

1-1-2016

Análisis del IRCA y su relación con variables meteorológicas (precipitación y temperatura) y ubicación geográfica para el departamento de Antioquia en los años 2012–2013

Paola Ospina Moreno
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Citación recomendada

Ospina Moreno, P. (2016). Análisis del IRCA y su relación con variables meteorológicas (precipitación y temperatura) y ubicación geográfica para el departamento de Antioquia en los años 2012–2013. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/404

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

ANÁLISIS DEL IRCA Y SU RELACIÓN CON VARIABLES
METEOROLÓGICAS (PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA) Y UBICACIÓN
GEOGRÁFICA PARA EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA EN LOS AÑOS
2012 – 2013

PAOLA OSPINA MORENO

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

BOGOTÁ D.C

2016

ANÁLISIS DEL IRCA Y SU RELACIÓN CON VARIABLES METEOROLÓGICAS
(PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA) Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA EN LOS AÑOS 2012 – 2013

PAOLA OSPINA MORENO

Tesis para optar por el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

DIECTOR

JULIO CESAR RAMIREZ

Ingeniero Químico

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

BOGOTÁ D.C

2016

Nota de aceptación

Director: Julio Cesar Ramírez Rodríguez

Ingeniero Químico

Jurado

Jurado

Bogotá D.C., Abril de 2016.

DEDICATORIA

A mi Mama por ser siempre mi mejor ejemplo a seguir en su labor como educadora y madre al mismo tiempo, por la paciencia y dedicación que ha trabajado con los años en mí. A mi hermana y Cristian por ser mi familia, mejores amigos y mostrarme muchas veces que siempre se puede, como solo ustedes lo entenderían “TODO COMENZO POR EL FIN” y este es el fin de esta etapa y el inicio de mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	24
2. ABSTRAC	25
3. INTRODUCCIÓN	26
4. JUSTIFICACIÓN	28
5. OBJETIVOS	29
5.1 OBJETIVO GENERAL	29
5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	29
6. ANTECEDENTES	30
7. MARCO LEGAL.....	38
8. MARCO TEORICO	40
8.1 INDICE DE RIESGO DE CALIDAD DE AGUA	40
8.2 COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON.....	46
8.4 DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA	49
8.4.1 Generalidades	49
8.4.2 Tendencia nivel de riesgo en el departamento de Antioquia	50
9. RESULTADOS	54
9.1 ETAPA I: Búsqueda de información del área de estudio	54
9.2 ETAPA II: Correlación entre parámetros del IRCA.....	60
9.2.2 ANALISIS ETAPA II: Correlación entre parámetros del IRCA.....	67
9.3 ETAPA III: CORRELACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS CON EL IRCA.....	73

9.4	ETAPA IV: PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	81
10.	CONCLUSIONES	84
11.	RECOMENDACIONES	88
12.	BIBLIOGRAFIA.....	90

TABLA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 TENDENCIA DEL IRCA CONSOLIDADO EN COLOMBIA 2007-2012 (INSTITUTO NACIONAL DE SALUD (INS), 2013)	33
ILUSTRACIÓN 2 TENDENCIA DEL IRCA CONSOLIDADA SEGÚN REGIONES Y ZONAS EN COLOMBIA 2012	33
ILUSTRACIÓN 3 TENDENCIA DEL IRCA EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA 2007-2012	34
ILUSTRACIÓN 4 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL EN EL PUNTAJE DE RIESGO	44
ILUSTRACIÓN 5 IRCA 2010 NIVEL DE RIESGO ANTIOQUIA (SUPER INTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS, 2011)	51
ILUSTRACIÓN 6 DISTRIBUCIÓN DE MUNICIPIOS CON PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE AÑOS 1994 A 2010, (SECRETARÍA SECCIONAL DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL DE ANTIOQUIA, 2010)	52
ILUSTRACIÓN 7 MUESTRAS VALIDAS POR PARÁMETRO MEDIDAS EN ANTIOQUIA PARA LA CALIFICACIÓN DEL IRCA	56
ILUSTRACIÓN 8 DISTRIBUCIÓN DE DATOS EN LA CORRELACIÓN COLOR-TURBIEDAD 2012	61
ILUSTRACIÓN 9 GRAFICA EDGAR ANDERSON (PROGRAMA R) CORRELACIÓN PEARSON AÑO 2012	61

ILUSTRACIÓN 10 ESCALA LOGARÍTMICA	62
ILUSTRACIÓN 11 DISTRIBUCIÓN DE DATOS EN LA CORRELACIÓN COLOR-TURBIEDAD 2013	64
ILUSTRACIÓN 12 GRAFICA EDGAR ANDERSON (PROGRAMA R) CORRELACIÓN PEARSON AÑO 2013	65
ILUSTRACIÓN 13 ESCALA LOGARÍTMICA	66
ILUSTRACIÓN 14 COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL AÑOS 2012 Y 2013	78
ILUSTRACIÓN 15 COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL AÑOS 2012 Y 2013	78
ILUSTRACIÓN 16 ROTULO MAPA DE IRCA Y TEMPERATURA MEDIA	82
ILUSTRACIÓN 17 ROTULO MAPA DE IRCA Y PRECIPITACIÓN MEDIA.....	82

TABLA DE TABLAS

TABLA 1 MARCO LEGAL	38
TABLA 2 CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO Y ACCIONES SEGÚN IRCA POR MUESTRA E IRCA MENSUAL.....	43
TABLA 3. <i>CLASIFICACIÓN DE LA CORRELACIÓN</i>	46
TABLA 4 MUESTRAS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA AÑOS 2012 Y 2013	55
TABLA 5 CLASIFICACIÓN DE MUNICIPIOS POR CORRELACIÓN Y PARÁMETROS 2012.....	60
TABLA 6 PARÁMETROS QUE PRESENTARON CORRELACIÓN EN EL AÑO 2012 VALOR DEL IRCA CLASIFICACIÓN POR COLOR Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	62
TABLA 7 RANGOS DONDE SE PRESENTAN LA MAYOR CANTIDAD DE DATOS EN CADA PARÁMETRO PARA EL AÑO 2012.....	63
TABLA 8 CLASIFICACIÓN DE MUNICIPIOS POR CORRELACIÓN Y PARÁMETROS 2013.....	64
TABLA 9 PARÁMETROS QUE PRESENTARON CORRELACIÓN EN EL AÑO 2013 VALOR DEL IRCA CLASIFICACIÓN POR COLOR Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	65
TABLA 10 RANGOS DONDE SE PRESENTAN LA MAYOR CANTIDAD DE DATOS EN CADA PARÁMETRO EN EL 2013	66

TABLA 11 RESULTADOS DE CORRELACIÓN DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA AÑOS 2012 Y 2013	75
TABLA 12 LÍNEAS DE TENDENCIA NO LINEAL	76

GLOSARIO

Agua potable o agua para consumo humano:

Es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en la normativa que lo reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal. (Decreto 1575, 2007).

Análisis de vulnerabilidad:

Es el estudio que permite evaluar los riesgos a que están expuestos los distintos componentes de un sistema de suministro de agua. (Decreto 1575, 2007).

Autoridad ambiental:

Es la encargada de la vigilancia, recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso, aprovechamiento y control de los residuos naturales renovables y del medio ambiente. (Decreto 475, 1998)

Autoridad sanitaria:

Es la entidad competente del Sistema General de Seguridad Social (S.G.S.S.), que ejerce funciones de vigilancia de los sistemas de suministro de agua en cumplimiento de las normas, disposiciones y criterios, así como los demás aspectos que tengan relación con la calidad del agua para consumo humano. (Decreto 475, 1998).

Arcgis®:

Es un sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. La plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), esta herramienta es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. (ArcGIS Resources, 2015).

Buenas prácticas sanitarias:

Son los principios básicos y prácticas operativas generales de higiene para el suministro y distribución del agua para consumo humano, con el objeto de identificar los riesgos que pueda presentar la infraestructura. (Decreto 1575, 2007)

Calidad del agua:

Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia. (Decreto 1575, 2007).

Características del agua para consumo humano:

Las características físicas, químicas y microbiológicas, que puedan afectar directa o indirectamente la salud humana, así como los criterios y valores máximos aceptables que debe cumplir el agua para el consumo humano, serán determinadas por los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en un plazo no mayor a un (1) mes. (Decreto 1575, 2007).

Características del agua para consumo humano:

Las características físicas, químicas y microbiológicas, que puedan afectar directa o indirectamente la salud humana, así como los criterios y valores máximos aceptables que debe cumplir el agua para el consumo humano, serán determinadas por los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en un plazo no mayor a un (1) mes. (Decreto 1575, 2007).

Correlación:

Mide el grado en que la línea representa a la nube de puntos: si la nube es estrecha y alargada, se representa por una línea recta, lo que indica que la relación es fuerte; la nube de puntos tiene una tendencia elíptica o circular, la relación es débil. (McGraw Hill, 1917).

Fuente de abastecimiento:

Depósito o curso de agua superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas. (Decreto 1575, 2007).

Flujo de información:

El Sistema de Vigilancia en Salud Pública, (SIVIGILA), contará con las Unidades Primarias Generadoras de Datos (UPGD), responsables de la captación inicial de datos y de su transferencia a las Unidades Notificadoras, las cuales serán responsables de la configuración de casos de los eventos bajo vigilancia en el nivel

municipal, departamental o distrital según corresponda; y de estos al nivel nacional para su consolidación en el Sistema de Información para la Vigilancia en Salud Pública. (Decreto 3518, 2006).

Georreferenciación:

Posicionamiento en el que se define la localización de un objeto espacial a una posición en la superficie de la Tierra, con un sistema de coordenadas y Datum determinado. (ArcGIS Resources, 2015).

Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA):

Es el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano. (Decreto 1575, 2007).

Informe nacional de la calidad del agua:

El Ministerio de la Protección Social, en coordinación con el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y el Instituto Nacional de Salud, elaborarán y publicarán anualmente el Informe Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano, que tiene por objeto evaluar el cumplimiento de las disposiciones establecidas en la normativa, con base en la información suministrada por las Direcciones Departamentales y Distritales de Salud, las autoridades ambientales competentes y las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano. (Decreto 1575, 2007).

Mapa de riesgo de calidad de agua:

Instrumento que define las acciones de inspección, vigilancia y control del riesgo asociado a las condiciones de calidad de las cuencas abastecedoras de sistemas de suministro de agua para consumo humano, las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de las fuentes superficiales o subterráneas de una determinada región, que puedan generar riesgos graves a la salud humana si no son adecuadamente tratadas, independientemente de si provienen de una contaminación por eventos naturales o antrópicos. (Decreto 1575, 2007).

Mapa Temático:

Es una herramienta cartográfica que permite representar diverso tipo de información localizada en el territorio, estos mapas temáticos son utilizados por profesionales de todas las disciplinas sociales y ambientales porque presentan distintos tipos de datos como información visual, que resulta de más rápida lectura y más sencilla interpretación (García C, 2015).

Tratamiento o Potabilización:

Es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas químicas y microbiológica, para hacerla apta para el consumo humano. (Decreto 1575, 2007).

Población Servida o Atendida:

Es el número de personas abastecidas por un sistema de suministro de Agua.
(Decreto 1575, 2007).

Puntos de muestreo en red de distribución:

Son aquellos sitios representativos donde se realiza la recolección de la muestra de agua para consumo humano en la red de distribución, de acuerdo con lo definido entre la autoridad sanitaria y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano. (Decreto 1575, 2007).

Red de distribución o red pública:

Es el conjunto de tuberías, accesorios, estructura y equipos que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta las acometidas domiciliarias. (Decreto 1575, 2007).

Riesgo:

Probabilidad de que un agente o sustancia produzca o genere una alteración a la salud como consecuencia de una exposición al mismo. (Decreto 1575, 2007).

Sistemas de Información:

El Ministerio de la Protección Social, en coordinación con la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y el Instituto Nacional de Salud (INS), definirán e

implementarán un enlace entre el Subsistema de Calidad de Agua Potable (SIVICAP), y el Sistema Único de Información de los Servicios Públicos (SUI), para analizar la información relacionada con lo dispuesto en el presente decreto, mediante acto administrativo y en un término no mayor a un (1) año contado a partir de la fecha de su expedición. (Decreto 1575, 2007).

Sistema de suministro de agua para consumo humano:

Es el conjunto de estructuras, equipos, materiales, procesos, operaciones y el recurso humano utilizado para la captación, aducción, pre tratamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución del agua para consumo humano. (Decreto 1575, 2007).

Sistema de Vigilancia y Control de Agua Potable: (SIVICAP):

La aplicación brindará herramientas para el reporte de los resultados de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano por parte de las autoridades sanitarias, además, compartir la información de la calidad del agua de una manera más eficiente con las entidades que lo requieran. (Instituto Nacional de Salud (INS), 2013).

Sistema de Tratamiento de Agua Potable:

Es el conjunto de estructuras, equipos, materias y recurso humano necesario para tratar el agua produciendo en ella los cambios físicos, químicos y bacteriológicos para que el agua sea potable. (Decreto 1575, 2007).

Valor Aceptable:

Es el establecido para la concentración de un componente o sustancia que garantiza que el agua para consumo humano no representa riesgos conocidos a la salud. (Decreto 1575, 2007)

Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano:

Es el conjunto de acciones periódicas realizadas por la autoridad sanitaria o por las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para el consumo humano en municipios de más de cien mil (100.000) habitantes, según el caso, para comprobar y evaluar el riesgo que representa a la salud pública la calidad del agua distribuida por los sistemas de suministro de agua para consumo humano, así como para valorar el grado de cumplimiento de las Buenas Prácticas Sanitarias. (Decreto 1575, 2007).

Persona que presta el servicio público de acueducto:

Es toda persona natural o jurídica que tiene por objeto la prestación del servicio público de acueducto con las actividades complementarias, de acuerdo con lo establecido en el régimen de los servicios públicos domiciliarios, que cumple su objeto a través de la planeación, ejecución, operación, mantenimiento y administración del sistema o de parte de él, bajo definidos criterios de eficiencia, cobertura y calidad, establecidos en los planes de gestión y resultados. (Decreto 475, 1998) .

Precipitación:

Es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o monto pluviométrico. (Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM), 2015).

Población servida:

Es el número de personas abastecidas por un sistema de suministro de agua. (Decreto 475, 1998).

Puntos de muestreo en red de distribución:

Son aquellos sitios representativos donde se realiza la recolección de la muestra de agua para consumo humano en la red de distribución, de acuerdo con lo definido entre la autoridad sanitaria y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano. (Decreto 1575, 2007)

Red de distribución o red pública:

Es el conjunto de tuberías, accesorios, estructura y equipos que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta las acometidas domiciliarias. (Decreto 1575, 2007).

Sistema de suministro de agua para consumo humano:

Es el conjunto de estructuras, equipos, materiales, procesos, operaciones y el recurso humano utilizado para la captación, aducción, pretratamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución del agua para consumo humano. (Decreto 1575, 2007).

Sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano:

Es el conjunto de responsables, instrumentos, procesos, medidas de seguridad, recursos, características y criterios organizados entre sí para garantizar la calidad de agua para consumo humano. (Decreto 1575, 2007).

Sistema de Vigilancia y Control de Agua Potable: (SIVICAP):

La aplicación brindará herramientas para el reporte de los resultados de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano por parte de las autoridades sanitarias, además, compartir la información de la calidad del agua de una manera más eficiente con las entidades que lo requieran. (Instituto Nacional de Salud (INS), 2015).

Temperatura:

La temperatura es una magnitud física que refleja la cantidad de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente. Es una magnitud referida a las nociones comunes de calor, frío, templado o tibio, medible mediante un termómetro. (Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM), 2015) .

Usuario:

Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio, a este último se denomina también consumidor. (Decreto 475, 1998).

ABREVIATURAS

COT: Carbón Orgánico Total

DANE: Departamento Administrativo Nacional De Estadística

E.Coli: Escherichia coli

EDA: Enfermedades diarreicas agudas

ICA: Índice de Calidad de Agua

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

INS: Instituto Nacional de Salud

IRCA: Índice de riesgo de calidad de agua

MAVDT: Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial

NTU: Unidades Nefelométricas de Turbiedad

OMS: Organización mundial de la salud

PICCAP: Programa de Control de Calidad del agua potable

SDA: Sistema de Distribución De Agua Potable

SIVICAP: Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

SIRH: Sistema de información hídrico

1. RESUMEN

Los parámetros medidos por las personas prestadoras del Departamento de Antioquia en la mayoría de casos y usados para este análisis son: Color, Turbiedad, pH, Cloro residual, Coliformes totales y Ecoli; los cuales presentaron valores de correlación moderada y fuerte entre algunos de ellos demostrando su relación en cuanto a las fuentes de abastecimiento y la importancia de las condiciones de las redes de distribución y de almacenamiento en la variación de estos parámetros. Se obtuvieron correlaciones de Pearson débil positiva pero no del tipo lineal en cuanto a la precipitación y la temperatura frente a los valores del IRCA, pero no se logra definir la tendencia a causa de que los valores entregados del IRCA mensual por la mayoría de municipios no se realizan uniformemente en el año. Se llega a la conclusión que la ecuación de medición del IRCA debería re plantearse de forma tal que no se permita reportar un calificativo de calidad en muestras que no reporten como mínimo los parámetros de mayor puntaje de riesgo según el Decreto 1575 de 2007 como son: Turbiedad, Cloro residual, Coliformes totales y Escherichia Coli. It comes near to the conclusion that the equation of measurement of the IRCA should re appear of such form that is not allowed to bring a qualit epithet in samples that do not bring as minimum the parameters of major points of risk according to the Decree 1575 of 2007 since they are: Turbidity, residual Chlorine, total Coliformes and Escherichia Coli.

2. ABSTRAC

The parameters measured by the companies of services of the Department of Antioch in the majority of cases and used for this analysis they are: Color, Turbidity, pH, residual Chlorine, total Coliformes and Ecoli; which presented values of moderate and strong correlation between some of them demonstrating his relation as for the sources of supply and the importance of the conditions of the networks of distribution and of storage in the variation of these parameters. There were obtained correlations of weak positive Pearson but not of the linear type as for the rainfall and the temperature opposite to the values of the IRCA, but it is not achieved to define the trend because of which the dedicated values of the monthly IRCA by the majority of municipalities are not realized uniformly in the year.

