

1-1-2016

## **Análisis del índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano - IRCA y su relación con las variables meteorológicas (precipitación y temperatura) y la ubicación geográfica para el departamento del atlántico en los años 2012-2013**

Luz Ángela Rodríguez Rey  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Sandra Milena Moreno Urrego  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Follow this and additional works at: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria)

---

### **Citación recomendada**

Rodríguez Rey, L. Á., & Moreno Urrego, S. M. (2016). Análisis del índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano - IRCA y su relación con las variables meteorológicas (precipitación y temperatura) y la ubicación geográfica para el departamento del atlántico en los años 2012-2013. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/527](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/527)

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](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

ANÁLISIS DEL INDICE DE RIESGO DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO  
HUMANO - IRCA Y SU RELACIÓN CON LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS  
(PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA) Y LA UBICACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL  
DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO EN LOS AÑOS 2012-2013.

LUZ ÁNGELA RODRÍGUEZ REY  
SANDRA MILENA MORENO URREGO

UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C  
2016

ANÁLISIS DEL INDICE DE RIESGO DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO - IRCA Y SU RELACIÓN CON LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS (PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA) Y LA UBICACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO EN LOS AÑOS 2012-2013.

LUZ ÁNGELA RODRÍGUEZ REY  
SANDRA MILENA MORENO URREGO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

Director  
JULIO CÉSAR RAMÍREZ RODRÍGUEZ  
Ingeniero Químico – Msc. Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C  
2016

**Nota de Aceptación:**

---

---

---

---

---

**Director: Julio César Ramírez Rodríguez**

\_\_\_\_\_  
**Jurado**

\_\_\_\_\_  
**Jurado**

**Bogotá D.C., Marzo de 2016.**

## **Agradecimientos**

Al personal docente de la universidad de la Salle que tuvimos como maestros a lo largo del pregrado, de las áreas de ciencias básicas, formación lasallista e ingeniería. Cada uno de ellos aportó desde su rama del conocimiento diferentes aspectos para ayudar a nuestra formación, inculcando de diversas formas la integridad que debe tener el profesional lasallista. Especialmente al Ingeniero Julio César Ramírez, director del proyecto, quien ha sido fundamental para poder llevar a cabo el proyecto. Su contribución y dedicación fueron piezas claves para favorecer el proyecto y la ejecución del mismo.

## **Dedicatoria**

*A Luis Eduardo Rodríguez y Berenice Rey, por el amor incondicional, por ser mi guía motivación, apoyo y por darme la oportunidad de ser profesional. Gracias por la paciencia, por los cuidados, por ser los mejores ejemplos y compañeros de vida.*

*A Nidia Rodríguez, mi madre, que a pesar de la distancia me ha impulsado para no desfallecer y seguir adelante.*

*A Iván por todo el amor y apoyo brindando en este largo camino.*

*Y a todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron parte de esta meta y contribuyeron a que hoy culminara, mil y mil gracias.*

**Luz Ángela Rodríguez Rey**

*Quiero agradecer a Dios por permitirme cumplir este gran sueño y meta en mi vida de ser ingeniera, a mis papás Alvaro Moreno Saavedra y Arcelia H. Urrego Barreto, que con su amor y esfuerzo siempre estuvieron para mí en esta gran lucha, gracias porque sin ustedes no lo hubiera logrado ni obtenido, esto es de ustedes y para ustedes mis amores, mis fieles padres que siempre están para mí.*

*A mi esposo Jorge E. León Romero gracias por ser mi grande y mejor compañero el que nunca me abandono en esta gran travesía de trasnochos, por tener ese amor y paciencia en semana de finales donde el estrés hacia parte de nuestra relación, gracias amor esto también es para ti y nuestros hermosos de cuatro patas.*

*A las personas que la vida me regalo y me dieron parte de su amistad gracias, los días en la universidad no hubieran sido los mejores sin ustedes.*

*Y siempre a ti gracias Dios!!!!*

**Sandra Milena Moreno Urrego**

## Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN .....	16
JUSTIFICACIÓN .....	17
OBJETIVOS .....	18
Objetivo general .....	18
Objetivos específicos .....	18
1.    MARCO DE REFERENCIA .....	19
1.1 Marco Teórico .....	19
1.1.1 Calidad de agua en Colombia .....	19
1.1.2 Índice de Riesgo de Calidad de Agua para Consumo Humano – IRCA .....	20
1.1.3 Estado actual del recurso hídrico en el departamento del Atlántico .....	24
1.1.4 Estudios del IRCA en el Atlántico .....	25
1.2 Marco Legal .....	29
2.    DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	30
3.    METODOLOGIA .....	36
3.1 FASE I. Exploratoria .....	36
3.2 FASE II. Procesamiento y manejo estadístico de la información .....	36
3.3 FASE III. Análisis estadístico entre variables meteorológicas y condiciones físico-geográficas con el IRCA. ....	39
3.4 FASE IV. Procesamiento de la información para realización de los mapas temáticos 40	
4.    RESULTADOS .....	42
4.1 Análisis comportamiento del IRCA en el Departamento del Atlántico .....	42
4.1.1 Comentarios .....	47
4.2 Datos SIVICAP Vs IRCA recalculado .....	47
4.2.1 Mapa Temático IRCA 2012 .....	47
4.2.2 Mapa Temático IRCA 2013 .....	49
4.2.3 Comentarios .....	50
4.3 Análisis de correlación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos .....	51
4.4 Análisis de variables meteorológicas .....	55
4.4.1 Influencia de las variables de temperatura y precipitación en el IRCA .....	56
4.4.2 Influencia de condiciones geográficas en el IRCA .....	64

5. CONCLUSIONES .....	69
6. RECOMENDACIONES.....	72
BIBLIOGRAFÍA .....	76



## Lista de Tablas

Tabla 1-1. <i>Clasificación del nivel de riesgo por muestra y mensual</i> .....	22
Tabla 1-2. <i>Marco Normativo</i> .....	29
Tabla 2-1. <i>Municipios departamento del Atlántico</i> .....	30
Tabla 3-1. <i>Clasificación de correlación</i> .....	38
Tabla 3-2. <i>Puntaje de Riesgo</i> .....	38
Tabla 4-1. <i>Número de muestras analizadas en el departamento del Atlántico</i> .....	42
Tabla 4-2. <i>Valores del IRCA año 2012 y 2013</i> .....	45
Tabla 4-3. <i>Rango de correlación de parámetros analizados año 2012</i> .....	53
Tabla 4-4. <i>Rango de correlación de parámetros analizados año 2013</i> .....	54
Tabla 4-5. <i>Relación Variables de Precipitación y Temperatura con el IRCA Mensual para el municipio de Sabanalarga. Año 2012-2013</i> .....	57
Tabla 4-6. <i>Relación personas prestadoras y municipios</i> .....	68

## Lista de Figuras

Figura 1-1. <i>Tendencia del IRCA consolidado en Atlántico 2007 – 2012</i> .....	25
Figura 1-2. <i>Distribución del porcentaje de muestras según nivel de riesgo en Atlántico 2012</i> .....	26
Figura 1-3. <i>Distribución del nivel de riesgo en Atlántico de acuerdo con el IRCA</i> .....	27
Figura 1-4. <i>Tendencia del IRCA por muestras anual en el departamento del Atlántico</i> ..	28
Figura 2-1. <i>Mapa Político del Departamento del Atlántico</i> .....	31
Figura 4-1. <i>Tendencia nivel de riesgo en el Atlántico año 2012</i> .....	46
Figura 4-2. <i>Tendencia nivel de riesgo en el Atlántico año 2013</i> .....	47
Figura 4-3. <i>Mapa temático informe SIVICAP para el año 2012</i> .....	48
Figura 4-4. <i>Mapa temático año 2012</i> .....	48
Figura 4-5. <i>Mapa temático año 2013</i> .....	49
Figura 4-6. <i>Mapa temático informe SIVICAP para el año 2013</i> .....	49
Figura 4-7. <i>Diagrama de dispersión Turbidez Vs Cloro Residual</i> .....	51
Figura 4-8. <i>Diagrama de dispersión Dureza Total Vs Conductividad</i> .....	52
Figura 4-9. <i>Comportamiento mensual de la Temperatura °C. Municipio Sabanalarga</i> ..	57
Figura 4-10. <i>Comportamiento mensual de la Precipitación (mm)</i> .....	58
Figura 4-11. <i>Distribución Mensual de la Precipitación y del IRCA Mensual en el Municipio de Sabanalarga en los Años 2012 – 2013</i> .....	59
Figura 4-12. <i>Comportamiento IRCA Mensual año 2012</i> .....	61
Figura 4-13. <i>Comportamiento IRCA Mensual año 2013</i> .....	62
Figura 4-14. <i>Porcentaje de municipios que se correlacionaron con las variables de precipitación y temperatura para el año 2012 y 2013</i> .....	63
Figura 4-15. <i>Ubicación Empresas Prestadoras de Servicio</i> .....	66

## 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 normatividad 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 de 2007, 2015 )
  
- **Alcalinidad:** la alcalinidad de un agua es debida al contenido de sales del ácido carbónico (bicarbonatos, carbonatos) e hidróxidos, es una medida o indicación de los componentes básicos del agua. La alcalinidad de las aguas naturales suele deberse a los carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio, sodio y potasio y en algunos casos también se debe en pequeño grado a boratos, silicatos y fosfatos. El bicarbonato es el componente que más contribuye a la alcalinidad. La importancia de la alcalinidad es significativa en los fenómenos de coagulación y ablandamiento, así como en la prevención de la corrosión. La alcalinidad da un índice de la resistencia del agua a bajar su pH cuando se le añade ácido. (El agua potable, 2015)
  
- **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)
  
- **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 de 1998, 2015)
  
- **Calcio:** el calcio es el 5° elemento en orden de abundancia en la corteza terrestre, su presencia en las aguas naturales se debe al su paso sobre depósitos de piedra caliza, yeso y dolomita. La cantidad de calcio puede variar desde cero hasta varios cientos de mg/l,

dependiendo de la fuente y del tratamiento del agua. Las aguas que contienen cantidades altas de calcio y de magnesio, se les da el nombre de **aguas duras**. (TRIPOD, 2015)

- **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 de 2007, 2015 )
- **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 determinados 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 de 2007, 2015 )
- **Conductividad:** la corriente eléctrica resulta del movimiento de partículas cargadas eléctricamente y como respuesta a las fuerzas que actúan en estas partículas debido a un campo eléctrico aplicado. Dentro de la mayoría de los sólidos existe un flujo de electrones que provoca una corriente, y a este flujo de electrones se le denomina conducción electrónica. La conductividad de una sustancia se define como "la habilidad o poder de conducir o transmitir calor, electricidad o sonido". Las unidades son Siemens por metro [S/m] en sistema de medición SI y micromhos por centímetro [mmho/cm] en unidades estándar de EE.UU. Su símbolo es k o s. (Lenntech, 2015)
- **Coliformes fecales:** los coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten por medio de los excrementos. La *Escherichia coli* es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del hombre y en el de otros animales. Hay diversos tipos de *Escherichia coli*; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden incluso ocasionar la muerte. (Laboratorio de Microbiología , 2015)

- **Cloro Residual:** el cloro es un producto químico relativamente barato y ampliamente disponible que, cuando se disuelve en agua limpia en cantidad suficiente, destruye la mayoría de los organismos causantes de enfermedades, sin poner en peligro a las personas. Sin embargo, el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen. Si se añade suficiente cloro, quedará un poco en el agua luego de que se eliminen todos los organismos; se le llama cloro libre, permanece en el agua hasta perderse en el mundo exterior o hasta usarse para contrarrestar una nueva contaminación. (Organización Mundial de la Salud , 2015)
  
- **Dureza Total:** se entiende por dureza total la suma de las durezas individuales debidas a los iones de calcio, magnesio, estroncio y bario en forma de carbonato o bicarbonato. La composición química del agua y su contenido en las sales de los iones antes mencionados depende del suelo del que provienen. En los suelos de basalto, arenisca y granito las aguas son muy blandas, con 1-2° d de dureza. Las aguas procedentes de suelos de cal, yeso y dolomita pueden presentar dureza de más de 100 grados alemanes de dureza. (Ambientum, 2015)
  
- **Fosfatos:** los fosfatos y compuestos de fósforo se encuentran en las aguas naturales en pequeñas concentraciones. Los compuestos de fosforo que se encuentran en las aguas residuales o se vierten directamente a las aguas superficiales provienen de fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento; excreciones humanas y animales; y detergentes y productos de limpieza. La carga de fosfato total se compone de ortofosfato + polifosfato + compuestos de fósforo orgánico, siendo normalmente la proporción de ortofosfato la más elevada. (El agua en navarra, 2015)
  
- **Escherichia Coli, (E-coli):** bacilo aerobio gram-negativo que no produce esporas, pertenece a la familia de los enterobacteriáceas y se caracteriza por poseer las enzimas b - Galactosidasa y b - gluoroanidasa. Se desarrolla a  $44 \pm 0.5$  °C en medios complejos, fermenta la lactosa liberando ácido y gas, produce indol a partir del triptófano y no produce oxidasa. (Decreto 475 de 1998, 2015)

- ***Fuerza de 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)
- ***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 de 2007, 2015 )
- ***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, 2015)
- ***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 de 1998, 2015)
- ***pH:*** el pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H<sup>+</sup>) en una sustancia. La acidez es una de las propiedades más

importantes del agua. El agua disuelve casi todos los iones. El pH sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua. El resultado de una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones H<sup>+</sup>) y el número de iones hidroxilo (OH<sup>-</sup>). Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra. Tendrá entonces un pH alrededor de 7. (Lenntech, 2015)

- ***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 virga, 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. (GEOenciclopedia , 2015)
  
- ***Población servida:*** es el número de personas abastecidas por un sistema de suministro de agua. (Decreto 475 de 1998, 2015)
  
- ***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 de 2007, 2015 )
  
- ***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 de 2007, 2015 )
  
- ***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 de 2007, 2015 )

- ***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 de 2007, 2015 )
- ***Sistema de Vigilancia y Control de Agua Potable (SIVICAP):*** es la aplicación que brinda 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. (SIVICAP, 2015)
- ***Sulfatos:*** el sulfato ( $\text{SO}_4$ ) se encuentra en casi todas las aguas naturales. La mayor parte de los compuestos sulfatados se originan a partir de la oxidación de las menas de sulfato, la presencia de esquistos, y la existencia de residuos industriales. El sulfato es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia. Una alta concentración de sulfato en agua potable tiene un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza del agua. Las bacterias, que atacan y reducen los sulfatos, hacen que se forme sulfuro de hidrógeno gas ( $\text{H}_2\text{S}$ ). (Lennetch, 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. (GEOenciclopedia , 2015)
- ***Turbidez:*** la turbidez es la dificultad del agua, para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, etc. Además interfiere con la mayoría de procesos a que se pueda destinar el agua. La turbidez nos da una noción de la apariencia del agua y sirve para tener una idea acerca de la eficiencia de su tratamiento. (Barrera, 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 de 1998, 2015)



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado hace referencia al análisis del IRCA y su relación con variables meteorológicas como la precipitación y la temperatura y con la ubicación geográfica para el departamento del Atlántico en los años 2012 -2013. Esto con el fin de proporcionar una herramienta que contribuya a la toma de decisiones en materia de la calidad del agua para consumo humano, beneficie a las personas prestadoras del servicio de abastecimiento de agua potable y a los usuarios adscritos al servicio en todo el departamento del Atlántico.

El presente proyecto surge al identificar las falencias en cuanto al suministro de información sobre el Índice de Riesgo de Agua para Consumo Humano por parte del Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, específicamente con la comparación y análisis del registro sistematizado de vigilancia de la calidad de agua en el departamento y demás entidades relacionadas, además de tomar acciones de mejora en la inspección, vigilancia y control de las Personas Prestadoras por parte de las entidades y de los actores directos del sector de aguas en el Atlántico.

La ejecución de este proyecto se dividió en seis fases las cuales se realizaron de la siguiente manera: en la primera se elaboró una búsqueda o recopilación de información del área de estudio en relación al tema del proyecto, además se definieron los criterios de selección de datos a analizar. Luego, en la segunda y tercera fase respectivamente se realizó la correlación entre parámetros que componen el IRCA y entre las variables meteorológicas elegidas con el índice; donde luego, en la cuarta fase, se procesó la información para expresarla en forma de mapas temáticos para cada año con el fin de sintetizar los análisis realizados; en la quinta fase, fueron interpretados y comparados cualitativamente. Finalmente, la sexta fase consistió en plantear recomendaciones respecto al cálculo del IRCA y a las mejoras que se requieren en cuanto a tratamiento del agua para consumo humano y a la red meteorológica del departamento del Atlántico.

## JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto pretende analizar los parámetros que hacen parte del cálculo del IRCA, identificar las posibles falencias a la hora de calcular el mismo y determinar la relación del comportamiento de la Precipitación y Temperatura con este índice en el área geográfica comprendida por el departamento del Atlántico en los años 2012-2013.

VARIABLES meteorológicas como la precipitación y temperatura son factores que influyen principalmente en la calidad y eficiencia de la prestación del servicio de abastecimiento de agua potable para consumo humano; ya que la temperatura afecta a casi todos los equilibrios físico-químicos y reacciones biológicas. Es decir, actúa sobre procesos de activación biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos y los cambios de viscosidad en los procesos de tratamiento, como desinfección por cloro, filtración, floculación, sedimentación y ablandamiento (Londoño Carvajal, s.f). Por su parte, la precipitación influye en la calidad del agua por los efectos directos de la dilución o concentración de sustancias disueltas que dependiendo de las características del terreno aledaño a las fuentes hídricas, es posible que lluvias leves ayuden a diluir los contaminantes presentes en los ríos, mejorando su calidad. Sin embargo, lluvias mayores pueden empeorar su calidad debido a la introducción de una mayor carga contaminante en el río, producto de la erosión de los suelos.

Finalmente, al interpretar cualitativamente la distribución espacial del IRCA en un sistema de información geográfica, se busca facilitar un instrumento que permita la percepción de problemáticas respecto a las variables de estudio, teniendo en cuenta que es de vital importancia que las Autoridades Sanitarias den cumplimiento al marco de la vigilancia en todos los municipios, tanto en el área urbana como en la rural; así como en la toma, número y frecuencia de muestras y análisis de parámetros, de tal manera que haya una máxima representatividad y confiabilidad de los datos reportados, para identificar cabalmente los problemas de la calidad del agua en cada prestador y municipio vigilado del departamento.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

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

### Objetivos específicos

- 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.

## **1. MARCO DE REFERENCIA**

### **1.1 Marco Teórico**

#### **1.1.1 Calidad de agua en Colombia**

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 República , 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 República, 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 (Ministerio de Protección Social, 2007).

### **1.1.2 Índice de Riesgo de Calidad de Agua para Consumo Humano – IRCA**

El Índice de Riesgo de Calidad de Agua para Consumo Humano se entiende como un indicador ambiental que básicamente consiste en una expresión simple de una combinación más

o menos compleja de un número de parámetros, los cuales sirven como una medida de calidad de agua; el índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción, un símbolo o un color (Universidad de Pamplona).

