. OBJETIVO general	18
3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	18
4. MARCO REFERENCIAL	19
4.1. MARCO TEÓRICO	19
4.2. MARCO LEGAL	21
5. CUERPO DE AGUA EN ESTUDIO	23
5.1. GENERALIDADES	23
5.2. PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS	25
5.2.1. Características físicas	25
5.2.2. Características químicas	29
5.2.3. Propiedades biológicas	28
5.3. LUGAR DE EJECUCIÓN	29
6. METODOLOGÍA	41
6.1. PREDIAGNÓSTICO O REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	41
6.2. DIAGNOSTICO O EVALUACIÓN	42
6.2.1. Toma, preservación de la muestra	42

6.2.2. Almacenamiento y transporte de muestra de agua.	43
6.2.3. Parámetros, unidades y técnicas del análisis fisicoquímico y microbiológico.	44
7. ANALISI DE RESULTADOS	45
7.1. ANÁLISIS (comparación con el decreto 2115/07)	45
7.1.1. Caudal	45
7.1.2. Características físicas en mg/L	45
7.1.3. Características Químicas en mg/L	46
7.1.4. Metales	47
7.1.5. Parámetro microbiológico	48
7.3. USOS DEL RECURSO HÍDRICO	51
7.2.1. Consumo humano y domestico	52
7.2.2. Uso Agrícola	53
7.2.3. Uso Pecuario	53
8. CONCLUSIONES	55
9. RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA.	57
ANEXOS	58

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Turbiedad	26
Figura 2. Sólidos suspendidos	27
Figura 3. Conductividad	29
Figura 4. Mapa de san luís del palenque	40
Figura 5. Motobomba para la extracción del agua	43

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Niveles de pH	30
Tabla 2. Clasificación de grados de dureza	33
Tabla 3. Resultados características físicas	45
Tabla 4. Resultados características químicas	46
Tabla 5. Analisis de metales	47
Tabla 6. Análisis microbiológicos	49
Tabla 7. Índice de Riesgo de calidad de agua	50
Tabla 8. Comparación de resultados para uso agrícola	53
Tabla 9. Comparación de resultados para uso pecuario	54

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Técnicas utilizadas en el análisis de laboratorio	58
Anexo B. Resultados de laboratorio	59
Anexo C. Matriz de impacto ambiental	60
Anexo D. división política de San luis del Palenque	62
Anexo E. Figuras de fauna de la región	64

LISTA DE TABLAS EN ANEXOS

	Pág.
Tabla 1. Standard "Methods for the Examination of Wastewater, 19 * th."	58
Tabla 2. Resultados de Laboratorio	59
Tabla 3. Matriz de impacto ambiental	60

LISTA DE FIGURAS EN ANEXOS

	Pág.
Figura 1. División Política San Luís Del Palenque	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2. Fauna de la región	64

RESUMEN

Título:

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POR EL USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA FINCA BUENOS AIRES, UBICADA EN LA VEREDA LA ESPERANZA DEL MUNICIPIO DE SAN LUIS DEL PALENQUE DEPARTAMENTO DE CASANARE.

Autor

MARTHA CECILIA PUERTO PINILLA

Palabras Clave

Caracterización, impacto ambiental, parámetros.

Resumen

El agua subterránea es un recurso hídrico muy importante, es una de las fuentes principales de suministro para uso doméstico y para riego en muchas partes de Colombia y del mundo. Colombia se rige por el decreto 2115 de 2007, donde establece unos criterios de calidad en los que establece las máximas concentraciones para no causar ningún riesgo para la salud humana y el uso que se le debe dar. De esta manera, se formuló la evaluación de impacto ambiental por el uso del agua subterránea en la Finca Buenos Aires San Luis del Palenque Yopal Casanare, con la caracterización se formulan alternativas para el mejoramiento de la calidad del agua.

Para su desarrollo se tiene en cuenta los criterios básicos establecidos por ley para la calidad del agua potable como son los parámetros físico químico y microbiológico. El desarrollo del trabajo partió de un diagnóstico, toma y preservación de la muestra y caracterización teniendo en cuenta el decreto 2115 de 2007. A partir de esta información se analizaron los resultados obtenidos para dar un adecuado uso al agua.

Al disponer esta caracterización se encuentra que este recurso presenta un alto contenido de hierro ocasionando así que se evidencia niveles altos de turbiedad, olor fuerte de óxido al ser expuesta al ambiente; otro parámetro evidente es el arsénico que puede ser generado por el uso de herbicidas y pesticidas en la agricultura; en los parámetros microbiológicos es evidente un alto grado de coliformes totales y E-coli. Esto permite recomendar a los afectados no hacer uso de esta agua para consumo personal puesto que no es apta.¹

¹. Trabajo de Grado

Facultad de Ciencias, Programa Especialización en Química ambiental, Director Especialista Julio Cesar Calvo Corredor.

SUMMARY

Title:

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT FOR THE USE OF GROUND WATER IN BUENOS AIRES VILLAGE, LOCATED IN THE LANE LA ESPERANZA AT THE CITY OF SAN LUIS DEL PALENQUE IN CASANARE.

Author

MARTHA CECILIA PUERTO PINILLA*

Keywords: Characterization, environmental impact, parameters.

Summary

Groundwater is an important water resource, is one of the main sources of supply for domestic use and irrigation in many parts of Colombia and the world.

Colombia is governed by Decree 2115 of 2007, which sets quality criteria in establishing the maximum concentration in order to avoid causing any risk to human health and the correct use that must be given. In this way, It was made the environmental impact assessment for the use of groundwater in the Buenos Aires Village San Luis del Palenque Yopal Casanare, with the characterization is made alternatives for improving water quality.

For its development, taking into account the basic criteria established by law for drinking water quality such as physical, chemical and microbiological parameters. The development work started from a pre-diagnosis, collection and preservation of the sample and characterization taking into account the Decree 21115, 2007. From this information the results were analyzed to provide appropriate water use.

By having this characterization is that this resource has a high iron content so it is evident causing high levels of turbidity, strong smell of oxide when exposed to the environment, another obvious parameter is the arsenic that can be generated by the use of herbicides and pesticides in agriculture, in the microbiological parameters is clearly a high degree of total coliform and E. coli. This allows recommending for those affected not using this water for personal consumption since there is no act.¹

¹ *Final Project for graduation

**Faculty of Sciences, Specialization in environmental Chemistry, Director Specialist Julio Cesar Calvo Corredor

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso del agua subterránea es igual de importante que el agua superficial. En el mundo hay países donde la gente no solo no está consciente de que “gran parte del abastecimiento del agua se extrae del subsuelo, sino que tampoco sabe que el agua subterránea es un recurso de uso común y generalizado”.

Según estudios se ha demostrado que las “fuentes de agua subterránea representan el almacenamiento de agua dulce más grande del planeta”. En algunos lugares del mundo es incluso la única para afrontar los problemas de abastecimiento de agua potable y para riego en los países en desarrollo.

Las aguas subterráneas son una de las principales fuentes de suministro para uso doméstico y para el riego en muchas partes de Colombia y del mundo. En Colombia las precipitaciones son irregulares pero el clima es muy apto para la agricultura y conforma un recurso vital y una gran fuente de riqueza. Lastimosamente estos resultados se están viendo empañados por una serie de acciones humanas y naturales que están desencadenando en una serie de actores contaminantes.

Desde el punto de vista del abastecimiento, el agua subterránea tiene algunas ventajas sobre el agua superficial. Un depósito superficial debe ser embalsado en algún momento, en algún lugar, aun cuando su capacidad total no sea necesaria por varios años. El agua subterránea puede a menudo extraerse donde y cuando se necesite por medio de pozos que se perforan y construyen en los lugares deseados.

Debido a la profundidad en que se encuentra el agua subterránea es menos vulnerable a la contaminación, que es un riesgo potencial en el agua superficial.

Las aguas subterráneas suelen ser más difíciles de contaminar que las superficiales, pero al parecer cuando ésta contaminación se produce, es más difícil de eliminar. Sucede esto porque las aguas del subsuelo tienen un ritmo de auto-renovación muy lento. Se conoce que el tiempo de permanencia medio del agua en los ríos es de días, pero en un acuífero se podría calcular en cientos de años, lo que hace muy difícil su purificación. Por ello los niveles de contaminación de algunos yacimientos acuíferos presentan características diferentes.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se considera que el agua subterránea de la finca Buenos Aires afronta problemas de contaminación causada por aguas residuales sin tratamiento de los núcleos de población. Además el cultivo de arroz, se ha intensificado en los últimos años, contaminando el recurso hídrico por los residuos de pesticidas, abonos y demás agroquímicos; las necesidades de riego mediante desviación por canales, realizados sin cumplir con los requisitos mínimos para su funcionamiento, los subsuelos son ricos en yacimientos petrolíferos actividad de gran preocupación por parte de los habitantes de la región pues no están manejando adecuadamente sus desechos y ya está presentando la contaminación del caño Guanapalo, el cual sirve de fuente para el abastecimiento de agua a los pobladores, originando problemas de contaminación, mal uso, alteración y deterioro de la calidad y cantidad; presentando en un futuro conflictos sociales por el uso y aprovechamiento del recurso hídrico.

