

*SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA  
POTABLE EN PEREIRA*

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Adriana González Cañón  
Herman Fernando Lema Trejos

Universidad de Manizales  
Facultad de Ciencias e Ingeniería  
Manizales caldas 2015

## TABLE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	4
ABSTRACT .....	5
PALABRAS CLAVE .....	6
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>11</b>
4. ANTECEDENTES .....	13
5. HIPÓTESIS.....	15
<b>6. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>6.1. OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>16</b>
<b>6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>16</b>
<b>7. METODOLOGÍA DE DESARROLLO.....</b>	<b>17</b>
<b>8. ESTADO DEL ARTE – MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
8.1. Condiciones de las fuentes de Abastecimiento .....	19
8.2. Tratamiento de Agua Potable .....	20
8.3. Mapas de Riesgo de Calidad de Agua Para Consumo Humano .....	21
8.4. Articulación interadministrativa.....	21
8.5. Sistemas de Información Geográfica .....	22
<b>9. DESARROLLO.....</b>	<b>23</b>
9.1. Determinación del El índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA) .....	25
9.2. Recopilación de la Información.....	27
9.3. Niveles de Riesgo.....	28
9.4. Arquitectura utilizada en el desarrollo:.....	29
<b>9.4.1. Servidor de mapas: Map Server -&gt; Versión 3.0.6 .....</b>	<b>30</b>
<b>9.4.2. Servidor Web: Apache -&gt; Versión 2.2.22 .....</b>	<b>30</b>
<b>9.4.3. Framework de desarrollo -&gt; Pmapper -&gt; Versión 3.0.6.....</b>	<b>30</b>
<b>9.4.4. Lenguaje de Programación: PHP -&gt; Versión 5.4.3 .....</b>	<b>31</b>
<b>9.4.5. Servidor de base de datos: Postgresql -&gt; Versión 9.3.9-1 + Extensión GIS -&gt; PostGIS 2.1 .....</b>	<b>31</b>
<b>10. RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>

<b>11.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>33</b>
<b>12.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>34</b>
<b>13.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>35</b>

#### **LISTA DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b>	<b>Metodología del desarrollo del proyecto</b> .....	<b>18</b>
<b>Tabla 2</b>	<b>Información del Prestador del servicio de Acueducto</b> .....	<b>24</b>
<b>Tabla 3</b>	<b>Información puntos de muestreo</b> .....	<b>25</b>
<b>Tabla 4</b>	<b>Características del índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano y su puntaje</b> .....	<b>26</b>
<b>Tabla 5</b>	<b>Índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano y puntaje</b> .....	<b>26</b>
<b>Tabla 6</b>	<b>Ejemplo distribución de los puntos de muestreo en Pereira, caso empresa Aguas y Aguas de Pereira</b> .....	<b>27</b>
<b>Tabla 7</b>	<b>Niveles de riesgo según los resultados de las características del muestreo</b> .....	<b>29</b>

## RESUMEN

La Secretaría de Salud del Municipio de Pereira, es la entidad encargada de realizar la vigilancia de la calidad del agua distribuida a través de la red de acueducto del municipio. El objetivo principal del monitoreo, es detectar sectores en los cuales el agua no cuente con los estándares de calidad necesarios para el consumo humano, mediante toma de muestras en algunos puntos determinados a lo largo de la red.

Además de lo anterior, la Secretaria de Salud debe presentar informes constantes a otras entidades externas como Alcaldía, la Gobernación, las empresas prestadora del servicio de acueducto y deferentes entes de control, los cuales requieren información precisa y actualizada al respecto para la toma de decisiones.

Derivado de esta actividad, la secretaria de salud tiene la necesidad de contar con un sistema informático, que le permita administrar y consultar la información asociada a puntos de monitoreo y resultados de muestras. Por tal motivo, se desarrolló una solución que cubriera dicha necesidad y adicionalmente, otorgándole el valor agregado de poder visualizar los resultados en un mapa a través de un sistema de información geográfica.

Se trata de un sistema de almacenamiento y visualización de la información geográfica, que trabaja con información centralizada en base de datos, almacenando en la misma tabla la información geográfica y atributal y que permite la posterior incorporación de información a través del “Front” del aplicativo. El “Front” de la aplicación consiste en un cliente ligero desarrollado en entorno Web, por lo cual, es de fácil accesibilidad para los usuarios y a través del cual se podrá realizar diversas consultas atributales así como la visualización geográfica de las mismas mediante mapas temáticos.

El presente desarrollo otorga una herramienta importante a la Secretaría de Salud de Pereira, para mejorar su proceso de monitoreo de la calidad del agua, el cual es de vital importancia para el gobierno en su objetivo de garantizar la salubridad pública

## **ABSTRACT**

The health department of the municipality of Pereira, is in charge of carrying out the surveillance of the quality of water distributed through the network of aqueducts of the town. The main purpose of monitoring is to identify sectors where the water does not have the necessary quality standards for human consumption, by sampling some specific points along the network.

Besides the above, the Ministry of Health must submit regular reports to external parties as mayor, the governor, the provider of water service companies and deferential control entities, which require accurate and current information about it for decision making .

Derived from this activity, the health department has the need for a computer system that allows to manage and consult information associated with monitoring points and sample results. Therefore, a solution that would cover this need and further, giving added value to display the results on a map through a geographic information system was developed.

It is a system of storage and display of geographic information, working with centralized information database stored in the same table geographical and atributal information and allows the subsequent incorporation of information through the "Front" of the application . The "Front" application consists of a thin client developed for Web environment, which is easily accessible to users and through which you can perform various atributales query and geographic visualization of the same through thematic maps.

This development provides a major contribution to the Ministry of Health of Pereira tool to improve the process of monitoring water quality, which is vital for the government in its goal of ensuring public health

## **PALABRAS CLAVE**

Calidad de agua

Consumo Humano

Plan de seguridad del agua

Características

Índice de Riesgo de Calidad de Agua para consumo humano (IRCA)

Herramientas

Sistema de información geográfica

Punto de Muestreo

PostGis

MapServer

## **1. INTRODUCCIÓN**

Para obtener agua con calidad para consumo humano, esta debe someterse a una evaluación constante por parte de varias entidades que se ocupan de la gestión de ella, en este sentido es necesario organizar los roles y actividades que tienen todas las instituciones para proporcionar un agua segura, de conformidad a esta necesidad, se ha realizado un ordenamiento de la legislación sanitaria nacional para mejorar las competencias y acciones encaminadas a la una mejor calidad de vida.

La norma sanitaria en calidad del agua es el decreto 1515 de 2007, llamado también Plan de Seguridad del Agua PSA, evidencia la necesidad de organizar institucionalmente las administraciones municipales, esto para implementar el sistema de vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano a nivel local, lo que genera iniciar una serie de cambios que demande una reingeniería institucional, lo anterior implica, establecer programas con actividades que recojan datos precisos distribuidos por toda la jurisdicción del municipio, para una correcta administración de la información con el fin de evidenciar de forma puntual como se presta el servicio de agua potable en las localidades.

El agua está distribuida de forma variable por todo el territorio del municipio, y en función de esta se generan los espacios habitacionales entorno de la buena existencia del recurso hídrico, lo anterior define que existan diferentes tipos de centros poblados o viviendas dispersas con desiguales posibilidades de acceder al agua en buena calidad y cantidad, lo que implica ciertas dificultades en la gestión adecuada para que llegue potable a las viviendas.

El diagnóstico del agua para consumo humano que se realiza por medio de laboríos de Salud Pública genera un reporte negativo o favorable dependiendo de la calidad del agua que se distribuya a través de los sistemas de suministro de cada una de las poblaciones.

