

**RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN
- RAE -**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

RIUCaC

FACULTAD INGENIERÍA

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.**

LICENCIA CREATIVE COMMONS: Señale en la casilla la licencia que insertó en el trabajo de grado, tesis o artículo:

Atribución	<input type="checkbox"/>	Atribución no comercial	<input checked="" type="checkbox"/>	Atribución no comercial sin derivadas	<input type="checkbox"/>
Atribución no comercial compartir igual	<input type="checkbox"/>	Atribución sin derivadas	<input type="checkbox"/>	Atribución compartir igual	<input type="checkbox"/>

AÑO DE ELABORACIÓN: 2019

TÍTULO: Evaluación De Factores Que Inciden En La Calidad Del Agua Potable Del Municipio De Villeta - Cundinamarca

AUTOR (ES):

Arias Florez, Jhonata Javier y Rios Diagama, Fabian Felipe.

DIRECTOR(ES)/ASESOR(ES):

Vivas Betancourt , Luz Doris

MODALIDAD:

Trabajo de investigación

PÁGINAS:	105	TABLAS:	32	CUADROS:		FIGURAS:	36	ANEXOS:	10
-----------------	------------	----------------	-----------	-----------------	--	-----------------	-----------	----------------	-----------



INTRODUCCIÓN

Colombia es un país subdesarrollado, que según el DANE lo habitan 45.5 millones de habitantes (1). Estos habitantes tienen la necesidad de consumir agua a diario, no solamente para sus labores diarias, sino que también la utilizan para sus necesidades básicas o lo que técnicamente se conoce como dotación. La resolución 0330 del 2017, expedida por el Ministerio de vivienda nacional, indica que la dotación diaria por persona en Colombia está entre los 120 y 140 litros habitante por día, teniendo como variable la altura sobre el nivel del mar. Esto hace que municipios como Villeta deban garantizar aproximadamente 130 litros de agua por habitante diario a los 25.947 habitantes con los que cuenta este municipio según el DANE (2), apoyándose esencialmente en la cuenca del río Villeta y en la bocatoma artesanal ubicada en la vereda de bagazal.

La empresa de servicios públicos de Villeta por medio de su acueducto, en cabeza del Dr. Oscar Leandro Benavidez Gil, tiene la misión de garantizar la mínima dotación diaria a los habitantes de Villeta, pero no es suficiente con garantizar el suministro del agua, ya que se hace importante evaluar aspectos muy importantes como la calidad del agua, no solamente la entregada a la tubería madre de distribución, la cual pasa a través de su planta de tratamiento de agua potable, sino que también es necesario evaluar la calidad del agua que llega a cada uno de los habitantes y la percepción que tienen sus usuarios del servicio y sobre todo del líquido que les llega, ya que se han presentado casos de constantes dolores estomacales dentro de la comunidad, que podrían ser asociadas al uso del agua o a la falta de mantenimiento de la red de tuberías y abastecimiento de agua en el municipio de Villeta, así como la presencia de epidemias como el dengue, zika y Chikunguña asociado a el mal uso de depósitos del agua causados de fondos por racionamiento de aguas en tiempos de sequía y por la contaminación de fuentes hídricas de menor tamaño.



DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA Y CLIMATOLÓGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Villeta está ubicada en la cuenca hidrográfica del Río Negro. Esta cuenca hace parte de e la hoya hidrográfica del Río Magdalena, se ubica al norte del Departamento de Cundinamarca, cubre una extensión de 4235,24 Km² el 22.7% de la jurisdicción de la CAR.

Comprende los municipios de Albán, Bituima, El Peñon, Caparrapí, Guaduas, Guayabal de Siquima, la Palma, La Peña, La Vega, Nimaima, Nocaima, Pacho, Puerto Salgar, Quebrada Negra, San Francisco, Sasaima, Supatá, Topaipí, Utica, Vergara, Vianí Villeta y Yacopí.