2. JUSTIFICACIÓN

Las aguas subterráneas son una de las principales fuentes de suministro para uso doméstico y para el riego en muchas partes de Colombia y del mundo. Lastimosamente estos resultados se están viendo empañados por una serie de acciones humanas y naturales que están desencadenando en una serie de actores contaminantes.

Después de una breve visita por el municipio de San Luis del Palenque en la Finca Buenos Aires, Departamento de Casanare, es de gran preocupación por los habitantes de la finca y sus alrededores la calidad de agua que están consumiendo diariamente.

La finca cuenta con un pozo subterráneo y el agua es extraída con la ayuda de una electrobomba pequeña y conducida a un tanque de almacenamiento; de allí se despliegan los canales de suministro a los diferentes lugares de la finca. Al ser consumida por personas ajenas al lugar produce enfermedades cutáneas y digestivas, generando detrimento en la calidad de vida y desvalorización del predio.

El uso del agua se ve peligrosamente comprometido con el consumo por parte de los animales de pastoreo y de los habitantes de la finca. Ante este inminente problema es necesario identificar las causas que provocan la posible contaminación del agua, la evaluación de los impactos ambientales generados y la determinación de la carga orgánica presente con el fin de proponer un sistema de potabilización del agua para el consumo de las actividades de la finca y de esta manera dar una posible solución a la problemática.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer el uso del agua subterránea que abastece el predio denominado Finca Buenos Aires, ubicada en la Vereda la Esperanza del municipio de San Luis del Palenque Departamento de Casanare.

3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- ❖ Caracterización organoléptica, físico-química y microbiológica del agua subterránea que abastece el predio en estudio.
- ❖ Evaluación de impactos ambientales generados por el actual uso potencial del agua subterránea encontrada en la zona.
- ❖ Implementar alternativas de solución de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. MARCO TEÓRICO

La rama de la geología que se ocupa del estudio del agua subterránea es ciencia llamada hidrogeología, aunque algunos autores también la llaman geohidrología, estudia el agua subterránea, desde su origen, su movimiento, su distribución debajo de la superficie de la tierra y su conservación.

Por lo que se refiere a la presencia del agua en el suelo, se ha comprobado que la mayor parte del agua subterránea se debe a la lluvia que penetra en el terreno por infiltración o percolación. Cuando la lluvia comienza a caer en suelos relativamente secos, es rápidamente absorbida donde se mantendrá como una película de humedad que rodeará a las partículas que componen dicho suelo. Se observa que lo que comienza como flujo superficial a menudo se infiltra en el suelo en otro lugar, antes de que alcance un cauce de avenamiento y se convierta en escurrimiento superficial.

Aunque también hay agua subterránea debido a otros fenómenos como el magmatismo y el volcanismo (aguas juveniles) y las que resultan al quedar atrapadas en los intersticios de rocas sedimentarias en el momento en que se depositan éstas (aguas fósiles), pero su cantidad no es considerable en relación con las que provienen de la infiltración.

A medida que cada estrato del suelo absorbe agua, el proceso de infiltración la desplaza a través del suelo y subsuelo hasta que llega a unidades geológicas más profundas. Si este material geológico es permeable, el proceso de infiltración continuará por toda la zona saturada. Hasta que el agua llegue al nivel freático y se incorpore al agua subterránea en la zona saturada. La porción de la precipitación que alcanza el nivel freático se denomina recarga, debido a que

contribuye a la renovación del almacenamiento de agua subterránea. A partir de ese momento inicia una lenta percolación a través de los acuíferos, con una velocidad que en condiciones naturales varía entre más de un metro por día a solo unos cuantos milímetros en un año. El agua subterránea fluye hacia una salida natural del acuífero, que generalmente es un punto de intersección del nivel freático con la superficie del terreno, donde nuevamente se convierte en agua superficial.

En Colombia, el aprovechamiento que se le da a las aguas subterráneas es casi nulo, debido a que los estudios que son necesarios para la viabilidad de ellas son costosos y los estamentos gubernamentales no apoyan dichas prácticas; por esta razón son muy pocas las ciudades que hacen uso de estas, en ellas encontramos Buga, Sincelejo, San Andrés, Duitama, Villavicencio, Tunja, Casanare, Funza, Facatativa, las cuales suplen sus necesidades en parte o en todo este recurso hídrico.

En zonas rurales este recurso desempeña un rol aun más importante, como en el Valle del Cauca, la Sabana de Bogotá, Tolima, Casanare, Meta y todos los departamentos de la Costa Atlántica.

Uno de los datos más relevantes de esta investigación es que las aguas subterráneas son la segunda fuente hídrica del país con el 25% de la demanda. Según la Asociación Colombiana de Hidrogeólogos, es importante adoptar políticas serias para un programa nacional de aguas subterráneas, en la cual haya una mayor explotación hidrológica y una eficiente gestión de este recurso.

Dentro del servicio geológico de INGEOMINAS, debe organizarse una división de hidrológica para mejorar este conocimiento.

La asociación colombiana de Hidrogeólogos, presentó en el III Foro Nacional de Agua, el documento base para una política de aguas subterráneas en Colombia, de igual forma en el Seminario Nacional sobre estrategias y asociaciones para el manejo sostenible de los recursos Hídricos Subterráneos. Dichos escritos parten del marco institucional pasado y presente y contienen los lineamientos básicos sugeridos que se refieren a un programa Nacional de aguas subterráneas, la exploración hidrológica y la gestión de recursos hídricos.

Por otra parte según el informe Mundial sobre desarrollo de los recursos hídricos, los países y territorios con más carencia de agua son Kuwait, La Franja de Gaza, Los Emiratos Árabes Unidos, Las Islas Bahamas, Qatar, Las Islas Maldivas, Arabia Saudita, Malta y Singapur. Los diez países que más agua poseen son: Guyana Francesa, Islandia, Guyana, Suriname, Congo Papua Nueva Guinea, Gabón, Las Islas Salomón, Canadá y Nueva Zelanda.

En este informe se clasifican 122 países en formación de la calidad de sus aguas, así como de su capacidad y grado de compromiso adquirido para mejorar la situación existente. El último país clasificado es Bélgica, esto se debe fundamentalmente a la poca cantidad y calidad del agua subterránea con la que dispone, así como el índice elevado de contaminación industrial y tratamiento deficiente de sus aguas residuales.

4.2. MARCO LEGAL

LEGISLACIÓN COLOMBIANA

Para la destinación de los recursos hídricos se deben tener en cuenta unos criterios de calidad en los que se establecen las máximas concentraciones expresadas generalmente en miligramos por litro o microgramos por litro, para parámetros físico químicos que no interfieran con el uso de las aguas.

El cálculo para conocer las concentraciones máximas debe ser el resultado de la investigación científica y por lo tanto no depende de decisiones de tipo administrativo o económico; las aguas con concentraciones excesivas de contaminante ocasionan riesgo para la salud humana y el ambiente. Sólo un estudio técnico puede establecer como aceptable o aproximado a los valores admisibles.

- Decreto 1594 de junio 26 de 1984 del ministerio de salud de Colombia por el cual se reglamenta parcialmente la ley 09 de 1979 y el decreto 2811 de 1974, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Contempla en el capítulo III “la destinación genérica de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas, estuarinas y servidas.”
- Decreto 2115 de junio 22 de 2007 “por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.” Capítulo II, artículo 2 “características físicas y químicas del agua para consumo humano”, capítulo III artículo 10 “características microbiológicas” y capítulo IV artículo 13 “Instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano (IRCA).

5. CUERPO DE AGUA EN ESTUDIO

5.1. GENERALIDADES

El pozo de agua subterránea objeto de este estudio se encuentra ubicado en la vereda la Esperanza en el municipio de San Luis de Palenque junto al río Pauto, en el departamento de Casanare. Se encuentra dentro del clima cálido húmedo pues su altitud varía entre 175msnm y 125msnm, precipitaciones anuales próximas a los 2000mm (1914mm) y temperaturas superiores a los 24 grados Centígrados.