El Índice de riesgo de calidad de agua, es entonces el instrumento que define el diagnóstico del agua, lo que implica que este diagnóstico sea un dato generado a favor de Gestión del agua, y como instrumento, es necesario que las instituciones de la Alcaldía encargadas del mejoramiento de este vital liquido tengan a la mano la información de todos los acueducto del municipio de Perera que distribuyan agua ya sea cruda o tratada, como lo dictamina la norma sanitaria mencionada anteriormente.

Las herramientas informáticas aplicadas para este proyecto pretenden entonces, fortalecer la captura, manejo y administración de la información generada, de acuerdo con el diagnóstico del agua para el conocimiento de varias instituciones, por lo cual es necesario, la geolocalización de la información para administrarla en un sistema de información que facilite el procesamiento, análisis y reporte de la información en el menor tiempo posible.



## 2. JUSTIFICACIÓN

La Secretaria de Salud del municipio de Pereira, como autoridad sanitaria, tiene a cargo la responsabilidad de realizar vigilancia a la calidad del agua para determinar la viabilidad para el consumo humano; dada esta responsabilidad en la normatividad vigente, se hace necesario el constante monitoreo de la calidad de agua en diferentes puntos muestreo del municipio, a través de instrumentos que permite la toma de muestras y de esta forma se define el nivel de riesgo del agua de consumo. El proyecto definido como *SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN PEREIRA*, permitirá la consolidación de bases de datos espaciales que facilitarían la revisión periódica del nivel de riesgo en la calidad de agua que se distribuye | a la población, además de otras variables que potencializan las enfermedades de origen hídrico y determinan si falla la prestación del servicio de acueducto.

Llevada esta información a espacios geográficos permitirían la toma de decisiones, la cual es fundamental en este tipo de componentes, ya que se trata de una población abastecida, por lo cual, es prioritario entonces establecer la obligación de cada una de las entidades involucradas en la prestación de servicio de acueducto y facilitar a estas la adecuada toma de medidas.

La generación y administración de datos, con su cantidad de variables y la necesidad de interpretación de forma ágil para los tomadores de decisiones, no es fácil, cuando se trata de que varias instituciones se pongan de acuerdo para ejercer un impacto positivo en una población, sobre todo cuando se trata de un servicio público domiciliario con una prestación tan vital como el agua.

Los criterios que determinan la implementación de un sistema de información geográfica para identificar la vulnerabilidad de un sector o comunidad, se fundamenta en el deber de cada autoridad municipal (Alcaldía) la cual es responsable de la adecuada prestación del servicio de agua para consumo. Sustentado lo anterior en el la legislación que enmarca la prestación del servicio público (Ley 142 de 1994) y la normatividad sanitaria (Decreto 1575 de 2007), sin embargo, no se conoce un sistema de monitoreo que permita identificar situación sanitaria del agua para consumo y a su vez permita la notificación inmediata. Por tal motivo la implementación del sistema de este tipo, permitirá no solo consolidar una base de datos que recopile un histórico de las muestras, sino también facilitar notificación a las entidades vinculadas incluyendo el acueducto.

Dado lo anterior, es necesario describir que la implementación de la norma sanitaria la cual permite la vigilancia del agua, donde esta se realiza a través de la toma de muestras ubicadas en diferentes puntos de la red de distribución de acueductos; y dado que cada una de las muestras es analizada en el laboratorio de Salud Pública Departamental y a su vez se determina un Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA) de acuerdo al diagnóstico, debe ser potencializado con un sistema de información geográfico que permita que estos resultados sean reportados oportunamente a las entidades involucradas en la prestación del servicio de agua del municipio de Pereira. En este tipo de notificación se potenciaría el sistema de información geográfico.

Este proyecto entonces pretende, facilitar la administración de variables de la calidad del agua en el municipio de Pereira, para atender una necesidad básica a sectores donde ha prestado el servicio de acueducto sin un efectivo control, sectorizando las comunidades más vulnerables y teniendo un histórico de la información para ejercer a través de un sistema de información geográfica un seguimiento que permita llevar a un mejoramiento continuo de los resultados obtenidos periódicamente o para continuar con la mejor calidad de agua en cada localidad, basados en los instrumentos actuales que permitan integrar la información geográfica a los datos convencionales que siempre se han generado.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Ya que los problemas de salud que están relacionados de forma evidente con el agua se deben a la contaminación microbiana (bacterias, virus, protozoos u otros organismos) y otros aspectos FISICO-QUIMICOS, los lineamientos que establece en el año 2008 la ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OMS en cuanto a agua para consumo humano o agua potable; indican que es deber de las instituciones gubernamentales asociados a los sistemas de salud junto a las autoridades ambientales nacionales establecer los criterios de vigilar la calidad del agua que surte a una población.

Para Colombia el sistema está liderado por los Ministerio de Salud y la Protección Social y el Ministerio de Medio Ambiente, quienes desde el 2007 reglamentan el sistema de protección y control de la calidad del agua mediante el decreto 1575 de 2007. Este sistema propone el monitoreo constante de la calidad del agua de consumo con el propósito de identificar las potenciales alteraciones a la salud de acuerdo a los análisis del agua. La implementación de la norma en mención, establece competencias y responsabilidades para varias entidades a nivel nacional, regional y local lo que evidencia la necesidad de la articulación de instituciones e implementar acciones tendientes a monitorear la prestación de servicio de agua.

A nivel institucional la implementación del Decreto 1575 y de sus resoluciones complementarias, genera la necesidad de programar actividades que permitan consolidar la información que genera el sistema de protección y control de la calidad de agua para consumo. La adecuada administración de esta información permite dar el oportuno reporte a cada uno de los responsables en la toma de acciones. La generación de la documentación se da a partir de las actividades propias de este programa, esta demanda tiempos que afectan la funcionalidad de las instituciones involucradas.

Para el municipio se vuelve complejo establecer la coordinación de actividades con varias entidades responsables de la adecuada prestación del servicio, donde algunas de estas entidades desconocen su competencia y perturban las acciones de la entidad territorial de salud.

La calidad del agua para consumo humano es determinada por las propiedades Físico-Químicas y Microbiológicas, que pueden contener cuando es distribuida en cada una de las viviendas o diferentes tipos de usuarios que pueden acceder a ella, como establecimientos de comercio, industria, instituciones educativas entre otras, debido a la cantidad de

factores que puedan alterar la calidad del agua desde su fuente, la planta de tratamiento e incluso la red de distribución.

Es importante entonces, determinar la calidad en su recorrido desde la fuente hídrica hasta el usuario, para establecer la probabilidad o el nivel de riesgo que se tiene al ingerirlo y causar algún tipo de enfermedad, en caso tal que se halla contaminado en el transcurso de su recorrido por toda red de acueducto. Es allí donde se debe monitorear la calidad del agua y contener la información necesaria para el reporte oportuno.

La información que se obtiene a partir de los reportes entregados por los diferentes entes sobre la calidad del agua se encuentra almacenadas de manera física y digital, en el momento de solicitar consultas e información estadística de la información. El proceso de generación y almacenamiento es de manera manual lo que causa muchos retrasos en la entrega oportuna de la información y dificulta el proceso de trazabilidad de la misma.

Así mismo, en la secretaría de salud no se cuenta con una herramienta tecnológica que permite, almacenar, consultar y analizar oportunamente cada una de las observaciones que hacen los entes involucrados en la prestación del servicio de agua para consumo. Lo que permite que la información solicitada demande más tiempo para ordenar y presentar informes o documentación con especificaciones que solicita cada integrante del sistema de protección y control de la calidad del agua.