El IRCA es un valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua en diversos puntos de muestreo a lo largo de la red de distribución de un acueducto; el índice se definió en el Decreto 1575 del 2007 como 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. La ventaja que abarca el empleo del índice en el control y vigilancia de la calidad de agua, es precisamente que la información puede ser más fácilmente interpretada que una lista de valores numéricos. El índice se determina a nivel muestral y mensual.

El índice corresponde a una expresión numérica agregada que surge de la sumatoria de los puntajes de riesgo asignados a características físico-químicas del agua (22 características); los puntajes de riesgo corresponden a valores que representan el riesgo ante el desarrollo de enfermedades en la salud humana, por ende la representatividad de cada característica está relacionada con el impacto directo o indirecto que tiene sobre la salud. Para que determinada característica se le asigne el puntaje de riesgo debe sobrepasar el valor máximo aceptable (valores numéricos sobre los cuales se ha determinado influencia en la salud.); en ese sentido se lleva a cabo la sumatoria de los puntajes de riesgo del total de características analizadas en cada muestra establecida y se estima porcentualmente el valor del IRCA, el cual puede alcanzar hasta un valor de 100%. Tanto las características físico-químicas como los puntajes de riesgo y los valores máximo aceptables se encuentran descritos en la Resolución 2115 del 2007.

Es de importancia resaltar las frecuencias y número de muestras de control de la calidad física y química del agua para consumo humano que debe ejercer tanto la persona prestadora como las autoridades sanitarias para poblaciones, dichas frecuencias esta estipuladas en la Resolución 2115 del 2007 El muestreo debe ser realizado por personal calificado de modo que éste en disposición de asegurar que las muestras sean representativas del agua que está siendo

suministrada a los consumidores y que durante la toma y el transporte su composición no se modifique, siguiendo estrictamente los procedimientos de muestreo, preservación, embalaje y traslado de muestras al laboratorio, así como de la determinación del contenido de cloro libre y pH en campo en el lugar de la toma.

Las cinco categorías en las cuales se clasifica el IRCA fueron decretadas bajo la Resolución 2115 del 2007, los valores calculados del indicador se comparan con los establecidos en la Tabla 1-1, la cual presenta una descripción e interpretación para cada categoría, permitiéndose clasificar la calidad del agua de forma descriptiva en una de cinco categorías (sin riesgo, riesgo bajo, riesgo medio, riesgo alto e inviable sanitariamente) que a su vez se asocian a un determinado color (azul, verde, amarillo, naranja y rojo, respectivamente). La comparación temporal de la calidad del agua calificada mediante las cinco categorías y colores simplificando la interpretación y la toma de decisiones por cuenta de las diferentes autoridades (IDEAM, 2011).

Tabla 1-1. *Clasificación del nivel de riesgo por muestra y mensual*

<i>Clasificación IRCA (%)</i>	<i>Nivel de Riesgo</i>	<i>IRCA por muestra</i>	<i>IRCA Mensual</i>
<b>80.1 - 100</b>	<b>Inviabile Sanitariamente</b>	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MADS, Contraloría General y Procuraduría General	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a la competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entes de orden nacional
<b>35.1 - 80</b>	<b>Alto</b>	Informar a la persona prestadora, COVD, Alcalde, Gobernador y a la SSPD	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a la competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos
<b>14.1 - 35</b>	<b>Medio</b>	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora
<b>5.1 - 14</b>	<b>Bajo</b>	Informar a la persona prestadora y al COVE	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento
<b>0 - 5</b>	<b>Sin Riesgo</b>	Continuar el control y la vigilancia	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia

*Fuente: Resolución 2115 de 2007, MPS y MAVDT*

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***

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

***Ecuación 2. El IRCA mensual***

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

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 República, 2006).

### **1.1.3 Estado actual del recurso hídrico en el departamento del Atlántico**

El Atlántico tiene un volumen aproximado de 454.577.500 m<sup>3</sup> de agua dividida en ciénagas y pantanos. La cobertura total de los cuerpos de agua corresponde a 21.697 Ha divididos en tres grandes subzonas hidrográficas: Vertiente Occidental del Río Magdalena, Canal del Dique y Arroyos directos al Mar Caribe.

El agua potable en el departamento del Atlántico, sin incluir a Barranquilla, es de aproximadamente 200.753 m<sup>3</sup>/día, la cual tiene un consumo per capita de 186 L/ hab-día. El consumo actual es de 81.720 m<sup>3</sup>/día, teniendo una producción per capita de 75 L/ hab-día, la cual beneficia 62% de la población. Se hace la captación para 17 municipios del departamento, en su mayoría aguas superficiales, lo que corresponde a 72.597 m<sup>3</sup>/día; de los cuales el 86% es captada del río Magdalena, 5% del embalse del Guájaro, 4% de la ciénaga de Luruaco, y el 5% del Canal del Dique. El 41% restante de los Municipio (Candelaria, Campo de la Cruz, Luruaco, Malambo, Manatí, Palmar de Varela, Repelón, Santa Lucía y Suán), son operados directamente por los municipios o empresas privadas especializadas en esta prestación, La cobertura promedio de estos Municipios del Departamento es de 80,5%.

En la actualidad 17 de los 22 municipios del Departamento del Atlántico tiene vigente el permiso de concesión de aguas, correspondiente a un 77.7% de las concesiones otorgadas en el Departamento, los municipios beneficiados con esta concesión son: Baranoa, Campo de la Cruz, Palmar de Varela, Piojó, Polonuevo, Ponedera, Puerto Colombia, Repelón, Sabanalarga, Sabanagrande, Santo Tomás, Soledad, Suán, Tubará y Usiacurí. (Corporación Autónoma Regional del Atlántico, 2012)

### 1.1.4 Estudios del IRCA en el Atlántico

El Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano-SIVICAP, en el marco del decreto 1575 de 2007 y sus resoluciones reglamentarias, es administrado por el Instituto Nacional de Salud-INS y ha sido desarrollado teniendo en cuenta, software evolutivo y nuevas funcionalidades dentro del ciclo de vida del sistema SIVICAP WEB, para consolidar resultados de los reportes de la vigilancia de la calidad del agua en el país, incluyendo además del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua-IRCA.

Teniendo en cuenta lo anterior El IRCA consolidado del departamento del Atlántico para el año 2012 según el Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano, fue de 3,2 %, valor que pertenece al nivel de sin riesgo específicamente de las zonas urbanas porque hubo bajo análisis de muestras rurales. La tendencia del IRCA departamental entre los años 2007 y 2012, muestra la tendencia a permanecer en nivel sin riesgo. Los valores evidencian las buenas condiciones de la calidad del agua distribuida en las cabeceras municipales del departamento del Atlántico y de lo evaluado en las zonas rurales razón que influye los resultados de la vigilancia.

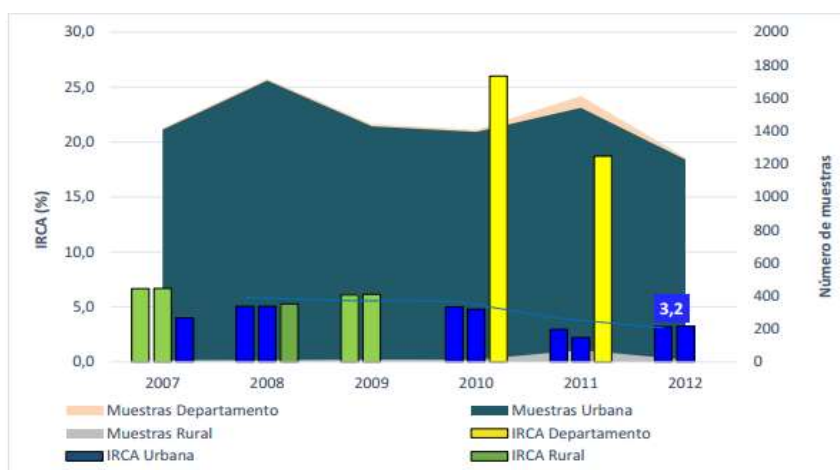


Figura 1-1. Tendencia del IRCA consolidado en Atlántico 2007 – 2012  
Fuente: SIVICAP, Grupo Calidad de Agua - DRSP, Instituto Nacional de Salud

El análisis de la distribución porcentual de las muestras según el nivel de riesgo para cada zona, mostró un consolidado de 88 % en nivel de sin riesgo y de 12 % con riesgo alto e inviable

sumadas las muestras. Los resultados de la zona urbana son similares al consolidado, mientras que las pocas muestras analizadas en zona rural estuvieron en nivel de sin riesgo.

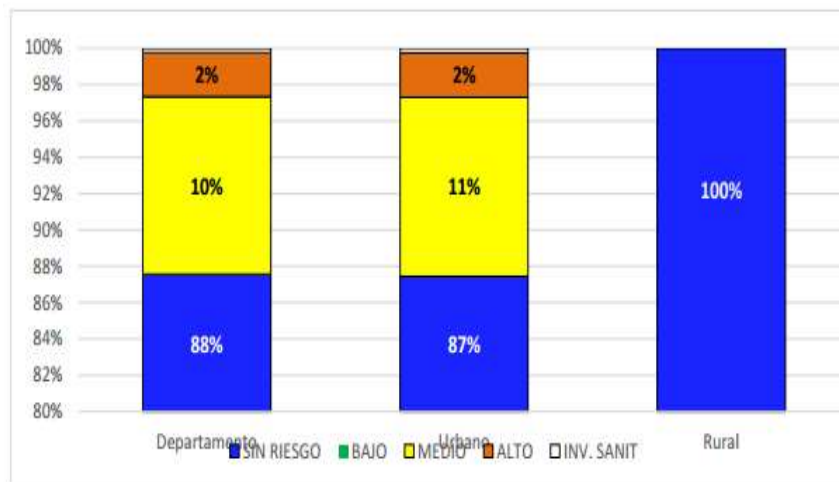


Figura 1-2. Distribución del porcentaje de muestras según nivel de riesgo en Atlántico 2012  
Fuente: SIVICAP, Grupo Calidad de Agua - DRSP, Instituto Nacional de Salud

Del total de población vigilada en 2012, la escalera de consumo resultó que el 88.0% consumió agua potable (2.090.243 habitantes), considerando la suma de los porcentajes de muestras obtenidas sin riesgo a nivel urbano y rural. El 9.4 % de la población (224.482 habitantes) consumieron agua segura obtenidos de las muestras urbanas en riesgo medio. Para el 2.3% de la población (54.420 habitantes), el agua consumida fue de bajo tratamiento e involucró muestras en riesgo alto y finalmente para el 0.1 % de la población (4.535 habitantes), posiblemente consumieron agua directa de la fuente y están relacionadas con muestras inviables sanitariamente en la zona urbana. El resultado del Monitoreo-PCM mostró para la población vigilada, como fuentes mejoradas de aguas de consumo, la suministrada al 97.5 % de la población (2.314.725 habitantes), sumando los datos de los niveles sin riesgo y riesgo medio y fuentes no mejoradas el 2.5 % (58.955 habitantes) relacionándola con riesgo alto y suministro inviable sanitariamente.

Para el año 2013 los resultados de los IRCA's promedio de los municipios del departamento del Atlántico reportados por su autoridad sanitaria al SIVICAP, encontramos que 12 de ellos reportaron agua de consumo con un IRCA promedio, entre la población urbana y

rural, Sin Riesgo para la salud; 3 con Riesgo Bajo; 6 municipios con Riesgo Medio; y solamente 1, Luruaco, con Riesgo Alto para la salud. En la zona rural de Campo de la Cruz y con 3 muestras se reportó agua Inviabile Sanitariamente. Se trata de una población de 2.076 habitantes y que la autoridad sanitaria si aún no lo ha hecho y la situación persiste, debe ser objeto de la notificación y acciones contempladas en el artículo 16 de la Resolución 2115 de 2007.

La gráfica a continuación muestra la distribución de los niveles de riesgo del departamento, donde se obtuvo que el 84% de la población objeto de vigilancia, consumió agua Sin Riesgo durante el año 2013, el 2% con Riesgo Bajo, el 13% con Riesgo Medio y el 1% con Riesgo Alto, la del municipio de Luruaco.

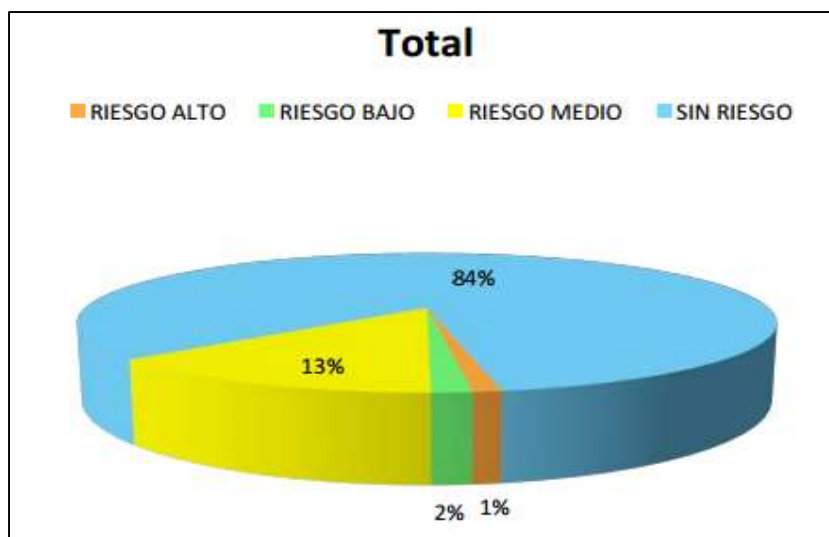


Figura 1-3. Distribución del nivel de riesgo en Atlántico de acuerdo con el IRCA  
Fuente: SIVICAP - INS

Con base en el análisis de la información reportada en el mismo Cuadro No. 5, para un total de 2.513 muestras reportadas por dicha autoridad al SIVICAP durante el año 2013, el resultado del IRCA departamental promedio fue de 3.88% que corresponde al nivel Sin Riesgo. El ejercicio de la vigilancia se llevó a cabo en la mayoría de los municipios durante 12 meses al año y solamente 6 lo hicieron durante un promedio de 10 meses.

La tendencia del IRCA anual para el consolidado de municipios del departamento del Atlántico está en el rango de 3.87 a 6.65; esto indica que este departamento, a excepción de los tres primeros años, se ha mantenido dentro del rango de los niveles Sin Riesgo para la salud, notándose una leve desmejora en el 2013, tal como se ilustra en la siguiente gráfica.

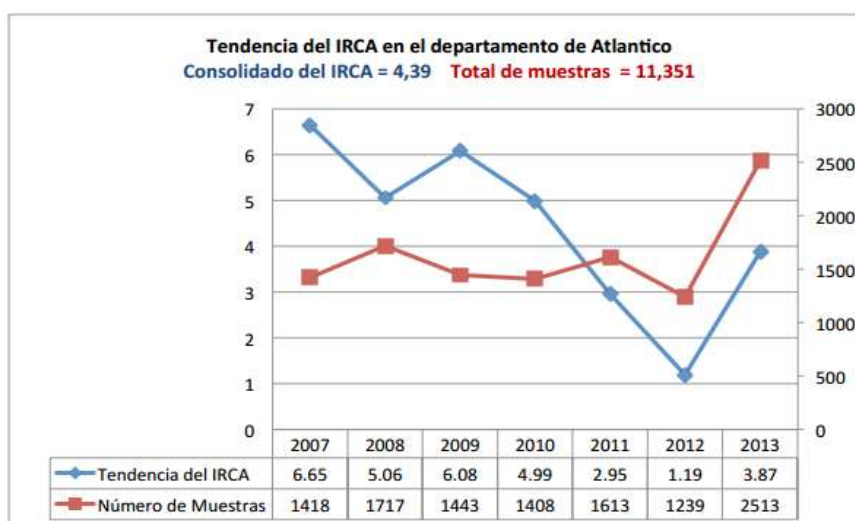


Figura 1-4. *Tendencia del IRCA por muestras anual en el departamento del Atlántico*  
 Fuente: SIVICAP - INS

## 1.2 Marco Legal

En la Tabla 1-2 se puede identificar el marco normativo que se tomó como referencia para el desarrollo de este trabajo de grado, ya que son unos de los principales decretos y resoluciones que nos rigen en cuanto a la calidad de agua que se debe servir a la población y de cuáles son los deberes de las empresas prestadoras de servicio, en cuanto al estado en el que debe llegar esa agua potable a cada uno de los habitantes de Colombia.

Tabla 1-2. *Marco Normativo*

<i>Instrumento Legal</i>	<i>Entidad que expide</i>	<i>Objetivo de la Legislación</i>	<i>Categoría de uso</i>
Decreto 1575 de 2007	Presidencia de la Republica	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 riegos para la salud humana y los instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano.
Resolución 2115 de 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.
Resolución 0811 de 2008	Ministerio de la Protección Social Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial	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 muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución	Se define los criterios para la localización de los puntos de muestreo en la red de distribución, para la respectiva entidad sanitaria; y se establece el número mínimo de puntos de muestreo dependiendo de la población.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### ▪ División Administrativa del Atlántico

El Departamento del Atlántico actualmente se encuentra conformado por 22 Municipios y el Distrito Especial Industrial y Portuario de Barranquilla, su capital, 31 corregimientos, 14 inspecciones de policía, numerosos caseríos y sitios poblados. En la Tabla 2-1 se muestra los municipios que conforman el Departamento del Atlántico

Tabla 2-1. *Municipios departamento del Atlántico*

N°	Municipio
1	Baranoa
2	Barranquilla
3	Campo de la Cruz
4	Candelaria
5	Galapa
6	Juan de Acosta
7	Luruaco
8	Malambo
9	Manatí
10	Palmar de Varela
11	Piojó
12	Polo Nuevo
13	Ponedera
14	Puerto Colombia
15	Repelón
16	Sabanagrande
17	Sabanalarga
18	Santa Lucía
19	Santo Tomás
20	Soledad
21	Suan
22	Tubará
23	Usiacurí

Fuente: (Gobernación del Atlántico Web Site, 2010)

En la Figura 2-1 se muestra el mapa político administrativo del departamento del Atlántico



Figura 2-1. Mapa Político del Departamento del Atlántico

Fuente: (IGAC, 2014)

El Departamento del Atlántico está situado al norte del territorio nacional, enmarcado dentro de las siguientes coordenadas: Latitud norte 10° 15' 36 " Sur de San Pedrito: 11° 06' 37" Bocas de Ceniza Longitud oeste de Greenwich 74° 42' 47" (margen izquierda del río Magdalena) 75° 16' 34" (intersección Santa Catalina y Arroyo grande.). (Gobernación del Atlántico Web Site, 2010)



- **Limites generales**

El Departamento del Atlántico limita por el norte y noreste con el mar Caribe, en una extensión aproximada de 90 Km; desde el rompeolas occidental en Bocas de Ceniza, hasta las salinas de Galerazamba. Al este, con el río Magdalena, en una longitud de 105 Km, contados desde su desembocadura en Bocas de Ceniza hasta el desprendimiento del Canal del Dique en Calamar; al sur, suroeste y oeste con el departamento de Bolívar desde Calamar hasta las Salinas de Galerazamba. (Gobernación del Atlántico Web Site, 2010).