Se localiza en la zona de vida denominada bosque húmedo tropical, la cual corresponde a áreas con altitudes inferiores a 1.000msnm, con biotemperatura de 26°C y de 2.000 – 4.000 milímetros de precipitación anual.

5.1.1. Hidrografía la gran cuenca hidrográfica corresponde a la del río Pauto que de una u otra forma aportan agua a las corrientes subterráneas. En el Municipio de San Luis de Palenque esta cuenca es casi una sola junto con el río Guanapalo y cuenta con una superficie aproximada de 2100272134 m² localizada hacia el nororiente del Municipio, pasando por las veredas de El Romero, Las Calles, Gaviotas, el Garrancho, la Esperanza, El Caimán, El Merey, Palestina, Santa Ana, El Saman, San Francisco, la Nevera, Venturosa, Platanales, La Riverita, Ulere y Guaracuras.

5.1.2. Economía La ganadería es la actividad principal que se desarrolla en San Luís de Palenque, es de bajo nivel tecnológico, pero con mínimas cantidades de productos agroquímicos y ningún consumo de concentrados.

- **Especies menores** La piscicultura se ha desarrollado positivamente alrededor de la finca, existen estanques para la producción de cachama y tilapia

principalmente. Para la avicultura se tienen aves de postura y aves de engorde, para autoconsumo.

- **Sector agrícola**

- **Yuca.** El cultivo de la yuca se realiza en extensiones muy pequeñas, este producto es utilizado para el autoconsumo y el excedente generado es comercializado.
- **Arroz.** En el Municipio existen dos maneras de producción del arroz,
- **Arroz de riego.** Este cultivo se encuentra localizado en las veredas de Romero, Barquereña, y Esperanza.
- **Arroz seco.** Este cultivo se localiza en las veredas de Macuco, Barquereña, Sta. Hercilia, Garrancho, San Rafael de Guanapalo, Las Calles y Gaviotas.
- **Sector minero y energético.** El municipio recibe regalías, por la explotación de hidrocarburos que se da en este. Algunos como Estación Cravo Sur, Estación Barquereña, Pozo Toruno. Etc.

5.1.3.Ecología

- **Vegetación bosque tropical** “sabana” ocupa el mayor espacio territorial, está conformada por gramíneas y algunos relictos boscosos como matas de monte y morichales y corredores boscosos que bordean los causes de los ríos y caños. Predominan las sabanas inundables.

- **Fauna silvestre:** Hay tres clases de hábitat: bosque, sabana y humedales, en las cuales se sitúan las diferentes especies de acuerdo a sus condiciones de sequía y abnegaciones del invierno. (Ver cuadro de imágenes)

5.2. PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS

5.2.1. Características físicas

5.2.1.1. Turbiedad. Es una medida de la claridad del agua potable.

La turbidez se mide en NTU: Unidades Nefelométricas de Turbiedad. El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

Las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y así reduciendo la concentración de oxígeno en el agua (el oxígeno se disuelve mejor en el agua más fría). Además algunos organismos no pueden sobrevivir en agua más caliente.

Las partículas en suspensión dispersan la luz, de esta forma decreciendo la actividad fotosintética en plantas y algas, que contribuye a bajar la concentración de oxígeno más aún.

Según la OMS (Organización Mundial para la Salud), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU y estará idealmente por debajo de 1 NTU.

La turbiedad debe medirse y removerse por:

- Aspectos estéticos, la turbiedad es función de la contaminación del agua. Y no es aceptado un vaso de agua turbia para consumo humano.
- Aspectos económicos, para evitar tratamientos caseros, filtraciones y tiempos de sedimentación altos.
- Para facilitar la desinfección. Para cloración se debe tener una turbiedad menor de 1 NTU.
- Aspectos ecológicos. La turbiedad impide la fotosíntesis.
- Eficiencia de los procesos de tratamiento. Es un indicador de las operaciones de tratamiento efectuadas al agua, sobretodo en agua potable.

figura 1. Turbiedad



Fuente: Autora

5.2.1.2. Sólidos totales. Estos pueden estar presentes en suspensión, en solución o en ambos y puede ser materia orgánica e inorgánica. Los sólidos disueltos totales (SDT) se deben a materiales solubles. Los sólidos en suspensión (SS) son partículas que se pueden medir al filtrar una muestra a través del papel filtro.

En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad de materia sólida contenida en una gran cantidad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas

potables hasta aguas poluídas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento.

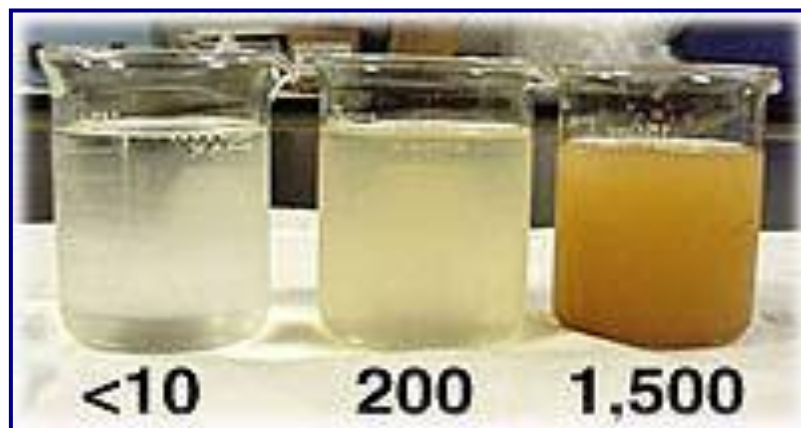
Los sólidos totales son los que permanecen como residuo después de haber secado a 103° C. Incluye el material disuelto y el suspendido. $ST = SS + SD$

- Sólidos suspendidos: residuo no filtrable o material no disuelto.
- Sólidos disueltos: son el residuo filtrable.

Unidades de medida

Se reportan como mg/L de sólido.

Figura 2. Sólidos suspendidos



Fuente: <http://water.usgs.gov/gotita/characteristics.html>

5.2.1.3. Color. Aun el agua pura no es incolora; tiene un tinte azul verdoso en grandes volúmenes, por lo que es necesario diferenciar entre el color verdadero debido al material disuelto y el color aparente debido a la materia suspendida. Por ejemplo el color amarillo del agua presente en algunas cuencas se debe a ácidos

orgánicos que no son dañinos y que son similares al ácido tánico del té. Sin embargo los consumidores rechazan el agua cuando está muy coloreada.

Es, en importancia, el segundo parámetro físico-químico del agua, y aunque está ligado a la turbiedad puede presentarse como una característica independiente.

- ◆ **Color verdadero o color real:** es debido a sustancias en solución. Se mide después de retirar la turbiedad por centrifugación, o sea después de retirar las sustancias suspendida.
- ◆ **Color aparente:** incluye la turbiedad, o sea que se mide el color debido a sustancias en solución y en suspensión.

Proviene de la disolución de materiales vegetales o minerales; debido a la presencia de materia orgánica en proceso de descomposición, como lignina y taninos; a óxidos de hierro, zinc y manganeso; a excretas de organismos vivos, algas verdes o verde-azules.

El color está ligado a problemas de contaminación.

- ◆ **Remoción.** Por oxidación con permanganato, por coagulación, por paso a través de lechos de carbón activado, por filtración con antracita.

5.2.1.4. Conductividad. Depende de la cantidad de sales disueltas presentes en un agua es la medida para transportar una corriente eléctrica, varía con el tipo y cantidad de iones que contenga. Cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad, y por ello el valor de la conductividad es muy usado en el análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.

Las mediciones de conductividad en el laboratorio se utilizan para:

- Establecer el grado de mineralización
- para determinar el efecto de la concentración total de iones sobre equilibrios químicos
- estimar los efectos fisiológicos en plantas y animales
- evaluar el grado de corrosión etc....

Los Conductímetro se miden en $\mu\text{mhos/cm}$ a 25°C con errores menores a 1%, la conductividad eléctrica de la muestra medida entre caras opuestas de un cubo de 1cm.

Figura 3. Conductividad



Fuente: Autora

5.2.2. Características químicas

5.2.2.1. pH. Es un término de uso general para expresar la magnitud de acidez o alcalinidad relativa del agua. Un nivel de pH de 7,0 se considera neutro. El agua pura tiene un pH de 7,0. El agua con un nivel de pH menor a 7,0 se considera ácida. Entre más bajo el pH, más ácida es el agua. El agua con un pH mayor a 7,0

se considera alcalina o base. Entre mayor el pH, mayor es su alcalinidad. El pH del agua potable natural debe estar entre 6,5 y 8,5. Las fuentes de agua dulce con un pH inferior a 5,0 o mayor a 9,5 no soportan vida vegetal ni especies animales. En el área de los abastecimientos de agua, es un factor que se debe tener en consideración en la coagulación química, la desinfección, el ablandamiento del agua y el control de la corrosión.