Debido a lo anterior, se hace necesario Implementar un sistema de información georreferenciada que permita administrar la información de las muestras de agua tomadas en los puntos de control de la red de distribución de acueducto del municipio de Pereira

El SIG desarrollado para ejecutar el monitoreo de la calidad del agua se realizará en la jurisdicción del municipio de Pereira Risaralda, sobre las redes de distribución de los sistemas de suministro de agua para consumo humano establecidos en el área urbana y rural del municipio.

El desarrollo de este SIG mejorará la ejecución de actividades por parte de la Secretaría de Salud de Pereira, los prestadores del servicio de agua potable así como a la administración municipal.

Para la ejecución del proyecto se cuenta con los puntos georreferenciados en los cuales se hacen la toma de las muestras de agua en todo el municipio, los reportes IRCA, de cada uno

de los puntos en el periodo indicado anteriormente, así como la cartografía base de la ciudad de Pereira.

Almacenar, consultar y analizar la información obtenida a partir de los IRCAS entregado, trazabilidad de la información obtenida es el propósito de la implementación del SIG, lo que permite ejecutar las acciones de mejoramiento por los entes involucrados en la prestación de servicio de agua potable

#### **4. ANTECEDENTES**

Garantizar que los municipios estén dotados en su totalidad con agua potable es un propósito de sus gobernantes como responsables de dar cumplimiento a uno de los indicadores tan importantes como lo es “Proporción de la población con acceso a mejores fuentes de agua potable”, indicador planteado en los objetivos del milenio en año 2000. Lo que argumenta la necesidad de estar incrementando los indicadores estándares que garanticen el cumplimiento de las Naciones que tienen claro el propósito de medir la calidad del agua que se proporciona a su población.

Dado lo anterior y con el propósito de dar protección a la salud de los Colombianos en el consumo de agua para todo el territorio nacional, han existido políticas de protección desde la ley 9 de 1979 y complementado con el decreto 475 de 1998, lo que garantiza que a las poblaciones llegara agua potable o agua segura, modos de identificar la calidad del agua para consumo que llegaba a los habitantes. El agua segura no avala la absoluta inocuidad del producto ya que solo garantizaba que las propiedades microbiológicas no existieran en el líquido, lo que dio la oportunidad de establecer un sistema mejor vigilado, Decreto 1575 de 2007.

Actualmente la Secretaría de Salud y seguridad social de Pereira realiza la vigilancia de la calidad de agua a los 58 sistemas implementando todas las labores establecidas en el decreto 1575 de 2007, lo que permite tener unos indicadores coherentes de la calidad del agua que consumen los habitantes en zona rural y urbana.

La vigilancia entonces se ejerce con uno de los indicadores más importantes, Índice de Riesgo de Calidad de Agua para Consumo Humano IRCA, Índice de Riesgo por Abastecimiento IRABA y las Buenas Practicas Sanitarias BPS; los cuales determina si el agua es potable o no, el IRCA es el indicador que permite identificar cual es la calidad que llega a cada usuario de cualquier sistema de suministro del municipio, determinando así la

posibilidad de que los habitantes puedan tener una enfermedad de origen hídrico asociada al agua de consumo.

La administración del IRCA para la Secretaría de Salud se establece desde la programación de la toma de muestras, lo que permite el desarrollo de actividades en campo en cada acueducto, no sin antes realizar la concertación de los puntos de muestreos como lo establece la normatividad vigente Resolución 811 de 2009, dada la programación de la muestras se procede a realizar la determinación de los parámetros a vigilar entre físico-químicos y microbiológicos, ya sea en el sector de la red inicial o red final; concertado el día del muestreo se procede a realizar la toma de la muestra sobre la red de acueducto puntualmente en los sitios de muestreo, luego la muestra es entregada al laboratorio de salud pública del departamento, donde se realiza el análisis de la muestra en cada uno del parámetros determinados anteriormente.

El análisis presenta propiedades físicas, química y microbiológicas y según su rango preestablecido de tolerancia se determina el diagnóstico ya sea aceptable o no. Cada diagnóstico determina una puntuación según el parámetro. La cantidad de puntos establece el nivel de riesgo en que está expuesta la población y por tanto el IRCA.

Lo anterior establece un proceso en el Laboratorio de salud pública donde se determina el Índice de riesgo, el procedimiento consiste en digitar los resultados del análisis por cada uno de los parámetros medidos en la muestras, las características físicas, químicas y microbiológicas se compara con parámetros establecidos en la resolución 2115 de 2007, lo que da como resultado el diagnóstico. Cada parámetro según lo determinado por el Instituto Nacional de Salud INS se puntúa de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia de una enfermedad de origen hídrico.

Así mismo, como resultado del análisis se determina el nivel de riesgo ya sea aceptable o no, según el rango establecido de tolerancia por la norma sanitaria mencionada anteriormente.

Los resultados, se reportan a cada una de las entidades que deben ejercer acciones para mejorar el servicio si es necesario, además de entregarse o reportarse en la página web del INS, el resto de las entidades es notificado de forma física.

La cantidad de muestras a notificar por cada sistema de suministro vigilado, la programación de las muestras, la información solicitada por cada entidad que hace parte del Sistema de Protección y Control de la Calidad del Agua (Decreto 1575 de 2007), además

de otro tipo de entidades que les corresponde adelantar procesos de gestión para mejorar la prestación de servicio, principalmente en los acueductos administrados por Asociaciones Comunitarias, generan grandes problemas en el manejo adecuado de la información. Cada una de las anteriores actividades y las propuestas mediante las normas implementadas en ésta temática, definen la cantidad de acciones que se deben sintetizar para mejorar la eficiencia a la hora de realizar los reportes que se soliciten.

La Secretaria Municipal de Salud presenta dificultades en el análisis de la información capturada de cada uno de los puntos de muestreo del agua, debido a la gran cantidad de información que debe recolectar de 58 sistemas de suministro de agua entre rural y urbano del municipio, lo cual ocasiona problemas para presentar los informes a las distintas entidades debido a que éstos son generados de forma manual a través de la recopilación de los resultados físicos de cada evaluación.

## **5. HIPÓTESIS**

Un sistema de información geográfica permitirá la posibilidad de administrar la información de acuerdo con las necesidades de las instituciones que prestan el servicio de acueducto en la ciudad de Pereira?

Es posible implementar un SIG para administración de los reportes del Índice de Riego de la Calidad del Agua para Consumo Humano IRCA, teniendo en cuenta los limitantes de los recursos informáticos de la Secretaría de salud y seguridad social de Pereira?

Dado que la cantidad de documentos generados en la vigilancia de la calidad del agua, es constante y amerita diferentes tipos de consultas localizadas, ya sea para una empresa las prestadoras del servicio del municipio, un centro poblado o un sector de la red de acueducto. El SIG pretende administrar y organizar la información de una forma que sea práctica y dinámica en el momento de consultar y dar a conocer a los entes competentes.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un SIG para las muestras de agua tomadas en los puntos de control de la red de distribución de acueducto del municipio de Pereira, que permita administrar la información para la oportuna consulta y reportes pertinentes

### **6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obtener y organizar la información existente a partir de los reportes generados (IRCA).
- Recolectar la información cartográfica de la ciudad de Pereira pertinente para el proyecto.
- Crear un repositorio único para almacenamiento de la información de las muestras que garantice la integridad y disponibilidad de la información (Base de datos, servidor de mapas).
- Diseñar y desarrollar un sistema de información geográfica para la administración de los datos reportados por el laboratorio de salud pública



## **7. METODOLOGÍA DE DESARROLLO**

Las muestras de agua son tomadas en distintos puntos de control identificados en la red de distribución de acueducto. La muestra tomada se llama IRCA (Índice de riesgo de calidad del agua) compuesta por 22 características a evaluar, estas características tienen varias propiedades (Física, Química ó Microbiológica); cada característica tiene un rango dentro del cual se considera la muestra aceptable, cuando la medición se sale de dicho rango, se considera no aceptable, en este caso al parámetro se le otorga un valor de riesgo, por lo cual se maneja rangos en una escala de 0 a 100, dentro de los cuales se establece el nivel de aceptabilidad del agua.