- ***Fisiografía***

En el territorio del Departamento del Atlántico se presentan dos tipos de relieves, uno montañoso, que ocupa cerca del 45% del área departamental, con serranías y colinas de poca altura, y otro plano de terrazas, llanuras aluviales y ciénagas, que conforman las tierras vecinas del Canal del Dique y el río Magdalena con su desembocadura al mar.

El relieve montañoso es una prolongación de la serranía de San Jerónimo y puede considerarse como la última ramificación de la cordillera Occidental; en este conjunto orográfico se destacan las serranías de Luruaco, Capiro, El Pajal de la Piedra, Oropapía, Piojó y Santa Rosa. Por su parte, en el litoral se resaltan los accidentes del cabo Barro y las puntas Astilleros, Castillejo, Los Manzanillos, Morro Hermoso, Morro Pelado, Piedra y Sabanilla, y las ensenadas Rincón Hondo y El Puente.

Por su ubicación geográfica, el Departamento forma parte del último trayecto del río Magdalena por su margen izquierda, comprendido en el área deltaica del mismo, desde la separación del Canal del Dique al sur, hasta su desembocadura en el mar Caribe. Además posee una considerable extensión del litoral Caribe por el norte.

El hecho de tener el Departamento dos terceras partes de su perímetro rodeadas por río y mar ha afectado fundamentalmente varias de sus condiciones rurales, entre ellas el relieve respecto a su origen, estructura, modelado y recursos acuíferos y minerales.

La región geográfica de la llanura del caribe de la cual hace parte el departamento del Atlántico, está delimitada al sur y este por las estribaciones de los tres ramales andinos Occidental, Central y Oriental, cuyas alturas disminuyen en terrenos que van de ondulados a planos cenagosos y secos, hacia el oeste y norte de la región, hasta llegar al mar Caribe que bordea la costa.

Se destacan dos accidentes físicos importantes en el modelado de esta región: el río Magdalena, en su valle inferior su desembocadura, y la Sierra Nevada de Santa Marta, que posee todos los pisos bioclimáticos y la máxima altura del país, y que en el departamento aparecen en el piso bioclimático cálido cubierto de vegetación de sabana y matorrales. (Gobernación del Atlántico Web Site, 2010).

#### ▪ *Climatología general del departamento del Atlántico*

El clima es un conjunto de condiciones atmosféricas características de un lugar o región determinada en un periodo de tiempo relativamente largo.

Uno de los factores que influye es la radiación solar el cual pone el movimiento atmosférico junto con el efecto invernadero. El clima tiene factores determinantes a las condiciones físicas y geográficas constantes en el tiempo y en el espacio relacionados a la transferencia de energía y calor.

La latitud, elevación y distancia del mar, son procesos que controlan el clima y están directamente relacionados con la atmósfera, superficie terrestre, océanos y áreas cubiertas de hielo y actividad humana. (Instituto de Hidrología, 2005)

La climatología del Departamento de la Atlántico se caracteriza por su comportamiento bimodal, donde se tiene registros de menor cantidad de lluvias en los meses de diciembre a abril en los cuales llueve menos de 4 días y en el mes de julio se registran valores entre 5 y 10 días lluviosos durante el mes. Los meses con mayor cantidad de lluvia son mayo y junio durante el primer semestre y agosto a noviembre durante el segundo, con un máximo destacado en octubre, mes en el cual se registran alrededor de 15 días lluviosos. (Instituto de Hidrología, 2005)

En cuanto a la temperatura media del aire en la región Caribe se registran promedios entre 28 y 32°C, en el sur de los departamentos de Magdalena, Atlántico y Sucre. El resto de la región, exceptuando la Sierra Nevada de Santa Marta y sus alrededores, las temperaturas medias oscilan entre los 24 y los 28 °C. (Instituto de Hidrología, 2005)

La humedad relativa tiene un comportamiento que disminuye de sur a norte, en la parte alta de la región se presentan los valores más bajos de humedad relativa entre el 67 y 76%, en la Sierra Nevada de Santa Marta el promedio de humedad anual puede llegar hasta el 90%, en general presenta sus valores mínimos a comienzos de año, entre febrero y marzo y los máximos hacia el final, entre septiembre y noviembre. En la mayor parte de la región, hacia el mes de julio se presenta un descenso entre ligero y moderado de los valores de la humedad en casi toda la región. (Instituto de Hidrología, 2005)

El Departamento del Atlántico tiene una temperatura de 27°C; con medias máximas registradas de 29,9°C, y mínimas de 25°C, entre octubre y noviembre. Los vientos de mayor influencia en el clima del departamento son los alisios del noreste, con dirección dominante norte y muy intensos en febrero y marzo; estos vientos son los responsables de la poca lluvia en la faja litoral del departamento, debido a que soplan en dirección de las colinas e impiden la formación de nubes en este sector; a nivel local, el régimen diario de circulación del viento se manifiesta en las brisas mar - tierra que benefician la franja aledaña al litoral.

El régimen anual de lluvias es bimodal, con dos períodos de lluvias, mayo - junio y agosto - noviembre, alternados con dos períodos secos, diciembre - abril y junio - julio; el nivel

de precipitaciones aumenta de norte a sur, mientras en Barranquilla alcanza unos 700 mm, en Santa Lucía es de 1.300 mm. Así mismo, la humedad del aire es mayor en el sur que en el norte del departamento, debido a la evaporación del agua de las ciénagas y el embalse del Guájaro, y la dirección e intensidad de los vientos. Todas las tierras del departamento se encuentran en el piso térmico cálido. (Instituto de Hidrología, 2005)

- ***Hidrografía***

La red hídrica del Atlántico es sencilla debido a la extensión del departamento, al relieve y el clima; el río Magdalena y el Canal del Dique son las corrientes mayores; las restantes aguas continentales las constituyen pequeños cauces como arroyos y caños, y las ciénagas que cubren un área amplia del sur y occidente del departamento. En jurisdicción del departamento del Atlántico se encuentran el embalse del Guájaro y las ciénagas de Luruaco y El Totumo, los cuerpos de agua más importantes; estas ciénagas son evidencia de un antiguo cauce del río Magdalena.

### **3. METODOLOGIA**

A continuación se presenta el proceso metodológico utilizado para la realización y cumplimiento de cada uno de los objetivos propuestos en el presente proyecto.

#### **3.1 FASE I. Exploratoria**

- **Búsqueda de información secundaria del área de estudio**

Para dar cumplimiento con la primera etapa del proceso metodológico se hizo la recopilación de la información existente y actualizada del departamento del Atlántico con el fin de conocer la situación actual del recurso hídrico frente a las condiciones del IRCA. Seguido de esto se definieron los criterios para la selección de los datos que posteriormente serian analizados.

#### **3.2 FASE II. Procesamiento y manejo estadístico de la información**

- **Análisis de la información del SIVICAP**

La base de datos utilizada para el desarrollo del presente proyecto fue suministrada por el Instituto Nacional de Salud (INS), el cual cuenta con un aplicativo encargado de la vigilancia y control del agua potable en todo el país llamado SIVICAP. Esta información se encuentra organizada de tal manera que relaciona: el departamento, municipio, persona prestadora de servicio, descripción del punto de muestreo, ubicación (Rural o urbano), ubicación y descripción de la fuente, ubicación del punto de muestro (Dirección o coordenadas geográficas), tipo de agua (Tratada o sin tratamiento), fecha de muestreo, valor resultante de cada uno de los parámetros medidos (físico, químico y microbiológico), su diagnóstico (aceptable o no según la resolución 2115 de 2007) y el IRCA calculado con su correspondiente nivel de riesgo.

▪ **Definición de criterios para correlacionar los parámetros pertenecientes al cálculo del IRCA**

A continuación se muestran los criterios que fueron establecidos para llevar a cabo las correlaciones estadísticas y su correspondiente análisis.

- Se realizó la revisión de la base de datos del SIVICAP para los años 2012 y 2013.
- Se identificaron los parámetros con mayor frecuencia de análisis en cada punto de muestreo.
- Se escogieron 13 parámetros para el correspondiente análisis
- Se filtró la información por cada municipio perteneciente al departamento del Atlántico
- Se ubicaron los puntos de muestreo y se tomó la información que tuviera mínimo 3 muestras por punto.
- Se realizó la organización de toda la información escogida por municipio y por cada año.
- Utilizando el programa estadístico R como herramienta de análisis de datos, se determina a nivel municipal la relación entre parámetros del IRCA en cada año, usando el método de coeficiente de correlación de Pearson entre las 13 variables definidas anteriormente. Esto con el fin de realizar un análisis de la relación interparametral, para determinar si existe relación entre los parámetros medidos y si podrían presentar una relación lineal y por ende una correlación de Pearson fuerte, moderada, débil o ninguna, representado en un modelo lineal con puntos en un diagrama de dispersión.
- Posteriormente se clasifican los coeficientes obtenidos con base en el artículo de T.D. Prasada y E. Danso-Amoakoa de 2014, como se especifica en la Tabla 3-1 donde se muestran los intervalos de clasificación del coeficiente de correlación de Pearson.

Tabla 3-1. *Clasificación de correlación*

<b>Correlación</b>	<b>Coefficiente de correlación de Pearson</b>
Fuerte	$1 \geq  R  > 0.5$
Moderada	$0.5 \geq  R  > 0.3$
Débil	$0.3 \geq  R  > 0.1$
Ninguna	$0.1 \geq  R  > 0$

Fuente: (Prasada &amp; Danso-Amoakoa, 2014)

▪ **Análisis estadístico entre parámetros del IRCA.**

Debido a que los datos suministrados por el SIVICAP para los dos años de estudio presentaron irregularidades en el cálculo del IRCA se realizó el recalcu de los IRCAS por medio de la siguiente ecuación:

$$IRCA = \frac{\sum \text{puntaje de riesgo por caract. no aceptables}}{\sum \text{puntaje de riesgo de todas las caract. analizadas}} * 100$$

Donde los puntajes de riesgo se definen en la resolución 2115 de 2007, En la se muestran los puntajes de riesgo según los parámetros analizados

Tabla 3-2. *Puntaje de Riesgo*

<i>Característica</i>	<i>Valor Admisible</i>	<i>Puntaje de riesgo</i>	<i>Unidades</i>
Color aparente	15	6	UPC
Turbiedad	2	15	UNT
pH	6,5 – 9,0	1.5	Unidades
Cloro residual libre	0,3-2,0	15	mg/L
Alcalinidad total	200	1	mg/L
Calcio	60	1	mg/L
Fosfatos	0,5	1	mg/L
Manganeso	0,1	1	mg/L
Molibdeno	0,07	1	mg/L
Magnesio	36	1	mg/L
Zinc	3	1	mg/L
Dureza total	300	1	mg/L
Sulfatos	250	1	mg/L
Hierro total	0,3	1.5	mg/L

<i>Característica</i>	<i>Valor Admisible</i>	<i>Puntaje de riesgo</i>	<i>Unidades</i>
Cloruros	250	1	mg/L
Nitratos	10	1	mg/L
Nitritos	0,1	3	mg/L
Aluminio (Al <sup>3+</sup> )	0,2	3	mg/L
Fluoruros	1	1	mg/L
COT	5	3	mg/L
Coliformes totales	0	15	UFC/100cm <sup>3</sup>
Escherichia coli	0	25	UFC/100cm <sup>3</sup>
Sumatoria de puntajes asignados		100	

Fuente: Ministerio de la Protección Social y MAVDT, Resolución 2115 de 2007.

- Luego de recalcular el IRCA e identificar el nivel de riesgo municipal se realiza el análisis del comportamiento del índice mensual para cada año de estudio.
- **Correlación entre parámetros del IRCA**
  - Se Calculó el coeficiente de Pearson para determinar las correlaciones entre los parámetros que componen el IRCA.
  - Se clasificaron los coeficientes obtenidos con base en el artículo de T.D. Prasada y E. Danso-Amoakoa de 2014 en correlación fuerte, moderada, débil y ninguna.
  - Se analizaron los resultados obtenidos de las correlaciones.
  - Se analizaron los parámetros que se correlacionan linealmente y se determinó teóricamente si la relación estadística existe.

### **3.3 FASE III. Análisis estadístico entre variables meteorológicas y condiciones físico-geográficas con el IRCA.**

Con base en el recálculo del IRCA mensual en la etapa anterior, se obtienen los datos a correlacionar con las variables meteorológicas, precipitación y temperatura, para los meses con datos disponibles. Determinando previamente los criterios de selección de datos a analizar para el desarrollo de esta etapa.



Cálculo del Coeficiente de Pearson entre el resultado del IRCA mensual con los datos de precipitación y temperatura en cada municipio, obtenidos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM, para determinar la influencia de las variables meteorológicas en el IRCA.

Análisis de la posible relación en la distribución mensual de las variables meteorológicas ya mencionadas con el comportamiento del IRCA, de acuerdo a la fuerza de correlación obtenida y la significación del coeficiente; utilizando fuentes secundarias como estudios climatológicos a nivel departamental de los años referentes al análisis, para evidenciar el comportamiento del IRCA respecto a las características climáticas en cada municipio. Además del análisis estadístico respecto a las correlaciones obtenidas, se desarrolla un análisis conceptual del IRCA con las condiciones físico-geográficas del área de estudio, identificando la relación de la ubicación geográfica con el resultado del IRCA y utilizando la información previamente seleccionada de estudios de zonificación climática, hidrografía y geomorfología de la región.

#### **3.4 FASE IV. Procesamiento de la información para realización de los mapas temáticos**

Con el fin de mostrar la influencia que tiene la ubicación geográfica y las condiciones climáticas del departamento del Atlántico con los valores reportados del IRCA, se realizan mapas temáticos para representar gráficamente las características geográficas que inciden en la calidad del agua para consumo humano que se distribuyó en el departamento en los años 2012 y 2013.

Para el cumplimiento de este objetivo se toman en cuenta las coordenadas de las personas prestadoras del servicio de acueducto reportadas por la base de datos del SIVICAP y la ubicación de las estaciones meteorológicas que hacen parte de la red Meteorológica del IDEAM que se encontraban en funcionamiento en los años objeto de estudio, para luego ser plasmadas en el mapa socio-político del departamento utilizando el aplicativo ArcGis, como herramienta de georreferencia espacial. Se utilizó el programa Excel con el fin de organizar los datos obtenidos,

ya que es un sistema práctico para poder realizar la tabla de atributos en el ArcGis (Ver Anexo 5. Tablas de Atributos) y de igual forma diseñar cada uno de los mapas temáticos.

Para la realización de los mapas temáticos de climatología, fue necesario emplear previamente el programa informático Google Earth, ya que las coordenadas de las estaciones meteorológicas tenían que ser convertidas a coordenadas geográficas para poder ser representadas en ArcGis. Luego de plasmar la información suministrada por el IDEAM, se observó que la información es deficiente y por esta razón estos mapas fueron discriminados ya que no se contaba con la información suficiente y no mostraban ninguna representatividad en el trabajo de grado.

En cuanto al mapa de las personas prestadoras de servicio se encontraron 13 empresas dedicadas a la distribución de agua para consumo humano en el departamento del Atlántico las cuales realizan el cubrimiento del 98% del territorio Atlánticense.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Análisis comportamiento del IRCA en el Departamento del Atlántico

Para poder analizar el comportamiento del IRCA en el Departamento fue necesario determinar el número de muestras tomadas por parámetro en cada uno de los años de estudio.

En la Tabla 4-1 se muestra el número de muestras analizadas en los 23 municipios pertenecientes al Departamento del Atlántico y su respectivo porcentaje, con el fin de evidenciar la frecuencia de medición de los parámetros que se involucran en el cálculo del IRCA.

Tabla 4-1. *Número de muestras analizadas en el departamento del Atlántico*

Parámetro	Año 2012		Año 2013	
	Total Muestras 890		Total Muestras 2137	
	Muestras por Parámetro	Porcentaje (%)	Muestras por Parámetro	Porcentaje (%)
<b>Coliformes Fecales</b>	890	100	2137	100
<b>Turbidez</b>	890	100	2137	100
<b>Ph</b>	890	100	2137	100
<b>Cloro Residual</b>	890	100	2137	100
<b>Alcalinidad</b>	274	30,79	744	34,82
<b>Calcio</b>	246	27,64	739	34,58
<b>Fosfatos</b>	268	30,11	737	34,49
<b>Dureza Total</b>	274	30,79	741	34,67
<b>Sulfatos</b>	274	30,79	650	30,42
<b>Cloruros</b>	272	30,56	741	34,67
<b>Coliformes Totales</b>	888	99,77	2128	99,58
<b>Ecoli</b>	889	99,88	2136	99,95
<b>Conductividad</b>	834	93,70	2085	97,57
<b>Color aparente</b>	0	0	0	0
<b>Magnesio</b>	0	0	0	0
<b>Molibdeno</b>	0	0	0	0
<b>Manganeso</b>	0	0	0	0

Parámetro	Año 2012		Año 2013	
	Total Muestras 890		Total Muestras 2137	
	Muestras por Parámetro	Porcentaje (%)	Muestras por Parámetro	Porcentaje (%)
<b>Zinc</b>	0	0	0	0
<b>Hierro Total</b>	0	0	0	0
<b>Nitritos</b>	0	0	0	0
<b>Nitratos</b>	0	0	0	0
<b>Aluminio</b>	0	0	0	0
<b>Fluoruros</b>	0	0	0	0
<b>COT</b>	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia

Para el año 2012 se reportó un total de 890 muestras, donde los parámetros medidos con mayor frecuencia fueron: coliformes, turbidez, pH, cloro residual, coliformes totales y E coli, con porcentajes mayores al 99%. Por otro lado la conductividad con un porcentaje del 93,7% fue el parámetro con la segunda mayor frecuencia de medición, seguido de la alcalinidad, calcio, fosfatos, dureza total, sulfatos y cloruros, los cuales tuvieron una frecuencia mucho menor al de los parámetros antes mencionados con un porcentaje entre el 27 y 30%.

Para el año 2013 se reportó un total de 2137 muestras, donde los parámetros medidos con mayor frecuencia fueron: coliformes, turbidez, pH y cloro residual con un porcentaje del 100%, seguido por los coliformes totales, E coli y conductividad los cuales registraron porcentajes mayores al 99% en frecuencia de medición. La alcalinidad, calcio, fosfatos, dureza total, sulfatos y cloruros, al igual que en el año 2012 reportaron porcentajes de medición menores que los parámetros ya mencionados encontrándose entre el 30 y el 35%. Cabe resaltar que el resto de parámetros señalados en la Tabla 4-1 y que pertenecen al cálculo del IRCA no fueron medidos en ningún municipio en ninguno de los dos periodos comprendidos entre los años 2012 y 2013.

Con respecto a lo anterior se puede observar el aumento en la medición existente en cuanto a la cantidad de muestras tomadas y analizadas en el año 2012 con respecto al año 2013. Sin embargo, la actividad de vigilancia no alcanzó a cubrir el mínimo de 3.600 muestras requeridas, de acuerdo al Capítulo VI de la Resolución 2115 de 2007. Adicionalmente se

evidencio que no se midieron los 22 parámetros definidos para el cálculo del IRCA, lo cual conlleva a que el valor reportado del mismo sea incorrecto.