La altitud de la cuenca varía entre los 800 hasta los 3600 msnm, con temperaturas entre los 8°C y los 26°C, con un régimen de lluvias tipo bimodal, con totales precipitaciones anuales de 1923 mm, lo que hace que el área de estudio sea de carácter que varía desde el super húmedo en las cuencas del río Guaguaquí y bajo río Negro; húmedo hasta semiseco, en el río alto Negro; semiarido en las cuencas del río Villeta y árido en esta misma y la de los ríos Pinzaima y Supatá. El principal eje fluvial lo constituye el Río Negro, que nace en el municipio de Pacho; de acuerdo con la codificación de cuencas establecidas por el IDEAM y la CAR, la cuenca en jurisdicción CAR, está compuesta por dieciséis (16) subcuencas de tercer orden. (25)

La precipitación de la zona se evaluó según la información de la estación pluviométrica 2306034 San Isidro ubicada en la cuenca del Río negro en la corriente de la quebrada Cune, en el municipio de Villeta con Latitud 0503N y Altitud 7430E, a una elevación de 1160 m.s.n.m esta estación está a cargo de la corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR), la estación se encuentra en funcionamiento desde el 7 enero de 1999 hasta la fecha, tiene datos de registro mensuales desde del año 2003 hasta el año 2018, se evidencia que no hay registros para el primer semestre del año 2003 y el segundo semestre del año 2018 por lo cual se decidió completar la serie mediante el método de promedio aritmético, utilizando la información de la estación climatológica principal 2306517 GUADUAS ubicada a 34 km de la estación 2306034 San Isidro, en una elevación de 1000 m.s.n.m y una latitud 0403N y una latitud 7436E, la cual fue instalada el 12 de enero del 1999 y cuenta con registros de precipitación desde el año 2003 hasta el 2018 y la estación climatológica principal 2306516 EL ACOMODO ubicada a 26 km de la estación 2306034 San Isidro situada en la



cuenca del río Negro en la corriente del río Tabacal, con una elevación media de 1150 m.s.n.m a una latitud de 05°01'N y una altitud de 7420E, se instaló el 6 de enero del 2000 y cuenta con registro desde el año 2003 hasta el año 2018, con estos datos completos se determina que la estación 2306034 San Isidro presenta 15 años de registro y se consideró como una estación confiable para tomar los datos de precipitación de la zona.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ACUEDUCTO

El acueducto de Villeta tiene dos fuentes de captación, una es la Quebrada Cune, la cual fue concesionada mediante la Resolución 1956 del 2007 por el cual se le concede al acueducto de Villeta la captación de 50 l/s de la quebrada de Cune. La bocatoma está ubicada a 5°02'06.8"N 74°30'09.4"W y capta el agua a través de una bocatoma de fondo, esta bocatoma capta un caudal de 50 litros por segundo y está conformado por una línea de aducción de canal abierto de 720 metros hasta el desarenador, del desarenador hasta la planta tiene una conducción por gravedad de 750 m la cual está conformada por tubería de PVC RED 21 de 6" con longitud de 250 metros después de esta tubería está tubería de 8" con una longitud de 50 metros, posteriormente está tubería tiene una manguera de polietileno de alta densidad de 100 metros y finalmente llega a la planta en tubería PVC RED 21 de 8". (27),

La segunda fuente es el río dulce ubicado a 4°59'01.7"N 74°26'45.3"W, la cual fue concesionada mediante resolución 2023 del 2016, por el cual se le concede al acueducto de Villeta la captación de 34.72 l/s de del río dulce. Este caudal está distribuido en tubería de hierro dúctil de 250 metros hasta el desarenador, del desarenador a la planta tiene una línea de aducción de 6354m los cuales constan de tubería PVC de 10" con RED 41, luego de tubería PVC RED 21 de 8" para después pasara a una manguera de polietileno de alta densidad y llega a la planta en tubería de asbesto cemento de 8". (27)

En la planta de tratamiento de agua potable se tiene dos tanques de almacenamiento uno de 450 m³ y el otro de 350 m³, el municipio cuenta con tres tanques de impulsión y tres tanques de distribución.



DESCRIPCIÓN

En el presente trabajo de grado se realizó un estudio partiendo de una solicitud de un líder de la comunidad Villetana, en la cual manifestó que se encontraba altamente preocupado por la calidad del agua del municipio de Villeta, para lo cual se decidió realizar un análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, en puntos estratégicos de la captación y de la red de distribución del municipio; Paralelo a los análisis, se decidió realizar encuestas a una muestra de la población Villetana, con el fin de conocer su percepción actual y llevar esa información a gráficos con el fin de ser analizados. Al final del trabajo de grado se realizó un análisis de la percepción de la población frente a la calidad del agua, frente a los resultados de los parámetros en función de IRCA

METODOLOGÍA:

La metodología utilizada en el trabajo de grado, inicia a partir de escoger un problema, que para el presente caso se dio por medio de la solicitud de la comunidad, al sentirse preocupados por la calidad del agua del municipio de Villeta. Luego de estos se plantearon objetivos y se comenzó con recopilar la información necesaria para el desarrollo del trabajo. Posteriormente se iniciaron dos procesos simultáneos, el primero enfocado a la elaboración, desarrollo y tabulación de las encuestas de percepción, y el segundo en la toma, desarrollo de laboratorio y análisis de las muestras de aguas en los puntos estratégicos. Al final del trabajo se evaluó la percepción de la comunidad frente a la calidad del agua si estaba acorde a la calidad de los factores que inciden en la misma.