De lo anterior se define que de conformidad a la norma sanitaria, la sumatoria de todos los niveles de riesgo de las características que componen la muestra nos dan un resultado total de la muestra. Dependiendo del resultado total de la muestra se establece un nivel de riesgo de la muestra.

Con el fin de definir responsables de toma de muestra, es necesario tener el dato del usuario que tomó la muestra, así como la fecha en la cual se tomó y se realizó el análisis de laboratorio a la misma.

Respecto a los puntos de control, éstos tienen una localización geográfica y están distribuidos por sectores en el municipio de Pereira, cada punto de control pertenece a una planta de tratamiento de agua. En los puntos de control, es importante además de conocer las coordenadas latitud y longitud, tener una referencia de ubicación para los funcionarios, la dirección, también se requiere la altura sobre el nivel del mar y la ubicación dentro de la red de acueducto respecto a la planta de tratamiento, un punto de control está ubicado al inicio de la red de distribución, al intermedio y al final.

Las medidas son orientadas a disminuir el riesgo en la población afectada por una evaluación no aceptable en las muestras, por esto es importante conocer los sectores afectados por cada punto de control.

**Tabla 1. Metodología del desarrollo del proyecto**

Desarrollar un SIG para las muestras de agua tomadas en los puntos de control de la red de distribución de acueducto del municipio de Pereira, que permita administrar la información para la oportuna consulta y reportes pertinentes				
Obtener y organizar la información existente a partir de los reportes generados (IRCA).	Recolectar la información cartográfica de la ciudad de Pereira pertinente para el proyecto.	Determinar las características funcionales del SIG.	Crear un repositorio único para almacenamiento de la información de las muestras que garantice la integridad y disponibilidad de la información (Base de datos, servidor de mapas).	Determinar la tecnología a usar en el desarrollo del SIG.
<p>Actividades</p> <p>Actividad 1: Analizar la información asociada a las muestras IRCA.</p> <p>Actividad 2: consolidar la información de los puntos de muestreos</p> <p>Actividad 3: generar los requerimientos del sistema según la información consolidada</p> <p>Actividad 4: Validar la veracidad de la información recolectada</p>	<p>Actividades</p> <p>Actividad 1: Determinar la base cartográfica a utilizar</p> <p>Actividad 2: Obtener la base cartográfica de otras entidades.</p> <p>Actividad 3: Analizar la información obtenida y determinar si es viable para su utilización.</p> <p>Actividad 4: Realizar post-procesos necesarios a la base cartográfica.</p>	<p>Actividades</p> <p>Actividad 1: Definir los requerimientos funcionales del sistema.</p> <p>Actividad 2: Definir la información a almacenar</p> <p>Actividad 3: Diseñar los reportes necesarios</p>	<p>Actividades</p> <p>Actividad 1: Definir el modelo de datos de la información geográfica y atributal.</p>	<p>Actividades</p> <p>Actividad 1: Definir el servidor de mapas.</p> <p>Actividad 2: Definir el servidor de bases de datos</p> <p>Actividad 3: Definir el lenguaje de desarrollo del aplicativo web.</p> <p>Actividad 4: Determinar si se utilizará un Framework que facilite el desarrollo.</p>

Elaboración propia

## **8. ESTADO DEL ARTE – MARCO TEÓRICO**

### **8.1. Condiciones de las fuentes de Abastecimiento**

En Colombia, el sector rural donde se localizan las fuentes de abastecimiento para consumo humano se caracteriza por su diversidad productiva, situación que a pesar de generar ingresos económicos que les permite a las familias campesinas un sustento y seguridad alimentaria, también producen subproductos que alteran las características del ambiente. Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2005) el 69% de las familias en zona rural se dedican a actividades agrícolas, el 90% a la actividad pecuaria y el 3% a la piscícola, durante las cuales, se genera un alto consumo de agua que en ocasiones no cuenta con una calidad apropiada y así mismo, se produce residuos líquidos que contaminan los recursos hídricos debido a la falta de sistemas adecuados para la disposición final de excretas y aguas residuales. Esta situación no solo contamina a algunos ecosistemas, sino también afectan la calidad de vida de la población, ya que generalmente, se abastecen de agua para consumo de las mismas microcuencas donde disponen sus residuos líquidos, y por tanto la ingesta de agua contaminada, lleva a la generación de enfermedades que pueden producir hasta la muerte.

En este contexto, el uso de algunos agroquímicos, plaguicidas, insecticidas, fungicidas y demás químicos utilizados para asegurar la producción agrícola, no solo tienen efectos residuales en el ecosistema, sino también, en el cuerpo humano, y por ende en la salud de la población campesina a mediano y largo plazo. Pues dicho uso de compuestos químicos, dejan en el agua trazas de metales, y sustancias que pueden ser acumuladas en la cadena trófica y así mismo ingresar al metabolismo humano.

Las enfermedades diarreicas agudas causadas por diferentes microorganismos ligados con la mala calidad de agua en fuentes de abastecimiento las ha determinado la Organización Mundial de la Salud en 2006, *Aeromonas* Pueden ocasionar infecciones en las personas, como septicemia, especialmente en pacientes inmunodeprimidos, infecciones de heridas e infecciones del aparato respiratorio; los *Bacillus* son causantes de Intoxicación alimentaria similar a la estafilocócica; *Burkholderia pseudomallei* puede causar melioidosis cuya manifestación clínica es la neumonía, úlceras o abscesos cutáneos, abscesos en órganos internos y enfermedades neurológicas atípicas, como la encefalitis del tronco encefálico o la paraplejía aguda, en general son algunas de las clasificaciones dadas por la entidad internacional lo cual amerita cuidado por la autoridad sanitaria y con las acciones de vigilancia mejorar los procesos que garanticen el agua potable.

De lo anterior se debe resaltar que en la actualidad la mayoría de los servicios de abastecimiento de agua potable ya cuentan con diagramas del sistema detallados, con datos obtenidos mediante un Sistema de información geográfica (SIG) sobre la ubicación y extensión de las cuencas de captación con los conflictos descritos anteriormente, las instalaciones y la red de distribución. Plan de Seguridad del Agua OMS2006, sin embargo, existen otro tipo de sistemas que no poseen este nivel de detalle.

## **8.2. Tratamiento de Agua Potable**

Agua potable es el agua, ya sea de superficial o subterránea, tratada o no tratada por no estar contaminada, como lo define la Organización Panamericana de la Salud, en este orden de ideas es el agua que cumple con todas las propiedades físicas, químicas y microbiológicas que no altere la salud de quien la bebe. Lo que implica definir acciones constantes para prevenir la alteración de cada parámetro.

Las acciones para mejorar la calidad del agua en caso que esté contaminada, se realiza por medio del tratamiento según el parámetro alterado, en Colombia se han implementado diferentes sistemas de tratamiento según, la calidad de la fuente, la protección de la cuenca abastecedora, la ubicación y los recursos del prestador del servicio; sistemas con tratamiento convencional, plantas compactas, Filtración en Múltiples Etapas (FIME), hacen parte de tratamientos que garantizan mediante una buena operación que el agua sea potable; sin embargo, existe otro tipo de tratamiento con casetas de desinfección (Cloración) que permite remoción de microorganismos patógenos.