3. INTRODUCCIÓN

El Decreto 1575 de 2007 establece el Sistema para la protección y control de calidad del agua para consumo humano, el cual, en su capítulo cuatro constituye los instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua, mediante el índice de riesgo de calidad del agua para consumo humano (IRCA), que pretende asociar el riesgo a la salud humana a causa de las características del agua abastecida, en cuanto a sus características fisicoquímicas y microbiológicas y su relación con enfermedades. Además de ello se establece la ejecución de la actualización y revisión de un mapa de riesgo de las redes de distribución (Artículo 15) (Decreto 1575, 2007), que son competentes en este caso de la jurisdicción de Antioquia; para ello la gobernación de Antioquia reporta para el año 2012, 166 empresas con certificación sanitaria y 169 para el año 2013 las cuales son las encargadas de tomar las muestras. (Gobernación de Antioquia, 2016)

La ejecución de este proyecto tuvo una duración de seis meses, en los cuales se recopiló, depuro, analizo y proceso la información presentada por el Departamento para los años 2012 y 2013 en el Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano (SIVICAP), durante el proceso se evidenciaron falencias en la medición del índice, visto que las muestras presentadas por las personas prestadoras no cumplen con la normativa establecidos en la Resolución 2115 del 2007, solo se encuentran en su mayoría datos de seis parámetros en las muestras reportadas, cuando se plantean veintidós; en consecuencia los valores de IRCA presentan inconsistencias al darle calificativo de apta para el consumo humano a muestras con un solo parámetro medido de bajo interés sanitario.

Para el presente estudio se toman los datos reportados en la base de datos del Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano-SIVICAP por cada municipio del departamento de Antioquia, para el año 2012 y 2013; con estos datos se busca encontrar correlaciones entre los parámetros medidos para calcular el IRCA.

Teniendo en cuenta los datos reportados y usados para la realización de correlaciones el departamento de Antioquia, está reportando agua apta para el consumo solo con 6 parámetros de los 22 y también datos mensuales incompletos durante los dos años, los parámetros usados son: Color, Turbiedad, pH, Cloro residual, Coliformes totales y Escherichia coli, los cuales suman 77,5 puntos de los 100 del puntaje de riesgo.

Cabe resaltar que dentro de las observaciones de la base de datos se habla del clima, pero no se muestra un análisis de precipitación o de temperatura relacionados a la variabilidad de la medida del índice; Análisis que se realiza con los datos climatológicos de las estaciones del IDEAM y los valores mensuales del IRCA reportados por las empresas prestadoras, por medio del cálculo del coeficiente de correlación de Pearson , la regresión Lineal y a su vez algunas líneas de tendencia no lineal .

Por último se organiza la información en mapas donde se muestran tanto las iso-líneas de precipitación y temperatura en el departamento como la clasificación de cada municipio según la puntuación de riesgo.

4. JUSTIFICACIÓN

El propósito del presente estudio es analizar los índices de calidad de agua potable (IRCA) reportados para la población de Antioquia, con la finalidad de contribuir al fortalecimiento actualización y análisis a nivel departamental del registro sistematizado de vigilancia de la calidad de agua para consumo humano (SIVICAP), además generar correlaciones para determinar si las variables meteorológicas temperatura y precipitación pueden afectar o incidir sobre este índice. Partiendo del análisis de dicha información se pretende generar recomendaciones sobre la evaluación del índice que facilite visualizar las falencias en la calidad del agua potable suministrada, así como un instrumento que les permita a las autoridades ambientales la formulación de planes para la toma de decisiones en función del mejoramiento de los IRCA.

El estudio está dirigido a la población de Antioquia, tanto usuarios como prestadores del servicio de abastecimiento de Agua potable, así mismo a las autoridades ambientales encargadas de vigilar y controlar la calidad del agua que se distribuye para consumo humano en la región.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el IRCA y su relación con variables meteorológicas (precipitación y temperatura) y ubicación geográfica para el departamento de Antioquia en los años 2012 – 2013.

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la correlación entre los parámetros de calidad de agua que conforman el IRCA.
- Establecer la relación existente entre el comportamiento de las variables meteorológicas precipitación y temperatura con los valores del IRCA en el área geográfica definida.
- Representar en mapas temáticos la información del IRCA y su relación con las características geográficas y variables meteorológicas asociadas.

6. ANTECEDENTES

En el informe realizado por la Organización Mundial de la Salud (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2004) las adecuaciones y mejoras en el agua abastecida para consumo humano reduce entre un 6 % y 21% la morbilidad por diarrea, las mejoras en el saneamiento reduce la morbilidad por esta enfermedad en un 32%, y la implementación de medidas de higiene y las charlas de educación sobre el tema reduciría este índice hasta en un 45 %, ya que en el año del 2002 a nivel mundial el 3,1% de las muertes (1.7 millones) son atribuidas a deficiencias en saneamiento, higiene y baja calidad del agua distribuida (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2004).

Esta alta incidencia en casos de intoxicación es generada en su mayoría por la inadecuada manipulación, esto origina contaminación y alto impacto para la salud pública, por lo cual el gobierno inicia un diagnóstico a la gestión de la salud ambiental en Colombia, identificando posibles causas que afectan el estado de la salud ambiental del país. Dichas problemáticas mencionadas en el (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2008) son fallos categorizados de la siguiente forma: 1. A nivel institucional y normativo, 2. Información y gestión de conocimiento, 3. Manejo social del riesgo y por ultimo falencias en la capacidad técnica y científica.

En cuanto a la gestión ambiental y sanitaria, el país ha avanzado notablemente, sin embargo, a nivel de institucionalidad y normativa cabe resaltar que se presentan problemas en la falta de precisión de los alcances y las responsabilidades de los actores encargados, falta de coordinación entre los entes involucrados, ya que esta gestión de

unos años para acá se está realizando de manera descentralizada tanto fiscal, política y administrativa. Con ello se ha causado una desarticulación y gestiones costo no efectivas que generan mala toma de decisiones en cuanto a los asuntos de salud ambiental del país que en consecuencia conllevan a que no se prioricen ni se destinen de forma correcta los recursos y que se descuide la revisión y la aplicación de la normativa.

Con forme a lo anterior el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) crea como herramienta de regulación el sistema de información hídrico (SIRH) por medio del decreto 1323 de 2007, en coordinación del Ministerio de salud y protección social y el Instituto Nacional de Salud, desarrollan un programa para la vigilancia de la calidad de agua que se distribuye para consumo humano por medio de análisis físico químicos y microbiológicos que sean de interés para la salud pública, controlados por el PICCAP (programa de Control de Calidad del agua potable) y el sub-sistema de información de la Vigilancia de la Calidad del Agua Potable (SIVICAP).

Para el año 2005 el país reporta 189.022 muertes de las cuales 1.137 son producidas por enfermedades intestinales infecciosas en población de todas las edades, pero principalmente niños de 0 a 5 años y mujeres. Ya para el año 2007 la población se abastece con fuentes de agua potable mejoradas con una cobertura a nivel nacional del 83.4% e instalaciones de saneamiento de un 73.1%, se demuestra que los lugares del país donde hay una deficiente cobertura de servicios públicos están relacionadas con altas tasas de mortalidad. En el año del 1998 se realiza el segundo inventario de calidad de agua del país, por parte del Ministerio de salud, donde se evalúa la

incidencia de daños a la salud a causa de la baja calidad del agua, tomando como referente el IR (Índice de riesgo), donde a un mayor valor de este índice se da una mayor probabilidad de que un individuo enferme mientras dure la exposición a dichas condiciones, los resultados obtenidos revelan que un 60% de la población encuestada está en un rango medio y alto de riesgo, el 6% un riesgo muy alto (Ministerio de Salud Dirección de Promoción y Prevención, 1998). En el año 2006 se obtiene un valor nacional promedio del IRCA del 26% y calificación de calidad promedio del agua del 75% donde los departamentos con mejor calificación fueron el Valle del Cauca, Quindío, Atlántico y Bogotá y además de ello concluye que los municipios que menor eficiencia tienen en calidad son los pertenecientes a departamentos con bajo desarrollo tecnológico como Vaupés, Putumayo y Meta. (Ministerio de la Protección Social, 2007).

Las tendencias para el año 2012 muestra un IRCA promedio para el país de 27,4% asociado a un nivel de riesgo medio, del cual el IRCA a nivel Urbano tiene una tendencia de 13,2% (riesgo bajo) y en zona Rural de 49,8% (alto), para este año el informe muestra (Instituto Nacional de Salud (INS), 2013), que cerca de 45.4 millones del total de un 46.5 millones fueron incluidos en el estudio, de los cuales el 18.1% de la población atendida es con agua potable, el 18,3% agua segura, 44,5% agua con bajo tratamiento y el 19.1 % con agua cruda. La cobertura de información y vigilancia tiene un porcentaje de 90.9% de departamentos, ya que no incluyo Choco, Guainía y Guaviare. Estos datos obtenidos muestran la disparidad en la distribución entre las zonas rurales y urbanas del país. En la gráfica se muestra el comportamiento del IRCA del periodo 2007-20012, mostrando los valores nacionales, el de la zona urbana y la zona rural, y el tipo de riesgo.

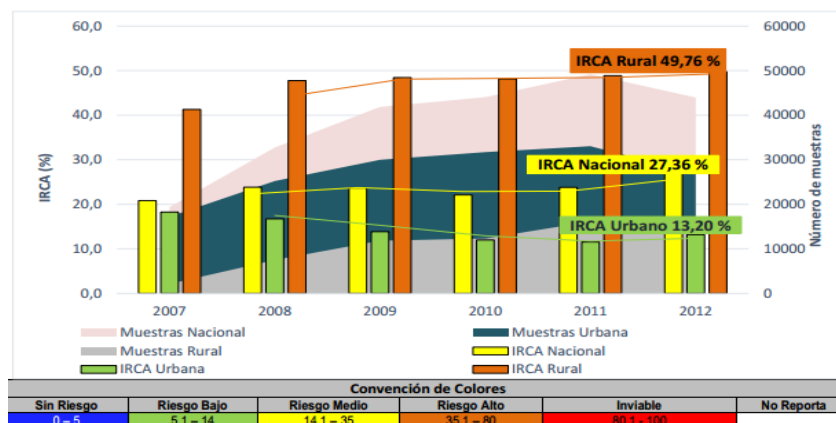


Ilustración 1 Tendencia de la del IRCA consolidado en Colombia 2007-2012 (Instituto Nacional de Salud (INS), 2013)

Como se muestra en la gráfica las falencias del país se intensifican en la distribución de agua apta en zonas rurales, donde se presenta el mayor riesgo a la salud. A nivel regional se muestra un repartimiento de IRCA con la tendencia de la siguiente tabla que muestra como los mayores índices de riesgo se generan en los sectores de la Orinoquia y la Amazonia, para este periodo.

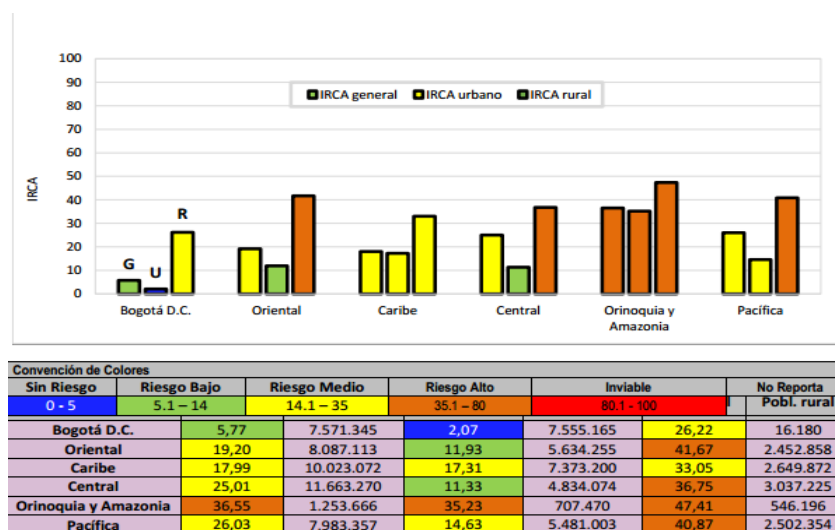


Ilustración 2 Tendencia del IRCA consolidada según regiones y zonas en Colombia 2012

Fuente: (Instituto Nacional de Salud (INS), 2013)

Debido a que este documento tiene como foco de estudio el departamento de Antioquia, se ampliara en este aspecto, ya que este departamento corresponde a uno de los departamentos más grandes del país el cual está constituido por 125 municipios y una población de 6.065.846 habitantes (DANE, 2005), y como otras regiones del país esta incide también en enfermedades como la Hepatitis A y la diarrea aguda. Para el año 2010 Antioquia contaba con una cobertura de servicio de acueducto de 88.08%, donde el 97.8% corresponde al área urbana y 58.39% al área rural. Además de ello 124 municipios de sus 125 contaban con planta de tratamiento de agua potable en las cabeceras municipales (Antioquia, 2010), del total de los municipios del departamento el 83% (103) tenían suministros de agua apta para el consumo, y 22 de los municipios suministraron agua no apta, según la calificación del IRCA, en su casco urbano. En la gráfica se muestra el comportamiento del IRCA para la región de Antioquia del año 2007 al 2012 tanto para la zona rural como la urbana y el promedio de la región.

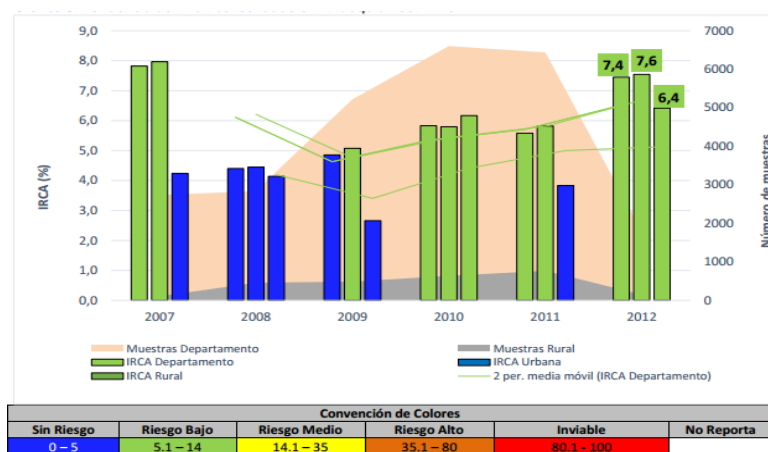


Ilustración 3 Tendencia del IRCA en el Departamento de Antioquia 2007-2012

Fuente: (Instituto Nacional de Salud (INS), 2013)

Cabe resaltar que el riesgo en el departamento como se muestra en el intervalo del tiempo, aunque ha sido más alto en la zona rural no representa un riesgo alto, como en otras zonas del país, y están considerados como riesgo bajo respectivamente para las dos zonas.

Este tipo de análisis del IRCA es tratado con anterioridad con la finalidad de caracterizar el estado sanitario de las empresas envasadoras de agua potable, con la finalidad de establecer mejoras acordes a la normativa vigente, este estudio tiene como población objeto el departamento del Meta, haciendo un análisis del consumo de agua envasada en el país y directamente en el departamento y poniendo como calificador de calidad el indicador de riesgo de calidad de agua potable. (Salazar, 2010)

(Pérez, Amezquita, & Torrez, 2012) identificaron y priorizaron los peligros del sistema de distribución de agua potable (SDA) de la ciudad de Cali (Colombia) abastecido por el río Cauca, integrando los principios de los planes de seguridad del agua (PSA), los conceptos de la metodología Delphi y los sistemas de información geográfica (SIG). El análisis estadístico de los datos de calidad del agua potable evidenció el cumplimiento de la reglamentación nacional, clasificándola como “sin riesgo para la salud” (según el índice de riesgo de calidad del agua [IRCA]).

En esta investigación se realizó una evaluación de la relación entre la calidad del agua para consumo humano y las enfermedades de transmisión hídrica en las zonas urbanas de los municipios de Cajicá, Chocontá, Cogua, Gachancipá, Guasca, Guatavita, La Calera, Nemocón, Sesquilé, Sopó, Suesca, Villapinzón, Tocancipá y Zipaquirá en el periodo 2005 a 2009. En el cual evaluaron el comportamiento de los

parámetros de la calidad del agua para consumo humano y elaboraron cinco mapas, donde se representa el promedio anual de dichos parámetros; seguido a esto, el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano es calculado, con lo cual se realiza el promedio mensual - multianual del IRCA por municipio, con estos datos se elaboran trece mapas de riesgo, doce corresponden a cada mes del año y uno al área de estudio (Henao.B & Tobar. C, 2011).

Donde la relación entre la calidad del agua para consumo humano y las enfermedades de transmisión hídrica, se evaluaron a partir del coeficiente de correlación r del momento de producto de Pearson, esta relación se determina por municipio, año y área de estudio (Henao.B & Tobar. C, 2011) .

Por ultimo llegan a la conclusión de que hay una relación existente entre la calidad del agua para consumo humano y las enfermedades de transmisión hídrica, se presenta de manera directa e inversamente proporcional, a menor calidad del agua suministrada mayor es la probabilidad de que se presenten eventos relacionados con dichas enfermedades (Henao.B & Tobar. C, 2011).

En el artículo índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. En el cual, concluyen que los ICA son una herramienta útil para la evaluación de la calidad del agua; comparados con los índices aditivos y dependiendo del nivel de riesgo sanitario (químico y/o microbiológico) en la fuente, es recomendable que el índice de calidad de agua que se adapte o desarrolle para una fuente específica, considere los parámetros asociados al riesgo (Torres. P. Cruz. C & Patiño. P, 2008)

Uno de los objetivos de la investigación es determinar la relación del comportamiento de las variables meteorológicas con la calidad del agua, así que en el artículo Impactos del cambio climático en la calidad del agua superficial en relación con la producción de agua potable, centran la atención en dos puntos principales. En primer lugar, consideraron los impactos en la calidad del agua de los recursos (ríos y lagos) que modifican los valores de los parámetros (parámetros físico-químicos, micro contaminante y parámetros biológicos). Seguido a esto, analizan los impactos esperados en la producción de agua potable y la calidad del agua suministrada. Donde la principal conclusión a la que llegaron es que las tendencias de degradación de la calidad del agua potable en el contexto del cambio climático son debidas a los efectos de las sequias e inundaciones donde los principales factores son la temperatura y precipitación, sin embargo, estos impactos dependen del tipo de cuerpo de agua ya que en ríos los parámetros más afectados son la materia orgánica disuelta y los nutrientes, mientras que en lagos son los patógenos y cianobacterias. Así mismo estos impactos conducen a un aumento de las situaciones de riesgo relacionadas con el impacto potencial de la salud. (Delpla. I. Jung.A. Baures.E Clemente.M & Thomas.O, 2009).