Con el fin de demostrar las irregularidades en los valores reportados por el aplicativo SIVICAP, se toma como referencia una muestra analizada en el municipio de Luruaco, de la cual se realizó la medición de un total de 11 parámetros, encontrando que la turbiedad, calcio, hierro total y coliformes totales sobrepasaron los valores máximos aceptables (Según la Resolución 2115 de 2007). Por lo anterior, la base de datos del SIVICAP reportó un valor de IRCA de 38.1, registrando un nivel de riesgo alto.

Teniendo en cuenta la Ecuación 3, se realizó el cálculo del IRCA, donde se obtuvo un valor de 50.7. Aunque este valor también representa un nivel de riesgo alto se puede demostrar que este índice no fue calculado correctamente como se muestra a continuación.

$$IRCA = \frac{\sum \text{puntaje de riesgo por caract. no aceptables}}{\sum \text{puntaje de riesgo de todas las caract. analizadas}} * 100$$

*Ecuación 3: Cálculo del IRCA por muestra. Fuente: Resolución 2115 de 2007*

$$IRCA_m = \frac{15 + 1 + 1 + 15}{15 + 1.5 + 15 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1.5 + 1 + 25} * 100 = \frac{32}{63} * 100 = 50.7$$

Por esta razón se realizó un cálculo propio de IRCA con el fin de reducir las inconsistencias en los datos utilizados para el desarrollo del proyecto. (Ver anexo 1. Tabla valores de IRCA mensual recalculado por cada municipio).

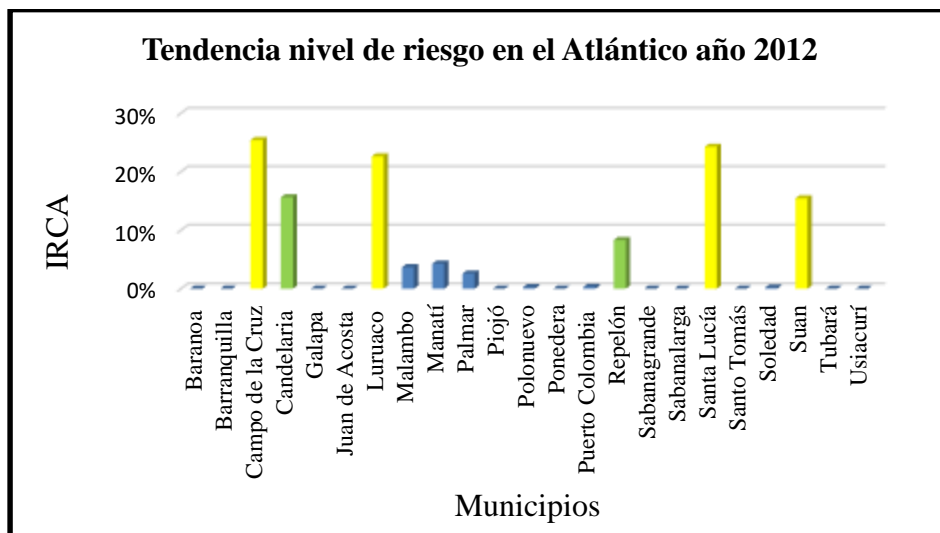
En la Tabla 4-2 se muestra el valor del IRCA calculado para los años 2012 y 2013 en cada uno de los 23 municipios del departamento del Atlántico.

Tabla 4-2. Valores del IRCA año 2012 y 2013

Nº	Municipio	IRCA Año 2012	IRCA Año 2013
1	Baranoa	0,00	12,77
2	Barranquilla	0,00	0,00
3	Campo de la Cruz	25,39	31,23
4	Candelaria	15,63	19,59
5	Galapa	0,00	0,64
6	Juan de Acosta	0,00	5,96
7	Luruaco	22,61	43,72
8	Malambo	3,68	17,91
9	Manatí	4,28	2,78
10	Palmar	2,59	0,00
11	Piojó	0,00	0,00
12	Polo Nuevo	0,27	2,82
13	Ponedera	0,00	0,13
14	Puerto Colombia	0,32	0,28
15	Repelón	8,30	31,38
16	Sabanagrande	0,00	0,00
17	Sabanalarga	0,00	21,65
18	Santa Lucía	24,26	12,04
19	Santo Tomás	0,00	0,00
20	Soledad	0,18	2,07
21	Suan	15,43	7,00
22	Tubará	0,00	2,67
23	Usiacurí	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia

El IRCA consolidado para cada municipio del Atlántico en el año 2012 muestra que el 73.9% de los municipios muestran una tendencia sin riesgo, un 8.7% riesgo bajo y un 17.4% Riesgo medio, lo cual indica que en este año no se reportó ningún municipio con riesgo alto o inviable sanitariamente. (Ver Figura 4-1).

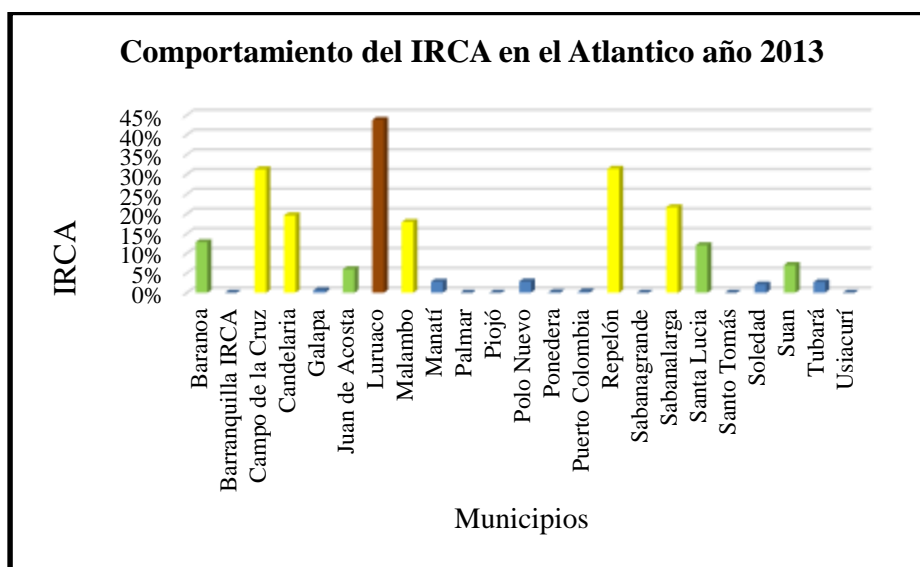


Convención					
Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Inviabile Sanitariamente	No Registra
0-5	5.1-14	14.1-35	35.1-80	80.1-100	

Figura 4-1. Tendencia nivel de riesgo en el Atlántico año 2012

Fuente: elaboración propia

Por otro lado en el año 2013 se reportó un 56.52% de los municipios sin riesgo, un 17.39% con riesgo bajo, un 21.74% con riesgo medio y finalmente un 4.35% riesgo alto. En el año 2013 al igual que en el 2012 ningún municipio presenta riesgo alto o inviable sanitariamente. (Ver Figura 4-2).



Convención					
Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Inviabile Sanitariamente	No Registra
0-5	5.1-14	14.1-35	35.1-80	80.1-100	

Figura 4-2. *Tendencia nivel de riesgo en el Atlántico año 2013.*

Fuente: elaboración propia

#### 4.1.1 Comentarios

Se identificó en este primer análisis de datos del SIVICAP, que los valores del IRCA no se encuentran calculados de manera correcta ya que no se realizó la medición de los 22 parámetros requeridos en la Resolución 2115 de 2007, por cada muestra tomada y adicionalmente no había coherencia entre los datos reportados y el resultado del IRCA por muestra calculado. Por consiguiente se efectuó el recalcu del IRCA para todos los municipios del Departamento con el fin de registrar de manera más precisa el nivel de riesgo en cuanto a la calidad de agua para consumo humano que existe en el Atlántico.

Igualmente se identifica que para la cantidad de población no se toma el mínimo de 3.600 muestras exigidas en el acuerdo del Capítulo VI de la Resolución 2115 de 2007.

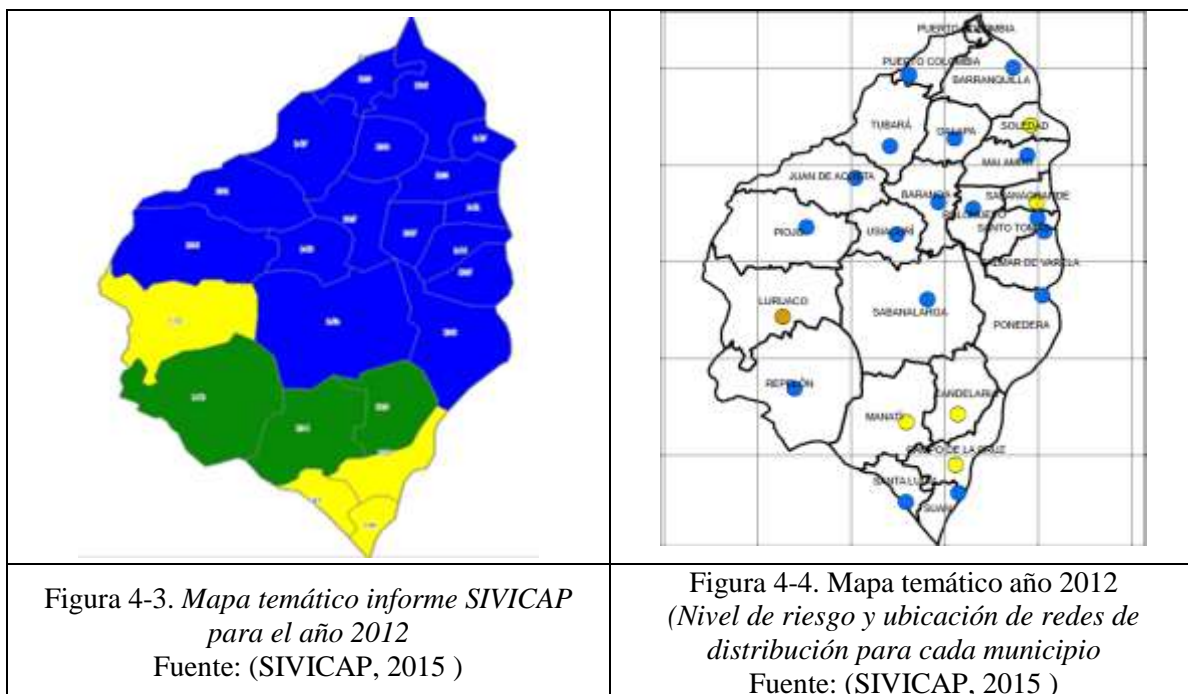
#### 4.2 Datos SIVICAP Vs IRCA recalculado.

Teniendo en cuenta el recalcu del IRCA realizado anteriormente y la información del aplicativo SIVICAP para los años objeto de estudio se realizan mapas temáticos con el fin de presentar las diferencias encontradas entre la base de datos analizada y la información que se encuentra disponible en la Secretaría de Salud.

##### 4.2.1 Mapa Temático IRCA 2012

Tomando los valores de IRCA que fueron re calculados y la ubicación geográfica de las redes de distribución de cada una de las personas prestadoras, se realizó un mapa temático donde se puede observar de manera gráfica el nivel de riesgo que tuvieron los municipios del Atlántico en el año 2012, como se puede ver en la Figura 4-4 (Ver Anexo 6. Mapa Temático 2012).





Convención					
Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Inviabile Sanitariamente	No Registra
0-5	5.1-14	14.1-35	35.1-80	80.1-100	

Como se puede observar en la Figura 4-4, 17 de los 23 municipios del departamento del Atlántico no registraron riesgo, cinco registraron valores medios y solamente el municipio de Luruaco registró valor alto. Esto indica que en términos generales el departamento contó con calidad aceptable en cuanto a la distribución del agua para consumo humano.

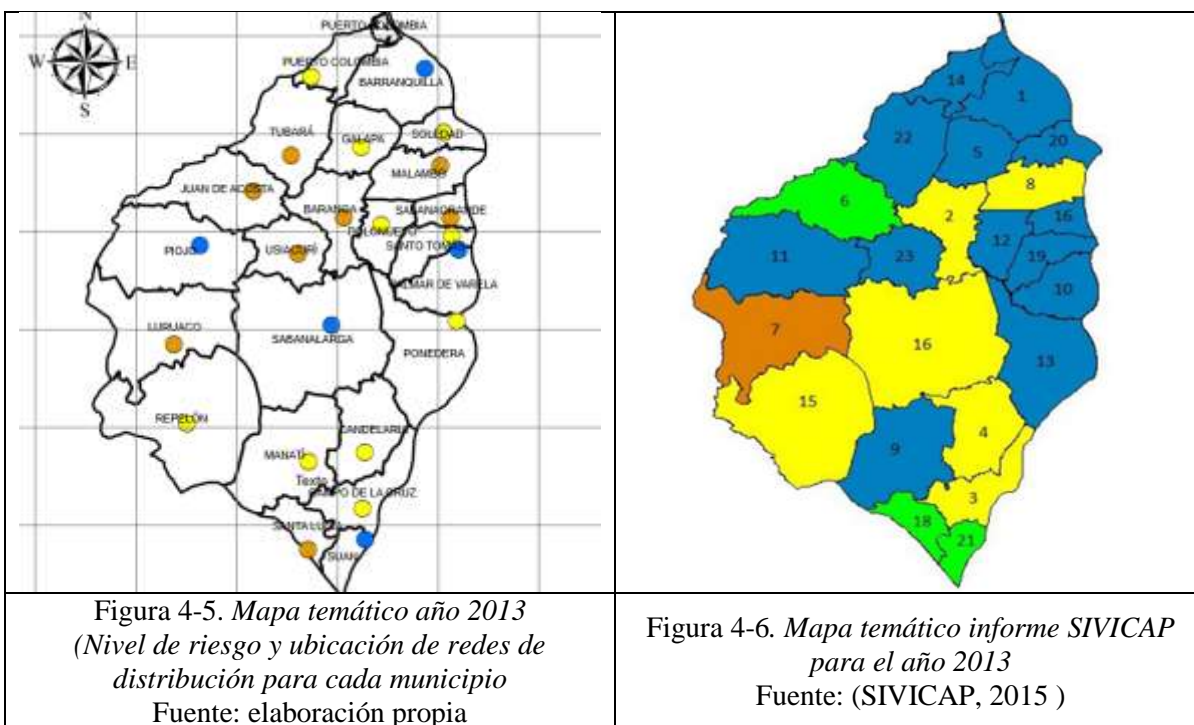
Sin embargo en el informe del SIVICAP para el año 2012 muestra discrepancia entre los datos registrados y los IRCAS obtenidos ya que para municipios como Suan, Santa Lucía y Campo de la Cruz se tienen valores del IRCA con riesgo medio, pero según el cálculo realizado estos valores se registran como sin riesgo para los mismos municipios.

Otra falencia que se observa es que los municipios de Candelaria, Repelón y Manatí se presentan con riesgo bajo, mientras que según los valores obtenidos para el presente proyecto

Estos municipios reportan riesgo medio. De igual forma para el resto del departamento se reporta sin riesgo mientras que según el IRCA re calculado, municipios como Sabanagrande y Soledad presentan riesgo medio y Luruaco riesgo alto. Estas diferencias hacen que se corrobore que los valores de la base de datos obtenidos si se encontraban mal calculados y que se tienen inconsistencias en cuanto a los datos registrados o en cuanto a los informes entregados por la Secretaria de Salud.

### 4.2.2 Mapa Temático IRCA 2013

Al igual que para el año 2013, se tomaron los valores de IRCA que fueron re calculados para el año 2013 y la ubicación geográfica de las redes de distribución de cada una de las personas prestadoras, el cual se muestra en la Figura 4-5. (Ver Anexo 7. Mapa Temático 2013).



Convención					
Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Inviabile Sanitariamente	No Registra
0-5	5.1-14	14.1-35	35.1-80	80.1-100	

En la Figura 4-6, se muestra que a diferencia del año anterior, el departamento empieza a reportar una gran cantidad de municipios que dejaron de estar en el nivel Sin Riesgo, para pasar a reportar valores de riesgo bajo y medio, no obstante, observando el según el informe del SIVICAP para el año 2013 se evidencia que los municipios de Barranquilla, Puerto Colombia, Tubará, Galapa y Soledad, se reportan con valor de IRCA sin riesgo, y los municipios de Sabanagrande, Polo Nuevo, Santo Tomas, Palmar de Verela, Ponedera, Piójo, Usiacurí y Manatí de igual forma son representados como municipios sin riesgo en la calidad del agua, pero entre los datos de nuestra base de datos y los expuestos por el SIVICAP solo los municipios de Piójo y Santo Tomas coinciden en la representación del IRCA.

De igual forma se evidencia otra inconsistencia de datos entre los municipios como Sabanagrande Polo Nuevo, Sabanalarga y Repelón ya que son representados con valores de calidad media en el SIVICAP, pero en la base de datos de estudio cuentan con valores altos, solo dos de los municipios como Repelón y Polo Nuevo coinciden con el mismo nivel de riesgo dentro de la presentación del mapa temático y el del SIVICAP.

### **4.2.3 Comentarios**

Dentro de los mapas temáticos plasmados para cada uno de los años se puede evidenciar que en año 2012 la tendencia del índice de calidad de agua es sin riesgo, y para el año 2013 empiezan a identificarse áreas que se encontraban sin riesgo a un riesgo medio. De igual forma se siguen evidenciando inconsistencias en la información encontrada en el aplicativo SIVICAP, ya que hubo grandes discrepancias en la comparación de los mapas de elaboración propia y en los que suministra la Secretaria de Salud del Departamento.

El único nivel de riesgo que no presenta cambios ni coincidencias entre los años 2012 y 2013 es el Inviabile Sanitariamente, Sin embargo no se puede dejar de lado las inconsistencias en los cálculos y los parámetros requeridos por la norma que no se miden.

### 4.3 Análisis de correlación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Para el desarrollo de este subcapítulo se realizaron gráficas interparametrales de las 13 variables que hicieron parte del cálculo del IRCA, con el fin de establecer los parámetros que se relacionan linealmente entre sí. Teniendo en cuenta esto, se utilizó el método de correlación estadístico de Pearson para determinar si estos parámetros presentan correlación fuerte, moderada, débil o ninguna, mediante el programa estadístico R.

A continuación se presenta un ejemplo del análisis gráfico que se realizó para determinar los parámetros que presentarían una correlación significativa para el objeto de estudio.

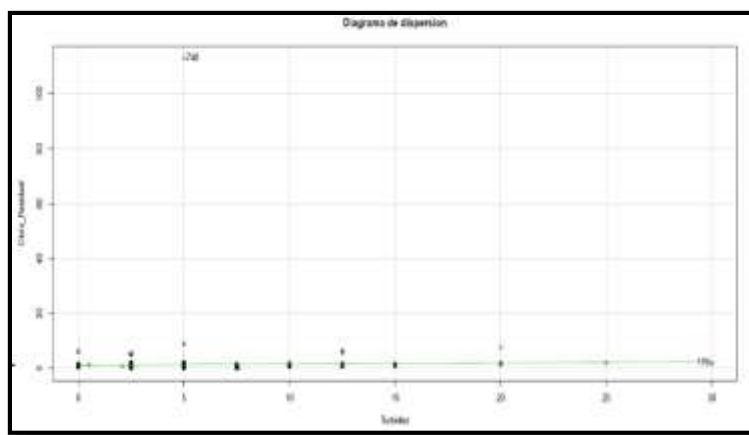


Figura 4-7. *Diagrama de dispersión Turbidez Vs Cloro Residual*  
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4-7 se puede observar que no existe relación lineal entre la Turbidez y el cloro residual, ya que teóricamente se conoce que la turbidez es causada por las corrientes del agua, desechos domésticos y/o industriales, sólidos suspendidos o disueltos en el agua, (Pérez), y el cloro residual es el cloro que después de reaccionar con la materia orgánica y otros microorganismos queda en el agua luego del tratamiento de desinfección dentro de la planta de tratamiento de agua potable. Cabe resaltar que esta cloración se realiza de forma líquida, lo que hace menos probable la formación de sólidos que puedan contribuir con el aumento de la Turbidez. De igual forma, la reacción que interviene en la formación del cloro residual no tiene relación directa ni inversa en el aumento de la turbidez.