Los tratamientos convencionales y Plantas compactas permite integrar la remoción de la mayoría de características, físicas, químicas y microbiológicas; los procesos de tratamiento se integra en seis componentes, desarenación, Coagulación, Floculación, sedimentación, Filtración y desinfección, donde los cinco primeros remueven los parámetros Físico-químicos y el último remueve la parte Biológica del agua de consumo humano, los sistemas FIME son procesos de filtración lenta donde se integra la remoción a través de filtración en tanques que contiene arena de diferente diámetro integrando procesos biológicos, en este sistema también se garantiza la remoción de organismos patógenos y propiedades físico-químicas que puedan alterar la salud de quien la toma.

Los tratamientos que garantizan la potabilización del agua relacionan cantidad de químicos que al integrarse al agua en su potabilización en dosis desproporcionadas alteran su contenido y por tanto la calidad de la misma, estas sustancias, además de la calidad de la

fuelle, es uno de los requisitos que debe cumplir un prestador de servicio para garantizar una potabilización adecuada.

Las condiciones que presenta el agua potable está relacionada entonces además del tratamiento con las actividades aguas arriba de la fuente de abastecimiento, la fuente es entonces donde se debe establecer la identificación de las sustancias y composiciones para realizar la indispensable vigilancia ya que además de los parámetros básicos contemplados en el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico Resolución 1096 de 2000 (RAS 2000) existen otros aspectos o propiedades contenidas en el líquido de carácter sanitario.

### **8.3. Mapas de Riesgo de Calidad de Agua Para Consumo Humano**

Las labores en la cuenca que abastece los acueductos, van encaminadas a describir las actividades presentes en la fuente de abastecimiento, con el propósito de verificar las acciones de prevención en el monitoreo del agua en el lugar donde se realiza la captación y aducción al sistema, estas actividades son definidas por el acto administrativo que emite la Autoridad Sanitaria (Secretaria de Salud) llamado mapa de riesgo de calidad del agua MRCACH (Resolución 4716 de 2010), además de la concesión de agua que la establece la autoridad ambiental Artículo 19 de decreto 1575 de 2007, las características que define el mapa de riesgo deben ser vigiladas o monitoreadas en la red de distribución de cada acueducto así como las características básicas definidas en la resolución 2115 de 2007 IRCA.

### **8.4. Articulación interadministrativa**

El monitoreo del agua o el sistema de vigilancia de la calidad del agua está sustentado en el Decreto 1575 de 2007, donde cada una de las acciones presentes en la reglamentación tienen el propósito de cuidar la salud de los usuarios, el decreto tiene en cuenta las acciones que se deben realizar en cada componente de sistema de distribución, desde la cuenca o fuente de abastecimiento, sistema o planta de tratamiento, red de distribución, hasta el usuario; dando importancia además, al modo de distribuir tareas en las entidades como EL MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, EL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD, EL MINISTERIO DE AMBIENTE, LOS PRESTADORES DE SERVICIO, SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS, PROCURADURÍA GENERAL DE LA NACIÓN, ALCALDÍAS, GOBERNACIONES, AUTORIDADES SANITARIAS Y AMBIENTALES, que les compete realizar procedimientos encaminados a mejorar la calidad del agua, funciones descritas en la norma mencionada.

Las labores a desarrollar como Autoridad Sanitaria municipal están enfocadas a determinar el riesgo en cada componente del sistema de suministro, con la implementación de las resoluciones complementarias al decreto, la fuente o cuenca se revisa con los lineamientos que imparte la resolución 4716 de 2010 determinando el mapa de riesgo de calidad de agua, el cual define las características físico-químicas y microbiológicas adicionales o especiales a monitorear, la planta o sistema de tratamiento se inspecciona con la resolución 82 de 2009 la cual establece las buenas practicas sanitarias BPS y el índice de riesgo por abastecimiento por persona prestadora IRABA; y el componente más importante que define la calidad del agua para consumo es el índice de riesgo de calidad de agua IRCA donde la resolución 2115 de 2007 imparte los criterios para vigilar en la red de distribución.

En la red de distribución se realiza la vigilancia en los puntos de muestreo definidas sus especificaciones técnicas en la resolución 811 de 2008, estas especificaciones permiten tener información precisa del punto como: Nombre, coordenadas geográficas, dirección, localidad comuna o barrio, número del punto entre otras.

#### **8.5. Sistemas de Información Geográfica**

Por lo anterior descrito es importante tener herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), El SIG es una tecnología que permite el manejo de información geográfica que tiene una amplia variedad de usos en el entorno académico e industrial a través de la integración de tecnologías, personas, información y procesos.

Se encuentran distintas definiciones formales del concepto SIG, una de ellas es la redactada por el NCGIA (National Centre of Geographic Information and Analysis): “un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión”. (NCGIA, 1990).

Existen SIG WEB que permiten ejecutar funcionalidades de los sistemas de información geográfica a través de internet, lo cual, otorga un gran beneficio de movilidad, portabilidad y sin la necesidad de un software SIG específico ya que se pueden acceder a través de un navegador web. Son herramientas útiles para trabajar con datos espaciales ya que se puede visualizar la información georreferenciada sobre una base cartográfica, editar dicha

información desde lo atributal y lo espacial, así como realizar complejas consultas sobre dichos datos que involucren operaciones espaciales. Información que se encuentra almacenada en una base de datos espacial.

Trasladar las ideas de los SIG de escritorio a la Web no es sencillo ya que la Web tiene sus propias limitaciones e inconvenientes, que en muchos casos no existen en el caso de una aplicación de escritorio, y este hecho presenta limitantes para desarrollo e implementación de procesos complejos ya que se tiene el limitante de que los datos viajan a través de la red de internet.

Antes de existir las bases de datos espaciales, la información georreferenciada se almacenaba por separado de la información atributal a través de la utilización de archivos en cualquier formato geográfico. Tanto la información atributal como la geográfica se enlazaban a través de campos de relación que buscaban manejar la integridad.