Tabla 1. Niveles de pH

Nivel de pH	Calidad del Agua
Menos de 5,5	Mala: Muy Ácida A los peces y otros organismos les será casi imposible sobrevivir
5,5 - 5,9	Aceptable
6,0 - 6,4	Buena
6,5 - 7,5	Excelente
7,6 - 8,0	Buena
8,1 - 8,5	Aceptable
Más de 8,6	Mala: Muy Alcalina A los peces y otros organismos les puede ser casi imposible sobrevivir

Fuente: Autora

5.2.2.2. Nitritos (NO^2). Es un estado de la oxidación intermedio del nitrógeno que aparece tanto en la oxidación del amoníaco a nitrato como en la reducción de este último. Se encuentran en el suelo, el agua, las plantas y los alimentos de forma natural. Se forma cuando los microorganismos del entorno descomponen materiales orgánicos, como plantas, estiércol de animales y aguas residuales.

Los nitritos también se utilizan en los fertilizantes químicos, para el secado de la carne.

Esta sustancia puede aparecer en el agua subterránea a causa de fugas o infiltraciones procedentes de granjas, campos de golf, zonas de césped y jardines, vertederos municipales cercanos, centros de crías de animales mal gestionados o sistemas sépticos defectuosos. Si el pozo es privado, la aparición de nitratos en el agua puede ocurrir más fácilmente por estar mal construido o ubicado. Que por infiltración llegan al agua subterránea,

El consumo de agua con una concentración alta de nitratos tiene efectos nocivos sobre la salud. Los nitratos ingeridos son transformados en nitritos en el sistema digestivo convirtiendo la hemoglobina en metahemoglobina. Esta se caracteriza por inhibir el transporte de oxígeno en la sangre. Aunque la formación de metahemoglobina es un proceso reversible, si puede llegar a provocar la muerte, especialmente en niños (“síndrome del bebé azul”). Así mismo, los nitratos pueden formar nitrosaminas y nitrosamidas, compuesto potencialmente cancerígeno.

Según la normativa de la United State Environmental Protection Agency (USEPA), todos los suministros públicos de agua que utilizan agua subterránea deben monitorear la presencia de nitratos y nitritos.

5.2.2.3. Alcalinidad Total. Es una medida de la cantidad total de sustancias alcalinas (OH) presentes en el agua y se expresa como partes por millón de CaCO_3 equivalente. Puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos o como su capacidad para reaccionar con iones hidrógeno.

La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad útil de un agua.

En aguas naturales la alcalinidad es debida generalmente a la presencia de tres clases de iones:

- a) Bicarbonatos
- b) Carbonatos
- c) Hidróxidos

La alcalinidad varía con el lugar de procedencia del agua. Las aguas altamente alcalinas no son aceptables para el abastecimiento público, teniendo que ser sometidas a tratamiento para su uso.

La alcalinidad del agua se determina por titulación con ácido sulfúrico y se expresa como mg/l de CaCO_3 (carbonato de calcio) equivalente a la alcalinidad determinada.

5.2.2.4. Dureza. Es una propiedad que refleja la presencia de metales alcalinotérreos en el agua. De estos elementos el calcio y el magnesio constituyen los principales alcalinotérreos en aguas continentales.

La dureza en el agua es el resultado de la disolución y lavado de los minerales que componen el suelo y las rocas. Así por ejemplo el calcio que presenta el 3.5 % de la corteza terrestre, se encuentra en la naturaleza bajo la forma de mármol, CaCO_3 , yeso, CaSO_4 , dolomita, $\text{MgCO}_3 - \text{CaCO}_3$ y apatita, CaF_2 . A su vez, el magnesio que representa el 2.2 % de la corteza terrestre, se encuentra en la naturaleza bajo la forma de magnesita, MgCO_3 , asbesto, $\text{CaMg}_3 (\text{SiO}_3)_4$ y dolomita.

Aunque los carbonatos de calcio y magnesio son frecuentes en la corteza terrestre, su solubilidad es muy baja, tal como puede deducirse a partir de sus constantes de solubilidad. Sin embargo, en aguas ácidas la solubilidad de estas

sales aumenta apreciablemente y eso es precisamente lo que ocurre con las aguas subterráneas en las zonas de recarga: se acidifican con CO₂, al paso por la zona radicular de los suelos.

Las aguas comúnmente se clasifican en términos del grado de dureza, en la siguiente forma:

Tabla 2. Clasificación de grados de dureza

mg/l	Grado de Dureza
0-75	Blandas
75-150	Moderadamente duras
151-300	Duras
300 y mas	Muy duras

5.2.2.5. Determinación de cloruros. Los Cl⁻ son responsables del sabor salobre en el agua, es un indicador de una posible contaminación del agua. Los cloruros existen en todas las aguas naturales a concentraciones muy variadas, normalmente, el contenido de cloruro aumenta a medida que aumenta el contenido de los minerales. Por lo general, las fuentes de las tierras altas y de las montañas tienen bajo contenido de cloruros, mientras que los ríos y las aguas subterráneas tienen cantidades considerables.

Los cloruros tienen muchas formas de acceso a las aguas naturales. El poder solvente del agua disuelve los cloruros de la capa superficial del suelo y de las formaciones más profundas.

Los cloruros a concentraciones moderadas no ofrecen peligros para los humanos, las concentraciones de 250 mg/l dan un sabor salado al agua que es rechazado

por muchas personas, por ésta razón se limita a 250 mg/l en los abastecimientos destinados para uso público.

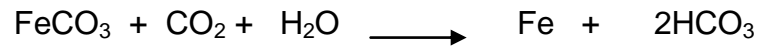
5.2.2.6. Calcio. Es el quinto elemento en orden de abundancia en la corteza terrestre, su presencia en recurso hídrico natural se debe al entrar en contacto con piedras calizas, yeso y dolomitas. La cantidad de este elemento puede variar desde cero hasta cientos de mg/l, dependiendo de la fuente y del tratamiento del agua o el nivel de mineralización; por esto mismo las aguas subterráneas presentan generalmente más altos contenidos que las superficiales.

Normalmente forma sales solubles con muchos aniones (bicarbonatos, cloruros, fluoruros...) convirtiéndola en el catión mayoritario de las aguas, del cual depende el “sabor”. Asimismo este metal alcalinotérreo posee un papel fisiológico importante en la formación del tejido óseo y en la transmisión nerviosa como neurotransmisor celular.

Las concentraciones bajas de carbonato de calcio, previenen la corrosión de las tuberías metálicas, produciendo una capa delgada protectora

5.2.2.7. Hierro (Fe). Es un metal de transición es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, es un contaminante común en el recurso hídrico. Especialmente en el agua subterránea y en aguas del hipolimnio aeróbico de lagos estratificados; en algunos casos, también en aguas superficiales provenientes de algunos ríos y embalses. El Fe proviene de la disolución de rocas y minerales que lo contienen.

Como el agua subterránea contiene cantidades apreciables de CO_2 , producidas por la oxidación bacteriana de la materia orgánica con la cual el agua entra en contacto, “se puede disolver cantidades apreciables de carbonato ferrosos mediante la siguiente reacción” (2)



Los problemas de hierro predominan cuando se encuentra presente en el suelo como compuesto férrico insoluble. Si existe OD en el agua, la solución de hierro en estos suelos no ocurre, aun en presencia de suficiente CO_2 , pero en condiciones anaeróbicas el hierro férrico es reducido a hierro ferroso y la solución ocurre sin ninguna dificultad.

5.2.2.8. Magnesio. Un gran número de minerales contienen Mg, (dolomita, y magnesita), el magnesio es lavado de las rocas y posteriormente termina en el agua. Está ligado al calcio y da lugar junto con el magnesio a la dureza del agua. El Mg es importante para el proceso de la fotosíntesis, interviene en la formación de los huesos. Parece ser que el bajo nivel de este metal en el agua se relaciona con altas tasas de enfermedades coronarias.

El contenido elevado de Mg en el agua de bebida puede provocar efectos laxantes y sabor amargo.