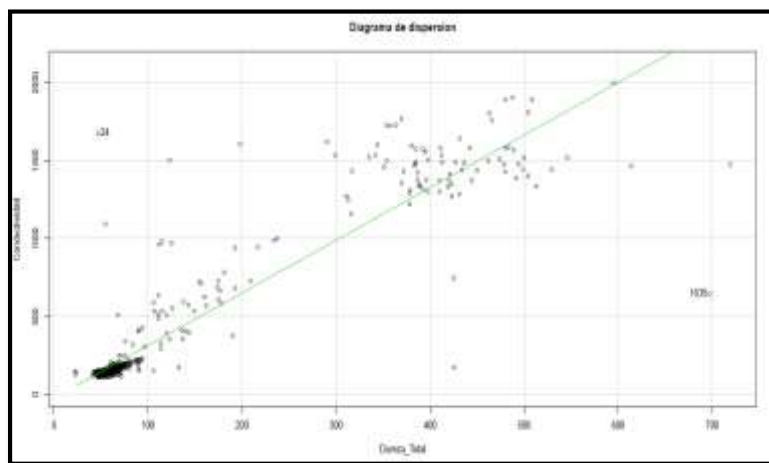


Figura 4-8. *Diagrama de dispersión Dureza Total Vs Conductividad*  
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4-8 se observa la relación que existe entre la dureza total y la conductividad, ya que la dureza se presenta principalmente por los cationes de calcio y de magnesio que comúnmente se encuentran en las aguas naturales debido a formaciones geológicas por las cuales transita el agua y la conductividad está relacionada con la concentración de las sales en disolución, cuya disociación genera iones capaces de transportar la energía eléctrica. (Pérez). Por consiguiente estos parámetros son altamente correlacionables. Cabe resaltar que la precipitación de sales de calcio en las tuberías reduce la capacidad hidráulica con el tiempo y puede influenciar directamente el aumento en el pH produciendo problemas en algunos tratamientos biológicos.

Luego de la identificación de los parámetros que se relacionan entre sí, se procedió a determinar el coeficiente de Pearson para establecer el rango de correlación al que hacen parte los parámetros del IRCA y su relación teórica.

En la Tabla 4-3 y Tabla 4-4 se presenta el resumen de los rangos de correlación al que hacen parte los parámetros analizados correspondientes al coeficiente de Pearson para el año 2012 y 2013.

Tabla 4-3. *Rango de correlación de parámetros analizados año 2012*

<b>Correlación fuerte</b>	<b>Correlación Moderada</b>	<b>Correlación débil</b>	<b>Sin correlación</b>
Alcalinidad – Cloro Res.	Alcalinidad – Calcio	Alcalinidad – Cloruros	Alcalinidad – Conductividad
Calcio – Cloruros	Alcalinidad - Fosfatos	Alcalinidad – Coliformes	Alcalinidad – pH
Calcio – Ph	Alcalinidad – Turbidez	Alcalinidad – Dureza total	Calcio – Coliformes
Sulfatos – Calcio	Cloruros – Sulfatos	Alcalinidad – Sulfatos	Calcio – Conductividad
Cloruros – Dureza total	Cloruros - Conductividad	Cloro residual – Fosfatos	Calcio – Turbidez
Conductividad – Dureza	Calcio – Fosfatos	Cloro residual – pH	Cloro residual – Coliformes
	Coliformes - Turbidez	Coliformes – Sulfatos	Cloro residual – Dureza Total
	Dureza total - Sulfatos	Conductividad – Sulfatos	Cloruros – Coliformes
	pH – Fosfatos	Conductividad – Turbidez	Cloruros – Fosfatos
	pH – Sulfatos	Dureza total – Fosfatos	Cloruros – pH
		Dureza total – pH	Cloruros – Turbidez
		Fosfatos – Turbidez	Coliformes – Conductividad
		pH – Turbidez	Coliformes – Dureza total
			Coliformes – Fosfatos
			Coliformes – pH
			Conductividad - Fosfatos
			Conductividad – pH

Fuente: elaboración propia

Tabla 4-4. Rango de correlación de parámetros analizados año 2013.

Correlación fuerte	Correlación Moderada	Correlación débil	Sin correlación
Alcalinidad – Calcio	Alcalinidad – Coliformes	Alcalinidad – pH	Calcio – Coliformes
Alcalinidad – Cloro Residual	Alcalinidad – Coliformes T.	Calcio – pH	Calcio – E. Coli
Alcalinidad – Cloruros	Alcalinidad - E. Coli	Calcio – Turbidez	Cloro Res. – Coliformes
Alcalinidad Conductividad	Alcalinidad – Turbidez	Calcio – Coli. Totales	Cloruros – pH
Alcalinidad – Dureza total	Calcio – Fosfatos	Cloro Res. – Cloruros	Cloruros – Turbidez
Alcalinidad – Fosfatos	Coliformes – Turbidez	Cloro Res. – E. Coli	Coliformes – Coli. Totales
Alcalinidad – Sulfatos	Dureza total - Sulfatos	Cloro Res. – Fosfatos	Coliformes – E. Coli
Calcio – Cloruros	pH – Fosfatos	Cloro Res. – Sulfatos	Coliformes – pH
Calcio – Conductividad	pH – Sulfatos	Cloruros – Coli. Totales	Coliformes – Turbidez
Calcio – Dureza total	Sulfatos – Turbidez	Cloruros – E. Coli	Coli. Totales – Fosfatos
Calcio – Sulfatos		Coli. Totales Conductividad	E. Coli – pH
Cloruros – Coliformes		Coli. Totales – Dureza Total	E. Coli – Turbidez
Cloruros – Conductividad		Coli. Totales – Sulfatos	Fosfatos - Turbidez
Cloruros – Dureza total		Conductividad – E. Coli	pH – Sulfatos
Cloruros – Fosfatos		Conductividad – pH	Sulfatos – Turbidez
Cloruros – Sulfatos		Dureza Total – E. Coli	
Coliformes Conductividad		Dureza Total – pH	
Coliformes – Dureza total		E. Coli – Sulfatos	
Coliformes – Fosfatos		E. Coli- Fosfatos	
Coli. Totales – pH		Fosfatos – pH	
Conductividad – Dureza T.			
Conductividad – Fosfatos			
Conductividad – Sulfatos			
Dureza total – Fosfatos			
Dureza total – Sulfatos			
Fosfatos – Sulfatos			

Fuente: elaboración propia

Para los años 2012 y 2013 se presentaron correlaciones fuertes y moderadas entre los siguientes parámetros: alcalinidad, conductividad, calcio, cloruros, dureza total, fosfatos y sulfatos. Esto debido a que estos parámetros químicos en su mayoría están compuestos de sales cálcicas y/o magnésicas, las cuales en concentraciones altas se caracterizan por causar corrosiones en las tuberías y alterar el pH del agua.

Las sales de calcio generalmente se presentan en el agua por la disolución de sulfatos y a su vez la presencia de estos sulfatos en aguas para consumo humano provoca sabores amargos. Los cloruros se presentan en concentraciones abundantes en los ríos donde es típico su incremento a lo largo de su recorrido.

Otra de las correlaciones obtenidas con rango moderado es Coliformes y turbidez. Esta relación puede presentarse debido a que una de las causas del aumento en la turbidez es el crecimiento de microorganismos, que se alimentan de materia orgánica la cual se encapsula, generando un ambiente óptimo para el desarrollo de los mismos debido a los ácidos húmicos y otras partículas orgánicas; las cuales ofrecen el sustrato necesario para su subsistencia. (Lenntech, 2015).

Por otro lado el pH encuentra una relación moderada con los sulfatos y fosfatos, lo cual corresponde a la reacción de los sulfatos con pH superior a 8.0, contribuyendo a la aparición de sulfatos en el agua. (Pérez).

En el Anexo 2 y Anexo 3. Se presentan las gráficas interparámetros para los años 2012 y 2013 respectivamente, que se obtuvieron para el análisis previo y las tablas donde se muestra la correlación de Pearson en todos los parámetros evaluados.

#### **4.4 Análisis de variables meteorológicas**

Para el análisis de la influencia de los aspectos climatológicos y el IRCA, fue necesario realizar la solicitud de la información disponible con respecto a las estaciones activas y a las variables de Precipitación y Temperatura en el departamento del Atlántico para los años 2012-2013, al Instituto de Hidrología, Meteorología y de Estudios Ambientales (IDEAM). Teniendo en cuenta la disponibilidad de información se seleccionaron 10 estaciones que contaban con la información requerida, no obstante, cabe aclarar que solo cuatro de estas cuentan con información de los dos parámetros las cuales se encuentran ubicadas en los municipios de Campo de la Cruz, Malambo, Repelón y Sabanalarga, mientras que las cinco restantes solo contienen información de precipitación, lo cual dificultó el análisis significativamente y se ubican en los municipios de Luruaco, Candelaria, Polo Nuevo, Ponedera, Usiacurí y Baranoa. Es importante resaltar que el resto del departamento no cuenta con estaciones meteorológicas activas.



#### 4.4.1 Influencia de las variables de temperatura y precipitación en el IRCA

Se encontró que cinco de las estaciones meteorológicas seleccionadas para el presente análisis son de tipo pluviométrico (PM), lo que significa que tienen un pluviómetro o recipiente que permite medir la cantidad de lluvia caída entre dos mediciones realizadas consecutivas, una estación pluviográfica (PG), donde se puede realizar de forma continua y mecánica un registro de las precipitaciones, permitiendo conocer la cantidad, intensidad, duración y período en que ha ocurrido la lluvia, una estación es de categoría Climatológica Ordinaria (CO), tienen que estar provista obligatoriamente de psicrómetro, de un pluviómetro y un pluviógrafo, para así poder medir la precipitación y la temperatura de manera instantánea y por último dos son de categoría Climatológica Principal (CP), provistas para realizar observaciones del tiempo atmosférico actual, cantidad, visibilidad, precipitaciones, temperatura del aire, humedad, viento, radiación solar, evaporación y otros fenómenos especiales, normalmente se realizan unas tres mediciones diarias

Para los análisis de la influencia de las variables climatológicas con los valores del IRCA calculados se tuvo en cuenta los valores totales mensuales de precipitación (mm) y los valores medios mensuales de temperatura (°C) de cada uno de los años objeto de estudio. En cuanto a los datos del IRCA, se relaciona el valor reportado por mes. (Ver Anexo 4. Estaciones Meteorológicas).

En la Tabla 4-5 se muestra la relación entre las variables meteorológicas y los IRCA mensuales en los años 2012 – 2013, tomando como ejemplo el municipio de Sabanalarga. Para cada año se relacionan valores mensuales de Precipitación (mm) y Temperatura (°C) junto con el IRCA Mensual, donde se obtuvo un IRCA sin riesgo para el año 2012 de abril a diciembre y para el año 2013 se evidencia un IRCA sin riesgo en los meses de abril y junio, riesgo bajo en el mes de marzo, riesgo medio en los meses de enero, febrero, mayo, julio, septiembre, noviembre y diciembre y por último riesgo alto en los meses de agosto y octubre.

Tabla 4-5. *Relación Variables de Precipitación y Temperatura con el IRCA Mensual para el municipio de Sabanalarga. Año 2012-2013*

Año	Variabes\ Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2012	Temperatura (°C)	27,5	28,1	28,4	28,7	29,3	28,8	29,2	29,4	29	28,6	25,8	29
	Precipitación (mm)	0	0,2	0	81,3	94,2	113,8	106,5	120,8	127	211,7	48,7	0
	IRCA Mensual				0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	Temperatura (°C)	29,3	29	29,1	30,3	28,7	28,8	28,2	28	27,8	27,9	27,9	27,6
	Precipitación (mm)	0	0	20,5	65,4	221,6	135,2	170,2	115	195,9	87,6	140,8	123,3
	IRCA Mensual	24,96	15,77	8,13	0,00	29,50	1,42	24,52	36,49	20,35	35,92	34,85	27,89

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4-9 se presenta el comportamiento mensual de la temperatura expresada en grados Celsius, donde se puede observar que el valor máximo de temperatura se reportó en el mes de agosto (29,4 °C), y el valor mínimo en el mes de enero (27,5 °C), para el año 2012, por otro lado para el año 2013 el valor mínimo de temperatura se presenta en el mes diciembre (27,6 °C), y el valor máximo de temperatura reportado tuvo lugar en el mes de abril (30,3°C).

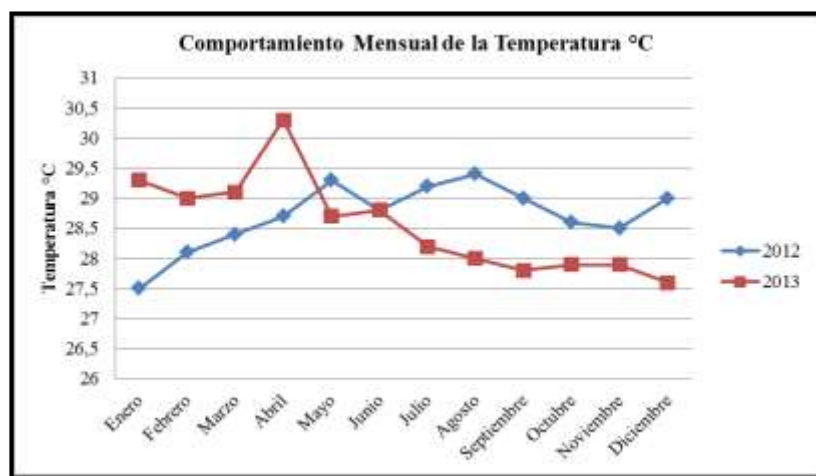


Figura 4-9. *Comportamiento mensual de la Temperatura °C. Municipio Sabanalarga*

Fuente: Elaboración propia

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Se observa que para ambos años se presentaron picos máximos de Precipitación, para el año 2012. En el mes de octubre se registró (211,7 mm), en el siguiente año el valor disminuyó para el mismo mes (87,6 mm) y se registró un valor máximo de precipitación en el mes de mayo (221,6 mm).

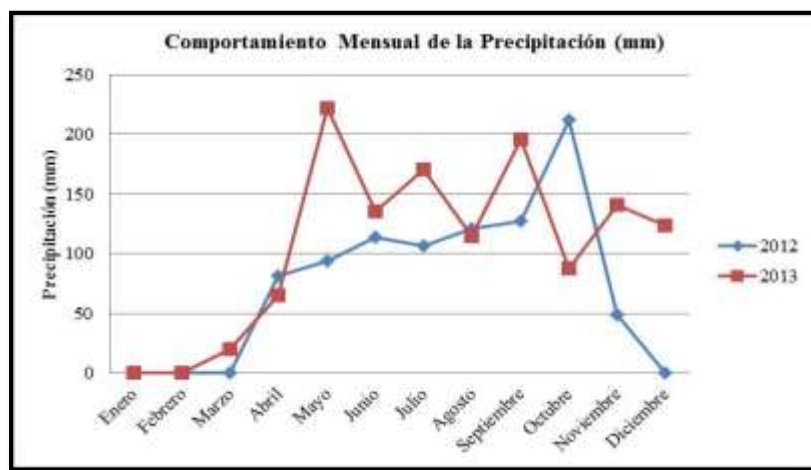


Figura 4-10. *Comportamiento mensual de la Precipitación (mm).*

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta el comportamiento de las variables meteorológicas en el municipio de Sabanalarga en los 2 años de estudio, se realizó la comparación de la precipitación con el IRCA mensual, realizando una conversión de los datos de precipitación a porcentaje para poder compararlos con el resultado del IRCA. En el año 2012 se evidencia que no existe ninguna relación entre el aumento o disminución de la precipitación con el Índice de Calidad ya que en la totalidad del año el IRCA registrado es cero. Caso contrario con el año 2013 donde el IRCA presenta oscilaciones durante todo el año, sin embargo no se evidencia ninguna relación entre el aumento del riesgo con el aumento o disminución de la precipitación en este municipio. Ver Figura 4-11.

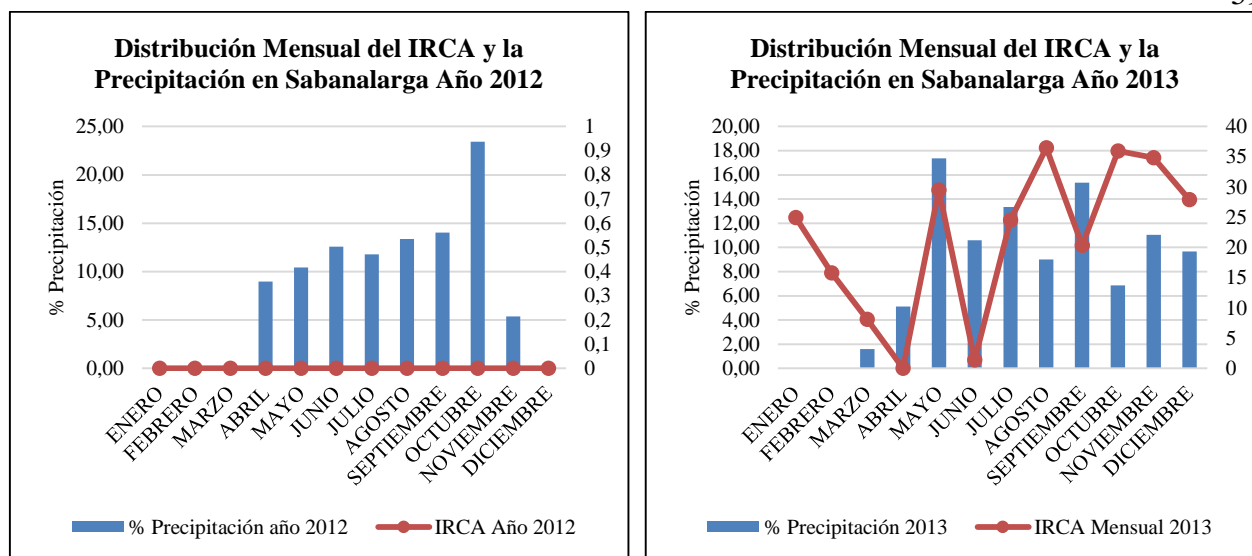


Figura 4-11. *Distribución Mensual de la Precipitación y del IRCA Mensual en el Municipio de Sabanalarga en los Años 2012 – 2013*

Fuente: elaboración propia

Por otro lado en el municipio de Campo de la Cruz se reportaron valores similares de temperatura en el primer semestre del año 2012 donde la temperatura mínima se presentó en el mes de marzo (26,2 °C) y la máxima en el mes de junio (28,5) con un aumento de 2.3°C. Cabe resaltar que en segundo periodo del mismo año no se registró ningún valor de temperatura.