7. MARCO LEGAL

Tabla 1 MARCO LEGAL

INSTRUMENTO LEGAL	AÑO DE EXPE.	CUERPO RESPONSABLE DE LA EXPEDICIÓN	OBJETIVO DE LA LEGISLACIÓN	CATEGORÍA DE USO
Decreto 1575	2007	El presidente de la república de Colombia	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.	Identificar los responsables del control y vigilancia de la calidad del agua para consumo, los riesgos para la salud humana y los instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano.
Resolución 2115 de 2007	2007	Ministerio de la Protección Social Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial	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	Permite establecer los valores máximos aceptables para características físicas, químicas y microbiológicas, sobre los cuales se determinan los puntajes de riesgo para el cálculo del IRCA. A la vez se establece la clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA.
		Ministerio de la Protección Social	Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de	Se define los criterios para la localización de los puntos de muestreo en la red de distribución, para la respectiva entidad sanitaria;

Resolución 0811 de 2008	2008	Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial	muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.	y se establece el número mínimo de puntos de muestreo dependiendo de la población.
--------------------------------	------	---	--	--

Fuente: Autor

8. MARCO TEORICO

A continuación, se relacionará la terminología, conceptualización y normativa; que guiará el enfoque del proyecto del análisis de la información de los IRCA para el departamento de Antioquia en los años 2012-2013, y el cual se tomará como base para transmitir y plasmar los objetivos propuestos.

8.1 INDICE DE RIESGO DE CALIDAD DE AGUA

Los recursos de agua dulce con los que dispone la tierra representan apenas el 3% del volumen total, del cual una parte importante es utilizada en las actividades humanas. Los acuíferos almacenan hasta el 98% del agua dulce accesible, Proveen el 50% del agua para consumo humano directo, 40% de las demandas industriales y 20% del agua para la agricultura (Contraloría General de la Republica, 2006).

Según el Estudio Nacional de Agua (ENA) 2005 el índice de disponibilidad per cápita de agua clasifica a Colombia, ya no como una de las potencias hídricas del mundo, sino como el país número 24 en una lista de 182 naciones. La demanda de agua crece exponencialmente. Sin embargo, la oferta y calidad cada vez es menor, razón por la cual urge la implementación de acciones que permitan mantener un suministro permanente de agua de buena calidad para toda la población y para preservar las funciones de los ecosistemas (Contraloría General de la Republica, 2006).

El agua ha estado siempre presente en todas las actividades del hombre, como protagonista principal de su desarrollo y del recorrido hacia la civilización, condicionando su propia supervivencia; esto ha llevado a idear y desarrollar las más diferentes formas de aprovechamiento. La escasez del recurso, la dificultad de acceder al mismo y la mala calidad van de la mano de la pobreza y de las enfermedades (Defensoría del pueblo, 2005).

En Colombia, la inadecuada planificación del uso y ocupación de los suelos ha contribuido al deterioro de las cuencas y, por ende, a la cantidad y calidad de la oferta hídrica. Por ello, acueductos de 140 municipios de 16 departamentos presentan vulnerabilidad por disponibilidad de agua, debido a que, en muchos casos, las fuentes de suministro actuales corresponden a quebradas, cuyas aguas se han vuelto estacionales por la degradación de las cuencas (Contraloría General de la República, 2006).

El agua necesaria para cada uso personal o doméstico debe ser salubre, y por lo tanto no ha de contener microorganismos o sustancias químicas o radiactivas que puedan constituir una amenaza para la salud de las personas. Además, el agua debe tener un color, un olor y un sabor aceptables para cada uso personal o doméstico (Defensoría del pueblo, 2005). Es por esto que se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano mediante la expedición del Decreto 1575 del 2007 con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada.

Este Aplica a todas las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano, ya sea cruda o tratada, en todo el territorio nacional, independientemente del uso que de ella se haga para otras actividades económicas, a las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios.

Los responsables del control y vigilancia son los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el Instituto Nacional de Salud, las Direcciones Departamentales Distritales y Municipales de Salud, las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano y los usuarios, para lo cual cumplirán las funciones indicadas en los artículos siguientes: Dentro de este decreto se disponen los instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano, entre estos índices se encuentra el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), por medio del cual se establece el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano (Decreto 1575, 2007).

La Resolución 2115 de 2007 estableció la siguiente clasificación del nivel de riesgo en salud y definió las correspondientes acciones que deben adelantar la autoridades sanitarias y el prestador (se incluye el código de color que se asignó a cada nivel) (Instituto Nacional de Salud (INS), 2013)

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (acciones para mejora de la calidad)
80.1 -100	INVIABLE SANITARIAMENTE	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.

Tabla 2 Clasificación del nivel de riesgo y acciones según IRCA por muestra e IRCA mensual

Fuente: (Resolución 2115, 2007)

El cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), se realizará utilizando las siguientes fórmulas:

Ecuación 1 El IRCA POR MUESTRA

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

Fuente: (Resolución 2115, 2007)

Ecuación 2 IRCA MENSUAL

$$IRCA (\%) = \frac{\sum \text{de los IRCAs obtenidos en cada muestra realizada en el mes}}{\sum \text{Número total de muestras realizadas en el mes}} \times 100$$

Fuente: (Resolución 2115, 2007)

Para lo cual el Decreto establece 22 parámetros con su correspondiente puntaje de riesgo según su importancia sanitaria, a continuación se muestra una ilustración que muestra según el puntaje asignado a los parámetros cuál es su distribución porcentual en el puntaje de riesgo, lo que indica su peso o importancia en el Índice:

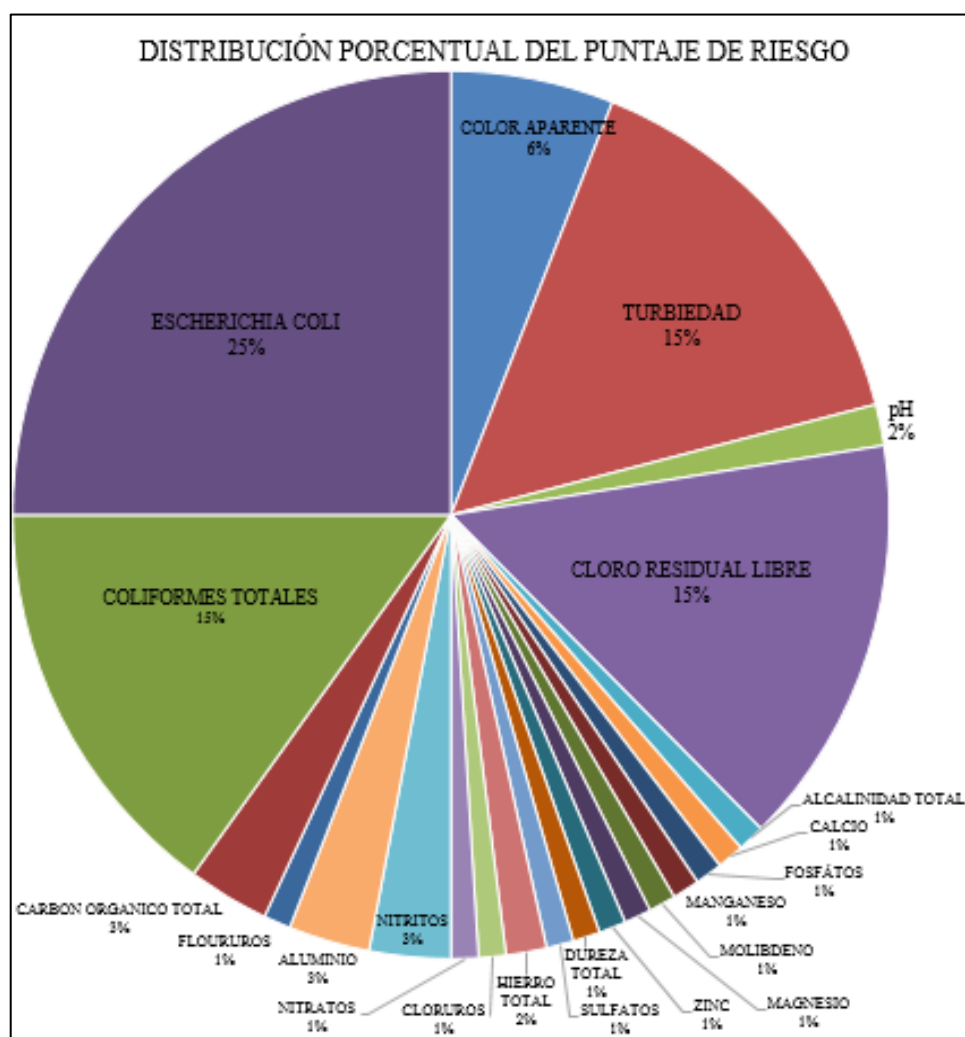


Ilustración 4 distribución porcentual en el puntaje de riesgo

Fuente: (Resolución 2115, 2007)

Los municipios tienen el deber de promover y ejecutar las políticas y programas nacionales, regionales y sectoriales. Son los responsables de adelantar las acciones necesarias del proceso de modernización de la prestación del servicio, establecido en la Ley 142 de 1994 (Contraloría General de la República, 2006).

Los alcaldes están en la obligación de ejecutar eficientemente el presupuesto y destinar los recursos de ley al agua potable y saneamiento básico con el carácter prioritario que ha señalado la Constitución Política. En consecuencia, la Contraloría General de la República tiene la obligación de ejercer el control fiscal sobre estos recursos y si es necesario sancionar a los funcionarios responsables.

La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico –CRA-, debe fijar las normas de calidad a las que se deben ceñir las empresas prestadoras del servicio, así como tomar las medidas necesarias para que se apliquen las normas técnicas sobre calidad de agua potable; a pesar de esta obligación de cumplimiento, hasta el momento no se han establecido las normas de calidad.

La Defensoría del Pueblo tiene la obligación de realizar diagnósticos de alcance general sobre las situaciones económicas, sociales, culturales, ambientales, hacer las recomendaciones y observaciones a las autoridades y a los particulares en caso de amenaza o violación a los derechos humanos y velar por su promoción y ejercicio (Defensoría del pueblo, 2005).

Según el CONPES 3343, se ha establecido que el costo promedio en salud pública debido a las “inadecuadas condiciones de abastecimiento de agua, el saneamiento y la higiene asciende a \$1.96 billones” De acuerdo con reportes del

Ministerio de Protección Social entre los años 2006 y 2007, el aumento en las enfermedades diarreicas agudas por esta causa fue de 36% (Contraloría General de la Republica, 2006).

8.2 COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON

El coeficiente de correlación de Pearson, pensado para variables cuantitativas (escala mínima de intervalo), es un índice que mide el grado de variación entre distintas variables relacionadas linealmente. Esto significa que puede haber variables fuertemente relacionadas, pero no de forma lineal, en cuyo caso no proceder a aplicarse la correlación de Pearson (McGraw Hill, 1917). De acuerdo a la metodología que se expone en el artículo “Influence of Chemical and Biological Parameters on Iron and Manganese Accumulation in Water Distribution Networks” se establecen los intervalos de clasificación del coeficiente de correlación de Pearson para definir la correlación que se pueda presentar entre los parámetros y la variable meteorológica con el IRCA. En la Tabla 1 se muestran los intervalos de clasificación del coeficiente de correlación de Pearson.

Tabla 3. Clasificación de la correlación

Correlación	Coefficiente de correlación de Pearson
Fuerte	$1 \geq R > 0.5$
Moderada	$0.5 \geq R > 0.3$

Débil	$0.3 \geq R > 0.1$
Ninguna	$0.1 \geq R > 0$

Para determinar los valores de la correlación se empleó el programa R utilizando la gráfica de Edgar Anderson, que permitió determinar el grado de correlación entre parámetros.

Para la interpretación del diagrama de dispersión se tuvo en cuenta que los parámetros se representan en un conjunto de puntos los cuales determinan su posición en un eje horizontal y en un eje vertical.

Para determinar los valores de la correlación se empleó el programa R utilizando la gráfica de Edgar Anderson, que permitió determinar el grado de correlación entre parámetros. R es un lenguaje para el cómputo estadístico, con muy buenas herramientas para la producción de graficas de gran calidad; además ofrece un ambiente de programación con los elementos estándar de un lenguaje. (Centro de Investigación en Matemáticas, 2010), por ello se usan las gráficas Edgar Shannon Anderson que muestra la dispersión de los datos y la posible correlación de los mismos. Así mismo se hace el análisis por medio de una prueba de hipótesis donde se prueba que las posibles correlaciones obtenidas si tengan una validez, por medio de la prueba de hipótesis nula. (Jesús Reynaga Obregón, 2010)

8.3 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (ARCGIS ®)

ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario. El sistema está disponible en cualquier lugar a través de navegadores Web, dispositivos móviles como smartphones y equipos de escritorio.

Se puede pensar en el sistema ArcGIS como en una infraestructura para elaborar mapas y poner la información geográfica a disposición de los usuarios dentro de un departamento, por toda una organización, entre varias organizaciones y comunidades de usuarios o en Internet, para cualquier usuario interesado en acceder a ella. Los mapas constituyen una forma muy efectiva de organizar, comprender y proporcionar grandes cantidades de información de un modo comprensible universalmente. ArcGIS permite crear una amplia variedad de mapas, entre ellos, mapas Web accesibles en navegadores y dispositivos móviles, diseños de mapa impresos de gran formato, mapas incluidos en informes y presentaciones, libros de mapa, atlas, mapas integrados en aplicaciones, etc. Independientemente de cómo se publica, un mapa de ArcGIS es un mapa inteligente que muestra, integra y sintetiza completas capas de información geográfica y descriptiva de diversas fuentes.

Los mapas se crean no sólo para mostrar datos, sino también como herramienta para buscar y comprender patrones y relaciones, realizar análisis y modelado a fin de resolver problemas específicos, visualizar y realizar un seguimiento del estado, permitir la entrada y la compilación de datos y dar a conocer ideas, planes y diseños (ArcGIS Resources, 2015).

8.4 DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

8.4.1 Generalidades

- **Localización:** El departamento de Antioquia es una entidad territorial ubicada en el sector central de la región del Noroccidente Colombiano. Su exposición geográfica está determinada por las coordenadas de sus límites extremos: entre los 5°26' 20" y 8°52'23" de latitud norte y entre 73°53'11" y 77°07'16" de longitud al oeste del meridiano 0° de Greenwich.
- **Extensión:** El Departamento de Antioquia cuenta con extensión aproximada de 63.612 Km., dividido en 125 municipios, lo que representa el 0.3% del área total del país.
- **Límites:** El Departamento de Antioquia limita con siete (7) departamentos: Al norte con los departamentos de Córdoba Y Bolívar, por el Oriente con Bolívar, Santander y Boyacá, por el Sur con Caldas y Risaralda y por Occidente con Chocó.
- **División Administrativa:** El Departamento está dividido en 125 municipios: Medellín como ciudad capital; 261 corregimientos y 4353 veredas.

- **Hidrografía:** El departamento cuenta con tres cuencas hidrográficas según CorAntioquia las cuales son las del Cauca el Magdalena y por último el Golfo de Urabá. su afluente más importante es el río negro y el Atrato. A su vez se encuentra en su extensión el rio Cauca y Magdalena. El rio negro es de bastante importancia para todo el país ya que proporciona el 30% de la energía producida con hidroeléctricas. En la región de Urabá cuenta con una extensión de 498 Km costeros sobre el Atlántico, además de contar con numerosas Ciénegas dentro de su extensión como son Buchadós, Tumaradó, Caucasia entre otras.
- **Demografía:** El departamento agrupa una población total de 6´221.742 habitantes (año 2012) distribuidos en zona rural y urbana de la siguiente forma 77.7% (4´833,995 habitantes) se ubica en zona urbana del departamento mientras el restante 22.3% (1´387,747 habitantes) se distribuye en zona rural del mismo (Ministerio de Salud Dirección de Promoción y Prevención, 1998). (DANE, 2005).
- **Climatología:** el departamento presenta un régimen bimodal de precipitaciones con un periodo seco de diciembre a marzo y una época de lluvia de abril a noviembre. Los meses con mayor precipitación se presentan en los meses de mayo y octubre. Dentro del departamento se encuentran diversos climas y pisos térmicos debido al cambio de altitud, latitud Orografía, entre los pisos térmicos encontrados están tropical o cálido, templado o pre Montano, frio o montano bajo y por ultimo muy frio o montano. Por lo cual su temperatura oscila entre los 18° y los 28°.

8.4.2 Tendencia nivel de riesgo en el departamento de Antioquia

Para el año 2012 el departamento registra datos en el SIVICAP de 118 municipios de los 125 que son en total, lo municipios faltantes por información son los municipios Cisneros, Murindó, Pueblorrico, San Andrés de Cuerquía, San Juan de Urabá, Vigía del Fuerte, Yondó, el restante de municipios registran un valor promedio del IRCA Departamental del 1.2% para el periodo comprendido entre 2009-2010 por lo cual es apta para el consumo, ya que no tienen riesgo, alrededor del 5% de municipios reportaron agua no apta para consumo y dos como inviablemente sanitaria como se muestra en la imagen del IRCA 2010, a diferencia de los valores del periodo 2008-2009 en donde se registran 7 municipios con condiciones de agua inviablemente sanitaria(Consolidados índice de riesgo de la calidad del agua, IRCA mensual del Agua de Acueductos Urbanos (Super Intendencia de servicios públicos domiciliarios, 2011).



Ilustración 5 IRCA 2010 nivel de riesgo Antioquia (Super Intendencia de servicios públicos domiciliarios, 2011)

A su vez la autoridad territorial de salud en Antioquia para el año 2012 y mediante el registro de muestras en el sistema SIVICAP se evidencia un porcentaje de 91.6% para 1649 muestras para la zona urbana y un 8.4 % se realizaron en la zona rural, este muestreo indica que dentro de las operaciones de los sistemas de abastecimiento son en mayor proporción en empresas de acueducto. (Instituto Nacional de Salud (INS), 2013).

Lo anterior es una muestra que es importante para la gobernación de Antioquia tomar medidas que permitan cubrir estas zonas donde la calidad del agua no permite que sean abastecidos o que no puedan ser consumidas por el alto riesgo en la salud, por lo cual una importante medida es la inversión por parte de las Autoridades Ambientales, en la implementación de Plantas de Potabilización de Agua; en la imagen de a continuación se ve el aumento de obras de este tipo en los municipios de Antioquia.