5.2.2.9. Manganeso. Es un elemento altamente difundido en la naturaleza. Las rocas y los minerales que contienen Mn son fácilmente solubles en aguas neutras o ligeramente ácidas en condiciones oxidantes moderadas, mediante la oxidación del ión manganeso. En condiciones ligeramente oxidantes puede producir la oxidación del Mn^{+2} hacia Mn^{+4} con la generación de compuestos fácilmente precipitables por su escasa solubilidad.

Los contenidos de Mn en aguas bien oxigenadas son relativamente bajos, mientras que en aguas sometidas a aireación directa mediante aire disuelto, la oxidación de Mn es relativamente lenta.

Los contenidos de Mn en aguas superficiales oscilan desde solo algunos $\mu\text{g/L}$ (aguas oxigenadas) hasta 0.50 mg/l, o más de 1mg/l en aguas poco oxigenadas. En este sentido las aguas subterráneas ricas en materiales orgánicos y pobremente oxigenadas.

5.2.2.10. Zinc. Es abundante en la naturaleza, está asociado a sulfuros de otros metales (Fe, Cu, Cd, Pb) también se puede encontrar como sulfuro de zinc puro la blenda. Su presencia en aguas naturales, tanto superficiales como subterráneas, es rara, los compuestos poco solubles de Zn (dióxidos y carbonatos) tienen capacidad de adsorberse fuertemente sobre sedimentos y lodos del fondo del lecho de los cauces hídricos.

En aguas de consumo, la presencia de este metal indica episodios de disolución parcial de las tuberías galvanizadas para distribución de aguas.

5.2.2.11. Arsénico. El acceso a este metaloide a las aguas naturales es propiciado por la disolución de sus sales solubles y por la de sus complejos orgánicos procedentes de rocas volcánicas y rocas sedimentarias.

En el agua superficial y subterránea el As se encuentra en estado de oxidación + 5 (arseniato) y + 3 (arsenito). En aguas superficiales con alto contenido de oxígeno se encuentra como arsénico pentavalente.

En aguas subterráneas aguas con bajo contenido de oxígeno predomina el As trivalente.

La principal vía de dispersión del As es el agua. Las concentraciones en aguas superficiales pueden ser inferiores a algunos $\mu\text{g/L}$, en aguas subterráneas contaminadas puede llegar hasta incluso a algunos mg/l.

5.2.2.12. Sulfatos: El ión Sulfato es muy común en las aguas naturales, se encuentra en concentraciones que varía desde unos pocos hasta varios miles de mg/l. es normal encontrar sulfatos en el agua subterránea. Generalmente se hallan como sulfatos alcalinos (de sodio y potasio), pero no es raro encontrarlos como sulfatos de magnesio. Si esta sal se encuentra en concentraciones muy elevadas le confiere al agua un sabor desagradable.

Los sulfatos no producen trastornos tóxicos, salvo cuando la cantidad de sulfato de magnesio es alta, en cuyo caso le confiere propiedades laxantes. Según Jairo Alberto Romero “Las concentraciones superiores a 250mg/l de sulfatos en el agua potable causa un efecto purgante en los niños”.(1)

5.2.2.13. La Demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales en el agua con un oxidante químico (normalmente dicromato de potasio en medio ácido). Se determina en tres horas y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto, además de no suministrar información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales.

5.2.2.14. La Demanda bioquímica de oxígeno DBO_5 es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para oxidación aeróbica de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Se mide a los cinco días. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente.

5.2.3. Propiedades biológicas

El análisis bacteriológico de los abastecimientos de agua es el parámetro de calidad más sensible. Ya que casi todos los desechos orgánicos contienen grandes cantidades de microorganismos.

Las enfermedades infecciosas son transmitidas principalmente a través de las excretas de los humanos y animales. Existen individuos positivos o portadores de alguna enfermedad infecciosa en una comunidad, entonces la contaminación fecal de las fuentes de agua ocasionará que los organismos causantes de las infecciones estén presentes en el agua. El uso de esa agua como bebida o para la preparación de alimentos, el contacto durante las labores de aseo o en el baño corporal; o aún, la inhalación de los vapores o aerosoles de esa agua, podrán causar la infección.

Uno de los indicadores universales empleados para detectar contaminación por materia fecal es la *Escherichia coli*, miembro de la familia de las enterobacterias, la cual es muy abundante en las heces humanas y animales. Una identificación completa de *E. coli* es complicada y por consiguiente costosa para ser realizada con frecuencia; por tanto, se han estandarizado en el mundo técnicas rápidas de identificación que reportan la presencia de *E. coli* con un alto grado de confianza. El término “coliformes fecales” (CF) encierra un grupo de organismos coliformes que son capaces de fermentar lactosa a 44 o 45 grados de temperatura, entre ellos el género *Escherichia*.

Debido a que las concentraciones de coliformes fecales están, en la mayoría de los casos, directamente relacionadas con la presencia de *E.coli*, el análisis de coliformes fecales se ha convertido en un método rutinario para verificar la presencia de contaminación fecal en el agua utilizada para ingestión directa.

Otro mecanismo utilizado para detectar contaminación por materia fecal es la identificación de enterococos. En la actualidad, bajo esta denominación se agrupan algunos estreptococos que comparten ciertas propiedades bioquímicas y que tienen una amplia tolerancia a condiciones adversas al crecimiento. Muchos de ellos se han utilizado como indicadores de contaminación fecal humana, pero otros se han aislado de heces de animales y aun otros pueden generarse por fuentes distintas a la materia fecal y por ende la interpretación de su presencia en el agua requiere de cuidado.

5.3. LUGAR DE EJECUCIÓN

La finca está ubicada en la vereda la Esperanza en el municipio de San Luis de Palenque junto al río Pauto, en el departamento de Casanare, Tiene una extensión de 8.5 Ha En la vereda se destaca la agricultura, la ganadería y yacimientos petrolíferos.

6. METODOLOGÍA

En el presente proyecto se logro evaluar la calidad de agua subterránea que abastece la finca Buenos Aires de San Luis del palenque Casanare. El resultado arrojado por los laboratorios permite dar un concepto más eficiente y claro para dar un buen manejo y desarrollo del recurso hídrico; de acuerdo con el planteamiento del problema y los objetivos, se definen a continuación los alcances, procedimientos, estimaciones y publicación de los resultados; la cual se presentan en las siguientes etapas.

6.1. PREDIAGNÓSTICO O REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Este se llevo a cabo con la información existente de la vereda en general, la cual fue buscada en las entidades pertinentes, tales como INGEOMINAS, alcaldía de San Luis del Palenque, medios magnéticos y otros.

Se analizaron y recopilaron los informes como ubicación, distancia, temperatura, precipitaciones, tiempo de lluvia, cuencas cercanas, así como los diferentes estudios de entidades particulares con otros fines específicos; todo esto permitió seleccionar aquellas características que reflejan mejor la zona en estudio y recolección de información de estudios que se han venido desarrollando sobre el manejo del agua subterránea en Colombia.

Una vez revisada la documentación existente, se realizaron diferentes visitas de reconocimiento a la zona para evaluar los aspectos tales como clima, fauna, flora, temperatura, condiciones de vida entre otros, y poder aceptar los aspectos prediagnosticado. (Ver matriz de Impacto ambiental, tabla 11)

6.2. DIAGNOSTICO O EVALUACIÓN

La evaluación existente fue complementada a través de estudios fisicoquímicos, microbiológicos, usos del agua, que permitió conocer la calidad del agua del pozo subterráneo.

6.2.1. Toma, preservación de la muestra

Para la toma de muestra se realizó un monitoreo puntual para el análisis físico químico y microbiológico en el laboratorio.

El procedimiento utilizado en la toma, almacenamiento y transporte, caracterización físico químico y microbiológico de agua se describen a continuación:

El muestreo para la colecta del agua del pozo de extracción del abastecimiento del predio se realizó el día 16 de noviembre a las 6:30 am del año 2009. La colecta de la muestra se realizó estando la bomba en operación y dejando fluir el agua con la finalidad de obtener una muestra representativa del agua del acuífero.

La muestra fue llevada al laboratorio, donde se realizaron los análisis bacteriológicos para determinar la densidad de coliformes totales y E.coli y los análisis químicos, para determinar los siguientes parámetros; la dureza total, pH, turbiedad, color aparente, conductividad, sólidos totales alcalinidad total, dureza total, dureza magnésica, dureza cálcica, calcio, hierro total, nitritos, sulfatos, cloruros... estas determinaciones analíticas se hicieron siguiendo las técnicas establecidas por el IDEAM descritas en las normas oficiales colombianas.