Para la realización de los laboratorios se utilizaron los siguientes métodos analíticos:

- a. Alcalinidad Total: Volumétrico. SM 2320 B.
- b. Calcio Disuelto: volumétrico con EDTA. SM 3500-Ca B.
- c. Cloruro: Argentornétrico. SM 4500-Cl B.
- d. Color: Espectrofotométrico - Longitud de onda simple. SM 2120 C
- e. Conductividad Eléctrica: Electrométrico. SM 2510 B
- f. Dureza Cálcica: Volumétrico con EDTA. SM 3500 Ca B
- g. Dureza Magnésica: Cálculo. SM 3500-Mg B



- h. Dureza Total: Volumétrico con EDTA, SM 2340 C
- i. Hierro Total: Fenantrolina. SM 3500-Fe B
- j. Magnesio Disuelto: Cálculo, SM 3500-Mg B
- k. Sólidos Totales: Gravimétrico, a 103°C 105°C, SM 2540 B
- l. PH en agua por electrometría. TP0080
- m. Turbiedad por nefelometría. TP0443
- n. Determinación de Escherichia coli y coliformes totales en agua por el método de filtración por membrana en agar chromocult. TP0314

PALABRAS CLAVE: CALIDAD DEL AGUA, POBLACIÓN, AGUA POTABLE

1. CONCLUSIONES

- Evaluando los resultados de la encuesta en la parte de percepción del agua que tiene los habitantes de Villeta, se evidencia una tendencia a que la comunidad en general percibe un buen color y apariencia del agua, así como existe una buena percepción en cuanto a que el agua no contenga residuos sólidos que puedan alterar la calidad de esta. Sin embargo, el 35% de la población encuestada, insisten en que la calidad del agua del municipio de Villeta es de mala calidad, con una calificación entre 5 y 6 en una escala de 1 a 10. Pero luego de analizar EL IRCA no solamente del acueducto de Villeta sino también de los puntos estratégicos que se desarrollaron durante la presente tesis, el resultado es que en el peor del caso el IRCA está en el 2,5%, lo que la hace un agua óptima para el consumo humano. Por ende, la comunidad de Villeta al parecer está asociando el servicio prestado del acueducto en términos de periodicidad en el servicio con la calidad en cuanto a los parámetros del agua que suministra. Y lo que muestran los resultados de percepción, es que, si bien la periodicidad el acueducto no es muy bueno, los resultados de laboratorio en cuanto a los factores de IRCA, indican que el agua si es óptima, incluso por encima de la misma percepción de las encuestas.
- Inicialmente la necesidad de la población fue objeto de estudio mediante una carta en la cual pedía que se analizara la calidad del agua del



acueducto de Villeta, pero luego de realizar las encuestas se evidencio que la comunidad en genera si tiene una buena percepción en cuanto a la calidad del agua, pero tiende a confundirse con el servicio intermitente que se presenta. Prueba de la buena calidad del agua fueron los laboratorios fisicoquímicos y microbiológicos que se realizaron a las muestras tomadas en el acueducto y en puntos estratégicos de la red de distribución, y en los cuales por medio de un análisis del IRCA tanto en época de invierno como en verano, arrojó resultados no mayores del 2,5%, lo cual indica que el agua de acueducto de Villeta es apta para el consumo humano. No obstante, se evidencia que el acueducto de Villeta presenta una deficiencia en cuanto al suministro de agua potable requerida por sus habitantes. En la presente tesis se realizó un estudio en el cual se buscaba entender porque se presenta escasez de agua en el municipio. Los resultados arrojaron que el caudal concesionado de las fuentes hídricas, el cual corresponde a 84.72 l/s, no están cubriendo las necesidades de agua de la población. Realizando una comparación entre el caudal concesionado, frente al caudal requerido para el año 2019, se evidencia que sin tener en cuenta las perdidas por aguas no contabilizadas, ya existe un déficit de 4.7 l/s. El análisis empeora si se realiza una proyección de la población, que luego de utilizar métodos matemáticos, se determinó que para el año 2044, la población estaría en 30850 habitantes, y el déficit sin tener en cuenta el índice de aguas no contabilizadas, en 26.7 l/s. Es por esto por lo que se hace necesario de manera urgente la búsqueda de una nueva fuente hídrica, con el correspondiente diseño, que permita cubrir el déficit de agua de la población, el presente y en el futuro.