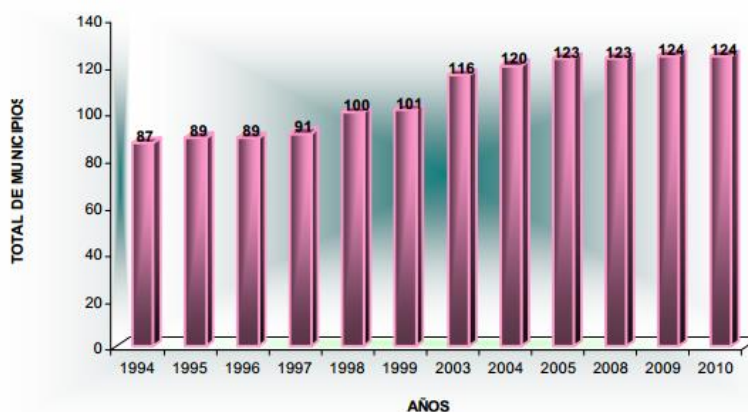


Ilustración 6 Distribución de municipios con plantas de tratamiento de Agua Potable años 1994 a 2010, (Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia, 2010)

Para el periodo del 2010 Antioquia cuenta con una cobertura, de servicio de acueducto del 88,08% bajo en comparación al Promedio Nacional de 95,20%, internamente la cobertura más baja como muestra igualmente toda la tendencia del país es en la zona rural con una cobertura de solo el 58,39% y una alta cobertura Urbana del 97,88%. Además de ellos las coberturas en suministros de agua potable de un total de 75,94% con una distribución Urbana y rural de 95,04% y 18,03% respectivamente, lo que muestra la enorme diferencia que hay en el riesgo en cuanto a la población de la cabecera municipal y los habitantes de los sectores rurales. (Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia, 2010).

9. RESULTADOS

Los resultados se relacionarán de acuerdo con las etapas planteadas de la metodología correspondiente a los objetivos de la investigación.

9.1 ETAPA I: Búsqueda de información del área de estudio

Para esta etapa se definieron los criterios para depurar los datos que serían usados en el cálculo de las correlaciones; los datos fueron obtenidos de la base de datos del SIVICAP para los años 2012 y 2013, a su vez se revisaron los datos anuales suministrados por las empresas con certificación sanitaria en los informes de la (Gobernación de Antioquia, 2013).

Durante el proceso se evidenciaron falencias en la medición del índice, visto que las muestras presentadas por las personas prestadoras no cumplen con la normativa establecidos en la Resolución 2115 del 2007, solo se encuentran en su mayoría datos de seis parámetros en las muestras reportadas, cuando se plantean veintidós; en consecuencia los valores de IRCA presentan inconsistencias al darle calificativo de apta para el consumo humano a muestras con un solo parámetro medido de bajo interés sanitario según **Ilustración 4** distribución porcentual en el puntaje de riesgo.

En la tabla **Tabla 4** Muestras del departamento de Antioquia años 2012 y 2013 se hace un resumen de la cantidad de datos presentados por característica en el departamento y a su vez el valor de puntaje de riesgo de cada característica, lo cual se realizó con la finalidad de determinar que parámetros tenían una buena cantidad de datos o se miden con más frecuencia en el departamento.

CARACTERÍSTICA	PUNTAJE DE RIESGO	N° Muestras validas 2012	N° Muestras Nulas 2012	N° Muestras validas 2013	N° Muestras Nulas 2013
COLOR APARENTE	6	1118	571	1782	2686
TURBIEDAD	15	1129	560	1826	2642
Ph	1,5	1517	172	4276	192
CLORO RESIDUAL LIBRE	15	1504	185	4336	132
ALCALINIDAD TOTAL	1	564	1125	185	4283
CALCIO	1	0	1689	24	4444
FOSFÁTOS	1	0	1689	23	4445
MANGANESO	1	0	1689	23	4445
MOLIBDENO	1	0	1689	19	4449
MAGNESIO	1	0	1689	24	4444
ZINC	1	0	1689	23	4445
DUREZA TOTAL	1	621	1068	183	4285
SULFATOS	1	98	1591	27	4441
HIERRO TOTAL	1,5	608	1081	176	4292
CLORUROS	1	630	1059	184	4284
NITRATOS	1	75	1614	23	4445
NITRITOS	3	23	1666	28	4440
ALUMINIO	3	478	1211	175	4293
FLOURUROS	1	112	1577	117	4351
CARBON ORGANICO TOTAL	3	137	1552	120	4348
COLIFORMES TOTALES	15	1677	12	4427	41
ESCHERICHIA COLI	25	1678	11	4454	14
SUMATORIA	100	11969	25189	22455	75841

Tabla 4 Muestras del departamento de Antioquia años 2012 y 2013

Fuente: Autor

Al realizar la depuración de datos se tomaron las muestras que tuvieran mayor cantidad de parámetros medidos con lo cual se descartaron las muestras que no tenían las seis características que se miden con mayor frecuencia en el departamento los cuales son: Escherichia Coli, Coliformes Totales, Cloro Residual Libre, pH, Turbiedad y Color Aparente.

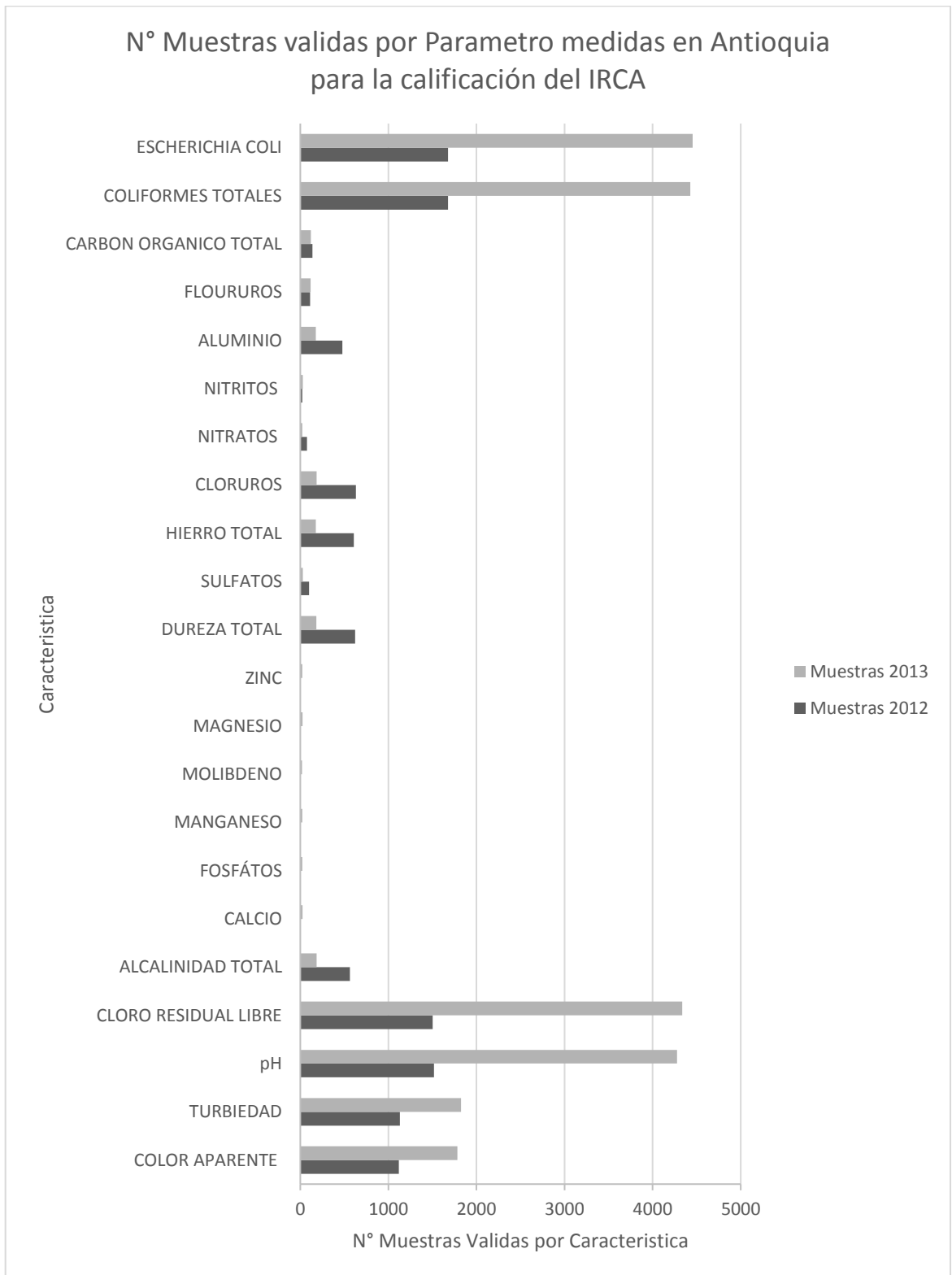


Ilustración 7 Muestras validas por Parámetro medidas en Antioquia para la calificación del IRCA

Fuente: Autor

Como se ve en la Ilustración 7 Muestras validas por Parámetro medidas en Antioquia para la calificación del IRCA, hay un fuerte incremento en la medición de los parámetros entre los dos años, pero el comportamiento indica que los seis parámetros anteriormente mencionados son los que el departamento mide en mayor frecuencia durante los dos años.

Para hacer correlaciones inicialmente se eliminan aquellas muestras que obtengan valores nulos en los seis parámetros seleccionados los cuales fueron Color, Turbiedad, pH, Cloro residual, Coliformes totales y Ecoli. Del mismo modo para realizar una correlación municipal entre estos parámetros se utilizaron aquellos municipios que tuvieran más de 7 datos después de depurar la base de datos, esta parte se realizó con la herramienta de análisis de datos de Excel.

Es importante tener en cuenta que el cálculo del IRCA no es muy conveniente para este tipo de mediciones, ya que como se demostró con la depuración de datos, la formula implica la sumatoria del puntaje por parámetros no aceptable dividido entre el puntaje de los parámetros medidos.

La **Ecuación 1** El IRCA POR MUESTRA, permite que se reporten datos como agua sin riesgo midiendo 2 parámetros del total de 22, en ejemplo en el año 2013 se registran 2 muestras con los 6 parámetros en nulo con un puntaje del IRCA de 0 y en clasificación como agua sin riesgo del municipio de Envigado(código de muestra en SIVICAP 331 y 335), (Instituto Nacional de Salud (INS), 2014); en este caso se muestra que no se miden ninguno de los parámetros de mayor importancia como Turbiedad, Cloro residual, Coliformes totales y Escherichia Coli según **Ilustración 4**

distribución porcentual en el puntaje de riesgo, reportando datos de Fluoruros y COT que suman 4 puntos de 100 según los puntajes dados para cada criterio en él (Decreto 1575, 2007).

Para el cálculo de correlación del total de los parámetros y la comprobación de la hipótesis de correlación se utilizó el programa R en el cual se suministraron 1039 y 1695 datos para el año 2012 y 2013 correspondientemente.

Los parámetros a analizar fueron tomados por ser los únicos que se reportan en su mayoría en la información suministrada de los requeridos para la evaluación del índice.

Para finalizar los análisis es vital aclarar, que no se tuvo en cuenta con que tipos de tratamientos cuentan las plantas para segregar la información, por el contrario al ser un análisis departamental se usaron los datos sin importar el tipo de planta, lo cual representa una variación entre datos, a causa de que los valores reportados dependen del tipo de tratamientos que se le dé al agua.

En cuanto a las empresas prestadoras de Servicios Urbano del departamento para el año 2012 se tienen con certificación sanitaria 166 (Gobernación de Antioquia, 2012) y para el 2013 un total de 169 (Gobernación de Antioquia, 2013). En promedios las empresas prestadoras para el año 2012 toman 4 mediciones del IRCA al Año y 9 para el 2013, la información se puede ver en los ANEXOS 5 y 6 donde se indica la empresa prestadora con su correspondiente número de suscriptores y número de muestras tomadas al año.

Los datos meteorológicos de precipitación media y temperatura media fueron obtenidos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), usando datos mensuales de cada una de las estaciones de los municipios del departamento. Así mismo los datos usados del IRCA para el análisis del segundo objetivo, fueron los datos reportados por estas empresas prestadoras de servicio en los años analizados, es importante resaltar nuevamente que durante el 2012 se registran datos de aproximadamente solo 4 meses de septiembre a diciembre y que a diferencia los 9 datos recopilados para el 2013 son en su mayoría de los meses de marzo a diciembre, lo que indica que no se realizaron mediciones del IRCA durante los primeros meses de cada año y eso dificulta los cálculos de correlación ya que entre el periodo final de 2012 e inicial de 2013 se presenta un fenómeno del niño que cambia considerablemente las condiciones de precipitación.

9.2 ETAPA II: Correlación entre parámetros del IRCA

Las correlaciones según los municipios se clasificaron por categorías con base a *Tabla 3. Clasificación de la correlación* y (McGraw Hill, 1917).

Para el año 2012 luego de tomar para el análisis solo los municipios que tuvieran más de siete datos se obtuvieron 35 los cuales según el tipo de correlación y los parámetros correlacionados fueron clasificados de la siguiente forma.

Tabla 5 Clasificación De Municipios Por Correlación Y Parámetros 2012

PARAMETRO	Fuerte positiva	Moderada positiva	Debil positiva	Ninguna	Debil negativa	Moderada negativa	Fuerte negativa
	Numero Municipios	Numero Municipios	Numero Municipios	Numero Municipios	Numero Municipios	Numero Municipios	Numero Municipios
Color-Turbiedad	19	3	3	5	2	7	0
Color-Ph	3	4	5	6	3	13	5
Cloro residual- Color	2	2	9	7	3	10	6
Coli Total-Color	3	2	1	26	1	4	2
Ecoli-Color	3	0	0	35	0	0	1
Turbiedad- Ph	3	3	9	6	2	10	6
Turbiedad- Cloro residual	2	8	4	2	3	16	4
Turbiedad- Coli Total	3	2	3	24	2	5	0
Turbiedad-Ecoli	2	1	0	33	0	3	0
Ph-Cloro residual	3	3	8	4	4	14	3
Ph- Coli Total	2	5	2	25	2	3	0
Ph-Ecoli	0	2	1	34	0	2	0
Cloro Residual_ Coli Total	0	2	0	24	1	6	6
Cloro Residual- Ecoli	0	0	0	33	0	4	2
Coli Total- Ecoli	5	1	0	33	0	0	0

Fuente: Autor

Como se ve en la tabla anterior, haciendo el análisis por número de municipios se presenta solo una correlación fuerte entre los parámetros analizados la cual es Color-Turbiedad donde el 49% de los datos analizados presentan este comportamiento.

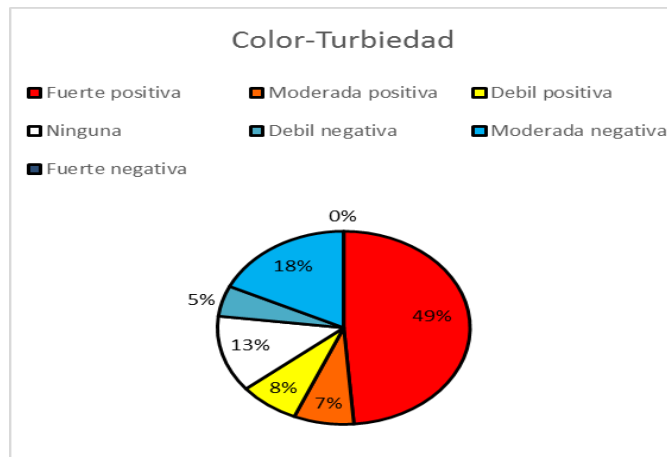


Ilustración 8 Distribución De Datos En La Correlación Color-Turbiedad 2012

Fuente: Autor

Realizando la correlación por medio del programa R se obtienen la siguiente grafica de comportamiento.

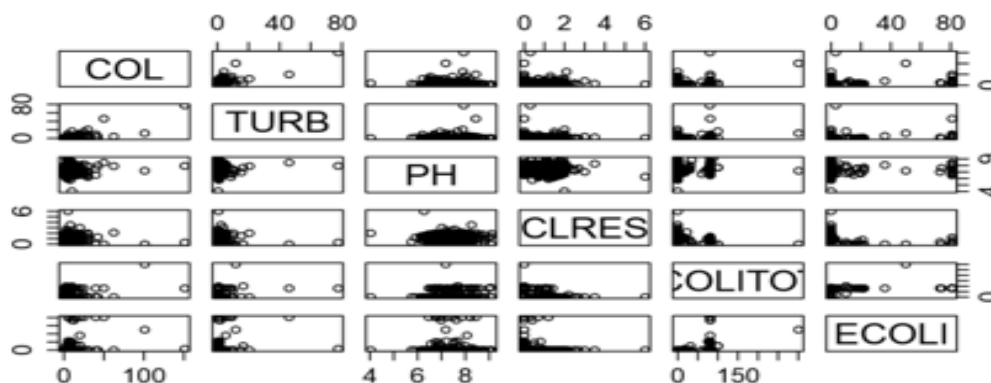


Ilustración 9 Grafica Edgar Anderson (Programa R) Correlación Pearson Año 2012

Fuente: Autor

La gráfica no muestra una tendencia clara debido a la cantidad de datos usados para la prueba lo que genera puntos dispersos, pero de forma numérica los valores obtenidos para Pearson en el año 2012 son los siguientes.

PARAMETROS	CORRELACIÓN	HIPOTESIS
Turbiedad- Color	0,75	0
Ecoli- Coli Total	0,62	0
Ecoli-Cloro Residual	-0,26	0
Coli Total- Cloro residual	-0,35	0

Tabla 6 Parámetros que presentaron correlación en el año 2012 valor del IRCA clasificación por color y prueba de hipótesis

Fuente: Autor

Para visualizar mejor la tendencia de las **Ilustración 9** Grafica Edgar Anderson (Programa R) Correlación Pearson Año 2012 , para estas cuatro correlaciones presentadas en la **Tabla 6** Parámetros que presentaron correlación en el año 2012 valor del IRCA clasificación por color y prueba de hipótesis se realiza en escala logarítmica.