Figura 5. Motobomba para la extracción del agua



Fuente: autora

6.2.2. Almacenamiento y transporte de muestra de agua.

6.2.2.1. Cadena de Custodia. Se considera que una muestra está bajo vigilancia personal si se encuentra en posesión física de una persona, que es la encargada de custodiarla y de protegerla de posibles alteraciones, desde su manipulación y conservación en el momento de la toma de la muestra hasta la entrega en el lugar donde se realizara el respectivo análisis de laboratorio. Los aspectos que se deben tener en cuenta en todo el proceso de la custodia son los siguientes:

Etiquetado de la muestra: se recomienda etiquetas adhesivas para evitar falsas identificaciones de la muestra, en ella debe ir el número de la muestra, nombre del que ha hecho la toma, fecha, parámetros a analizar, momento de la toma y lugar de la misma. La tinta que se utiliza debe ser indeleble.

Sellado de la muestra: se utilizan sellos de papel adhesivo y debe contener el número de la muestra, la fecha y la hora de la misma. El adhesivo se debe colocar de manera tal que en el momento de abrir de nuevo la muestra este se rompa.

6.2.2.2. Toma de la muestra. La toma de muestra para el análisis físico químico y microbiológico se realizó en frascos plásticos de 500 ml previamente esterilizados.

El procedimiento que se siguió fue el siguiente: se bombeo agua primero para lavar el tubo de acceso, luego se tomó la muestra, se identifico, la muestra para metales fue conservada con HNO₃ y con un pH de 2 y se refrigeraron durante el transporte en un termo a una temperatura aproximadamente de 5 C por un tiempo de doce horas (tiempo q transcurrió entre la toma de la muestra y el análisis).

6.2.3. Parámetros, unidades y técnicas del análisis fisicoquímico y microbiológico.

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características bacteriológicas, físicas y químicas. Para determinar si el agua de abastecimiento de la finca se encuentra entre estos límites, se compararon las calidades de agua con los límites permisibles establecidos por la norma colombiana 2115 del 2007 en el cual se “señalan las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”.

Los protocolos de los análisis reportados se realizaron de acuerdo con lo recomendado por el Standard Methods for the Examination of Wastewater, 19^{*} th. (Tabla 1).

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1. ANÁLISIS (COMPARACIÓN CON EL DECRETO 2115 DE 2007)

7.1.1. Caudal

El pozo tiene un caudal de aproximadamente un metro cúbico por hora

7.1.2. Características físicas del agua en mg/L

Tabla 3. Resultados características físicas y comparación con la norma

Parámetro	Resultado	Decreto 2115 de 2007
pH (Unidades de pH)	7,57	6.5-9
Turbiedad (NTU)	78,8	2
Color aparente (Pt-Co)	305	15
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	119	1000

Fuente: Autora

De acuerdo a estos resultados físicos comparados con el decreto 2115 de 2007 se puede estimar que el color aparente y la turbiedad sobre pasa los valores máximos establecidos. Esto puede ser generado por el alto contenido de hierro y la gran presencia de E-coli y coliformes totales.

Las aguas de este pozo subterráneo presentas un alto grado de turbiedad debido a la ausencia de oxígeno, presencia de hierro y materia orgánica e inorgánica.

El pH y la conductividad se encuentran dentro de los parámetros exigidos por el decreto 2115/2007.

7.1.3. Características Químicas del agua en mg/L

Tablas 4. Resultados características químicas y comparación con la norma

Parámetro	Resultado	Decreto 2115 de 2007
Sólidos Totales (mg/l)	110	500
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /l)	33	200
Dureza Total (mg CaCO ₃ /l)	40	300
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /l)	0,136	0.1
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /l)	19.8	250
Cloruros (mg Cl ⁻ /l)	10,7	250

Fuente: autora

Estos parámetros indican mayores consecuencias económicas e implicaciones sobre la salud del ser humano.

Los sólidos totales se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el decreto 2115/2007 sin embargo este resultado indica que hay posibilidad de presencia de algunos minerales como el Ca, P, Fe y S además de contribuir con la turbiedad del agua. Debido a la presencia de actividades agrícolas y mineras en su alrededor.

Con los resultados obtenidos se puede decir que la alcalinidad total se encuentra dentro de los parámetros exigidos por la norma con un resultado de 33 mg/L. Según estudios el agua subterránea puede contener carbonato debido a que el bióxido de carbono y los bicarbonatos forman parte del metabolismo de los

organismos vivos, aeróbicos o anaeróbicos. La alcalinidad también puede ser por la presencia de silicatos disueltos.

7.1.4. Metales

Tabla 5. Análisis de metales

Parámetro	Resultado	Decreto 2115 de 2007
Calcio (mg Ca/l)	6,4	60
Hierro (mg Fe/l)	7,0	0.3
Arsénico (µg As/l)	0.044	0.01
Magnesio (mg Mg/l)	24	36
Manganeso (mg Mn/l)	1,0	0.1
Cinc (mg Zn/l)	0,3	3

Fuente: autora

Con los resultados obtenidos se puede apreciar que el hierro de la muestra analizada es de 7 mg/L en comparación con el decreto 2115 de 2007, encontrándose por fuera del rango máximo establecido que es 0.3 mg/L. En el agua subterránea es normal la presencia de este metal esto indica que es rica en CO₂ y que son aguas poco oxigenadas. Esto provoca fenómenos indeseables de incrementos en el color y turbidez, así como aparición de sabores no agradables (amargo o metálico) en el agua, presenta el inconveniente de manchar la ropa, esto se da porque al entrar en contacto con el aire se transforman en sales férricas que precipitan bajo la forma de sedimentos. Favorece el proceso de corrosión electroquímica de tuberías y de desarrollos bacterianos. No hay efectos sobre la salud.

En el resultado es evidente la presencia de arsénico superando el valor máximo exigido por el decreto 2115 de 2007; puede ser generado por el uso de pesticidas y herbicidas utilizado por los pobladores de esta zona para el riego de sus cultivos de arroz y evitar el crecimiento de matorrales en la sabana.

El As puede ser bioacumulado en los organismos acuáticos. La acumulación de este metal en el organismo representa enormes riesgos para la salud humana. En algunos países del mundo se han venido estudiando la reducción de límites máximos de arsénico en el agua potable debido al alto riesgo toxicológico y carcinogénica de su ingesta. La toxicidad por As puede ocurrir en forma aguda o crónica, debido a la acumulación del contaminante por las rutas de ingesta o inhalación. Se acumula en el pulmón, hígado, riñón, vejiga, piel, dientes, pelo y uñas.

El manganeso según los resultados obtenidos en el análisis se encuentra por encima del valor máximo establecido por el decreto 2115 de 2007. Lo que puede ocasionar daños en el cerebro del ser humano; en el agua de bebida la existencia en concentraciones relativamente baja de Mn (80 – 120 µg/L) está comprobado que es suficiente para provocar aparición de color y turbidez en el recurso hídrico. Así como la de bacterias del manganeso en las tuberías de distribución. Si el contenido supera los 0.2 mg/l aparece también en el agua de bebida sabores metálicos no deseables

7.1.5. Parámetro microbiológico

Tabla 6. Análisis microbiológico

Parámetro	Resultado	Decreto 2115 de 2007
Coliformes Totales (UFC/100ml)	300	0,000
E-Coli (UFC/100ml)	300	0,000

Fuente: autora

Los coliformes totales se encuentran en un 75% con respecto a la norma y la E-coli en un 25% que es básicamente un cero por ciento de microorganismo contaminantes. La presencia de coliformes y E-coli en el agua de bebida es causante de grandes problemas infecciosos, diarreas, hepatitis infecciosas, amibiasis, tifoidea, la gastroenteritis etc.

La E-coli es el mayor indicador de contaminación fecal en el agua,

7.2. ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO IRCA

El IRCA, según el ministerio de protección social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial en la resolución 2115 de 2007 se asigna el puntaje de riesgo contemplado en el anexo D cuadro 4 a cada característica física, química y microbiológica. Define el grado de calidad, problemas de contaminación de una manera ágil; permite evaluar una amplia cantidad de recursos hídricos en una forma periódica.

Es la mayor probabilidad de que un individuo de una población determinada se enferme o muera, mientras persistan las condiciones que afectan la calidad del agua para consumo humano, por el grado de influencia que tienen las características físicas, químicas y microbiológicas en el agua sobre la salud.

Los resultados del índice de calidad de agua se hallan con la siguiente fórmula.