Para el año 2013 la medición se realizó en los 12 meses del año y se reportaron valores mínimos en los meses de enero (26,3 °C) y febrero (26,5 °C) y máximos en los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre con temperaturas entre los 28 y 28.4 °C.

En cuanto a la precipitación en el año 2012, no se registraron lluvias desde enero hasta el mes de marzo, se reportó un valor mínimo en el mes de julio (0,2 mm) y valores máximos de lluvia en los meses de mayo (226,2 mm) y octubre (223,7 mm). Cabe aclarar que no se registró medición en los meses de noviembre y diciembre. En el año 2013 al igual que el año anterior no se registraron lluvias en los tres primeros meses del año, valor mínimo en el mes de abril (3,8 mm) y valor máximo en el mes de septiembre (439,7 mm).

Por otro lado el comportamiento del IRCA no reporta datos para los meses de febrero, marzo, abril y junio, y se evidencia riesgo bajo para el mes de noviembre, riesgo medio en los

meses de enero, mayo, julio, agosto, septiembre, octubre y riesgo alto en el mes de diciembre, en el año 2012. Para el año siguiente y al igual que en el anterior no se registran datos en los meses febrero, junio, julio y septiembre. En cuanto al riesgo presentado en el resto de meses se encuentra: riesgo medio en los meses de marzo, abril, agosto, octubre y diciembre, y riesgo alto en los meses de enero, mayo y noviembre.

En el Municipio de Repelón el comportamiento tanto de la temperatura como de la precipitación es similar en los años 2012 -2013 registrando valores máximos de temperatura entre 28,9 y 28,8 y mínimos entre 26,2 y 26,8°C respectivamente, al igual que en la precipitación donde se observan máximos entre los 266,9 y 293,2 mm y mínimos entre 3,2 y 13,4 mm de lluvia.

Como se mencionó anteriormente solo 4 municipios reportan datos de las variables meteorológicas que son objeto de estudio. Por otra parte el Índice de Riesgo de Calidad de Agua en este municipio no reportó valores en los meses de enero, marzo, abril, mayo y agosto, en los meses de febrero, octubre y diciembre los índices reportados son cero, lo cual indica que no existe ningún tipo de riesgo, en los meses de junio, julio, septiembre y noviembre se registraron valores entre los 7,04 a 18,78 lo cual indica niveles de riesgo bajos y medios respectivamente.

Por último, Malambo, es el cuarto municipio que registra valores tanto de temperatura como de precipitación para los años de estudio, teniendo como falencia que solo reportó datos en los tres primeros meses del año para los dos parámetros en el año 2012, Sin embargo, en el año siguiente se subsana este error y se registraron datos para los 12 meses del año. Por lo cual el comportamiento de la temperatura para este periodo se mantuvo constante entre los 28,1 y 28,9 °C, en cuanto a la precipitación no se reportan lluvias en el primer trimestre del año, así como picos de precipitación máximos en los meses de Mayo, junio, agosto, septiembre y octubre.

Como se mencionó anteriormente los municipios de Luruaco, Candelaria, Polo Nuevo, Ponedera, Usiacurí y Baranoa solo cuentan con información registrada de precipitación, donde en estos seis muestra un comportamiento similar en la dinámica de lluvias durante el año, ya que

al igual que municipios analizados anteriormente no se registran precipitaciones en los tres primeros meses del año, los máximos se presentan en los meses de abril y mayo y de agosto a octubre.

En cuanto al comportamiento del IRCA, estos municipios también se caracterizan por una fuerte falencia en cuanto a la información en el año 2012 puesto que no se registran datos o en su defecto el valor del Índice calculado es cero, esto en el caso de Luruaco, Baranoa y Ponedera, mientras que en municipios como Usiacurí el primer semestre del año refleja IRCAS en cero y la segunda mitad presenta IRCAS elevados llegando hasta riesgo alto en el mes de septiembre, Como se muestra en la Figura 4-13

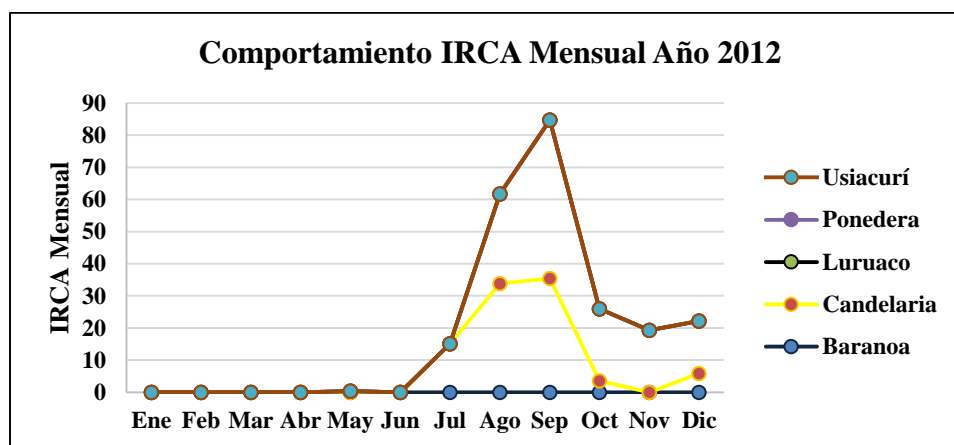


Figura 4-12. *Comportamiento IRCA Mensual año 2012*  
Fuente: elaboración propia

Para el año 2013 se presentan Índices altos en el municipio de Luruaco en el 85% del año, el 15% restante se encuentra entre niveles bajos y medios. Para el resto de municipios se registran valores sin riesgo en el 90% de los meses del año y en el 10% sobrante se registran riesgos bajos y medios. Como se presenta en la Figura 4-13.

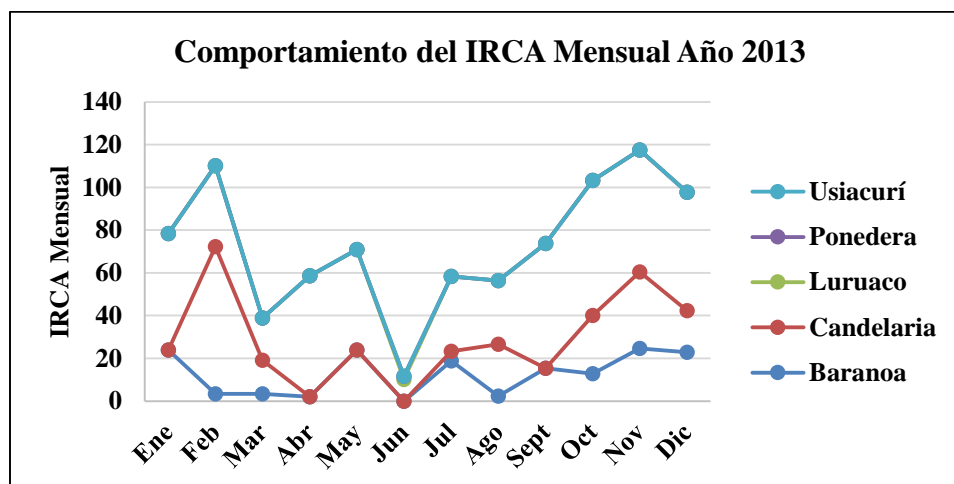


Figura 4-13. *Comportamiento IRCA Mensual año 2013*  
Fuente: elaboración propia

Teniendo conocimiento de los datos meteorológicos de los municipios ya mencionados y una vez expuesto el régimen climatológico que caracteriza el área, se pretende encontrar la relación de las variables meteorológicas con los resultados del IRCA mensual tomando como referencia los municipios en los que se encontraron estaciones meteorológicas activas.

Con el objeto de relacionar las variables meteorológicas con los índices ya descritos, se emplean correlaciones de Pearson, las cuales principalmente son lineales. En ese orden de ideas, se determina la fuerza de correlación de cada municipio con las variables mencionadas y en la Figura 4-14 se expone porcentualmente para cada año de estudio la cantidad de municipios que se relacionan de manera Fuerte, Moderada, Débil o simplemente no existe relación. Es importante aclarar que se determinan porcentajes tanto para las relaciones con precipitación como con temperatura, debido a que hay municipios que no cuentan con estaciones que miden la temperatura.

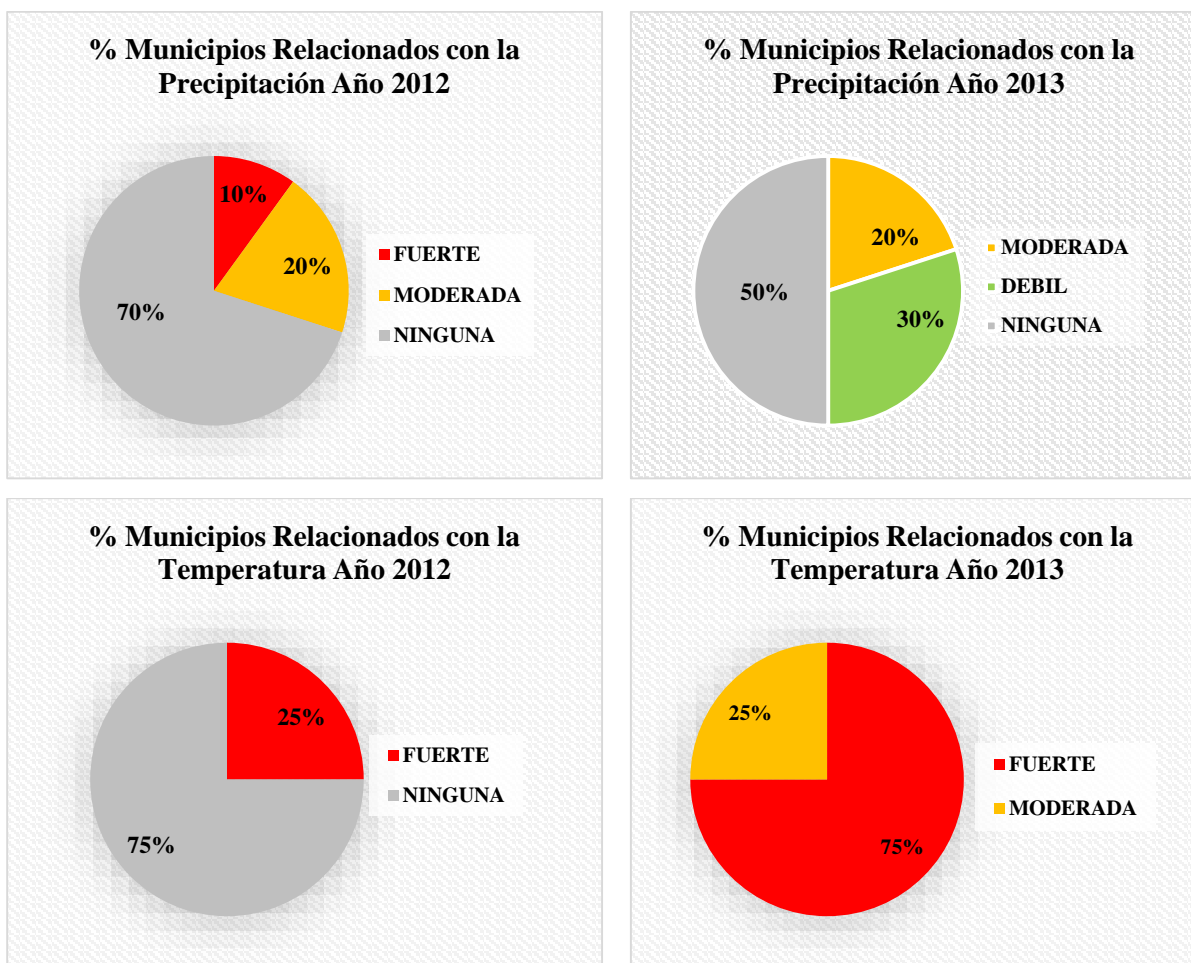


Figura 4-14. Porcentaje de municipios que se correlacionaron con las variables de precipitación y temperatura para el año 2012 y 2013

Fuente: elaboración propia

La descripción gráfica permite ver que para ambos años no se presentan correlaciones fuertes con la precipitación, a excepción del municipio de Luruaco donde se encontró una correlación fuerte en el año 2012 la cual representa un 10% del porcentaje de correlación, sin embargo se puede afirmar que la correlación fuerte puede ser consecuencia de una coincidencia numérica ya que para este año no se registraron datos de IRCA para 6 meses del año y datos de precipitación para 2 meses, sin embargo, en el año 2013 si se registraron los datos completos y no se encuentra ninguna relación entre el índice de riesgo y la precipitación, no obstante, ninguno de los municipios restantes se relaciona fuertemente en ambos años, en principio por la falta de información tanto meteorológica como de IRCAS en el 2012, lo cual impide establecer las correlaciones.



Con respecto a la temperatura que en principio solo se pudo relacionar para 4 municipios, debido a la falta de información meteorológica para el resto del Atlántico; tan solo se presenta un 25% de relaciones linealmente Fuertes contra un 75% donde no se encontró ninguna relación, en el año 2012; bajo estas circunstancias y estas condiciones no es posible definir una relación directa entre la Temperatura y el IRCA mensual principalmente por la carencia de los datos y la poca representatividad de los mismos ya que solo se contaba con datos para el primer semestre del año en la mayoría de los casos. Además, la temperatura se caracteriza por ser una variable que no varía significativamente en el tiempo, oscila entre uno y tres grados aproximadamente en el departamento para los años de estudios, por ende no muestra cambios que se reflejen en el comportamiento del IRCA. No obstante para el año 2013 se encuentran correlaciones fuertes en 3 de los 4 municipios en los que se encontró información, dejando así un 75% de correlación fuerte contra un 25% sin relación, cabe resaltar que las correlaciones fuertes encontradas en este año fueron inversamente proporcionales. Teniendo en cuenta lo anterior se puede relacionar a la temperatura con el aumento en riesgo teniendo en cuenta que: “la temperatura de una corriente de agua, bajo condiciones de equilibrio, está relacionada con la temperatura del ambiente en una forma propia para cada corriente” esta variable puede variar cuando agua ingresa a la planta y se realiza en primera medida el proceso unitario de coagulación química, es decir, se aplican compuestos de hierro o aluminio al agua, para remover sustancias coloidales entre otras, se presentan reacciones químicas muy fuertes en el agua, por esta razón usan ayudas de coagulación ya sea para optimizar la coagulación o para superar las caídas de temperaturas (Romero Rojas, 2005).

#### **4.4.2 Influencia de condiciones geográficas en el IRCA**

Con la ubicación de las coordenadas de las estaciones meteorológicas en el programa informático Google Earth se observa que las falencias en la información requerida para la realización de los mapas de isoyetas e isotermas, no permite interpolar o extrapolar los datos existentes para completar las estaciones faltantes, ya que más del 65% del departamento no cuenta con estaciones meteorológicas activas ni con información actualizada del comportamiento de la climatología de los municipios pertenecientes al Atlántico. Por esta razón se concluyó que

por falta de información solo se puede lograr un análisis teórico del comportamiento de la temperatura y la precipitación en los años 2012 y 2013.

De igual forma cabe resaltar que de las ocho estaciones de las que se encuentra información en el IDEAM solamente tres contienen información de temperatura, lo cual dificulta el análisis meteorológico y la realización de los mapas temáticos.

- ***Distribución espacial personas prestadoras del servicio de acueducto***

En cuanto a la ubicación de las redes de distribución de agua para consumo humano se puede identificar que cada uno de los 23 municipios cuenta con su propia red de distribución de agua potable, lo que garantiza una cobertura suficiente para el departamento, no obstante, las frecuencias en la prestación del servicio varían dependiendo de la disponibilidad eléctrica de los municipios.

Gracias a la idoneidad en la información se logró plasmar claramente la ubicación de cada una de las personas prestadoras con el respectivo rango del IRCA que se calculó para cada municipio. (Ver Anexo 8. Ubicación Empresas Prestadoras de Servicio de Distribución de Agua Potable en el departamento del Atlántico)



Figura 4-15. *Ubicación Empresas Prestadoras de Servicio*  
Fuente: elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente el departamento del Atlántico cuenta con la cobertura suficiente en cuanto a la distribución de agua para consumo humano. Municipios como Piojo, Juan de Acosta, Usiacurí, Tubará, Galapa y Puerto Colombia y tienen en común la misma persona prestadora de servicio de acueducto la cual tiene como razón social Triple A de Barranquilla. El resto de municipios tiene su propia red de distribución y captación.

Cabe resaltar que la ubicación geográfica de cada una de estas redes de distribución o empresas prestadoras se encuentra en su mayoría en zonas que contienen gran cantidad de bosques, los cuales son de vital importancia ambiental y de protección para la cuenca hidrográfica de la que hacen parte (Cuenca Hidrográfica del Río Magdalena), no obstante, los puntos de captación o las plantas de potabilización de estas empresas prestadoras se pueden ver afectadas debido a que en estas zonas se produce una gran cantidad de sólidos que por efectos de escorrentía o velocidad y dirección del viento son agregados al agua que finalmente será distribuida para el consumo de la población atlanticense. (Departamento del Atlántico, 2015).

Mucha de la flora que se observa donde están ubicadas las redes de captación y distribución son bosques secos tropicales que se han sido intervenidos antópticamente y han sido deforestados a lo largo del tiempo. Estas zonas también se caracterizan por presentar diferentes pendientes de erosión, relieve ligeramente ondulado con pendientes cortas y muy suaves, de grado de 3-7%. (Departamento del Atlántico, 2015).

De igual forma la calidad del agua se puede ver afectada también por otros factores, como en el municipio de Juan de Acosta que en gran manera se ve afectada por en sólidos suspendidos y/o disueltos ya que la mayoría del suelo de este municipio se caracteriza por ser altamente drenados con texturas finas y moderadas y en algunos casos con sales después de los 60 cm de profundidad y texturas medias o moderadamente finas, generándoles problemas a los encargados de prestar el servicio del agua en este municipio (Departamento del Atlántico, 2015), lo cual puede ser una explicación de la gran cantidad de calcio, sulfatos y fosfatos que se reportan en la base de datos del aplicativo SIVICAP. El municipio de Luruaco presenta condiciones geográficas similares a las de Juan de Acosta, y aunque la empresa prestadora de servicios no es la misma, se puede concluir que por sus características naturales la calidad del recurso hídrico puede verse afectada (Departamento del Atlántico, 2015).

En cuanto a los municipios de Baranoa, Polo Nuevo, Sabanagrande, Santo Tomas, Sabanalarga, Candelaria, Campo de la Cruz, Santa Lucía, Suan, Repelón, Palmar de Varela, Manatí, Malambo y Ponedera, sus redes de distribución se encuentran en zonas urbanas, donde su calidad del agua se puede ver afectada por la continuidad en el servicio ya que al suspender el flujo y detener el bombeo del agua por ahorro de energía o por racionamiento en épocas de sequía se genera acumulación de sólidos suspendidos y la tubería queda expuesta por varias horas al día a sustancias altamente corrosivas y además se da la oportunidad de que los microorganismos presentes en el recurso hídrico encuentren condiciones óptimas para su reproducción. (Gobernación del Atlántico Análisis de Situación de Salud, 2012 , 2012).