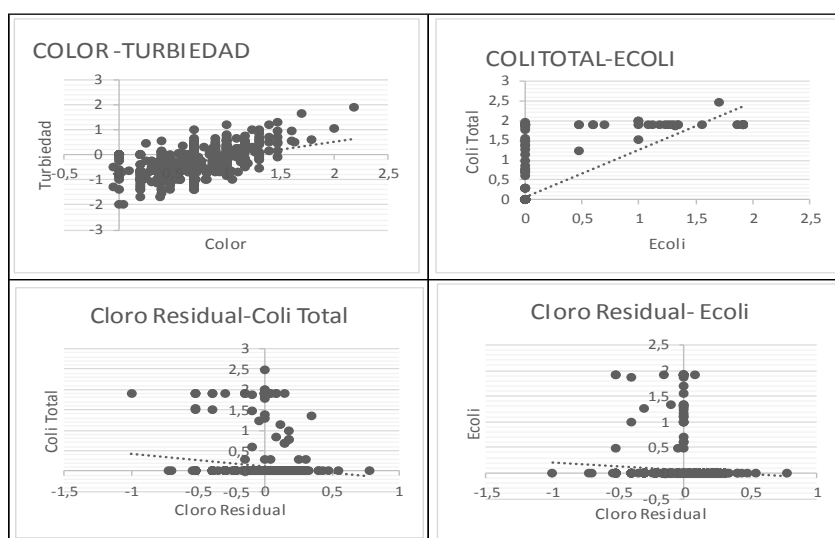


Ilustración 10 Escala Logarítmica

Fuente: Autor

Los valores obtenidos de la prueba de hipótesis para estos parámetros del IRCA son cercanos a cero lo que demuestra que es válida la correlación. Como se ve en la **Tabla 6** la correlación más fuerte presentada es una correlación positiva entre los

parámetros de turbiedad y color, así mismo como se ve en la **Ilustración 8** la mayoría de municipios en su análisis individual presentan este comportamiento.

En la **Tabla 7** Rangos donde se presentan la mayor cantidad de Datos en Cada parámetro para el año 2012, se muestran los rangos en los cuales cada parámetro presenta la mayor cantidad de Datos.

Tabla 7 Rangos donde se presentan la mayor cantidad de Datos en Cada parámetro para el año 2012

PARAMETRO	RANGO	UNIDADES	#DATOS	PORCENTAJE
COLOR	0-3	UPC	331	50,23
TURBIEDAD	0-0,5	UTN	667	59,3
PH	6,1-8	unidades de pH	1443	94,01
CLORO RESIDUAL	0-2	mg/L	1509	99,14
COLIFORME TOTALES	0-5	unidades formadoras de colonia en 100 cm ³	1506	88,28
ESCHERICHIA COLI	0-5	unidades formadoras de colonia en 100 cm ³	1646	97,11

Fuente: Autor

Se debe agregar que los resultados para el año 2013 luego de la depuración de la base de datos, se obtuvieron 105 municipios, lo que quiere decir que a comparación del año 2012 el municipio género mayor cantidad de pruebas de estos seis parámetros como se observa también en la **Ilustración 7** Muestras validas por Parámetro medidas en Antioquia para la calificación del IRCA ; para el año 2013 se obtiene la siguiente clasificación de correlación.

Tabla 8 Clasificación de municipios por correlación y parámetros 2013

PARAMETRO	Fuerte positiva	Moderada positiv	Debil positiva	Ninguna	Debil negativa	Moderada negativ	Fuerte negativa
	Numero Municipios	Numero Municipios	Numero Municipios	Numero Municipios	Numero Municipios	Numero Municipios	Numero Municipios
Color-Turbiedad	58	10	13	13	6	5	0
Color-Ph	5	9	21	12	15	30	13
Cloro residual- Color	4	11	13	20	10	33	14
Coli Total-Color	6	3	7	70	10	9	0
Ecoli-Color	5	1	6	87	3	3	0
Turbiedad- Ph	4	8	14	12	12	42	13
Turbiedad- Cloro residual	5	10	13	10	11	42	14
Turbiedad- Coli Total	4	6	8	69	8	10	0
Turbiedad-Ecoli	6	2	3	88	2	4	0
Ph-Cloro residual	7	8	29	12	10	33	6
Ph- Coli Total	2	6	12	67	7	11	0
Ph-Ecoli	0	4	1	91	2	7	0
Cloro Residual- Coli Total	2	0	3	68	7	13	12
Cloro Residual- Ecoli	1	0	1	88	0	9	6
Coli Total- Ecoli	16	0	1	88	0	0	0

Fuente: Autor

Nuevamente los datos presentan una alta tendencia en la correlación Color Turbiedad con la siguiente distribución porcentual

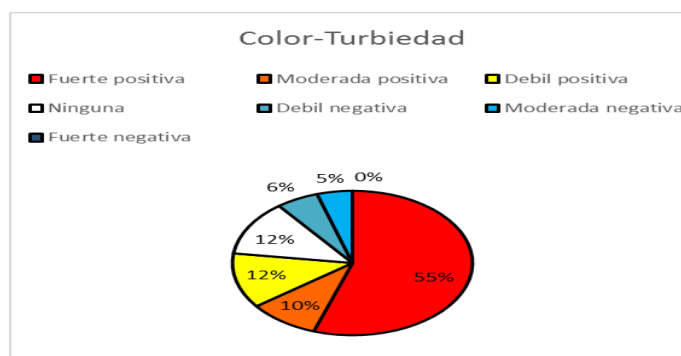


Ilustración 11 Distribución De Datos En La Correlación Color-Turbiedad 2013

Fuente: Autor

Realizando la correlación por medio del programa R se obtienen la siguiente grafica de comportamiento.

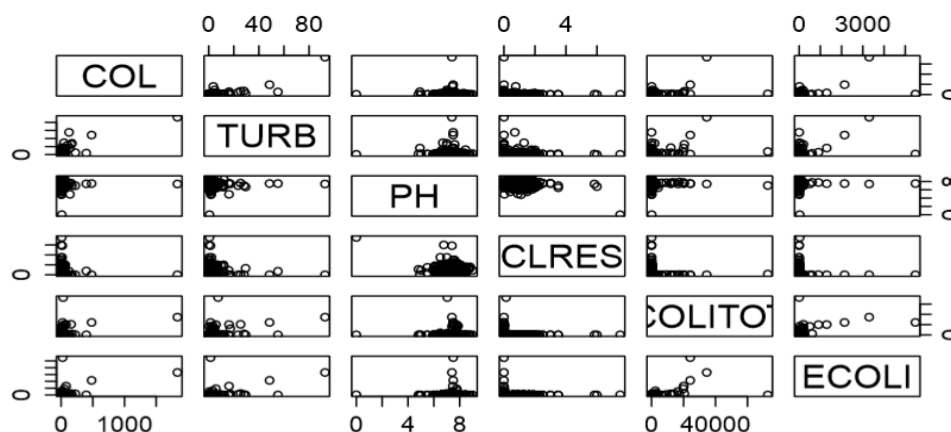


Ilustración 12 Grafica Edgar Anderson (Programa R) Correlación Pearson Año 2013

Fuente: Autor

Los valores numéricos obtenidos para la correlación de Pearson y la prueba de hipótesis para este año son:

PARAMETROS	CORRELACIÓN	HIPOTESIS
Turbiedad- Color	0,79	0
Ecoli- Coli Total	0,51	0
Ecoli-Cloro Residual	-0,13	2,71E-08
Coli Total- Cloro residual	-0,18	3,51E-14

Tabla 9 Parámetros Que Presentaron Correlación En El Año 2013 Valor Del IRCA Clasificación Por Color Y Prueba De Hipótesis

Fuente: Autor

Para visualizar mejor la tendencia de las **Ilustración 12** Grafica Edgar Anderson (Programa R) Correlación Pearson Año 2013 **Ilustración 9** Grafica Edgar Anderson (Programa R) Correlación Pearson Año 2012 , para estas cuatro correlaciones presentadas en la **Tabla 9** Parámetros Que Presentaron Correlación En El

Año 2013 Valor Del IRCA Clasificación Por Color Y Prueba De Hipótesis se realiza en escala logarítmica.

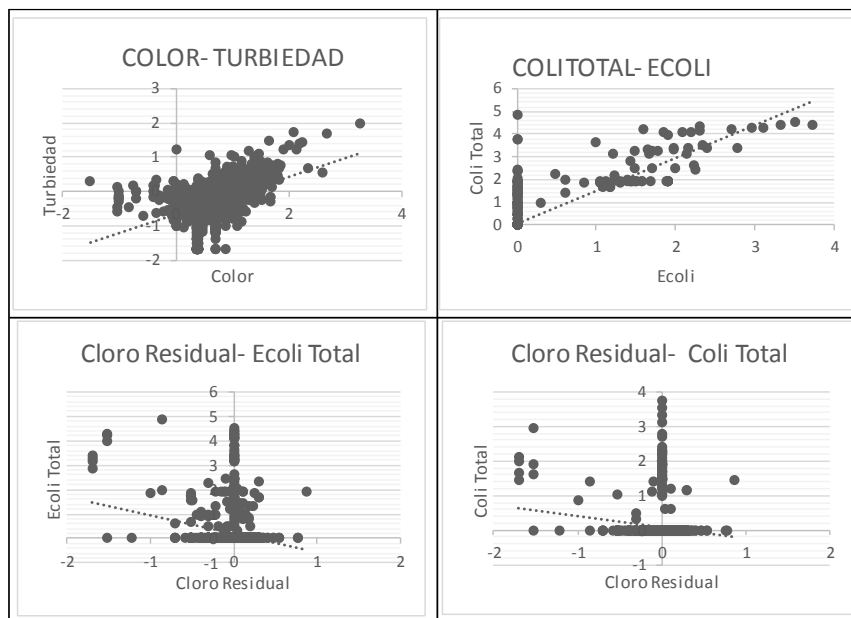


Ilustración 13 Escala Logarítmica

Fuente: Autor

En la **Tabla 10** Rangos donde se presentan la mayor cantidad de Datos en cada parámetro en el 2013, se muestran los rangos en los cuales cada parámetro presenta la mayor cantidad de Datos.

Tabla 10 Rangos donde se presentan la mayor cantidad de Datos en cada parámetro en el 2013

PARAMETRO	RANGO	UNIDADES	#DATOS	PORCENTAJE
COLOR	3,01-5	UPC	848	45,4
TURBIEDAD	0-0,5	UTN	891	46,4
PH	6,1-8	unidades de pH	4317	97,08
CLORO RESIDUAL	0-2	mg/L	4506	92
COLIFORME TOTALES	0-5	unidades formadoras de colonia en 100 cm ³	4150	97,2
ESCHERICHIA COLI	0-5	unidades formadoras de colonia en 100 cm ³	4298	92,85

9.2.2 ANALISIS ETAPA II: Correlación entre parámetros del IRCA

La prueba realizada de color es Color aparente la cual mide el color causado por sustancias disueltas y material suspendido; por ende el concepto indica que la medición se realiza en muestras que no han sido filtradas, en otras palabras es el color en cuya muestra no ha sido eliminada la turbidez, por ello la correlación de estos dos parámetros es del tipo fuerte positiva con un valor en los dos años estudiados cercanos a 0.8. Dicho en otras palabras una muestra con un contenido de turbiedad es a su vez una muestra con un contenido proporcional de color aparente. (Estados Unidos Mexicanos, 2012)

La explicación de la relación entre el color y la turbidez puede estar determinada por el tipo de cuerpo de agua el cual abastece las plantas de tratamiento de Antioquia, puesto a que la velocidad del flujo del agua es el factor que determina en mayor grado la composición de la carga en suspensión (J. tarbuck. K Lutgens, 2005). Los sólidos en suspensión se transportan en las corrientes lentas de las aguas de flujo lineal y, en las corrientes rápidas de las aguas de flujo turbulento como los ríos. (Henao.B & Tobar. C, 2011)

Antioquia presenta en la base de datos que sus principales fuentes de agua son fuentes superficiales; para el año 2012 capta agua para este uso de 94 quebradas y 23 ríos y para el año 2013 de su total de fuentes (655), 364 son quebradas y 88 son ríos.

Estos datos nos permiten entender por qué se encuentra una alta relación entre el material que genera turbulencia en el agua y la coloración, que se da también debido a la degradación de materiales orgánicos de los cuerpos de aguas superficiales. Post tratamiento estas fluctuaciones pueden darse según la dosificación o el cambio en esta dentro de la planta, por lo cual es importante que los acueductos del departamento realicen ensayos de jarras que permitan identificar una dosis efectiva de coagulante según las condiciones del agua, en las bases de datos se evidencia que el coagulante usado en la mayoría de plantas es Sulfato de Aluminio; una investigación realizada en la planta de potabilización de Villa Santana, muestra que el comportamiento de fluctuación del color y la turbiedad se mantiene aún después de la aplicación de diferentes cantidades de Sulfato de Aluminio Dosificado y llegan a concluir que el comportamiento entre la dosificación y estos dos parámetros no tiene una relación lineal, debido a que en algunos ensayos de turbiedad se necesitó dosificaciones mayores para concentraciones de turbiedad más baja y cantidades de coagulante más bajos en concentraciones de turbiedad más alta, en cambio con muestras elevadas de color deben adicionar mayor cantidad de sulfato de aluminio (Bedoya & Giraldo, 2012).

Es probable que el comportamiento mencionado anteriormente, se deba a que en muestras con turbiedades bajas las partículas suspendidas son menos, lo que causa una dificultad en las colisiones entre sólidos para formar el coagulo, generando que en este tipo de muestras se dé un mayor requerimiento de coagulante. En cuanto a la tendencia de dosificación para la remoción de Color, se debe tener en cuenta que los coloides que dan color al agua la mayoría son hidrofílicos, lo que indica que estas sustancias tienden a reaccionar con el agua y como lo menciona (Campo, 2007) ,en los

procesos de tratamiento las sustancias hidrofílicas son de interés, ya que estos coloides pueden reaccionar químicamente con el coagulante usado por ende este tipo de coloides hidrofílicos requieren mayor cantidad de coagulantes.

De la misma forma la turbulencia y el color son parámetros directamente relacionados a parámetros microbiológicos del agua como son *Escherichia coli* y Coliformes Totales.

El estudio realizado en Argentina presenta dentro de sus conclusiones, que la correlación encontrada entre la turbidez y los coliformes totales, permite sugerir el uso de la turbidez como indicador cualitativo indirecto de riesgo de contaminación microbiológica, en aguas captadas de fuentes superficiales. (L. Marcó. R. Azario. C. Metzler. M. C. Garcia, 2004), puesto a que este parámetro mide materiales tanto orgánicos como coloidales y minerales.

El cloro residual y su concentración también están relacionados indirectamente con las concentraciones de *E. coli* y Coliforme Totales, como con la presencia de material suspendido e incrustaciones de arcillas en tuberías, por consiguiente es de gran importancia mantener bajos niveles de turbiedad en el agua distribuida (Castillo. G, 1978). Las correlaciones presentadas en los dos años 2012 y 2013 en el departamento de Antioquia de Cloro Residual con *E. coli* y Coliformes totales son valores de correlación moderadamente negativa, lo que quiere decir que a mayor cantidad de cloro residual presente en el post tratamiento, disminuirá el contenido de los parámetros microbiológicos, por lo cual es importante la dosis suministrada por las plantas de potabilización para garantizar agua de calidad potable, que mantenga su calidad

durante la distribución (Jorge A. Orrellana, 2005). En la base de datos de los dos años analizados, no se toman muchas muestras al final del tratamiento, se hablan de puntos intra-domiciliarios muchos clasificados como grifos y pocetas, por lo cual no se sabe en qué condiciones está el agua a final de tratamiento y como cambia su composición durante el recorrido hasta llegar al consumidor. Otro estudio realizado en Venezuela señala que *“la presencia de virus y bacterias en el agua se favorece cuando se añaden dosis insuficientes de desinfectante durante su tratamiento, fallas en la presión dentro de las tuberías de distribución o porque se encontraban en el agua niveles altos de estos microorganismos antes de ser tratada”*. (Iriarte & Gómez, 2008)

La Gobernación de Antioquia explica de la siguiente forma algunas falencias presentadas en su servicio de agua potable: *“los esquemas de suministro de agua potable y saneamiento básico no garantizan la sostenibilidad de las inversiones, alto número y dispersión de prestadores de servicio, **No se cuenta con un sistema de información sanitario, ambiental y de control armónico y coordinado relacionado con el agua potable y saneamiento básico.**”* Así mismo se habla de que estos problemas sanitarios son una de las principales razones de enfermedades en la población dotada con estos abastecimientos en mal estado.

Según la información presentada anteriormente el mal abastecimiento de agua potable en Colombia es un indicador de la ocurrencia de enfermedades diarreicas agudas, por consiguiente en el informe del Ministerio de Salud, el estado de las viviendas es un determinante para la ocurrencia de este tipo de enfermedades; la tasa de mortalidad por EDA aumenta en regiones donde los servicios sanitarios básicos son inadecuados. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013)

Antioquia para los años analizados presento una reducción en los datos de mortalidad por enfermedad diarreica aguada (EDA), pasando de 2,49 a 2,10 por 100,000 niños menores de 5 años, según (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2004) el mejoramiento del abastecimiento del agua reduce entre 6% a 21 % dichas tasas de morbilidad.

En cuanto a su cobertura, Antioquia informa que para el 2013 la cobertura a nivel urbano es de un 94,27%, no obstante a nivel rural es tan solo del 18,25%, lo que corresponde a un total de 124 municipios con planta de tratamiento y siendo Murindo el faltante. (Gobernación de Antioquia, 2013)

En cuanto a los valores permisibles de los 6 parámetros analizados para los dos años, el 90% de los datos suministrados en la base de datos del SIVICAP, están dentro de los rangos establecidos, esto indica que en cuanto al tratamiento que se le está dando al agua, se está realizando un buen tratamiento, porque se está distribuyendo agua que en estos parámetro que son los 77.5 de los 100 de la calificación de riesgo del índice, es decir aquellos que aportan más puntuación a el riesgo los cuales son: color, escherichia coli, turbiedad, cloro residual libre y coliformes totales, lo que da a entender que en condiciones físicas y microbiológicas, el agua distribuida por las empresas prestadoras de servicio de Antioquia, está en condiciones buenas en sus análisis básicos como se establece en el Artículo 1 de la Resolución 2115 de 2007, aunque eso no quiera decir que no genere riesgos a la salud debido a que no se están realizando mediciones de parámetros como los son: carbono orgánico, total nitritos, nitratos, fluoruros, sustancias clasificadas dentro de la resolución como sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana, según el artículo 6 de la misma resolución.

Estos rangos son, para turbiedad máximo 2 Unidades de turbiedad nefelometría (UTN), 15 unidades máximas de color, el cloro residual los valores permisibles están dentro del rango 0,30 a 2 mg/l. Para los parámetros biológicos de Ecoli Total y Coliformes Totales el valor permisible es 0 para lo cual en promedio de los dos años y de los parámetros, más del 95% de los datos se registran en 0 unidades formadoras de colonia en 100 cm³ de muestra. (Clair N. Sawyer. Perry L. McCarty. Gene F. Parkin, 2001) (Decreto 1575, 2007). Información que se puede constatar en las **Tabla 7** Rangos donde se presentan la mayor cantidad de Datos en Cada parámetro para el año 2012 y **Tabla 10** Rangos donde se presentan la mayor cantidad de Datos en cada parámetro en el 2013, que muestra como la mayor cantidad de datos presentados en la base de datos de SIVICAP, se encuentra en dichos rangos aceptables.