- Los valores encontrados de conductividad en la red de distribución son aceptables dentro de los parámetros de la resolución 2115 del 2007, tanto en la temporada con mayor precipitación, como en la temporada de menor precipitación, esto indica que la conductividad no genera ningún tipo de riesgo de salud para la comunidad de Villeta, ya que no hay presencias de sales iónicas dentro del agua potable, sin embargo, para las personas que usan el agua de la red de distribución para riego de cultivos podría ser desfavorable, debido que a menor concentración de sales iónicas las cultivos no van a recibir los nutrientes necesarios para su desarrollo.
- La estimación de sólidos en suspensión dentro de la red se hizo para verificar la relación de esta medida con el parámetro de turbidez, ya que son dos parámetros directamente proporcionales, el resultado de solidos



suspendidos en la red indican que puede haber presencia de aniones inorgánicos disueltos en el agua, lo que puede generar una percepción de suciedad a los usuarios del acueducto de Villeta.

- En los resultados de salinidad se hace evidente que es constante con un valor de 0.3 en toda la red tanto en la época de mayor y como en la época de menor precipitación, sin embargo, es un parámetro que nos indica que tantas sales hay en el agua y está relacionada con la conductividad del agua, al darnos un valor bajo podemos confirmar que la conductividad tiende a ser baja en la red.
- El potencial de hidrogenación (PH) en el agua evaluada tiene un valor promedio de 7.3, este valor es admisible dentro de la resolución 2117 del 2007, lo que indica que el agua de la red de distribución de Villeta está en un rango neutro, de este valor se espera que los materiales de la red de distribución no se vean afectados por corrosión, además los habitantes que consumen agua del acueducto de Villeta no pueden relacionar enfermedades de tipo respiratorio o intestinal con el consumo del agua.
- La turbiedad y el color aparente en la red de distribución es aceptable dentro de la resolución 2117 del 2007, el agua tiende a ser más turbia al finalizar la red, por lo tanto, tiene un mayor color, esto podría ser por el material de la red de distribución, esto genera una percepción negativa a los usuarios del acueducto de Villeta.
- En la evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua de Villeta se encontró que la alcalinidad no cumple con la normatividad en dos puntos de la red, esto se puede dar por el tratamiento que la planta le hace al agua al momento de desinfección, ya que es con cloro gaseoso, el cloro por ser una sustancia altamente alcalina puede quedar en el agua al momento de la distribución en la red.
- De acuerdo a los resultados de los laboratorios fisicoquímicos se obtiene que la dureza total cumple dentro de la normatividad pero tiene valores cercanos a los 300 mg/L CaCa3, el agua que reciben los habitantes al tener alta dureza, puede contener minerales, que al momento de uso para el lavado de ropa con detergente va a generar poca espuma, esto genera una percepción negativa en la comunidad y un mayor gasto de agua, además la



dureza alta en la red podría generar incrustaciones de minerales en tubería que estén expuestas a altas temperaturas.

- Los resultados de aluminio en el agua de la red están entre 0.01 a 0.03 mg/l AL, con estos resultados se descarta que la dureza del agua está asociada a este elemento.
- El cloro residual después del tanque de almacenamiento tiene un valor de 0.1 mg/l y va disminuyendo a medida que se aleja de la red, teniendo un valor final de 0.03 mg/l, esto indica que en la parte más cercana a la planta de tratamiento hay mayor desinfección en el agua y que en los extremos de la red puede haber una probabilidad que los microorganismos no se eliminen totalmente, asimismo se puede concluir que probablemente hay cloruros en el agua y se debe estimar para los cálculos del IRCA.
- Los resultados de ensayos microbiológicos evidenciaron que en las cuatro muestras evaluadas no hubo presencia de Coliformes y echericia coli lo que indica que durante el tratamiento y distribución del agua posiblemente no se presenta presencia de materia orgánica asociados a estos microorganismos y hace que no haya riesgos de salud pública en Villeta.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener una valoración del control en los procesos de desinfección en la planta de tratamiento de agua potable, para que en el momento de distribución del agua a la población se tenga una menor cantidad de minerales en el agua.
- Para verificación de las condiciones de dureza del agua en la red de distribución se recomienda hacer laboratorios más detallados de los posibles elementos químicos que pueden ocasionarla.
- Se recomienda hacer seguimiento a la parte de microbiológica en el agua para prevenir enfermedades de este tipo de microorganismos en la población.