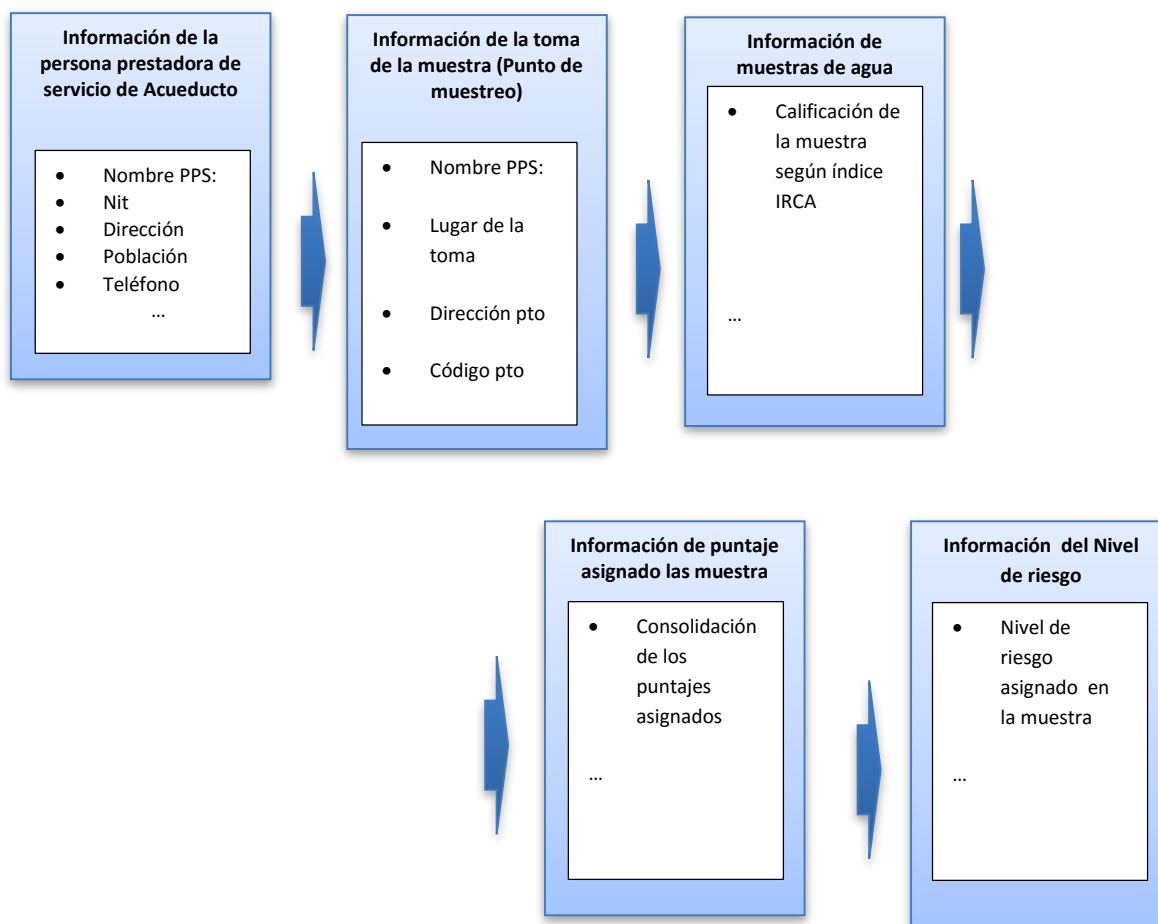
Como evolución de lo anterior, nacen las bases de datos espaciales. Es un sistema manejador de bases de datos que tiene la capacidad de almacenar información con su componente espacial (geo-localización y forma) lográndose así facilitar el acceso y manipulación de datos y garantizando mayor seguridad e integridad en la información.

## **9. DESARROLLO**

Para establecer la adecuada vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, es necesario realizar el seguimiento a los indicadores que proporciona la legislación vigente por medio de los instrumentos instaurados para este propósito. El instrumento de más peso se desarrolla mediante el monitoreo de la calidad del agua, determinando el índice de riesgo de calidad de agua IRCA define el nivel de riesgo con que se atiende una población a consumir el agua que se proporciona por medio de un sistema de suministro (Acueducto). El monitoreo pretende entonces a través de diferentes puntos de muestreo distribuidos por toda la red de acueducto verificar que la calidad del agua no presente condiciones que vulneren la salud de los usuarios.

Para administrar los datos que generan cada uno de los procedimientos desarrollados en la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano se identifican cada una de la fase que se esquematizan a continuación:

Esquema con el procedimiento para la obtención de datos



El esquema anterior establece el paso a paso para consolidar la información en las tablas de base de datos, la información que se describe en los siguientes cuadros contiene los atributos y características de las entidades que pretende mejorar los sistemas de información en cuanto agua potable se trata.

**Tabla 2 Información del Prestador del servicio de Acueducto**

INFORMACION TOMA DE MUESTRA	
Nombre del punto	El Cardal
Funcionario:	Diego Fernando Bonilla Rios
Fecha de toma:	2015-09-07
Fecha de análisis:	2015-09-08
Temperatura:	25
Calificación:	70,5

Elaboración Propia: Ejemplo información del prestador



La información dinámica, susceptible de georreferenciación en el presente proyecto son los puntos de muestreo distribuidos por todo el municipio. Los puntos deben almacenar la siguiente información:

**Tabla 3 Información puntos de muestreo**

INFORMACION PUNTO DE MUESTREO	
Identificador del punto	153
Latitud:	-75.6863888757799
Longitud:	4.80416668337968
Estado:	Construido
Nombre:	El Cardal
Ubicación:	Gabinete
Dirección:	Manzana K casa 17
Altura:	1310
Urbano/Rural:	Urbano
Construido:	Si
Concertado:	Si
Municipio:	Pereira

Elaboración Propia: Ejemplo punto de toma de muestra

Los procedimientos que se realizan en los puntos de muestreo influyen en la calidad de agua, por tanto deben cumplir con una asepsia adecuada y el espacio suficiente para realizar la toma de la muestra. Esta toma debe realizarse con los protocolos dados en la norma sanitaria además de tener en cuenta los recipientes para almacenar la muestra.

### **9.1. Determinación del El índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA)**

El índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano se establece mediante el análisis de 22 características los cuales determinan el nivel de riesgo del IRCA, cada característica tiene un puntaje asignado, los cuales sumados alcanzan el riesgo total, no es del alcance de este proyecto almacenar la información de cada característica sino el riesgo total, el cual es el que permite toma de decisiones, no obstante, se muestra las características a continuación para tener una referencia de los parámetros más importante del IRCA.

**Tabla 4 Características del índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano y su puntaje**

PARÁMETRO	TIPO DE CARACTERÍSTICA	RESULTADO	VALORES ACEPTABLES	DIAGNÓSTICO	PUNTAJE DE RIESGO
Color Aparente	física	5,0	<=15	Aceptable	6
Turbiedad	física	0,40	<=5	Aceptable	15
pH	física	6,70	>=6.5y<=9	Aceptable	1.5
CloroResidualLibre	física	0,67	>=0.3y<=2	Aceptable	15
AlcalinidadTotal	Química	25,0	<=200	Aceptable	1
Calcio	Química	13,0	<=60	Aceptable	1
Fosfatos	Química	0,04	<=0.5	Aceptable	1
Manganeso	Química		<=0.1		1
Molibdeno	Química		<=0.07		1
Magnesio	Química	2,0	<=36	Aceptable	1
Zinc	Química		<=3		1
DurezaTotal	Química	40,0	<=300	Aceptable	1
Sulfatos	Química	21,0	<=250	Aceptable	1
Hierrototal	Química	0,02	<=0.3	Aceptable	1.5
Cloruros	Química	5,0	<=250	Aceptable	1
Nitratos	Química		<=10		1
Nitritos	Química	0	<=0.1	Aceptable	3
Aluminio	Química		<=0.2		3
Fluoruros	Química		<=1		1
COT	Química		<=5		3
Coliformestotales	Microbiológicos	0	*=0 ()	Aceptable	15
E.coli	Microbiológicos	0	*=0	Aceptable	25
				Sumatoria de puntajes asignados	100

Ejemplo índice de riesgo de calidad de agua con diagnostico

**Tabla 5 Índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano y puntaje**

CALIFICACION	RIESGO
calificación<=5	SIN RIESGO
calificación > 5 Y calificación<=15	BAJO
calificación > 15 Y calificación<=35	MEDIO
calificación > 35 Y calificación<=80	ALTO
calificación > 80 Y calificación<=100	INVIABLE SANITARIAMENTE

Tomado: Resolución 2115 de 2007

## 9.2. Recopilación de la Información

En la información contenida en las siguientes tablas se relacionan los aspectos a verificar en la vigilancia del agua con el propósito de monitorear la calidad de la misma distribuida por el prestadores del servicio aguas y aguas de Pereira, las tablas pretenden verificar el estado de cada uno de los análisis muestreados en los puntos de muestreos distribuidos por todo el municipio.