IRCA POR MUESTRA

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\text{Sumatoria de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\text{Sumatoria de riesgo asignado a todas las características analizadas}}$$

7.2.1. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua

Tabla 7. Índice de Riesgo de Calidad de agua

Clasificación IRCA (%)	Niveles de Riesgo	Consideraciones
80.01 – 100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Agua no apta para el consumo humano y requiere una vigilancia especial y detallada.
35.1 – 80	ALTO	Agua es no apta para el consumo humano, y requiere una vigilancia especial.
14.1 – 35	MEDIO	Agua no apta para consumo humano, susceptible de disminuir con una gestión directa.
5.1 – 14	BAJO	El agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento
0 – 5	SIN RIESGO	Agua apta para consumo humano

Fuente: Autora

7.2.2. Resultados del Índice de Calidad del Agua en el Pozo Subterráneo.

IRCA DE LA MUESTRA DEL POZO SUBTERRANEO

$$\begin{aligned} \text{IRCA (\%)} &= \frac{991,98}{1363,75} * 100 \\ \text{IRCA} &= 72,73\% \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta el resultado por el índice de calidad de agua de la muestra se evidencia desmejoramiento de la misma y se puede apreciar que se encuentra en nivel alto de riesgo; por lo tanto, no es apta para consumo humano y requiere una vigilancia especial.

7.3. USOS DEL RECURSO HÍDRICO

En Colombia el decreto 1594 de 1984 del ministerio de salud contempla en el capítulo III “la destinación genérica de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas”, que rige los valores mínimos para cada uso y el decreto 2115 del 2007 establece los valores mínimos para el agua potable.

Los valores que alcanzan las diferentes características del agua la hacen propia para determinado uso y le imprimen una calidad específica que le permiten una clasificación. Estas características de calidad que deben alcanzar las aguas según el uso, llevan a manejar diferentes tratamientos de adecuación para alcanzar los valores propios.

El artículo 29 maneja como usos del agua:

- a. Consumo humano y doméstico
- b. Preservación de flora y fauna
- c. Agrícola
- d. Pecuario
- e. Recreativo
- f. Industrial
- g. Transporte

7.3.1. Consumo humano y doméstico

Artículo 30: Se entiende por uso del agua para consumo humano y doméstico su empleo en actividades tales como:

- a) Fabricación o procesamiento de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución.
- b) Bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato.
- c) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.
- d) Fabricación o procesamiento de drogas, medicamentos, cosméticos, aditivos y productos similares.

En este trabajo teniendo en cuenta las necesidades de la comunidad de esta finca el agua en estudio tiene su mayor importancia en el consumo humano, agrícola y pecuario. Según lo exigido por el decreto y los resultados obtenidos en el laboratorio se tiene que:

Este recurso no es apto para consumo humano por no encontrarse dentro de los valores máximos aceptables por el decreto 2115 de 2007 y a demás el resultado

arrojado por el índice de calidad de agua señala que es de alto riesgo para ser consumida por el hombre y requiere de una vigilancia especial.

7.3.2. Uso Agrícola

Artículo 32: Se entiende por uso agrícola del agua, su empleo para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias, que el Ministerio de Salud o la EMAR establezcan.

De acuerdo con los parámetros tomados se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 8. Comparación de resultados para uso agrícola

Parámetro	Resultado	Decreto 2115 de 2007
Arsénico ($\mu\text{g As/L}$)	0.044	0.1
Cinc (mg Zn/l)	0.3	2.0
Hierro mg Fe/l)	7.0	5.0
Manganeso (mg Mn/l)	1.0	0.2
pH (unidades de pH)	7.57	4.0 -9.0
Coliformes totales (UFC/100/ml)	300	5. 000
Conductividad ($\mu\text{S/L}$)	134	1.000

Fuente: autora

7.2.3. Uso Pecuario

Artículo 33: Se entiende por uso pecuario del agua, su empleo para el consumo del ganado en sus diferentes especies y demás animales, así como para otras

actividades conexas y complementarias que el Ministerio de Salud o la EMAR establezcan.

Tabla 9. Comparación de resultados para uso pecuario

Parámetro	Resultado	Decreto 2115 de 2007
Arsénico ($\mu\text{g As/l}$)	0.044	0.2
Cinc (mg Zn/l)	0.3	25.0
Nitritos ($\text{mg NO}_2\text{-/l}$)	0.136	10.0

Fuente: autora

Estos decretos son la base para que las entidades de manejo ambiental, que en la actualidad son las corporaciones regionales autónomas, vigilen y controlen el uso y la calidad del agua en el país.

Con los parámetros realizados en la muestra no es posible dar un concepto acertado sobre el uso de esta agua puesto que hace falta la mayoría de los parámetros exigidos por el decreto 2115 de 2007.

8. CONCLUSIONES

Dada la gran importancia que tiene el recurso hídrico en la actualidad y la que alcanzara para el abastecimiento del futuro en esta zona del país, donde este recurso se ve seriamente afectado sobre todo en época de sequía, donde los animales en muchos lugares no tiene nada que beber por que los caños, ríos y pozos se secan totalmente, la vegetación (sabanas y cultivos) se marchitan o se secan completamente esto por la deficiencia total de lluvias o ausencia de agua superficial, de igual forma el ser humano que se encuentra allí también se ve afectado por la falta de este recurso.

Con relación a estos resultados se puede decir que en la zona se observan varias clases de contaminación. Entre ellas, se encuentran: las aguas residuales y las procedentes de pozos sépticos que en la actualidad son obsoletos; en el sector agrícola el uso inadecuado de pesticidas, herbicidas y agroquímicos.

Intromisión pecuaria en la que se destaca el cambio del paisaje para dar paso a potreros y extensos cultivos de pasto.

Los análisis físicos químicos, y microbiológicos sobrepasan los parámetros establecidos por la ley para aguas de consumo humano especialmente por su contaminación de tipo orgánico e inorgánico lo que obliga a implementar un sistema de tratamiento.

El análisis del índice de calidad de agua (IRCA) arroja como resultado un alto grado de contaminación no siendo apta para el consumo humano y requiere de un tratamiento especial.

9. RECOMENDACIONES

El conocimiento actual de los acuíferos presentes en esta zona es nulo, faltan parámetros hidroclimáticos, hidráulicos, hidroquímicos, e hidrogeológicos no hay un registro histórico.

Enfocar investigaciones que permitan obtener un amplio conocimiento de la calidad del recurso hídrico subterráneo y de los acuíferos allí presentes.

El pozo requiere de un análisis fisicoquímico y microbiológico más completo exigido por el decreto 2115 de 2007..

El agua en estudio requiere de tratamiento para hacerla potable por tener un alto contenido de coliformes totales, E-coli, hierro, arsénico, color, turbiedad, nitritos y para ello se requiere de una planta de tratamiento con capacidad aproximadamente de un metro cúbico por hora.

BIBLIOGRAFÍA.

- AVERY LM, Williams AP, survival of Escherichia coli in private drinking water wells. Abstract. Pubmed.gov, 2002, 216(1)
- GARCÍA ROSA. Análisis químico y bacteriológico en el control de agua. Bucaramanga: universidad industrial de Santander, 1983. Pág. 130
<http://sanluisdepalenque-casanare.gov.co/sitio>.
- Larry. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Bogotá: McGraw- Hill, 1999. Pág.: 71
- LOBO Alberto, Seminario Internacional Ambiental del Agua. Bogotá: Universidad del Rosario, Embajada de Francia en Colombia, 2005.
- MARÍN Rafael. Fisicoquímica y Microbiológica de Los Medios Acuáticos, Tratamiento y Control de Calidad de agua. 2003. Pág. 12/45
- MIGUEL MASRIERA, El Agua, estudios de sus propiedades, su constitución, su circulación sobre la tierra y su utilización por el hombre. Barcelona, casa nova, 220, ediciones Omega S.A. 1953.
- ROHDEN F, Rossi, Microbiological monitoriny of underground Waters in cities of the extreme west of Santa catarina state. Santa Cecilia: Universidad Federal de Río Grande do Sul, 2002.
- RUIZ José y Gómez Jeremías. Instituto colombiano de hidrológia meteorología y adecuación de tierras, calidad del agua en Colombia. Bogotá, D.E., noviembre de 1988.

ANEXOS

Anexo A. Técnicas utilizadas en el análisis de laboratorio

Tabla 1. Standard “Methods for the Examination of Wastewater, 19 * th.”