- Para suplir la necesidad de agua en la población de Villeta se recomienda evaluar una nueva fuente de captación de agua para el municipio y así poder suplir la dotación mínima requerida en la población.

FUENTES:

1. DANE. DANE. [En línea] [Citado el: 27 de febrero de 2019.] <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/cuantos-somos>.
2. —. DANE. *Proyección de la población* . [En línea] [Citado el: 27 de Febrero de 2019.] https://www.dane.gov.co/files/.../poblacion/...20/ProyeccionMunicipios2005_2020.xls.
3. Ministerio de Salud. [En línea] [Citado el: 27 de Febrero de 2019.] <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/ambiental/Paginas/agua-para-consumo-humano.aspx>.
4. , EPS VILLETA. ESPVILLETA. *ESPVILLETA*. [En línea] 2015. [Citado el: 03 de Marzo de 2019.] <http://espvilleta.gov.co/category/noticias/acueducto-noticias/>.
5. Franc, a, Doria Miguel de. Factors influencing public perception of drinking water quality. [En línea] 2010. [Citado el: 28 de Marzo de 2019.] https://watermark.silverchair.com/1.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9kKhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAAgQwggIABgkqhkiG9w0BBwagggHxMIIB7QIBADCCAeYGCSqGSib3DQEHATAeBglghkgBZQMEAS4wEQQMIO35AIHB1iXalzIDAgEQgIIBt2D9q5e7WQ_jYlwFcqODK709g6w_9QiCvzPDg8ncfVcc-LQ8YiK2N.
6. MARTINEZ ORTIZ, SANTIAGO SEBASTIAN y BARRERO ARIAS, INGRID JASBLEIDY. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CALIDAD DEL AGUA, PARA LA. *EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CALIDAD DEL AGUA, PARA LA*. Villavicencio : s.n., 2018.
7. Colombia Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Resolución 2115. [En línea] [Citado el: 27 de Febrero de 2019.]



http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf.

8. Ministerio de la protección social. Decreto numero 1575 del 2007. [En línea] 2007. [Citado el: 27 de Febrero de 2019.] <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>.

9. Univeridad santo tomas sede Tunja. [En línea] 27 de Febrero de 2019. <http://revistas.ustatunja.edu.co/publicaciones/ebook/acuiferos/HTML/files/assets/common/downloads/page0039.pdf>.

10. Ministerio de la proteccion social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo. Guia que amplia aspectos tecnicos para la seleccion del punto de muestreo para control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano sobre la red de distribucción. [En línea] [Citado el: 03 de Marzo de 2019.] <https://www.minsalud.gov.co/documentos%20y%20publicaciones/gu%c3%8da%20que%20amplia%20aspectos%20t%c3%89cnicos%20para%20la%20selecci%c3%93n%20del%20punto%20de%20muestreo%20%20-%20consumo%20humano.pdf>.

11. IDEAM. Protocolo de monitoreo del agua . [En línea] 20 de Marzo de 2019. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023773/protocolo_monitoreo_agua_ideam.pdf.

12. —. Protocolo del monitoreo del agua. [En línea] 20 de Marzo de 2019. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023773/protocolo_monitoreo_agua_ideam.pdf .

13. The usgs water science school. watershed. [En línea] 2019 de Marzo de 2019. <https://water.usgs.gov/edu/watershed.html>.

14. Ministerio de ambiente. Cuenca hidrografica. [En línea] 27 de Febrero de 2019. <http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/planificacion-de-cuencas-hidrograficas/cuenca-hidrografica>.

15. Manejo ambiental. Ciclo del agua . [En línea] 2019 de Febrero de 27. <http://manejohidrico.blogspot.com.co/2011/09/generalidades-del-agua.html>.

16. Florida Keys national marine sanctuary. water quality. [En línea] 28 de Marzo de 2019. <https://floridakeys.noaa.gov/ocean/waterquality.html>.