La distribución de los puntos de muestreo se da de acuerdo a los criterios que se contemplan en las normas sanitarias, desde el punto más lejano de la red hasta el más cercano pasando por conexiones intermedias. Esta ubicación se presenta en la siguiente tabla con la caracterización debe tener el punto en el sistemas urbano por ejemplo-

**Tabla 6 Ejemplo distribución de los puntos de muestreo en Pereira, caso empresa Aguas y Aguas de Pereira**

PERSONA PRESTADORA	UBICACIÓN		PUNTO DE MUESTREO		No. GABINETE	DIRECCIÓN	UBICACIÓN EN LA RED		
	URBANO	RURAL	GABINETE	OTRO			INICIAL	INTERMEDIO	FINAL
EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PEREIRA S.A ESP.	X		El Cardal		0001	Manzana K casa 17		X	
	X		Casa Campesina		0002	Av. Las Americas calle 98		X	
	X		La Villa		0003	Kra 17 N° 83-03		X	
	X		Santa Juana		0004	Calle 89 N° 29-65		X	
	X		2500 lotes		0005	Manzana 21casa 30 B/ paraíso.		X	
	X		Hacienda Cuba		0006	Manzana 17 casa 2.		X	
	X		Caminos de Maraya		0007	Calle 46 N° 11-04		X	
	X		Tanque Consota		0008	Kra 8 N° 42b-03-Turin.		X	
	X		Parque Industrial		0009	Manzana 17 casa 1(Boquia)		X	
	X		Pedregales		0010	Vía la badea		X	
	X		Villa del Prado		0011	Manzana K casa 3.		X	
	X		Cuba		0012	Calle 74 x Kra 23 bis.		X	
	X		Santa Teresita		0013	Calle 16 N° 1-32		X	
	X		Gobernación		0014	Calle 18 x Kra 14.		X	
	X		Parque la libertad		0015	Kra 10 x Calle 17	se elimina por contaminación externa.	X	
	X		San Judas		0016	kra 4 Av. Del Rio		X	
	X		Tanque Otun I		0017	Av. Circunavalar vía cancelés.	X		
	X		Kennedy		0018	Carrera 13 x Calle 6E.	X		
	X		Villa Santana		0019	Manzana 1casa 27(nuevo plan).		X	

	X	Galicia		0020	CAI Galicia.	antes estación villegas.	X	
X		Alamos		0021	Calle 12 N° 29-30		X	
X		Parque Banderas		0022	Kra 7 x Calle 38-Primero de Febrero		X	
X		San Luis		0023	Carrera 30 N° 16b-96		X	
X		Batallón		0024	Av 30 agosto N° 57-79	estuvo suspendid o x obras en vía.	X	
X		Samaria II		0025	Manzana 11 casa 18		X	
X		Gamma		0026	Av. 30 de Agosto (canchas).		X	
X		Pinares		0027	Carrera 17 N° 8-60		X	
X		Parque el Lago		0028	Carrera 7 N° 27-48.		X	
	X	Puerto Caldas		0029	Vía principal. Sector puente blanco.			X
	X	Caimalito		0030	Sector Azufral.			X
	X	El Tigre		0031	Via cerritos, entrada al tigre		X	
X		Perla del Sur		0032	Manzana 2. Perla del sur.		X	
X		Tanque Otún II		0033	Av. Circunvalar vía cancelas.	X		
		Ciudad Victoria		0034	Calle 17 x Carrera 10 esquina	en reemplazo de p.la libertad		

Elaboración propia

Esta información posteriormente es la que servirá como insumo para alimentar la base de datos que se implementara en el sistema de información geográfica.

### 9.3. Niveles de Riesgo

Para determinar el nivel de riesgo en cada punto de muestreo se toman muestras de agua, estas se analizan mediante una serie de parámetros físico, químicos y microbiológicos en el laboratorio de Salud Pública, los resultados son reportados estableciendo un nivel de riesgo mediante un diagnostico referenciado en la tabla N°5.

El índice de riesgo definido por las características analizadas en el laboratorio descrito anteriormente, donde se compara los resultados con los valores aceptables, se determina mediante la siguiente formula que permite el cálculo de los niveles de riesgo.

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

**El IRCA mensual:**

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{de los IRCAs obtenidos en cada muestra realizada en el mes}}{\text{Número total de muestras realizadas en el mes}}$$

De acuerdo a la formula y la intención de implementar el SIG se establece la necesidad de dar a conocer la clasificación del IRCA, el nivel de riesgo y las entidades involucradas a tomar acciones para el mejoramiento de la calidad del agua; en la tabla siguiente, se resume lo anterior, y es el insumo para establecer el nivel de riesgo en el sistema de información geográfico.

**Tabla 7 Niveles de riesgo según los resultados de las características del muestreo**

Clasificación IRCA(%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra(Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual(Acciones)
80.1 -100	INVIABLE SANITARIA-MENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 - 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Tomado: Resolución 2115 de 2007

El nivel de riesgo generado por el agua para consumo debe entonces ser identificado y reportado para la toma de acciones de las entidades involucradas en la prestación del servicio de agua potable.

#### **9.4. Arquitectura utilizada en el desarrollo:**

Uno de los objetivos del presente proyecto era manejar una arquitectura Open Source que no generara costos de licenciamiento para la secretaría de salud del municipio de Pereira. Además de manejar plataformas robustas que aceptaran los requerimientos funcionales y

no funcionales del proyecto como rendimiento y seguridad. Por lo tanto se optó por las siguientes herramientas tecnológicas:

#### **9.4.1. Servidor de mapas: Map Server -> Versión 3.0.6**

MapServer es un entorno de desarrollo en código abierto para la creación de aplicaciones SIG dentro de una red Internet/Intranet con el fin de visualizar, consultar y analizar información geográfica a través de la red mediante la tecnología Internet Map Server (IMS).

Se considera un cliente GIS liviano pues no cuenta con todas las funcionalidades incluidas en un GIS de escritorio; sin embargo, permite publicación de datos geográficos y algunos análisis importantes para la toma de decisiones.

#### **9.4.2. Servidor Web: Apache -> Versión 2.2.22**

Servidor que permite publicar páginas web a través de la utilización del protocolo HTTP. Cuando un navegador web realiza una petición a un servidor web, éste retorna la información enviando código HTML a través de la red Internet/Intranet.

Es un servidor de código abierto, de uso gratuito y multiplataforma y compatible con el servidor de mapas Map Server.

#### **9.4.3. Framework de desarrollo -> Pmapper -> Versión 3.0.6**

El framework Pmapper es una aplicación la cual está destinada a ofrecer una amplia funcionalidad y múltiples configuraciones para facilitar la configuración de una aplicación desarrollada sobre MapServer. Entre las principales funciones que trae son:

- Template con configuración de página GIS Web típica.
- Fácil configuración de capas mediante archivos XML
- Funcionalidades principales de navegación como zoom in, zoom out, mapa inicial, mapa anterior.
- Parametrización de herramientas de Query para realizar consultas dinámicas a la base de datos.
- Controles para encender, apagar y colocar transparencia a capas.
- Configuración de idioma de interfaz.

#### **9.4.4. Lenguaje de Programación: PHP -> Versión 5.4.3**

Es un potente pero a la vez sencillo lenguaje de programación para desarrollo web de código abierto. Permite el desarrollo de páginas dinámicas, es decir, que permiten interactuar con bases de datos, de tal forma que se pueda enviar información para ser almacenada en una base de datos así como recoger información de la misma, entre otras cosas.

#### **9.4.5. Servidor de base de datos: Postgresql -> Versión 9.3.9-1 + Extensión GIS -> PostGIS 2.1**

**PostgreSQL** es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional, distribuido bajo licencia BSD y con su código fuente disponible libremente. Es el sistema de gestión de bases de datos de código abierto más potente del mercado y con elementos de arquitectura a la altura de bases de datos comerciales.