Aun así, las empresas prestadoras de servicios de Antioquia no están realizando la toma de muestras mensuales como lo recomienda la resolución 2115 en su capítulo V, Artículo 21°, donde se establece que para poblaciones menores o iguales a 2500 personas, se debe realizar un toma mensual como mínimo para los parámetros analizados, y según las proyecciones poblacionales realizadas por el DANE todos los municipios sobrepasan este rango de población para los años 2012 y 2013 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2005), lo que indica el incumplimiento en el análisis de muestras, que permita garantizar que durante el año la cobertura sea de calidad, debido a que, en la información utilizada en este documento en promedio, los municipios entregaron alrededor de 4 muestras para el año 2012, aumentando a 9 muestras en el año para el 2013, según la Base de datos del SIVICAP.

La manera en que se está realizando la medición del índice debería ser replanteada o por lo menos más estricta; legislativamente debería instaurar un límite mínimo para aceptar una muestra como válida para el calificativo de calidad, es decir que se establezca que los parámetros mínimos a medir por muestra son aquellos que tienen más importancia sanitaria, además de ello que aquella muestra que presenten valores nulos en estos parámetros deberán ser nuevamente realizadas. De la misma forma, las empresas prestadoras deben realizar un seguimiento uniforme, haciendo el mínimo de muestreos necesarios con una periodicidad mínima de un mes, para que el cálculo de un IRCA anual sea un dato más exacto y los mapas de riesgo representen datos reales.

Es de gran importancia que por lo menos se tomara una muestra al final del tratamiento y otra en puntos intra-domiciliarios, con el fin de comprobar cambios de la calidad en el recorrido de distribución y almacenamiento, para que de esa manera se ajusten los valores de cloro residual.

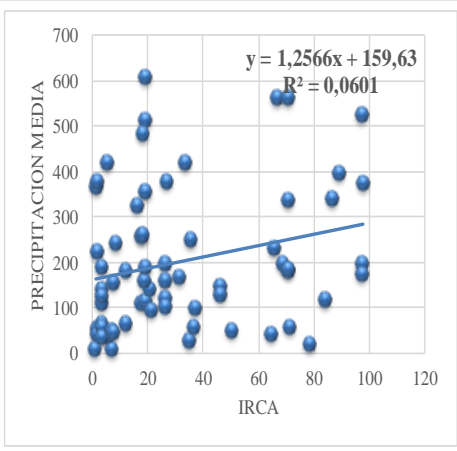
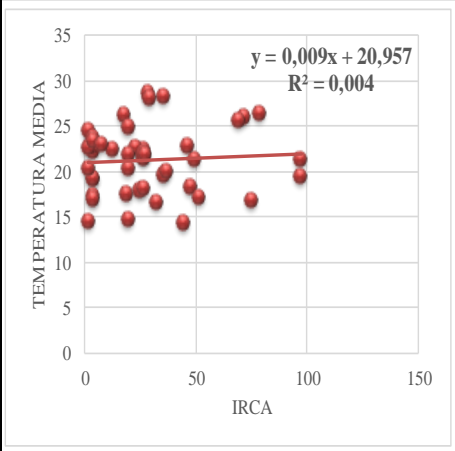
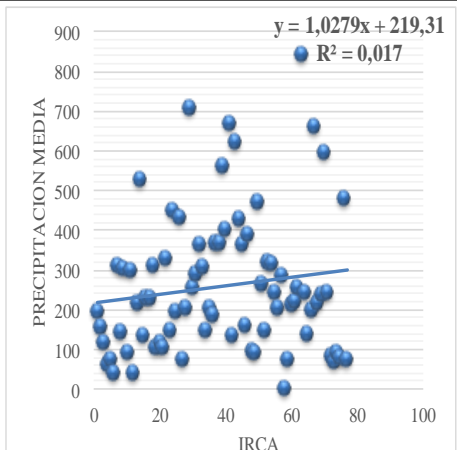
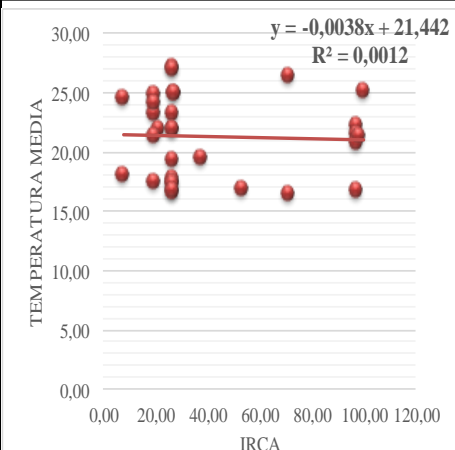
9.3 ETAPA III: CORRELACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS CON EL IRCA

Para esta etapa, se tuvieron en cuenta los datos del IRCA mensual reportados por las empresas prestadoras y se correlaciono con los valores de precipitación y temperatura de las estaciones del IDEAM. Los datos fueron obtenidos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el cual para los datos de precipitación del año 2012, no cuenta con mediciones en 41 municipios y para

temperatura, no se registran datos en 90 municipios. Para el año 2013, 42 y 87 municipios no registran precipitación y temperatura respectivamente.

Para el año 2012, las empresas suministran en promedio 4 datos mensuales correspondientes a los meses de septiembre a diciembre, para el 2013 la frecuencia de medición mensual, aumenta a nueve mediciones en promedio, que se realizan en su gran mayoría entre los meses de marzo a diciembre. La correlación se realizó calculando el coeficiente de Pearson y a su vez la correlación lineal, los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 11 Resultados de correlación de precipitación y temperatura años 2012 y 2013

AÑO	CORRELACIÓN	PRECIPITACIÓN - IRCA	TEMPERATURA- IRCA
2012	PEARSON	0,245	0,0631
	LINEAL		
2013	PEARSON	0,111	-0,026
	LINEAL		

Fuente: Autor

Las gráficas muestran la dispersión de puntos sin una tendencia clara entre ellos, con rangos de regresión lineal muy bajos, en cuanto a los resultados obtenidos para Pearson, para la precipitación hay un rango de correlación débil positivo que podría indicar una posible relación entre los parámetros, con esto se quiere decir que si el valor de R es diferente de 0 indica que no hay correlación lineal, pero puede que la haya de otro tipo no lineal.

Con el fin de comprobar si los datos correspondían a una correlación no lineal, se calculó con otro tipo de líneas de tendencia y se obtuvieron los datos presentados en **Tabla 12** Líneas de Tendencia no Lineal, con lo cual se llega a la conclusión que no es muy claro el tipo de correlación ni de comportamiento que se da entre los datos del IRCA y las variables de Temperatura – Precipitación.

Tabla 12 Líneas de Tendencia no Lineal

Líneas de Tendencia no Lineal						
Año	Precipitación			Temperatura		
	Logarítmica	Exponencial	Polinómica	Logarítmica	Exponencial	Polinómica
2012	0,0606	0,0602	0,0603	0,0084	0,003	0,00062
2013	0,0454	no	0,1	0,0031	0,0008	0,0205

Fuente: Autor

Con los datos usados para este estudio no se demuestra que la temperatura y la precipitación sean factores determinantes, que afecten el índice de calidad del agua potable. Por el contrario, si estos parámetros perjudican el caudal que debe tratar la planta, afectarían posiblemente la dosificación de coagulantes, así como la cantidad de desinfectante a usar; pero esto no puede establecerse con los datos del IRCA, es necesario recalcar que los datos del IRCA son tomados post tratamiento y las muestras de análisis son tomadas en cualquier punto de la red de distribución.

En el estudio realizado en la planta potabilizadora de la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre ríos, Argentina), usaron correlaciones para demostrar que la turbidez es un indicador básico de la calidad del agua potable, que tiene como fuente de

captaciones cuerpos de agua superficial; dentro de la metodología planteada, ellos realizan muestreos antes, durante y después del proceso; considerando, dentro de sus objetivos observar el comportamiento de la calidad con respecto a las medidas de precipitación de la zona, para lo cual concluyen que ningún punto de medición se ve afectado por la variación de este parámetro meteorológico. (L. Marcó. R. Azario. C. Metzler.M. C. Garcia, 2004)

A su diferencia el estudio realizado en la planta Villa Santana, dentro de sus resultados expone que las variaciones climáticas generan cambios en los parámetros fisicoquímicos, es decir que los días en que se registraron mayores precipitaciones, se recolectaron muestras con mayor variación en la turbiedad y color, este análisis se realizó durante un periodo de 5 meses con 37 test de jarras realizados para determinar dosis de coagulantes optimas, según los cambios en los parámetros de color, turbiedad y pH (Bedoya & Giraldo, 2012)

El comportamiento de la temperatura y la precipitación presentado en los años analizados en el departamento, se muestra en las siguientes ilustraciones de comparación, los datos usados son el promedio mensual del departamento tanto en temperatura como en precipitación.

Durante el año 2012 en cuanto a precipitación, hubo un valor mínimo de 88,77 mm en febrero y un máximo de 399,24 mm en abril. A diferencia el año 2013 presenta precipitaciones menores, con un mínimo de 35,33 mm en enero y un valor máximo de 323,61 mm en agosto.

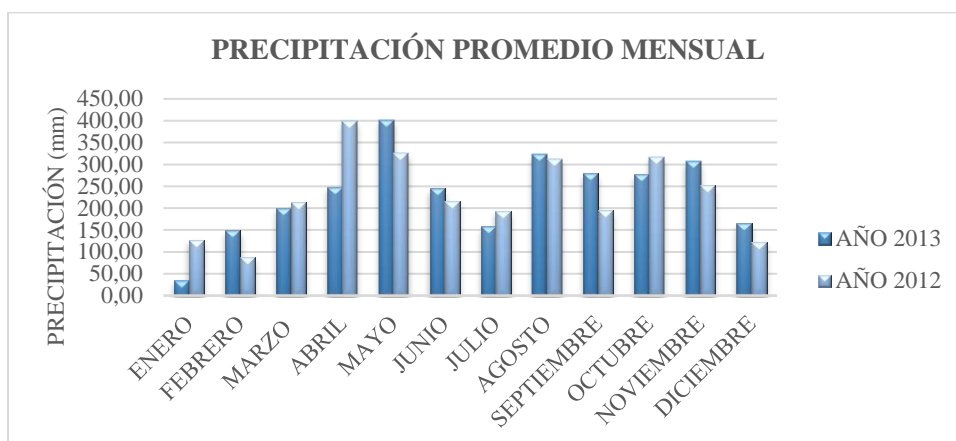


Ilustración 14 Comportamiento De La Precipitación Media Mensual Años 2012 Y 2013

Fuente: Autor

Así mismo los valores máximos y mínimos promedios de temperatura son: 23,51°C en agosto y 21,28°C en Abril para el año 2012; 24,06°C en abril y 21,61°C Noviembre para el año 2013.

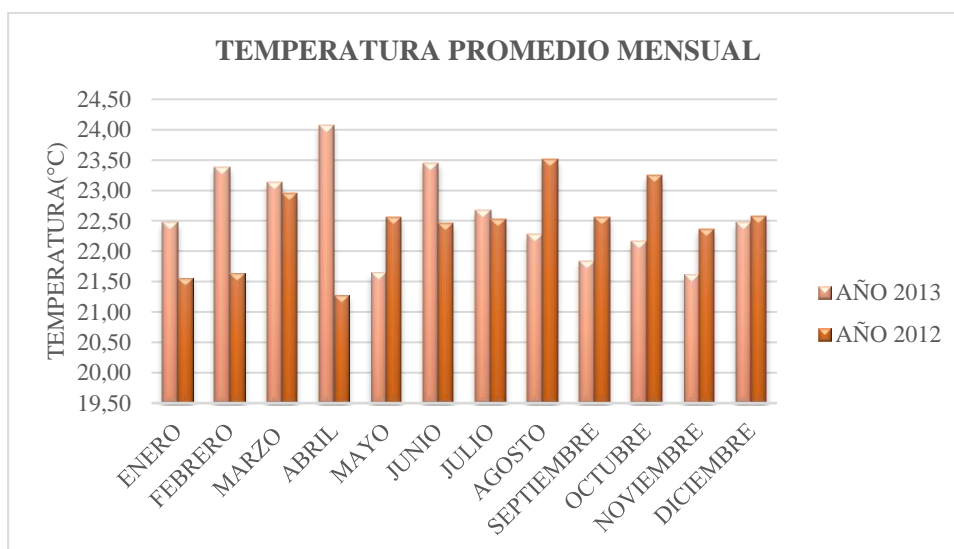


Ilustración 15 Comportamiento De La Temperatura Media Mensual Años 2012 Y 2013

Fuente: Autor

Estos dos parámetros meteorológicos son importantes a nivel sanitario, lo anterior quiere decir que las fuertes precipitaciones se relacionan con la generación de brotes y la movilización de patógenos, mientras que fuertes aumentos en la temperatura pueden causar la proliferación de algas y la mayor presencia de bacterias fecales. (Comisión de las comunidades Europeas, 2009)

Para esto la OMS en el 2005 realiza un Sistema de vigilancia epidemiológica, que permite predecir posibles apariciones de brotes, para ello se tienen en cuenta variables meteorológicas como las analizadas, así como también el uso de sistemas de información geográfica. Cabe resaltar que las enfermedades que son transmitidas por vectores son muy sensibles a cambios climáticos. (Berberiana & Rosanovaa, 2012)

En cuanto los vectores, los aumentos de temperatura aceleran la producción de huevos y el aumento de lluvias genera humedad en el ambiente, que favorece el desarrollo de estos animales. (Berberiana & Rosanovaa, 2012)

Específicamente hablando del periodo 2012-2013, Colombia se encuentra en medio de un fenómeno del niño, donde la reducción de lluvias se da entre los meses finales de 2012 e inicios de 2013; vemos una precipitación en enero de 2013 promedio de 35,33 mm (Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM), 2012). Así mismo se ven los aumentos de temperatura medias entre los dos años; para los meses de enero, febrero y abril del 2012 las temperaturas medias fueron entre 1, 2 y 3 °C menores en comparación del 2013 que fueron de 22,5 °C, 23,5°C y 24°C respectivamente, lo cual muestra que a causa del fenómeno del niño se aumentaron las temperaturas en los mismos periodos que presentan bajas precipitaciones. Como se

mencionó anteriormente, estas condiciones favorecen el crecimiento de vectores y así mismo el aumento de enfermedades epidemiológicas, en Antioquia se presenta a la semana 15 del año 2013: 586 casos nuevos de tuberculosis, para enfermedades transmitidas por vectores; Antioquia esta semana se encontraba en Brote, en ejemplo tenia los índices más altos del país en cuanto a casos notificados de paludismos con el 40,54%, 5 casos de hepatitis A (Instituto Nacional de Salud (INS), 2013) enfermedad que está estrechamente asociada a la falta de agua salubre, un saneamiento deficiente y una mala higiene personal (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2015).

Con los datos analizados no se puede demostrar un deterioro en la calidad del agua potable, pero se ve la relevancia sanitaria que tienen estos dos parámetros, ya que los datos son tomados post tratamiento. Aun así, se ve la incidencia de tanto la temperatura como la precipitación en el brote de enfermedades infecciosas, así mismo en las enfermedades diarreicas agudas donde Antioquia presenta para las primeras semanas del año 2013 cuatro muertes y en su alto índice de Hepatitis A, enfermedades relacionadas con el consumo de agua.

Para este estudio hubiera sido útil contar con datos de muestreo pre tratamiento para poder relacionar estos valores con la precipitación y la temperatura, ya que no es posible hacerlo luego de tratamiento, debido a que si la planta está en buen funcionamiento, se realiza un ajuste de dosificación de químicos del tratamiento adecuándose a los cambio de caudales y de concentraciones, y luego de la remoción los valores de los parámetros se mantendrán en el rango aceptable por la norma con lo cual no habría variabilidad que permita comprobar la influencia de estos parámetros

meteorológicos en las condiciones del agua tratada, sería un estudio más lógico con las condiciones de agua captada dependiendo de la variabilidad climática.

9.4 ETAPA IV: PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Partiendo de los datos obtenidos tanto de variables meteorológicas, como del IRCA en el departamento para cada año analizado, se realizan 4 mapas (Anexo 1, 2, 3 y 4) donde se elaboran isoyetas e isotermas que permitan ver el comportamiento de la precipitación y la temperatura correspondientemente y contrastarlas con los valores obtenidos del IRCA para los municipios; El cálculo del IRCA municipal se realizó con la información reportada por la empresas encargadas del abastecimiento urbano, presentada en la página de la Gobernación de Antioquia en sus informes anuales de vigilancia del Agua. Del total de empresas se utilizaron las que reportaran mayor cantidad de suscriptores en cada municipio

Los mapas están realizados a una escala de 1:750.000, cuenta con una imagen que localiza el departamento dentro del país, en las leyendas se encuentran las dos fuentes de información con las que se realizaron los mapas las cuales son el IDEAM y la Gobernación de Antioquia; los mapas cuentan con las siguientes tablas de atributos que describen la información presentada dentro cada mapa.



Ilustración 16 Rotulo Mapa De IRCA Y Temperatura Media

Fuente: Autor

Los mapas de temperatura presentan dentro de su tabla de atributos los rangos de temperatura promedio con su respectiva intensidad de color (líneas curvas rojas), además de ello la clasificación por colores del nivel de riesgo del IRCA.



Ilustración 17 Rotulo Mapa De IRCA Y Precipitación media

Fuente: Autor

Los mapas de precipitación presentan dentro de su tabla de atributos los rangos de precipitación promedio con su respectiva intensidad de color (líneas azules), además de ello la clasificación por colores del nivel de riesgo del IRCA.

En el Anexo 1,3 correspondientes a los mapas del año 2012, se obtuvieron valores de inviabilidad sanitaria para los municipios de Cisneros, San Juan de Urabá, Toledo y Yarumal.

Para el año 2013 correspondiente al Anexo 2,4 se obtuvieron valores de inviabilidad sanitaria para los municipios de Cisneros, Arboletes, Argelia, Nariño, San Juan de Uraba, Toledo y Vigia el Fuerte.

Es importante resaltar nuevamente que los municipios no están cumpliendo con las mediciones, lo dicho hasta aquí muestra que para el año 2012 solo están reportando 4 mediciones mensuales y para el año 2013 un total de 9 mediciones mensuales, de igual forma es importante entender que el cálculo no se realiza de la mejor forma, consideran que los datos reportados ni siquiera son de muestras donde se midan todos los parámetros exigidos y que en otros casos reportan información en nulo y aun así realizan el cálculo del índice.