En la Tabla 4-6 se muestran las personas prestadoras de servicio de acueducto y el respectivo municipio en el que realizan la distribución.

Tabla 4-6. *Relación personas prestadoras y municipios*

<b>Municipio</b>	<b>Persona prestadora</b>
Baranoa	AAA Atlántico S.A E.S.P
Barranquilla	Sociedad de acueducto, alcantarilado y aseo de Barranquilla S.A E.S.P
Campo de la Cruz	Campo de la Cruz Cod 137
Candelaria	La zona de Candelaria de la asociación de municipios de la regional 2
Galapa	Triple A de Barranquilla S.A E.S.P-Galapa
Juan de Acosta	Triple A de Barranquilla S.A E.S.P-Juan de Acosta
Luruaco	Alcaldía municipios de Luruaco
Malambo	Aguas de Malambo S.A E.S.P
Manatí	Acueducto municipal de Manatí
Palmar De Varela	AAA Palmar de Varela E.S.P
Piojó	Triple A de Barranquilla S.A E.S.P-Piojó
Polonuevo	AAA Atlántico S.A E.S.P
Ponedera	Centroaguas S.A E.S.P-Ponedera
Puerto Colombia	Triple A de Barranquilla S.A E.S.P-Puerto Colombia
Repelón	Empresa de acueducto y alcantarillado de Repelón E.S.P
Sabanagrande	AAA Atlántico S.A E.S.P-Sabanagrande
Sabanalarga	AAA Atlántico S.A E.S.P Sabanalarga
Santa Lucía	Empresa Industrial y Comercial de servicios públicos de Santa Lucía
Santo Tomás	AAA Atlántico
Soledad	Triple A de Barranquilla
Suan	Empresa de acueducto y alcantarillado del municipio de Suan E.S.P
Tubará	Triple A de Barranquilla
Usiacurí	Triple A de Barranquilla

Fuente: elaboración propia

Las empresas prestadoras del servicio se encuentran ubicadas en lugares con gran cantidad de flora y es allí donde se encuentran las redes de captación y distribución. Son bosques secos tropicales que se han sido intervenidos antópicamente y han sido deforestados a lo largo del tiempo. Estas zonas también se caracterizan por presentar diferentes pendientes de erosión, relieve ligeramente ondulado con pendientes cortas y muy suaves, de grado de 3-7%. (Departamento del Atlántico, 2015).

## 5. CONCLUSIONES

Según el análisis de datos con respecto al cálculo del IRCA, las correlaciones, la influencia de las variables meteorológicas y la ubicación geográfica del departamento del Atlántico se puede concluir que:

- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto se pudo evidenciar que se presentan inconsistencias en la información reportada por la Secretaria de Salud del Departamento en la base de datos del SIVICAP, donde es clara la insuficiencia en cuanto a las muestras reportadas, la gran cantidad de muestras sin reporte de datos y la falta de medición de parámetros suficientes para evitar alteraciones en el resultado del cálculo del IRCA.
- Se encontró que en ninguno de los dos años de estudio se realizó la medición de los parámetros más relevantes de la Resolución 2115 de 2007 en cuanto al cálculo del IRCA, los cuales corresponden a características químicas y microbiológicas reconocidas por sus efectos adversos en la salud humana. Un claro ejemplo de esto es la ausencia de la medición de microorganismos como *Giardia* y *Cryptosporidium*, los cuales aportan el mayor de los puntajes en el cálculo del IRCA ya que la presencia de estos en alguna muestra otorga un valor de 100%, es decir, inviable sanitariamente. Por esta razón creemos necesario que se adopten estrictas medidas de control y seguimiento frente a la toma de muestras y parámetros medidos. Sin embargo cabe resaltar la frecuente medición de parámetros como *E. Coli*, Coliformes Totales, Turbidez y pH, los cuales requieren mayor frecuencia y cantidad de muestras según lo establecido en el Artículo 13 de la Resolución 2115 de 2007.
- Adicionalmente se evidenció que para los dos años objeto de estudio no se reporta información de 11 de los parámetros que pertenecen al cálculo del IRCA, los cuales son: Color Aparente, Magnesio, Molibdeno, Manganeso, Zinc, Hierro Total, Nitritos, Nitratos, Aluminio, Fluoruros y Compuestos Orgánicos Totales. Aunque según los puntajes de riesgo establecidos para cada una de estas características, estas no tienen mayor representatividad, sin embargo, deben ser evaluados de la misma manera que los 11

restantes ya que indirecta o directamente tienen influencia adversa en la salud humana y adicionalmente influyen en la veracidad y precisión del cálculo del Índice de Riesgo.

- Se realizó un análisis multivariado entre los parámetros que pertenecen al IRCA, donde se encontraron correlaciones fuertes principalmente entre parámetros como dureza total, calcio, conductividad y alcalinidad, lo cual representa el gran contenido de sales que llegan a los cuerpos hídricos del Departamento por causa de la dinámica de los vientos y de la brisa Mar – Tierra.
- Se identificó que los parámetros altamente correlacionables fueron alcalinidad, conductividad, calcio, cloruros, sulfatos y fosfatos. Esto debido a que estos parámetros tienen compuestos de sales cálcicas y magnésicas, las cuales en las aguas potables pueden causar sabor y corrosiones en las tuberías. Sin embargo es de vital importancia que se tengan en cuenta parámetros distintos para el cálculo del IRCA puesto que la relación entre estos es demasiado estrecha y es de entender que el aumento de uno justifica el aumento de otro, por lo cual se hace poco conveniente e inviable económicamente. En casos debe indicarse la medición de otros parámetros como los nitritos o nitratos, los cuales están dentro de la resolución 2115 de 2007.
- Otra de las correlaciones obtenidas fue entre el cloro residual y la turbidez, sin embargo teniendo en cuenta la revisión bibliográfica y los conocimientos adquiridos, no se halló relación alguna entre estos dos parámetros y se concluyó que la correlación moderada que resultó fue por coincidencia matemática y no por relación entre ellos.
- Según los resultados obtenidos en el recalcu del IRCA se determina que el nivel de riesgo que predomina en los dos años de estudio es sin riesgo, sin embargo, a pesar del recalcu del análisis de los datos reportados por el SIVICAP, se corrobora que existen inconsistencias en cuanto a la toma de muestras, la frecuencia de medición y parámetros medidos, lo cual altera significativamente el resultado del IRCA.
- Aunque el análisis con el Coeficiente Pearson estableció relaciones entre las variables estudiadas, se destaca que no se obtuvo la profundidad estadística deseada, por lo cual se propone la realización de un análisis que permita la identificación de otros modelos matemáticos que proporcionen una mayor certeza estadística.

- La calidad del agua dentro del Departamento del Atlántico y su influencia con el comportamiento climático se debe en gran manera a su ubicación geográfica ya que es una zona costera. Donde se ve afectada o presenta valores altos de conductividad por la cantidad de sales que tienen las fuentes oceánicas y por movimientos atmosféricos pueden tener contactos con las operaciones de unidades unitarias en las plantas de tratamiento de agua potable de cada una de las empresas prestadoras.
- En la representación de los mapas temáticos del IRCA para los años 2012 y 2013 junto con la comparación de los mapas que se encuentran en los informes del SIVICAP se pudo comprobar que el 80% de la información plasmada no coincide junto con la que se tenía en la base de datos, lo cual comprueba que hay diferentes falencias en cuanto al cálculo del IRCA y lo que se presenta en cada informe.
- Del año 2012 al 2013 se pudo observar que varía en gran manera la calidad del agua del departamento, donde el año 2012 en su 90% tenía datos sin riesgo en su mayoría de municipios. Mientras que en el año 2013 se registra en un 80% agua con valores medios y altos de calidad de agua, de igual forma se miden más parámetros en este año que en el anterior dándonos de pronto un acercamiento real a la calidad del agua.



## 6. RECOMENDACIONES

- Al SIVICAP se le recomienda mejorar la medición del IRCA teniendo en cuenta criterios como: diseñar otra base de datos que contenga los 22 parámetros exigidos por la norma y eliminar los parámetros que no son exigidos ni medidos.
- Para la obtención de datos precisos y confiables se recomienda que se reporte la siguiente información: empresa prestadora, ubicación de la toma de muestra, fecha y hora de la toma de muestra, cadena de custodia, parámetros in situ medidos, hora de entrada de la muestra al laboratorio, responsable del que toma la muestra y el que la recibe en el laboratorio, resultados de los parámetros medidos y cálculo del IRCA.
- Los municipios que no cuenten con la medición de los 22 parámetros requeridos no pueden ser reportados SIN RIESGO.
- Las empresas que presenten valores excedidos por la norma tendrán un tiempo límite en horas para estabilizar el tratamiento de lo contrario debe haber una suspensión del servicio para evitar proliferación de enfermedades.
- Tener control continuo de los parámetros que pertenecen al IRCA dentro de la planta de tratamiento y su respectiva comparación con la resolución 2115 de 2017, para evitar que la calidad del agua se vea afectada antes de la distribución.
- Tener mejor control entre la base de datos registrada y los informes que se generan, ya que se presentan demasiadas inconsistencias entre los valores reportados y la información referente al Índice de Calidad de Agua.
- En cuanto a la parte meteorológica y climática del Atlántico, se recomienda a la red de monitoreo IDEAM, la ubicación de estaciones meteorológicas en mínimo 18 de los municipios del departamento del Atlántico. Con el fin de poder tener un control climatológico, ya que es de gran importancia el poder ver los cambios climáticos que se atraviesa en la actualidad, en especial cuando este departamento se ve afectado por los fenómenos del niño y niña. De igual forma cabe resaltar que ya nos encontramos en el año 2015 donde se pueden obtener estaciones automáticas de las cuales no se necesita un operador continuo en la medición y obtención de datos. Por otro lado es inaceptable que Colombia no cuente con un buen cubrimiento meteorológico, y no se pueda hacer un

estudio meteorológico estable y real con datos mínimos de 30 años continuos ni tener buena información para generar isotermas e isoyetas.

Para evitar los inconvenientes y las falencias que se evidencian alrededor de todo lo que implica el cálculo del IRCA, se recomienda el método utilizado en España para el cálculo del Índice la calidad del agua ya que en este se miden menos parámetros lo cual representa menos costos, menos probabilidad de error y mayor frecuencia en la medición de los mismos, por lo cual se facilita el control y se obtiene una mayor precisión y confiabilidad en los datos que se obtengan.

El Índice simplificado de calidad de aguas (ISQA), se basa en 5 parámetros fisicoquímicos y plantea una clasificación de la calidad del agua para 6 usos del recurso, entre los cuales se destaca el abastecimiento para consumo humano

A continuación se mostrara un ejemplo de cómo se calcularía este índice.

$$\text{ISQA} = \text{E} (\text{A} + \text{B} + \text{C} + \text{D})$$

**E**= Temperatura.

**A**= DQO mg/L

**B**= SST mg/L solidos suspendidos totales

**C**= O<sub>2</sub> mg/ L Oxígeno disuelto.

**D**= conductividad μS/cm

El ISQA va a oscilar entre 0 (calidad mínima) y 100 (calidad máxima). Estos parámetros contarán con los siguientes valores numéricos dependiendo de sus valores obtenidos en la medición.

- **Temperatura**

$$E = 1 \quad \text{si } T \leq 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$E = 1 - (T - 20) \cdot 0,0125 \quad \text{si } T > 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El valor será 1 si la temperatura es menor o igual a 20°C y si la temperatura es mayor a 20°C se realizara el cálculo expresado (ÍNDICES GLOBALES DE CALIDAD DE LAS AGUAS, 2015).

- **DQO demanda química orgánica**

$$A = 30 - \text{DQO-Mn} \quad \text{si } \text{DQO-Mn} \leq 10 \text{ mg/l}$$

$$A = 21 - (0,35 \cdot \text{DQO-Mn}) \quad \text{si } 60 \text{ mg/l} \geq \text{DQO-Mn} > 10 \text{ mg/l}$$

$$A = 0 \quad \text{si } \text{DQO-Mn} > 60 \text{ mg/l}$$

Los valores oscilaran entre 0 y 30 de acuerdo a: 30 será el valor máximo cuando la DQO sea menor a 10mg/L, 21 será el valor medio si es mayor a 60 mg/L y cero si sobrepasa los 60mg/L. (ÍNDICES GLOBALES DE CALIDAD DE LAS AGUAS, 2015)

- **Sólidos en suspensión totales (SST en mg/l).**

$$B = 25 - (0,15 \cdot \text{SST}) \quad \text{si } \text{SST} \leq 100 \text{ mg/l}$$

$$B = 17 - (0,07 \cdot \text{SST}) \quad \text{si } 250 \text{ mg/l} \geq \text{SST} > 100 \text{ mg/l}$$

$$B = 0 \quad \text{si } \text{SST} > 250 \text{ mg/l}$$

Los valores oscilaran entre 0 y 25 (ÍNDICES GLOBALES DE CALIDAD DE LAS AGUAS, 2015)

- **Oxígeno disuelto ( $O_2$  en mg/l). :**

$$C = 2,5 \cdot O_2 \quad \text{si } O_2 < 10 \text{ mg/l}$$

$$C = 25 \quad \text{si } O_2 \geq 10 \text{ mg/l}$$

Puede tomar valores comprendidos entre 0 y 25 según (ÍNDICES GLOBALES DE CALIDAD DE LAS AGUAS, 2015)

- **Conductividad**

$$D = (3,6 - \log CE) \cdot 15,4 \quad \text{si } CE \leq 4000 \mu\text{S/cm}$$

$$D = 0 \quad \text{si } CE > 4000 \mu\text{S/cm}$$

(CE en  $\mu\text{S/cm}$  a 18 °C). Si la conductividad se mide a 25 °C, para obtener la conversión a 18 °C se multiplicará por 0,86. Puede tomar valores comprendidos entre 0 y 20 según (ÍNDICES GLOBALES DE CALIDAD DE LAS AGUAS, 2015):

## BIBLIOGRAFÍA

- Ambientum. (21 de Julio de 2015). *El portal profesional del medio ambiente* . Obtenido de El portal profesional del medio ambiente: [http://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/Dureza\\_de\\_aguas.asp](http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/Dureza_de_aguas.asp)
- ArcGIS Resources. (21 de Julio de 2015). *ArcGIS Resources*. Obtenido de ArcGIS Resources: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- Barrera, Y. S. (21 de Julio de 2015). *Turbidez del Agua*. Obtenido de Turbidez del Agua: <http://turbiedaddelagua.blogspot.com/>
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico. (2012). *Corporación Autónoma Regional del Atlántico web site*. Obtenido de <http://www.crautonomia.gov.co/documentos/Planes/2013/4%20Sintesis%20Ambiental.pdf>
- Decreto 1575 de 2007. (21 de Junio de 2015 ). *Ministerio de Medio Ambiente* . Obtenido de Ministerio de Medio Ambiente : [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec\\_1775\\_2007.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_1775_2007.pdf)
- Decreto 475 de 1998. (21 de Julio de 2015). *Presidencia de la República*. Obtenido de Presidencia de la República: [http://ingenieria.udea.edu.co/isa/normas\\_decretos/Decreto%20475-1998.%20Agua%20Potable..pdf](http://ingenieria.udea.edu.co/isa/normas_decretos/Decreto%20475-1998.%20Agua%20Potable..pdf)
- Departamento del Atlántico. (06 de 11 de 2015). *Departamento del Atlántico*. Obtenido de Departamento del Atlántico: [http://baranoa-atlantico.gov.co/apc-aa-files/30616133343434333663363937656464/ECOLOGIA\\_\\_BARANOA.pdf](http://baranoa-atlantico.gov.co/apc-aa-files/30616133343434333663363937656464/ECOLOGIA__BARANOA.pdf)
- El agua en navarra. (21 de Julio de 2015). *El agua en navarra*. Obtenido de El agua en navarra: [http://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/ParametrosNutrientes.htm](http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/ParametrosNutrientes.htm)
- El agua potable. (21 de Julio de 2015). *El agua potable* . Obtenido de El agua potable : <https://www.google.com.co/#q=alcalinidad+en+agua+potable>
- García, C. (2015). *Cartografía: uso, lectura e interpretación de herramientas cartográficas* . Buenos Aires.

GEOenciclopedia . (21 de Julio de 2015). *GEOenciclopedia* . Obtenido de GEOenciclopedia :  
<http://www.geoenciclopedia.com/precipitacion/>

Gobernacion del Atlántico Analisis de Situación de Salud, 2012 . (06 de 11 de 2012).  
*Gobernación del Atlántico* . Obtenido de Gobernación del Atlántico :  
<https://www.minsalud.gov.co/plandecenal/mapa/analisis-de-situacion-salud-atlantico-2012.pdf>

*Gobernación del Atlántico Web Site*. (26 de Octubre de 2010). Obtenido de  
<http://www.atlantico.gov.co/index.php/departamento>

IGAC. (2014). *Geoportal.igac.gob.co*. Obtenido de  
[http://geoportal.igac.gov.co/mapas\\_de\\_colombia/igac/politicos\\_admin\\_2014/Atlantico.pdf](http://geoportal.igac.gov.co/mapas_de_colombia/igac/politicos_admin_2014/Atlantico.pdf)

ÍNDICES GLOBALES DE CALIDAD DE LAS AGUAS. (13 de 11 de 2015). *Miliarium.com*.  
 Obtenido de Miliarium.com:  
<http://www.miliarium.com/prontuario/Indices/IndicesCalidadAgua.htm#ICGtabla>

Instituto de Hidrología, M. y. (2005). *Atlas climatológico de Colombia*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, IDEAM 2005.