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO O TÉCNICA UTILIZADA
pH	Unidades pH	SM 4500 H/Potenciómetro
Turbiedad	NTU	SM 2130 B/Turbidimétrico
Color aparente	Pt-Co	SM 2120 C/ espectrofotométrico
Conductividad	μS/cm	SM 2510 B/ Conductimétrico
Sólidos totales	mg/L	SM 2540 B / Gravimétrico
Alcalinidad total	Mg CaCO ₃ /L	SM 2320 B/ Titulométrico
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	SM 2340 C/ Titulométrico
Dureza magnésica	mg CaCO ₃ /L	SM 3500Mg-E/Cálculo
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	SM 3500 Ca- D/ Titulométrico
Calcio	mg/Ca/L	SM 3500 Ca- D/ Titulométrico
Hierro total	mg Fe/L	SM 3500 Fe-D/ Espectrofotométrico
Nitritos	mg N-NO ₂ /L	SM 4500 NO ₂ -B/Espectrofotométrico
Sulfatos	mg SO ₄ /L	SM 4500SO ₄ –E/ Turbidimétrico
Cloruros	mg Cl/L	SM 4500 Cl –B/ Argentométrico
Magnesio	mg/L	SM 3500 Mg-E/ cálculo
Zinc	mg/l	SM 3500 Zn / Absorción Atómica
Arsénico	μg/l	SM 3500 As / Absorción Atómica- Generador de Hidruros
Recuento coliformes totales	UFC/100ml	SM 9222 B/ Filtración por membrana
E-Coli	UFC/100ml	SM 9222 B/ Filtración por membrana

Fuente: autora

Anexo B.

Tabla 2. Resultados de Laboratorio

Características físicas	Resultado	Decreto 2115 de 2007
pH (Unidades de PH)	7.57	6,5 y 9,0
Turbiedad (NTU)	78.8	2
Color aparente (UPC)	305	15
Conductividad (μ s/L)	134	1000
Características Químicas	Resultados	Decreto 2115 de 2007
Sólidos totales (mg/l)	110	\leq 500
Alcalinidad Tota l (mg/l)	33	200
Dureza Total (mg/l)	40	300
Calcio (mg/l)	6,4	60
Hierro (mg/l)	7	0,3
Nitritos (mg/l)	0,136	0,1
Sulfatos (mg/l)	18,14	250
Cloruros (mg/l)	10,7	250
Arsénico (μ g/L)	4,4	0,01
Manganeso (mg/l)	1	0,1
Zinc	0,3	3
Características microbiológicas	Resultado	Decreto 2115 de 2007
CT (UFC/100ml)	300	0,000
E-Coli (UFC/100/ml)	300	0,000

Fuente: autora

Anexo C.

Tabla 3. Matriz de impacto ambiental

MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL ACUÍFERO DE AGUA SUBTERRÁNEA							
Identificación		Evaluación					
Elementos	Acciones	Escala de importancia		Escala de situación actual		Escala de gestión	
Unidades ambientales		1 a 2	3 a 4	1 a 2	3 a 4	1 a 2	3 a 4
		Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
BIOLÓGICOS							
Flora	Modificaciones de la cubierta vegetal						
Fauna	Perdida de hábitat (fauna nativa)						
	Pérdida de biodiversidad						
	Especies en peligro						
FÍSICO-QUÍMICAS							
Aire	Ruidos						
	Emisión de gases /olores						
	Emisión de material particulado						

MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL ACUÍFERO DE AGUA SUBTERRÁNEA							
Identificación		Evaluación					
Elementos	Acciones	Escala de importancia		Escala de situación actual		Escala de gestión	
		1 a 2	3 a 4	1 a 2	3 a 4	1 a 2	3 a 4
Unidades							
Agua superficial	Contaminación		Alto		Alto		Alto
	Calidad		Alto	Bajo			Alto
Agua subterránea	Extracción		Alto		Alto		Alto
	Contaminación		Alto		Alto		Alto
Suelo	Alteración topográfica		Alto	Bajo		Bajo	
	Afectación del uso de la tierra		Alto		Alto	Bajo	
MEDIO SOCIOECONÓMICO							
Usos del territorio	Ganadería		Alto		Alto	Bajo	
	Petrolera		Alto		Alto		Alto
	Agricultura		Alto		Alto	Bajo	

Índice de calificación

	Alto
	Bajo

Fuente: autora

Anexo D.

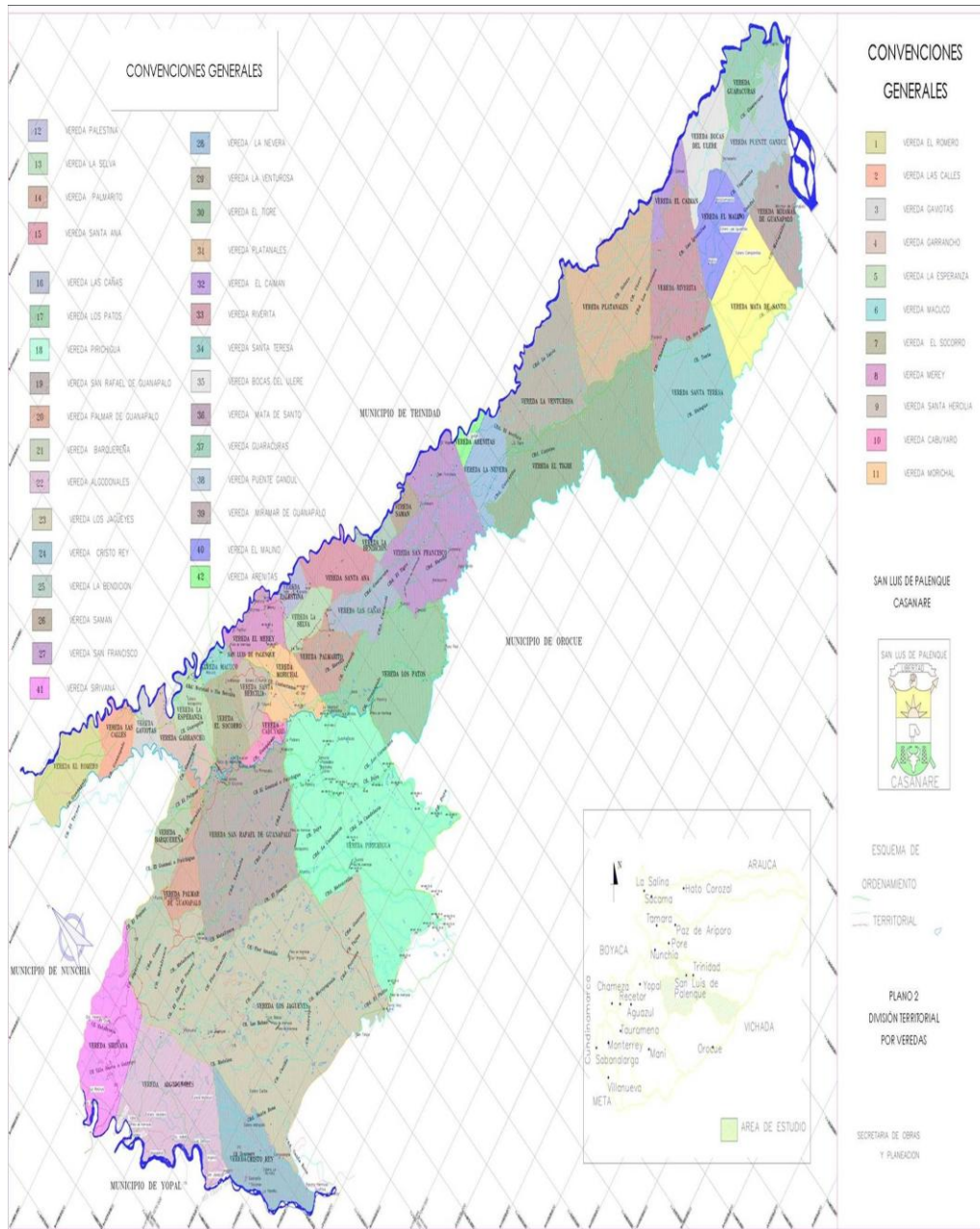
Tabla 4. Puntaje de Riesgo (IRCA)

Características	Puntaje de Riesgo
Color aparente	6
Turbiedad	15
pH	1,5
Cloro residual libre	15
Alcalinidad total	1
Fosfatos	1
Calcio	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza total	1
Sulfatos	1
Hierro total	1,5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes totales	15
Escheriachia Coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

Fuente: autora

Anexo E.






Figura 1. División Política San Luís Del Palenque



Fuente: <http://sanluisdepalenque-casanare.gov.co/sitio>.

Anexo F. FAUNA DE LA REGIÓN S

Figura 2. Fauna de la región

	
Oso hormiguero	Patos silvestres
	
Tautaco	Garzón
	
Chigüiro	Gonzalo



Toldito



Alcaraván



Potrillo



Ternera

Fuente: autora