**PostGIS** es un módulo instalado sobre PostgreSQL que añade soporte de objetos geográficos a la base de datos objeto-relacional PostgreSQL, convirtiéndola en una base de datos espacial para su utilización en Sistema de Información Geográfica. PostGIS almacena la información geográfica en una columna del tipo "GEOMETRY" en la cual se guarda información de localización y forma del elemento geográfico. Además de brindar herramientas para la administración de dicha información, mediante sentencias con cláusulas espaciales que permiten insertar elementos geográficos y realizar consultas con cláusulas espaciales como intersección y unión, por ejemplo.

## 10. RESULTADOS

La arquitectura utilizada permitió finalmente la realización de un software web GIS con el siguiente alcance funcional:

- Visualización de la cartografía base de Pereira:  
Capas: Comuna, Barrio, Veredas, Corregimiento
- Visualización de la cartografía dinámica o del negocio:  
Capas: Puntos de muestreo  
Punto muestra: Capa de puntos que muestra simbología diferente de acuerdo al riesgo
- Funcionalidades básicas de navegación por mapa:  
Refrescar mapa, ir al home, zoom in, zoom out, Información de un elemento, paneo, Vista anterior.
- Consultas básicas:  
Consulta de barrio por nombre  
Consulta de comuna por código  
Consulta de puntos de muestreo por riesgo  
Consulta de punto de muestreo por identificador
- Constructor dinámico de consultas (Configuración Plugin Query Editor): Permite seleccionar la capa, el campo, el criterio de comparación, valor de comparación y adicionalmente utilizar operadores como AND / OR
- Consultas geográficas: Realiza consultas que involucran intersección geográfica entre una capa y un área seleccionada en el mapa.
- Insertar un punto de muestreo: Permite crear en la base de datos geográfica un punto de muestreo a partir de las coordenadas geográficas, además de los datos atributales.
- Insertar muestra: Permite insertar los resultados de muestras asociadas a un punto calculando su riesgo de acuerdo a la calificación ingresada.



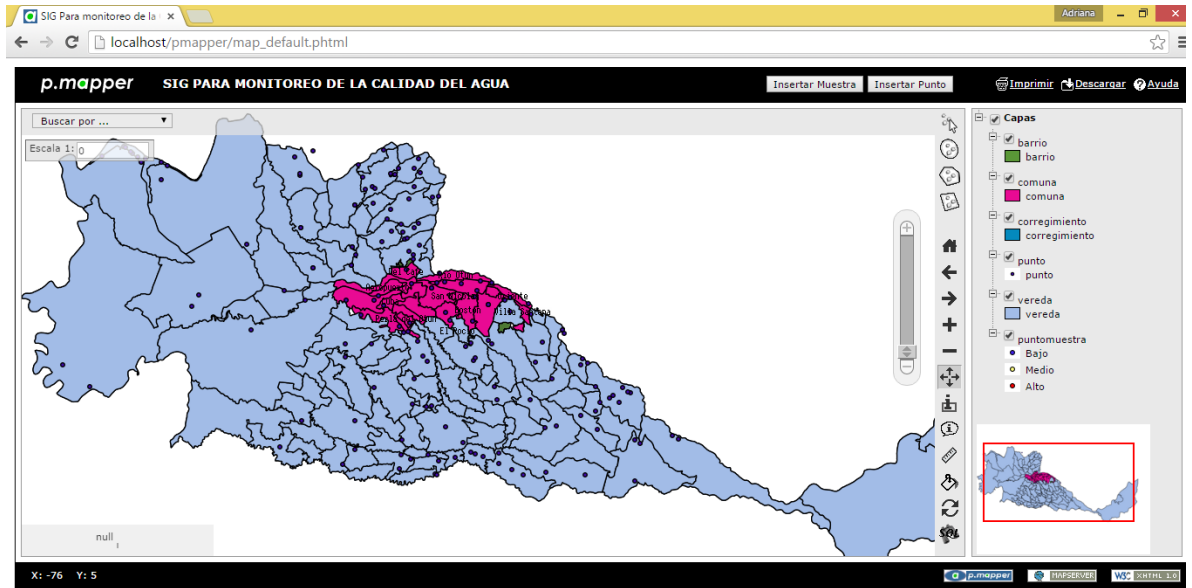


Imagen del Software GIS Web desarrollado

## 11. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda como mejora para el software incluir un módulo de estadísticas, mediante el cual se puedan realizar consultas que midan el comportamiento de los puntos de muestreo a través del tiempo, así como consultar aquellos puntos que han tenido más evaluaciones con calificaciones bajas dentro de un período de tiempo determinado.
2. Es necesario implementar un módulo de administración mediante el cual se puedan administrar parámetros como Funcionarios, esto daría total independencia al software para manejo de información.
3. Para actualización de capas base, se recomienda la utilización del software desktop "Quantun GIS", el cual tiene plugin de interfaz con la base de datos PostGIS. Esto permitirá a los usuarios actualizar la cartografía usando un ambiente más familiar para ellos que el administrador de base de datos.

## **12. CONCLUSIONES**

1. Los Sistemas de Información Geográfica constituyen una herramienta importante para la toma de decisiones en el proceso de monitoreo de la calidad del agua, facilitando los análisis y diagnósticos que establecen el cumplimiento de las normas sanitarias y así velar por la protección de la salud pública de la comunidad.
2. La variabilidad de herramientas actuales que proporcionan los SIG, permiten la practicidad y la integración de plataformas como MapServer y PostGIS con el fin de resolver problemáticas de administración de información y de esta forma generar los elementos necesarios que permiten la mejor interpretación para los tomadores de decisiones.
3. Las instituciones gubernamentales se ven cada vez más comprometidas en resolver problemáticas ambientales y sanitarias de forma efectiva, resaltando las normas del saneamiento básico, ya que de esta celeridad depende la seguridad sanitaria de las comunidades, es así como las herramientas informáticas utilizadas en este proyecto proporcionan rapidez en la toma de decisiones pues permiten la trazabilidad en los datos.
4. En el mundo de los SIG, las herramientas Open Source brindan alternativas importantes a la hora de implementar una arquitectura completa y robusta, sin necesidad de incurrir en grandes costos de licenciamientos y soportados por una comunidad de desarrollo grande y comprometida.

### 13. BIBLIOGRAFÍA

- Guías para la calidad del agua potable, Organización Mundial de la Salud OMS, 2008 ISBN 92 4 92 4 154696 4
- Ministerio de la Protección Social, Decreto 1575 de 2007, por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. 2007
- Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 2115 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.2007
- Manual para el desarrollo de Plan de seguridad del agua, Organización Mundial de la Salud 2006
- Los Ministros de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 4716 de 2010, Por medio de la cual se reglamenta el párrafo del artículo 15 del Decreto 1575 de 2007.
- Los Objetivos del Milenio 2013, Publicado por las Naciones Unidas, Nueva York 2013.
- PostgreSQL en español, información sobre el sistema de gestión de bases de datos PostgreSQL, Rafael Martinez 2013, <http://www.postgresql.org.es/>
- Spatial and Geographic objects for PostgreSQL, Paul Ramsey 2013, <http://postgis.net/>
- MapServer, Regents of the University of Minnesota, 2015, <http://mapserver.org/>
- p.mapper creado por MapServerDylan Verheul, Dan G. Switzer, Anjesh Tuladhar, Jörn Zaefferer, 2007. <http://www.pmapper.net/>
- Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Ministerio de Comercio, Resolución 1096 de 2000
- Libro censo 2005, Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2005)