17. SIAG. Calidad del agua . [En línea] 27 de Febrero de 2019. <http://www.siac.gov.co/calidadagua> .
18. Lenntech. Surface water treatment processes. [En línea] 28 de Marzo de 2019. <https://www.lenntech.com/processes/surface/surface-water.htm>.
19. Fibras y normas de Colombia SAS. Etapas del proceso de potabilización del agua. [En línea] 27 de Febrero de 2019. <<https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/etapas-del-proceso-potabilizacion-agua/>>.
20. Reble.pntic. toma de muestra. [En línea] 27 de Febrero de 2019. <http://roble.pntic.mec.es/~mbedmar/iesao/quimica/tomademu.htm>.
21. Ingeniería civil tutorial . Red de distribución del agua. [En línea] 27 de Febrero de 2019. <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/red-de-distribucion-de-agua-potable-abierta-o-cerrada/>.
22. *Africa's Water Quality a chemical science perspective*. THE ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. Science Park, Milton Road : s.n., 2010.
23. Viquez, Claudia Hernández. Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la Comunidad de 4 Millas de Matina, Limón. [En línea] 2016. [Citado el: 27 de Febrero de 2019.] <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/13212/2016%20Hern+%C3%ADndez%20Lic%20Contaminaci+%C2%A6n%20Agua.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
24. Mario René Mejía Clara. *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*. Turrialba, Costa Rica : s.n., 2005.
25. CP INGENEIRÍA LTDA y AUDITORIA AMBIENTAL LTDA . *PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO CUENCA DE RIO NEGRO* . bogotá : s.n.
26. IDEAM-UNAL. *Variabilidad Climática y Cambio Climático en Colombia*. Bogotá D.C : s.n., 2018.
27. Ing. Diego Hernandez. *Descripción del Acueducto de villeta*. Villeta, Cundinamarca, 12 de Abril de 2019.



28. uspm.edu.pe. [En línea] 14 de octubre de 2019. <https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgu a.html>.
29. *Revisión de Parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación de agua*. Samboni Ruiz , Natalia Eugenia , Carvajal Escobar , Yesid y Escobar , Juan Carlos . 3, Bogota Colombia : ingeniería e investigación, 2007, Vol. 27. 1.
30. Lopez Sardi , Estela Monica, y otros. CALIDAD DEL AGUA DOMICILIARIA. EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE EN E TRANCURSO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. Buenos Aires : s.n., 2019.
31. UPTC. *UPTC*. [En línea] [Citado el: 10 de 10 de 2019.] https://www.upct.es/~minaeees/analisis_aguas.pdf.
32. *Folleto Informativo Conductividad Eléctrica/Salinidad*. 2019.
33. LENNTECH. *LENNTECH*. [En línea] [Citado el: 10 de 10 de 2019.] <https://www.lennotech.es/ph-y-alcalinidad.htm>.
34. Romero Rojas , Jairo Alberto . Análisis físico del agua. *Calidad del agua*. Bogotá : Escuela de ingenieros Julio Garavito, 2002, pág. 109.
35. aluminio, asociacion española de. *Aluminio y salud* . españa : s.n., 2008.
36. agbar agua . aqua gest . [En línea] [Citado el: 10 de 10 de 2019.] <http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/ficha-sobre-calidad-del-agua.pdf>.
37. Instituto de hidrología, metrología y estudios ambientales. *DETERMINACIÓN DE ESCHERICHIA COLI Y COLIFORMES TOTALES*. Bogota : s.n., 2007.
38. DANE. DANE Información para todos. *DANE Información para todos*. [En línea] 2018. <https://www.dane.gov.co>.
39. EPSVILLETA. [Epsvilleta.gov.co](http://epsvilleta.gov.co). *Epsvilleta.gov.co*. [En línea] 19 de 03 de 2019. <http://epsvilleta.gov.co/category/noticias/acueducto-noticias/>.
40. Observatorio ambiental de Bogota. indices de riesgo de calidad del agua para consumo humano. [En línea] [Citado el: 27 de Febrero de 2019.] <https://oab.ambientebogota.gov.co/indicadores/?id=249>.

**RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN
- RAE -**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

RIUCaC

LISTA DE ANEXOS:

- Anexo 1 Carta de solicitud de la comunidad
- Anexo 2 Anteproyecto aprobado
- Anexo 3 Aprobación de anteproyecto
- Anexo 4 Resultados de laboratorio
- Anexo 5 Calculo IRCA Acueducto de Villeta
- Anexo 6 Encuesta de percepción
- Anexo 7 Protocolo para la toma de muestras
- Anexo 8 Plano de la red de distribución de agua de la PTAP de Villeta
- Anexo 9 Artículo a entregar
- Anexo 10 Auditoria interna y externa al acueducto de Villeta