Para el año 2012 registra el departamento un total de 1007 muestras a las que se les clasifica con la medición del IRCA, de las cuales 375 muestras reportan hasta los cuatro parámetros fisicoquímicos analizados en Nulo y aun así las clasifican la gran mayoría como agua sin riesgo y aquellas que tienen otra clasificación es que presentan un valor diferente a nulo en alguno de los parámetros. Esto es prueba de que la forma de calcular el índice de riesgo de calidad de agua potable no se está realizando bien en

el departamento. Es decir, el departamento reporto para este año 883 muestras clasificadas como agua sin riesgo y de estas 840 muestras su calificación es 0, de estas, 70 muestras reportan los 4 parámetros fisicoquímicos en nulo.

Para el año 2013 se registran 3885 pruebas sin riesgo, de las cuales 71 registran en nulo los cuatro parámetros fisicoquímicos de un total de 44469 muestras.

10. CONCLUSIONES

En el departamento de Antioquia las empresas prestadoras, miden solo 6 parámetros de los 22 exigidos, para evaluar la calidad del agua potable, de acuerdo con los datos presentados en la base de datos del sistema de vigilancia de calidad del agua para consumo humano (SIVICAP); además de ello la frecuencia de medición establecida por rangos de población no se lleva a cabo, dado que el mínimo exigido para una población menor a 2500 personas, es una muestra mensual para los

parámetros analizados en este informe y en el año 2012 solo se presentaron en promedio 4 muestras por empresa en el año, y en el 2013 un promedio de 9 muestras , aun teniendo en cuenta que todos los municipios del departamento superan las 2500 personas según la proyección del DANE de los dos años respectivamente; lo que nos permite concluir que el departamento de Antioquia, no está llevando a cabo la medición del IRCA de la forma descrita en el Decreto 1575 de 2007.

Las correlaciones realizadas fueron entre los seis parámetros que mide el departamento los cuales son Color, Turbiedad, Ph, Cloro Residual, Ecoli Total y Coliformes Totales, los cuales obtuvieron una correlación fuerte positiva entre Color y Turbiedad y moderada positiva de Ecoli- Coli Total. Así mismo se obtuvieron correlaciones negativas moderadas entre Ecoli-Cloro Residual y Coli Total- Cloro Residual, lo que nos lleva a concluir que estos parámetros están fuertemente relacionados a las condiciones tanto de las fuentes de captación, como a las redes de distribución, lo cual debe ser un indicador para las empresas, tanto para mejorar la dosificación de coagulantes y floculantes durante el proceso, así como también el ajuste de la concentración de cloro residual, que permita que el agua tratada no sea contaminada por patógenos durante su recorrido y posterior almacenamiento.

Con este análisis de correlación entre estos seis parámetros los cuales tienen un puntaje de riesgo del 77.5 del 100 total, se puede decir que aunque el departamento no realizo la medición de la totalidad de los parámetros, mide en su mayoría de muestras los parámetros de mayor distribución porcentual del IRCA, es decir aquellos que aportan más puntuación a el riesgo los cuales son: color, escherichia coli, turbiedad, cloro residual libre y coliformes totales, lo que da a entender que en condiciones físicas

y microbiológicas, el agua distribuida por las empresas prestadoras de servicio de Antioquia, está en condiciones buenas en sus análisis básicos como se establece en el Artículo 1 de la Resolución 2115 de 2007, aunque eso no quiera decir que no genere riesgos a la salud debido a que no se están realizando mediciones de parámetros como los son: carbono orgánico total, nitritos, nitratos, fluoruros, sustancias clasificadas dentro de la resolución como sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana, según el Artículo 6 de la misma Resolución.

En cuanto a las variables meteorológicas, no se encuentra una relación directa entre la precipitación, la temperatura y los valores reportados del IRCA, con los indicadores utilizados los cuales fueron Pearson, regresión lineal y no lineal. Se encuentra un comportamiento en la precipitación correspondiente a un periodo del fenómeno del niño, pero se resalta que en estos primeros meses del año 2013 que se ve la disminución fuerte en las precipitaciones, no se realizan mediciones del IRCA, pero durante este periodo se ve un aumento en las enfermedades transmitidas por ingesta de agua contaminada, como por ejemplo las enfermedades diarreicas agudas y el porcentaje de enfermos por Hepatitis A.

En general los dos análisis de correlación realizados en la investigación tanto entre parámetros y el IRCA, como en la precipitación y la temperatura con el IRCA, se puede enfatizar que la planta debe realizar constantemente, análisis de jarras para poder mantenerse dentro del rango permisible de los parámetros, ya que aunque no se da una correlación tan clara en cuanto a estos dos parámetros meteorológicos, los cambios de caudal generan cambios en la concentración de material suspendido, por ende alteran las concentraciones de color y de parámetros microbiológicos, causando variaciones en

la necesidad de dosificación de químicos durante el tratamiento y la necesidad de usar más desinfectante post tratamiento, puesto que como se explicó en los análisis, estos parámetros son condicionantes importantes tanto para el transporte como la proliferación de microorganismos.

Se encuentra que la medición del IRCA, se está haciendo en muchas pruebas durante los dos años de manera errónea, ya que se presentan muestras con calificativo de sin riesgo, que tienen valores nulos aún en los únicos 6 parámetros que miden con frecuencia. Siendo esto prueba que la forma de calcular el índice de riesgo de calidad de agua potable no se está realizando bien en el departamento y que se están dando informes de calidad de agua apta para el consumo humano, cuando no se realiza la medición del total de los parámetros. Esto puede ser debido, a que la forma de sumar puntuaciones según el parámetro no es clara y se le está dando calificativo de cero a los parámetros que no obtienen un resultado o en las que falla la prueba y tienen valores nulos, como por ejemplo si solo miden un parámetro y obtienen nulos en los demás, debería eliminarse la muestra, ya que no es válido poner cero y calcular el índice, debido a que no se obtendría un porcentaje real, si no se le estaría asignando un valor de agua sin riesgo.

En cuanto a la realización de los mapas de riesgo, los datos utilizados fueron tomados de la empresa prestadoras por municipio con mayor cantidad suscriptores, ya que como lo dice la misma gobernación de Antioquia, hay demasiadas empresas con certificación sanitaria, nuevamente se concluye que el dato anual depende de las mediciones mensuales que se hacen y la veracidad de estos datos, por lo cual hay muchos que dan en condiciones sanitarias aptas para consumo, pero con muestras que

no tienen los 22 parámetros y que en muchas, no se presentan resultados ni de los parámetros de mayor puntuación de riesgo para el índice; en consecuencia muchos de los mapas de riesgo podrían ser erróneos porque están supeditados a los valores del IRCA.

11. RECOMENDACIONES

La manera en que se está realizando la medición del índice debería ser replanteada o por lo menos más estricta; legislativamente debería instaurar un límite mínimo para aceptar una muestra como válida para el calificativo de calidad, es decir que se establezca que los parámetros mínimos a medir por muestra son aquellos que tienen más importancia sanitaria, además de ello que aquella muestra que presenten valores nulos en estos parámetros deberán ser nuevamente realizadas.

De la misma forma, las empresas prestadoras deben realizar un seguimiento uniforme, haciendo el mínimo de muestreos necesarios con una periodicidad mínima de un mes, para que el cálculo de un IRCA anual sea un dato más exacto y los mapas de riesgo representen datos reales.

Es de gran importancia que por lo menos se tomara una muestra al final del tratamiento y otra en puntos intra-domiciliarios, con el fin de comprobar cambios de la calidad en el recorrido de distribución y almacenamiento, para que de esa manera se ajusten los valores de cloro residual.

Para este estudio hubiera sido útil contar con datos de muestreo pre tratamiento para poder relacionar estos valores con la precipitación y la temperatura, ya que no es posible hacerlo luego de tratamiento, debido a que si la planta está en buen funcionamiento, se realiza un ajuste de dosificación de químicos del tratamiento adecuándose a los cambio de caudales y de concentraciones, y luego de la remoción los valores de los parámetros se mantendrán en el rango aceptable por la norma con lo cual no habría variabilidad que permita comprobar la influencia de estos parámetros meteorológicos en las condiciones del agua tratada, sería un estudio más lógico con las condiciones de agua captada dependiendo de la variabilidad climática.

Para las empresas prestadoras de servicios y los encargados de las tomas de muestras, se recomienda usar el Manual de Instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de Laboratorio, del (Instituto Nacional de Salud (INS); Subdirección Red Nacional de Laboratorios, 2011), para evitar la presentación de pruebas con datos en valores nulos y errores en las

mediciones que no permitan la realización de mediciones del índice del IRCA acertados. De la misma manera aunque está contemplado en el capítulo V Artículo 18 del (Decreto 1575, 2007), que las empresas o personas prestadoras del servicio realicen sus análisis, en laboratorios certificados por el Ministerio de la Protección Social.

En cuanto a los procesos de tratamiento, a lo largo del análisis realizado, se desea subrayar la importancia del tratamiento de desinfección. La recomendación sin importar el tratamiento que se esté realizando, es que todas las plantas sean rurales o urbanas, mejoren en cuanto a la utilización de desinfectante, con el propósito de que el agua suministrada mantenga condiciones potables durante el recorrido y almacenamiento de este.

12. BIBLIOGRAFIA

ArcGIS Resources. (2015). *¿Qué es Arcgis?* Obtenido de

<http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

Asamblea Nacional Constituyente. (1991). Constitución Política de Colombia. Bogotá D.C, Colombia.

- Bedoya, D. C., & Giraldo, M. d. (2012). *Determinación de las dosis óptimas de coagulante Sulfato de Aluminio Granulado Tipo B en función de la turbiedad y el color para la potabilización del agua en la planta de tratamiento de Villa Santana*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Berberiana, G., & Rosanova, M. T. (2012). *Impacto del cambio climático en las enfermedades infecciosas*. Buenos Aires .
- Campo, E. S. (2007). Evaluación del proceso de coagulación- Floculación a partir de sulfato de Aluminio preparado utilizando envases reciclados de metal y Aluminio modificado en la potabilización de aguas. *Monografía para el título de Especialista en Química Ambiental* . Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander .
- Castillo, G. (1978). *Sustitución del análisis Bacteriológico por ensayos de Cloro residual Libre en agua potable*. Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/027205/027205-19.pdf>
- Centro de Investigación en Matemáticas. (2010). *El Lenguaje de Programación R*. Obtenido de <http://www.cimat.mx/Eventos/vpec10/img/RogelioNotasR.pdf>
- Clair N. Sawyer. Perry L. McCarty. Gene F. Parkin. (2001). *Química para ingeniería Ambiental. Cuarta Edición*. Mc Graw Hill.
- Comisión de las comunidades Europeas. (2009). *Efectos del cambio climático en la salud humana, animal y vegetal*. Bruselas.

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (23 de Junio de 2008). Conpes 3530.

Lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos. Bogotá D.C, Colombia.

Contraloría General de la Republica. (13 de Julio de 2006). *Capítulo IV, La calidad agua*

para consumo humano en Colombia. Obtenido de

[\[2014/Unidad_1/s.f._Estado_de_los_recurso_s_naturales_y_del_ambiente.pdf\]\(http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/AVA_II-SEM-2014/Unidad_1/s.f._Estado_de_los_recurso_s_naturales_y_del_ambiente.pdf\)](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/AVA_II-SEM-</p></div><div data-bbox=)

Decreto 1575. (9 de Mayo de 2007). Ministerio de la Protección Social. *Por el cual se*

establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua. Bogotá

D.C, Colombia.

Decreto 3518. (9 de Octubre de 2006). Ministerio de la Protección Social. *Por el cual se*

crea y reglamenta el Sistema de Vigilancia en Salud Pública y se dictan otras

disposiciones. Bogotá D.C, Colombia.

Decreto 475. (10 de Marzo de 1998). Ministerio de la Protección Social. *por el cual se*

expiden normas técnicas de calidad del agua potable. Bogotá D.C, Colombia.

Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1327>

Defensoría del pueblo. (20 de Junio de 2005). *Diagnóstico sobre la calidad de agua para*

el consumo humano. Obtenido de

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/foro4/06Informe.pdf>

- Delpla. I. Jung.A. Baures.E Clemente.M & Thomas.O. (2009). *Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. Environment International*, 35(8), 1225–1233. Obtenido de <http://doi.org/10.1016/j.envint.2009.07.001>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2005). *Censo General 2005*. Bogotá D.C.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2005). *Proyecciones de población municipales por área*. Bogotá D.C.
- Estados Unidos Mexicanos. (2012). Secretaría de Economía. *Análisis de agua- Determinación de color platino cobalto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas*. Ciudad de México D.F, México.
- García C. (2015). Cartografía: uso, lectura e interpretación de herramientas cartográficas. Buenos Aires.
- Gobernación de Antioquia. (2012). *Condiciones Suministro Agua Potable y Saneamiento Básico Antioquia*. Medellín.
- Gobernación de Antioquia. (2013). *Condiciones Suministro Agua Potable y Saneamiento Básico Antioquia*. Medellín.
- Gobernación de Antioquia. (2016). *Secretaría Seccional de Salud y Protección Social*. Obtenido de <https://www.dssa.gov.co/index.php/programas-y-proyectos/factores-de-riesgo/item/146-vigilancia-agua>

Henao.B & Tobar. C. (2011). *Evaluación de la relación de la calidad del agua y enfermedades de transmisión hídrica en las zonas urbanas de los municipios de Villapinzón, Chocontá, Suesca, Sesquilé, Nemocón, Gachancipá, Gu atavita, Zipaquirá, Tocancipá, Sopó, Cajicá, La Calera*. Obtenido de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14985/T41.11%20H38e.pdf?sequence=1>

Instituto Nacional de Salud (INS). (2013). *Boletín epidemiológico semanal*. Bogotá D.C.

Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM). (2012). *Posibles efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno " el niño" en el periodo 2012-2013 en Colombia*. Bogotá D.C.

Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM). (2015). *Glosario*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario#P>

Instituto Nacional de Salud (INS). (Octubre de 2013). Sistema de Información para la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo humano (SIVICAP) . *Vigilancia de la calidad de agua para el consumo humano 2012*. Bogotá D.C, Colombia.

Instituto Nacional de Salud (INS). (Noviembre de 2014). Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano (SIVICAP). *Estado de la Vigilancia de la Calidad del agua para consumo humano en Colombia - 2013*. Bogotá D.C, Colombia.

Instituto Nacional de Salud (INS). (2015). *SIVICAP*. Obtenido de

<http://www.ins.gov.co/sivicap/Paginas/sivicap.aspx>

Instituto Nacional de Salud (INS); Subdirección Red Nacional de Laboratorios. (2011).

Manual de Instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de Laboratorio. *Artículo 27 del Decreto 1575 de 2007*. Bogotá, Colombia.

Iriarte, M., & Gómez, A. (Diciembre de 2008). Potabilidad del agua de uso doméstico en el estado Nueva Esparta, Venezuela. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 39(2).

J. tarbuck. K Lutgens. (2005). Ciencias de la tierra. En *Capítulo 16 Corrientes de aguas superficiales* (págs. 446-460). Prentice Hall.

Jesús Reynaga Obregón. (2010). Prueba de asociación de dos variables cuantitativas continuas distribuidas como la curva normal.

Jorge A. Orrellana. (2005). *Unidad Temática 6. Tratamiento de las Aguas* . Rosario, Argentina : Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario .

L. Marcó. R. Azario. C. Metzler.M. C. Garcia. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes de agua superficiales. *Higiene y Salud Ambiental* 4, 72-82.

McGraw Hill. (1917). Capítulo 13. Análisis de correlación y regresión. McGraw Hill Educación.

Ministerio de la Protección Social. (2007). Organización Panamericana de la Salud.

Situación de Salud en Colombia- Indicadores Básicos. Colombia.

Ministerio de Salud Dirección de Promoción y Prevención, S. d. (1998). *Segundo*

Inventario Nacional de Calidad d Agua.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). Análisis de Situación de la Salud según

regiones Colombia. *Dirección de Epidemiología y Demografía.* Bogotá D.C,
Colombia.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2004). *Relación del agua, el sanamiento y la*

higiene con la salud, Hechos cifras- Actualizacion de noviembre de 2004.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2012). *Progreso sobre el agua potable y*

sanamiento basico.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2015). *Nota descriptiva N° 328, Hepatitis A.*

Pérez, A., Amezcua, C., & Torrez, P. (2012). *Evaluación del riesgo en sistemas de*

distribución de agua potable en el marco de un plan de seguridad del agua. Cali.

Resolución 2115. (22 de Junio de 2007). Ministerio de la Protección Social. *Por medio de*

la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias. Bogotá D.C,
Colombia.

Salazar, L. J. (2010). *Caracterización del estado Sanitario de las empresas envasadoras de*

agua potable tratada en los Municipio del Departamento del Meta. Meta.

Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia. (2010). *Condiciones del agua para consumo humano y sanamiento básico*. Medellín.

Super Intendencia de servicios públicos domiciliarios. (2011). *Diagnóstico de la calidad del agua suministrada por las empresas prestadoras del servicio de acueducto en Colombia 2009-2010*. Bogotá D.C.

Torres. P. Cruz. C & Patiño. P. (2008). *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica*.
Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

ANEXO 1: MAPA

IRCA Y

TEMPERATURA

ANEXO 2: MAPA

IRCA Y

PRECIPITACIÓN

MEDIA

DEPARTAMENTO

DE ANTIOQUIA 2012

ANEXO 3: MAPA

IRCA Y

TEMPERATURA

MEDIA

DEPARTAMENTO

DE ANTIOQUIA 2013

ANEXO 4: MAPA

IRCA Y

PRECIPITACIÓN

MEDIA

DEPARTAMENTO

DE ANTIOQUIA 2013

ANEXO 5

INFORMACIÓN ANTIOQUIA AÑO 2012		
NOMBRE EMPRESA PRESTADORA	# SUSCRIPTORES	# DE MUESTRAS
A.A.S. S.A. (Q. San Ignacio)	824	4
A.A.S.S.A. (Q.Guayabito)	1923	4
Ac. Multiveredal Bolívar Arriba	209	4
Acueducto Calle vieja	400	4
Acueducto Comunitario El Algibe	76	4
Acueducto Comunitario Los Isazas	121	4
Acueductos Mineros S.A	348	4
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	1089	4
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	2143	3
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	563	4
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	1608	4
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	979	4
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	540	3
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	2530	4
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	3749	4
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	1349	4
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	1594	0
Agua Plan	295	6
Aguas de Heliconia S.A E.S.P.	749	4
Aguas de Maceo S.A.S E.S.P.	818	4
Aguas de Rionegro S.A. E.S.P	22450	4
Aguas de Uraba ESP	7259	4
Aguas de Urabá S.A E.S.P.	6153	4
Aguas de Urabá S.A E.S.P. Belen de Bajira	610	3
Aguas del Nordeste S.A. E.S.P.	2219	4
Aguas del Norte Antioqueño SA ESP	6284	4
Aguas del Norte Antioqueño-Barrio Buenos Aires	157	8
Aguas del Oriente Antioqueño S.A. E.S.P.	2030	8
Aguas Uraba S.A ESP	20161	8
Aguas y Aseo del Peñol E.S.P.	2921	4
Aguascol SA ESP	1304	4
Aguascol SA ESP	1793	4
Aguascol SA ESP	3139	2
Asociación Acolinda	95	4
Asociacion Acueducto Mandalay	952	4

Asociacion de suscriptores del acueducto la Rapida "ASDAR"	202	4
Asociacion Usuarios La Habana	145	4
Asprollac	800	0
Batallón Militar Rifles	54	4
Conhydra S.A. E.S.P.	4803	4
Conhydra S.A. E.S.P.	9227	4
Conhydra S.A cabecera	889	4
Consortio Aguascal - Pozo 7	846	3
Consortio Aguascal - Pozo 8	749	3
Consortio Aguascal -Pozo 10	1319	3
Consortio Aguascal -Pozo 9	804	3
Consortio Aguascal -Pozo Camello	942	3
Consortio Aguascal-Rio Man	10523	4
Coordinacion de Servicios Publicos Domiciliarios Mpio Tamesis	2145	3
Corbelén ESP	854	3
E. P. de El Bagre	4993	4
E. P. de La Ceja E.S.P. Fátima	7158	4
E. P. de La Ceja E.S.P. La Milagrosa	975	4
E. P. de La Ceja E.S.P. Palo Santo	1375	4
EE. PP Medellín	4546	4
EE. PP Medellín	104060	4
EE. PP Medellín	11711	3
EE. PP Medellín	14140	4
EE. PP Medellín	53161	4
EE. PP Medellín	7198	4
EE. PP Medellín	62032	4
EE. PP Medellín	7243	4
EE. PP Medellín	827165	4
EE. PP Medellín	11003	4
Empresa de Servicios AAA de Yondo	1434	4
Empresa de Servicios Publicos de Amaga S.A.S E.S.P	3500	4
Empresa de Servicios Publicos de Caramanta	850	9
Empresa de Servicios Públicos de Cisneros - Algarrobo - El Caney	732	4
Empresa de Servicios Públicos de Cisneros - Buenos Aires	180	4
Empresa de Servicios Públicos de Cisneros - Cavellina - Manpuestos	172	4
Empresa de Servicios Públicos de Cisneros - Cristalina - El Brasil	102	4
Empresa de Servicios Públicos de Cisneros - Zarzal	45	8
Empresa de Servicios Públicos de Cisneros -San German	132	4

Empresa de Servicios Públicos de Cisneros -San Gertrudis	887	3
Empresa de Servicios Públicos de Cisneros -Villa Nelly	261	4
Empresa de Servicios Públicos de Cocorna	1458	4
Empresa de Servicios Públicos de Ebejico	632	4
Empresa de Servicios Públicos de Frontino	1095	4
Empresa de Servicios Públicos de Frontino- MANGURUMA	1043	4
Empresa de Servicios Públicos de Granada E.S.P.	2266	4
Empresa de Servicios Públicos de Guadalupe	550	4
Empresa de Servicios Públicos de Yali	917	4
Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Giraldo	340	3
Empresa de Servicios Públicos la Union E.S.P.	2401	4
Empresa de Servicios Públicos S.A. E.S.P.	937	4
Empresa de Servicios Públicos de Marinilla	8656	4
Empresa de SP "ESPY"	1536	1
Empresa de SPD	705	4
Empresa de SPD E.S.P.	1432	4
Empresa de SPD E.S.P.	951	4
Empresa de SPD S.A.	639	4
Empresa de SPD de Guatapé E.S.P.	1373	3
Empresa Pública de Briceño S.A.S. E.S.P.	559	4
Empresa Pueblorriqueña de AAA.	1278	4
Empresa Sanluisana de Servicios Públicos S.A. E.S.P.(Quebrada la Cristalina)	550	11
Empresa Sanluisana de Servicios Públicos S.A. E.S.P.(Quebrada la Risaralda)	955	4
Empresas Públicas de Abejorral- Sistema Angostura	56	0
Empresas Públicas de Abejorral-Sistema San Antonio	1832	4
Empresas Públicas de Belmira E.S.P.	429	3
Empresas Públicas de Betulia S.A.S. E.S.P	1314	2
Empresas Públicas de Dabeiba S.A.S. E.S.P. Barrio Bernardo Guerra	116	2
Empresas Públicas de Dabeiba S.A.S. E.S.P. Cabecera Municipal	1999	2
Empresas Públicas de Hispania S.A. E.S.P.	899	4
Empresas Públicas de Jerico	2241	4
Empresas Públicas de La Pintada	1182	4
Empresas Públicas de Puerto Nare	1726	4
Empresas Públicas de Taraza S.A E.S.P - La Caucana	1014	4
Empresas Públicas de Urrao E.S.P.	4201	4
Empresas Públicas del Municipio del Santuario E.S.P.	5128	4
Empresas Públicas Municipales S.A. E.S.P.	876	4
Empresas Públicas Municipales de Betania	1070	4
Empresas Públicas Municipales de Concordia	2186	4

Empresas Publicass de San Rafael	2024	4
ESP de Argelia y Maria ESPAM S.A.	904	4
ESP de San Andres de Cuerquia S.A. E.S.P. "EMPUSAC"	672	4
ESP de Uramita S.A.S. E.S.P. Sistema el Oso	603	4
ESP de Uramita S.A.S.E.S.P. Quebrada El Churimo	87	4
ESP de Vegachi S.A. E.S.P.	1870	7
ESP Domiciliarios de Angostura E.S.P.	703	4
ESP Domiciliarios S.A E.S.P. de Buritica	318	4
ESPD de Guarne	3703	4
Ingeniería total	4700	4
Ingeniería total ESP	2191	4
Ingeniería Total ESP	5633	4
Ingeniería Total S.A.	4411	4
Ingeniería Total S.A. E.S.P.	1814	4
Junta de Acción Comunal Acueducto la Inmaculada No. 1	173	4
Junta de Accion Comunal Barrio San Jose	100	4
La Cimarrona ESP	5813	4
Municipio	1514	4
Municipio		4
Municipio de Concepcion	614	4
Municipio de Vigia del Fuerte		4
Municipio de Zaragoza	2778	4
Municipio San Juan de Uraba	1094	4
Oficina de Servicios Publicos	413	4
Oficina de Servicios Públicos de Montebello	535	4
Oficina de SPD	838	4
Oficina de SPD Municipio de Angelopolis	800	4
Operadores de servicios S.A	2421	4
Operadores de servicios S.A E.S.P.	3170	4
Operadores de servicios S.A. E.S.P.	1067	4
Optima de Uraba	7974	3
Regional de Occidente SA ESP	62	4
Regional de Occidente SA ESP	1186	4
Regional de Occidente SA ESP	3662	4
Regional de Occidente SA ESP	1643	4
Secretaria de Servicios Públicos	1773	4
Secretaria de Servicios Publicos de Don Matias	2985	4
Servicios Publicos	686	4
Sistemas Públicos S.A	2231	4
Sistemas Públicos S.A. E.S.P.	2241	4

Unidad Administrativa Especial de SPD	828	4
Unidad de S.P.D Burbujas	45	2
Unidad de S.P.D Carcamo	45	4
Unidad de S.P.D Santa Clara	667	4
Unidad de S.P.D. Cabuyo	134	0
Unidad de Servicios Publicos Aguas de Abriaqui	272	1
Unidad de Servicios Publicos Domiciliarios	391	4
Unidad de SPD	509	4
Unidad de SPD	1101	4
Unidad de SPD	1083	0
Unidad de SPD	598	3
Unidad de SPD de Alejandria	829	3
Unidad de SPD del Municipio de Peque	408	4
USP Aguas y Aseo del Tabor	2365	4
POBLACIÓN ATENDIDA		1400014
NUMERO DE DATOS DEL IRCA PROMEDIO AL AÑO		3,9
TOTAL DE VALORES DE IRCA REPORTADOS EN EL AÑO		643

ANEXO 6

INFORMACIÓN ANTIOQUIA AÑO 2013		
NOMBRE EMPRESA PRESTADORA	# SUSCRIPTORES	# DE MUESTRAS
A.A.S. S.A. (Q. San Ignacio)	824	10
A.A.S.S.A. (Q. Guayabito)	1923	10
Ac. Multiveredal Bolívar Arriba	209	10
Acueducto Calle vieja	400	10
Acueducto Comunitario El Algibe	76	10
Acueducto Comunitario Los Isazas	121	10
Acueducto cueva del amor		10
Acueducto el Roble		10
Acueducto la independencia		10
Acueducto San Tropel		10
Acueducto San Vicente		8
Acueductos Mineros S.A	348	10
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	1089	10
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	2143	10
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	1608	9
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	979	9
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	540	9
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	2530	9
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	3749	9
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	1349	9
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A.	1594	10
Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. ESP	563	1
Agua Plan	295	8
Aguas de Heliconia S.A E.S.P.	749	10
Aguas de Maceo S.A.S E.S.P.	818	10
Aguas de Rionegro S.A. E.S.P	22450	10
Aguas de Urabá S.A E.S.P.	6153	10
Aguas de Urabá S.A E.S.P - Cabecera	889	10
Aguas de Uraba S.A. E.S.P.	7259	10
Aguas de Uraba SA ESP	7974	10
Aguas del Nordeste S.A. E.S.P.	2219	9
Aguas del Norte Antioqueño SA ESP	6284	11
Aguas del Oriente Antioqueño S.A. E.S.P.	2030	11
Aguas del Paramo SA		10
Aguas del Puerto	9227	10

Aguas Uraba S.A ESP	20161	10
Aguas y Aseo del Peñol E.S.P.	2921	10
Aguascol SA	1304	10
Aguascol SA ESP	1793	10
Aguascol SA ESP	3139	10
Asociación Acolinda	95	10
Asociacion Acueducto Mandalay	952	10
Asociacion de suscriptores del acueducto la Rapida "ASDAR"	202	10
Asociacion Usuarios La Habana	145	10
Batallón Militar Rifles	54	10
Conhydra S.A. E.S.P.	4803	10
Coordinacion de Servicios Publicos Domiciliarios Municipio Tamesis	2145	9
Corporación de Servicios Publicos de Belén Corbelén	854	9
E. P. de La Ceja E.S.P. Fátima	7158	8
E. P. de La Ceja E.S.P. La Milagrosa	975	9
E. P. de La Ceja E.S.P. Palo Santo	1375	9
EE. PP Medellín	4546	10
EE. PP Medellín	104060	8
EE. PP Medellín	11711	9
EE. PP Medellín	53161	10
EE. PP Medellín	7198	10
EE. PP Medellín	62032	10
EE. PP Medellín	7243	10
EE. PP Medellín	827165	10
EE. PP Medellín	11003	10
EE. PP Medellín SA ESP	14140	10
Empresa Aguascal SA - Pozo 10	1319	10
Empresa Aguascal SA - Pozo 7	846	10
Empresa Aguascal SA - Pozo 9	804	10
Empresa Aguascal SA - Pozo Camello	942	10
Empresa Aguascal SA - Rio Man	10523	9
Empresa de Alumbrado Publico de Sabaneta SA ESP - EAPSA.	2219	9
Empresa de Alumbrado Publico de Sabaneta SA ESP - EAPSA.	1067	10
Empresa de Servicios Públicos de Cocorna de Cocorna	1458	10
Empresa de Servicios Públicos de Ebejico	632	10
Empresa de Servicios Públicos de Frontino	1095	10
Empresa de Servicios Publicos de Frontino-MANGURUMA	1043	10
Empresa de Servicios Públicos de Granada E.S.P.	2266	10
Empresa de Servicios Publicos de Guadalupe E.S.P.	550	10

Empresa de Servicios Publicos de Yolombo SA ESP-ESPY	1536	10
Empresa de Servicios Publicos Domiciliarios de Giraldo	340	8
Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios S.A.E.S.P-SERVITUANGO		10
Empresa de Servicios Publicos la Union ESP SA	2401	10
Empresa de SPD E.S.P.	1432	10
Empresa de SPD Sabanalarga SA	705	10
Empresa de SPD de acueducto, alcantarillado y aseo SA ESP	951	10
Empresa de SPD de Guatapé E.S.P.	1373	9
Empresa de SPD SA ESP	639	10
Empresa Publica de Briceño S.A. E.S.P.	559	10
Empresa Pueblorriqueña de acueducto, alcantarillado y aseo SA ESP	1278	2
Empresa Sanluisana de Servicios Publicos S.A. E.S.P.(Quebrada la Cristalina)	550	9
Empresa Sanluisana de Servicios Publicos S.A. E.S.P.(Quebrada la Risaralda)	955	10
Empresas de Servicios Publicos de Angostura S.A. ESP	703	10
Empresas de Servicios Publicos de Caramanta	850	10
Empresas de Servicios Publicos Domiciliarios de Acueducto, alcantarillado y aseo de Yondo ESP.	1434	10
Empresas de Servicios Publicos Domiciliarios de Caracoli SA ESP	937	10
Empresas de Servicios Publicos Domiciliarios SA ESP - Algarrobo - El Carney	732	6
Empresas de Servicios Publicos Domiciliarios SA ESP - Buenos Aires	180	10
Empresas de Servicios Publicos Domiciliarios SA ESP - Cavellina - Manpuestos	172	10
Empresas de Servicios Publicos Domiciliarios SA ESP - Cristalina - El Brasil	102	10
Empresas de Servicios Publicos Domiciliarios SA ESP - San German	132	10
Empresas de Servicios Publicos Domiciliarios SA ESP - San Gertrudis	887	10
Empresas de Servicios Publicos Domiciliarios SA ESP - Villa Nelly	261	10
Empresas de Servicios Publicos Domiciliarios SA ESP - Zarzal	45	10
Empresas Publicas de Abejorral- Sistema Angostura	56	0
Empresas Publicas de Abejorral-Sistema San Antonio	1832	10
Empresas Publicas de Amagá SA E.S.P.	3500	0
Empresas Publicas de Belmira E.S.P.	429	10
Empresas Públicas de Betulia S.A.	1314	8
Empresas Publicas de Dabeiba S.A.S. E.S.P. Barrio Bernardo Guerra	116	8
Empresas Publicas de Dabeiba S.A.S. E.S.P. Cabecera Municipal	1999	7
Empresas Publicas de el Bagre SA ESP	4993	10

Empresas Públicas de Hispania S.A. E.S.P.	899	7
Empresas Publicas de Jerico	2241	10
Empresas Públicas de La Pintada	1182	10
Empresas Publicas de Puerto Nare ESP	1726	10
Empresas Publicas de Urrao E.S.P.	4201	10
Empresas Publicas de Vegachi - Antioquia	1870	10
Empresas Públicas del Municipio del Santuario E.S.P.	5128	10
Empresas Públicas Municipales S.A. E.S.P. EPM de Valdivia	876	10
Empresas Publicas Municipales de Betania	1070	10
Empresas Públicas Municipales de Concordia	2186	5
Empresas Publicass de San Rafael S.A. E.S.P	2024	5
ESP de Argelia de Maria ESPAM S.A.	904	10
ESP de San Andres de Cuerquia S.A. E.S.P. "EMPUSAC"	672	10
ESP de San Jose de Marinilla ESP	8656	10
ESP de Uramita S.A.S. E.S.P. Sistema el Oso	603	10
ESP de Uramita S.A.S.E.S.P. Quebrada El Churimo	87	4
ESP Domiciliarios S.A E.S.P. de Buritica	318	10
ESPD De Guarne ESP	3703	10
Ingenieria total ESP	4700	10
Ingenieria total ESP	2191	10
Ingeniería Total ESP	5633	10
Ingeniería Total S.A. E.S.P.	1814	10
Ingeniería Total S.A. E.S.P.	4411	10
Junta de Acción Comunal Acueducto la Inmaculada No. 1	173	9
Junta de Accion Comunal Barrio San Jose	100	9
La Cimarrona ESP SA	5813	9
Municipio	1514	10
Municipio		10
Municipio de Concepcion	614	10
Municipio de Toledo.	391	10
Municipio de Vigia del Fuerte		10
Municipio de Zaragoza	2778	10
Municipio San Juan de Uraba	1094	10
Oficina de Servicios Publicos	413	10
Oficina de Servicios Públicos de Montebello	535	10
Oficina de SPD	838	10
Oficina de SPD Municipio de Angelopolis	800	9
Operadores de servicios S.A E.S.P.	2421	2
Operadores de servicios S.A E.S.P.	3170	10
Regional de Occidente SA ESP	62	10

Regional de Occidente SA ESP	1186	10
Regional de Occidente SA ESP	3662	10
Regional de Occidente SA ESP	1643	10
Secretaria de Servicios Públicos	1773	10
Secretaria de Servicios Publicos de Don Matias	2985	10
Servicios Publicos de Yali	917	4
Sistemas Públicos S.A. E.S.P.	2241	10
Sistemas Publicos SA ESP	2231	10
Unidad Administrativa Especial de SPD	828	10
Unidad de Servicios Publicos de Nariño - Cabuya	134	10
Unidad de Servicios Publicos de Nariño - Carcamo	45	10
Unidad de Servicios Publicos de Nariño - Santa Clara	667	4
Unidad de Servicios Publicos de Nariño -Burbujas	45	10
Unidad de Servicios Publicos Domiciliarios de Campamento	686	10
Unidad de Servicios Publicos Domiciliarios Aguas de Abriaquí	272	0
Unidad de SPD	1083	10
Unidad de SPD de Peque	408	10
Unidad de SPD de Alejandria	829	10
Unidad de SPD de Caicedo	509	9
Unidad de SPD de Cañasgordas	1101	9
Unidad de SPD de San Francisco	598	5
USP Aguas y Aseo del Tabor	2365	7
POBLACIÓN ATENDIDA		1398903
NUMERO DE DATOS DEL IRCA PROMEDIO AL AÑO		9,2
TOTAL DE VALORES DE IRCA REPORTADOS EN EL AÑO		1555