Laboratorio de Microbiologia . (21 de Julio de 2015). *Laboratorio de Microbiologia* . Obtenido de Laboratorio de Microbiologia :  
[http://app1.semarnat.gob.mx/playas/nuevo/analisis\\_tecnico02.shtml](http://app1.semarnat.gob.mx/playas/nuevo/analisis_tecnico02.shtml)

Lenntech. (21 de Julio de 2015). *Lenntech*. Obtenido de Lenntech:  
<http://www.lenntech.es/sulfatos.htm>

Lenntech. (2015 de Julio de 2015). *Lenntech*. Obtenido de Lenntech:  
<http://www.lenntech.es/aplicaciones/ultrapura/conductividad/conductividad-agua.htm>

Lenntech. (21 de Julio de 2015). *Lenntech*. Obtenido de Lenntech: <http://www.lenntech.es/ph-y-alcalinidad.htm>

Lenntech. (12 de 09 de 2015). *Lenntech*. Obtenido de Lenntech:  
<http://www.lenntech.es/turbidez.htm>

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

- Organización Mundial de la Salud . (21 de Julio de 2015). *Organización Mundial de la Salud* .  
Obtenido de Organización Mundial de la Salud : <http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/11-CloroResidual.pdf>
- Pérez, J. A. (s.f.). *Universidad Nacional de Colombia* . Recuperado el 11 de 11 de 2015, de  
Universidad Nacional de Colombia: [www.bdigital.unal.edu.co/70/3/45\\_-\\_2\\_Capi\\_1.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/70/3/45_-_2_Capi_1.pdf)
- Posada, E., Mojica, D., Pinto, N., Bustamante, C., & Monzón Pineda, A. (2013). Establecimiento de índices de calidad ambiental de Ríos con bases en el comportamiento del oxígeno Disuelto y de la temperatura. *Redalyc*, 192-200.
- Romero Rojas, J. (2005). *Calidad del Agua*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- SIVICAP. (7 de 11 de 2015 ). *Estado de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Colombia 2013*. Obtenido de Estado de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Colombia 2013: <http://www.ins.gov.co/sivicap/Normatividad/2014%20Estado%20de%20la%20vigilancia%20de%20la%20calidad%20del%20agua%202013.pdf>
- SIVICAP. (21 de Julio de 2015). *Estado de la vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en Colombia*. Obtenido de Estado de la vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en Colombia: [http://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/Informe%20Vigilancia%20Calidad%20Agua%20a%C3%B1o%202012\[1\].pdf](http://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/Informe%20Vigilancia%20Calidad%20Agua%20a%C3%B1o%202012[1].pdf)
- SIVICAP. (07 de 11 de 2015). *VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN COLOMBIA AÑO 2012*. Obtenido de VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN COLOMBIA AÑO 2012: <http://www.ins.gov.co/sivicap/Normatividad/2013%20Estado%20de%20la%20vigilancia%20de%20la%20calidad%20del%20agua%20a%C3%B1o%202012.pdf>
- TRIPOD. (21 de Julio de 2015). *Build a free website of your own on TRIPOD*. Obtenido de Build a free website of your own on TRIPOD: <http://arturobola.tripod.com/calcio.htm>

## **ANEXO 1.**

**Tabla valores de IRCA mensual recalculado por cada municipio.**







**ANEXO 2.**  
**Gráficas interparametrales Año 2012**

**ANEXO 3.**  
**Gráficas Interparametrales Año 2013**

**ANEXO 4.**  
**Estaciones Meteorológicas**

## Estación meteorológica Campo de la Cruz

LATITUD 1102 N DEPARTAMENTO: ATLANTICO ESTACION 29045120  
 LONGITUD 7449 W MUNICIPIO: CAMPO DE LA CRUZ TIPO DE ESTACIÓN CP  
 ELEVACION 0002 m. CORRIENTE: MAGDALENA

### Valores Medios Mensuales de Temperatura (°C)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR. ANUAL
2012 1 01	26.7	26.4	26.2	27.5	28.3	28.5							27.3
2013 1 01	26.3	26.5	27.1	27.8	28.1	28.4	28.3	28.0	28.0	27.9	27.9	26.9	27.6
MEDIOS	26.5	26.5	26.7	27.7	28.2	28.5	28.3	28.0	28.0	27.9	27.9	26.9	27.6
MAXIMOS	26.7	26.5	27.1	27.8	28.3	28.5	28.3	28.0	28.0	27.9	27.9	26.9	28.5
MINIMOS	26.3	26.4	26.2	27.5	28.1	28.4	28.3	28.0	28.0	27.9	27.9	26.9	26.2

### Valores Totales mensuales de Precipitación (mm)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOVI	DIC	VR. ANUAL
2012 1 01	.0	.0	.0	64.2	226.2	50.7	.2	74.5	67.7	223.7			707.2
2013 1 01	.0	.0	.0	3.8	154.1	41.4	26.6	84.3	439.7	172.0	42.5	.0	964.4
MEDIOS	0.0	0.0	0.6	17.8	100.0	31.8	8.9	92.0	236.3	187.0	47.4	11.8	733.6
MAXIMOS	0.0	0.0	2.4	64.2	226.2	50.7	26.6	117.3	439.7	223.7	52.2	23.6	439.7
MINIMOS	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	3.2	0.0	74.5	67.7	165.4	42.5	0.0	0.0

## Estación Meteorológica de Malambo

LATITUD 1050 N DEPARTAMENTO: ATLANTICO ESTACION : 29045110  
 LONGITUD 7502 W MUNICIPIO: MALAMBO TIPO DE ESTACIÓN: CO  
 ELEVACION 0020 msnm CORRIENTE: MAGDALENA

### Valores Medios Mensuales de Temperatura (°C)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Vr, Anual
2012 1 01	27,2	27,5	28										27,6
2013 1 01	28,7	28,7	29,2	29,2	28,7	28,6	28,9	28,4	28,3	28,1	28,4	28,5	28,6
MEDIOS	28,1	28,3	28,7	29,3	28,8	29	29,2	28,7	28,3	28,2	28,2	28,3	28,6
MAXIMOS	28,7	28,7	29,2	29,4	28,9	29,3	29,5	28,9	28,3	28,2	28,4	28,5	29,5
MINIMOS	27,2	27,5	28	29,2	28,7	28,6	28,9	28,4	28,3	28,1	28	28,1	27,2

### Valores Totales mensuales de Precipitación (mm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr, Anual
2012 1 01	0	0	18,5										18,5
2013 1 01	0	0	0,3	62,7	143,5	140,9	64	156,5	166,7	199,5	136,4	34,6	1105,1
MEDIOS	0	0	6,3	36,7	125	78,2	43,6	128,6	178,1	188,6	118,3	49,2	952,3
MAXIMOS	0	0	18,5	62,7	143,5	140,9	64	156,5	189,5	199,5	136,4	63,8	199,5
MINIMOS	0	0	0	10,6	106,4	15,4	23,2	100,6	166,7	177,6	100,2	34,6	0

## Estación Meteorológica de Repelón

LATITUD 1053 N DEPARTAMENTO: ATLANTICO ESTACION : 29045020  
 LONGITUD 7446 W MUNICIPIO: REPELÓN TIPO DE ESTACIÓN: SP  
 ELEVACION 0014 m, CORRIENTE: MAGDALENA

### Valores Medios Mensuales de Temperatura (°C)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr, Anual
2012 1 01	26,5	26,2	27	27,8	28,5	28,7 3	28,6	28,6 3	28,9	28,1 3	28,6 3	28,5 3	28
2013 1 01	26,8	27,3 3	28,2	28,5	28,4	28,5 3	28,8	27,8 3	27,8 3	28,1 3	27,8 3	27,6 3	28
MEDIOS	26,7	26,8	27,6	28,2	28,5	28,6	28,7	28,2	28,4	28,1	28,2	28,1	28
MAXIMOS	26,8	27,3	28,2	28,5	28,5	28,7	28,8	28,6	28,9	28,1	28,6	28,5	28,9
MINIMOS	26,5	26,2	27	27,8	28,4	28,5	28,6	27,8	27,8	28,1	27,8	27,6	26,2

### Valores Totales mensuales de Precipitación (mm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr, Anual
2012 1 01	0	0	0	30,7	93,3	67,1	13,4	157,7	85,8	166,9	64,4	0	679,3
2013 1 01	0	0	0	3,2	110,1	80,3	21,3	175,1	293,2	88,5	49,4	0	821,1
MEDIOS	0	0	0	17	101,7	73,7	17,4	166,4	189,5	127,7	56,9	0	750,2
MAXIMOS	0	0	0	30,7	110,1	80,3	21,3	175,1	293,2	166,9	64,4	0	293,2
MINIMOS	0	0	0	3,2	93,3	67,1	13,4	157,7	85,8	88,5	49,4	0	0



## Estación Meteorológica Sabanalarga

LATITUD 1025 N DEPARTAMENTO: ATLANTICO ESTACION : 2903512  
 LONGITUD 7504 W MUNICIPIO: SABANALARGA TIPO DE ESTACIÓN: PM  
 ELEVACIÓN 0007 msnm CORRIENTE: CGA GUAJARO NOMBRE STC: SABANALARGA

### Valores Medios Mensuales de Temperatura (°C)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr, Anual
2012 1 01	27,5	28,1	28,4	28,7	29,3	28,8	29,2	29,4	29	28,6	28,5	29	28,7
2013 1 01	29,3	29	29,1	30,3	28,7	28,8	28,2	28	27,8	27,9	27,9	27,6	28,6

### Valores Totales mensuales de Precipitación (mm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr, Anual
2012 1 01	0	0,2	0	81,3	94,2	113,8	106,5	120,8	127	211,7	48,7	0	904,2
2013 1 01	0	0	20,5	65,4	221,6	135,2	170,2	115	195,9	87,6	140,8	123,3	1275,5

## Estación Meteorológica Luruaco

LATITUD 1022 N      DEPARTAMENTO: ATLANTICO      ESTACION : 29040250  
 LONGITUD 7453 W      MUNICIPIO: LURUACO      TIPO DE ESTACIÓN: PM  
 ELEVACION 0004 msnm      CORRIENTE: MAGDALENA

### Valores Totales mensuales de Precipitación (mm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr, Anual
2012 1 01	0	0	8,3	65,7	146,7	58,1	125,2	174,2	217,6	182,5			978,3
2013 1 01	0	0	23,7	172,7	224,9	139,2	42,7	197,3	129,7	46,1	82,7	0,8	1059,8
MEDIOS	0.2	0.0	10.8	132.9	164.3	97.2	77.5	144.8	141.1	147.9	102.2	23.9	1042.8
MAXIMOS	0.8	0.0	23.7	172.7	224.9	139.2	125.2	197.3	217.6	215.2	121.6	46.9	224.9
MINIMOS	0.0	0.0	0.4	65.7	121.4	58.1	42.7	62.8	76.1	46.1	82.7	0.8	0.0

## Estación Meteorológica Candelaria

LATITUD 1027 N DEPARTAMENTO: ATLANTICO ESTACION : 29040260  
 LONGITUD 7453 W MUNICIPIO: CANDELARIA TIPO DE ESTACIÓN: PM  
 ELEVACION 0004 msnm CORRIENTE: MAGDALENA

### Valores Totales mensuales de Precipitación (mm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr, Anual
2012 1 01	0	0	2,4	12,7	110	24	44,5	21	14,7	21,5			250,8
2013 1 01	0	10	77	131	117	160	35	145	152	152	30	7	1016
MEDIOS	0	3,3	28,1	87,6	99	61,3	50,8	123,3	123,6	89,2	53	21,5	740,8
MAXIMOS	0	10	77	131	117	160	73	204	204	152	76	36	204
MINIMOS	0	0	2,4	12,7	70	0	35	21	14,7	21,5	30	7	0

## Estación Meteorológica Polo Nuevo

LATITUD 1046 N DEPARTAMENTO: ATLANTICO ESTACION : 29040080  
 LONGITUD 7451 W MUNICIPIO: POLO NUEVO TIPO DE ESTACIÓN: PM  
 ELEVACION 0080 m, CORRIENTE: MAGDALENA

### Valores Totales mensuales de Precipitación (mm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr, Anual
2012 1 01											*	11	11
2013 1 01	0	21	0	45	112	45	0	111	97	293	212	101	1037
MEDIOS	0	21	0	45	112	45	0	111	97	293	212	56	992
MAXIMOS	0	21	0	45	112	45	0	111	97	293	212	101	293
MINIMOS	0	21	0	45	112	45	0	111	97	293	212	11	0

## Estación Meteorológica Ponedera

LATITUD 1038 N      DEPARTAMENTO: ATLANTICO      ESTACION : 29040070  
 LONGITUD 7446 W      MUNICIPIO: PONEDERA      TIPO DE ESTACIÓN: PM  
 ELEVACION 0008 m,      CORRIENTE: MAGDALENA

### Valores Totales mensuales de Precipitación (mm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr, Anual
2012 1 01				76	110	30	12	228,3	107,4	215			778,7
2013 1 01	0	0	0	80	60	113	80	143	143	176	64	0	859
MEDIOS	0	0	6	82,7	76,7	107,3	39,7	153,4	164,1	180,7	97	22,5	930,1
MAXIMOS	0	0	12	92	110	179	80	228,3	242	215	130	45	242
MINIMOS	0	0	0	76	60	30	12	89	107,4	151	64	0	0

## Estación Meteorológica Usiacurí

LATITUD 1045 N DEPARTAMENTO: ATLANTICO ESTACION : 29040240  
 LONGITUD 7459 W MUNICIPIO: USIACURI TIPO DE ESTACIÓN: PG  
 ELEVACION 100 msnm CORRIENTE: MAGDALENA

### Valores Totales mensuales de Precipitación (mm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr, Anual
2012 1 01	0	32,0	15	142	199,1	89,6 3	71,6	164,3	95,1	113,8			922,5
2013 1 01	0	0	27	110,7	119,4	82,1	105,9	47,1	66,9	133,3	30,4	1,7	724,5
MEDIOS	0	8,6	12,4	82,2	142,9	76,6	65,5	105,7	78	115,3	63,7	19,5	770,4
MAXIMOS	0	32	27	142	199,1	89,6	105,9	164,3	95,1	133,3	96,9	37,3	199,1
MINIMOS	0	0	3,5	11,5	110,1	58	19	47,1	66,9	98,9	30,4	1,7	0

## Estación Meteorológica Baranoa

LATITUD 1042 N DEPARTAMENTO: ATLANTICO ESTACION : 29040020  
 LONGITUD 7454 W MUNICIPIO: BARANOA TIPO DE ESTACIÓN: PM  
 ELEVACION 0100 m. CORRIENTE: MAGDALENA

### Valores Totales mensuales de Precipitación (mm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr, Anual
2012 1 01	5.0	5.0	25.0	120.3	231.4	50.1	105.5	142.2	169.7	79.0			933.2
2013 1 01	.0	.0	27.2	62.7	250.8	105.1	143.3	154.0	175.3	216.6	202.8	5.0	1342.8
MEDIOS	2.5	2.5	26.1	91.5	241.1	77.6	124.4	148.1	172.5	147.8	202.8	5.0	1241.9
MAXIMOS	5.0	5.0	27.2	120.3	250.8	105.1	143.3	154.0	175.3	216.6	202.8	5.0	250.8
MINIMOS	0.0	0.0	25.0	62.7	231.4	50.1	105.5	142.2	169.7	79.0	202.8	5.0	0.0

**ANEXO 5.**  
**Tablas de Atributos**



Tabla

UBICACION ESTACIONES

#	LONG	GR	MIBS	SECC	LAT	GY	MIBY	SEGY	X	Y	ESTACION	ABI
1	74°42'54.48"	74 42	56.88	10°18'47.80"	10	46	47.80	-74.815738	10.319991	-HUBO	923.28	
2	74°47'49.98"	74 47	49.99	10°19'34.28"	10	51	34.28	-74.791192	10.307931	-HUBO	0.00	
3	74°48'46.71"	74 48	46.71	10°18'34.79"	10	50	34.79	-74.820187	10.302991	-HUBO	107.23	
4	74°51'48.62"	74 51	48.62	10°22'27.91"	10	27	27.91	-74.896939	10.374479	-HUBO	978.39	
5	74°52'48.81"	74 52	48.81	10°20'38.27"	10	26	38.27	-74.880199	10.448964	-HUBO	258.82	
6	75°2'19.70"	75 2	19.70	10°49'26.46"	10	49	26.46	-75.026822	10.824817	-HUBO	16.58	
7	74°58'41.38"	74 58	41.38	10°47'01.81"	10	47	01.81	-74.844328	10.705003	-HUBO	0.00	
8	74°44'58.36"	74 44	58.36	10°38'46.74"	10	38	46.74	-74.748844	10.648872	-HUBO	88.00	
9	74°58'51.31"	74 58	51.31	10°42'28.67"	10	49	28.67	-74.880419	10.741268	-HUBO	823.58	
10	74°49'03.07"	74 49	03.07	10°54'18.77"	10	54	18.77	-74.810181	10.908203	-HUBO	879.28	
11	74°58'54.27"	74 58	54.27	10°27'18.64"	10	27	18.64	-74.848488	10.454176	-HUBO	984.29	
12	74°58'53.38"	74 58	53.38	10°52'48.69"	10	52	48.69	-74.881488	10.379319	-HUBO	979.08	
13	-HUBO	-HUBO	-HUBO	-HUBO	-HUBO	-HUBO	-HUBO	-HUBO	-HUBO	-HUBO	-HUBO	

13 de 13 Seleccionados

UBICACION ESTACIONES

Tabla

EMPRESAS

#	PAIS	MUNICIPIO	EMPRESA	SECC	LONG	GR	MIBS	SECC	LAT	GY	MIBY	SEGY	X	Y
1	Barranquilla	Barranquilla	AAA Alimento S.A.S.P	SM-REG00	74°42'56.61"	74	54	35.61	10°17'10.98"	18	47	10.98	-74.888478	16.788828
2	Barranquilla	Barranquilla	Sociedad de economía abastecido y otros de Barranquilla S.A.S.P	SM-REG00	74°47'46.73"	74	47	46.73	10°19'52.49"	18	56	52.49	-74.799528	18.997862
3	Barranquilla	Barranquilla	Centro de la Cruz Conf. S.P.	MED0	74°52'59.41"	74	52	59.41	10°24'46.73"	18	27	46.73	-74.883392	18.279295
4	Barranquilla	Barranquilla	La zona de Comercio de la asociación de municipios de la regional E	MED0	74°42'46.79"	74	52	46.79	10°02'30.89"	18	27	30.89	-74.878964	18.459914
5	Barranquilla	Barranquilla	Torre A de Barranquilla S.A.S.P-Solera	SM-REG00	74°57'4	74	57	4	10°53'10"	18	53	10	-74.884444	18.887778
6	Barranquilla	Barranquilla	Torre A de Barranquilla S.A.S.P-Juan de Acosta	SM-REG00	75°2'27	75	2	27	10°49'34"	18	46	34	-74.824167	18.826111
7	Barranquilla	Barranquilla	Alcaldía municipal del Litoral	ALTI	75°2'36.28"	75	2	36.28	10°38'36.89"	18	28	36.89	-74.82067	18.810247
8	Barranquilla	Barranquilla	Agencia de Inmuebles S.A.S.P	SM-REG00	74°42'56.33"	74	42	56.33	10°17'41.30"	18	51	41.30	-74.774836	18.801484
9	Barranquilla	Barranquilla	Academia municipal de Ballet	MED0	74°52'29.81"	74	52	29.81	10°28'43.88"	18	28	43.88	-74.887187	18.449517
10	Barranquilla	Barranquilla	RAVA Palmer de Varela S.P	SM-REG00	74°44'57.48"	74	44	57.48	10°44'35.40"	18	44	35.40	-74.749278	18.743183
11	Barranquilla	Barranquilla	Torre A de Barranquilla S.A.S.P-Roja	SM-REG00	75°2'39.27"	75	2	39.27	10°44'87.80"	18	44	87.80	-74.88121	18.749289
12	Barranquilla	Barranquilla	AAA Alimento S.A.S.P	SM-REG00	74°57'4	74	57	4	10°46'43"	18	46	43	-74.886667	18.770811
13	Barranquilla	Barranquilla	Centroparc S.A.S.P-Paradero	SM-REG00	74°52'38"	74	49	38	10°28'36.94"	18	38	36.94	-74.731998	18.843244
14	Barranquilla	Barranquilla	Torre A de Barranquilla S.A.S.P-Fuente Colombia	SM-REG00	74°54'42"	74	54	42	11°22'27"	18	2	27	-74.818867	18.829222
15	Barranquilla	Barranquilla	Empresa de abastecido y abastecido de Barranquilla S.P	MED0	75°2'34.38"	75	2	34.38	10°29'55.41"	18	29	55.41	-74.826211	18.498725
16	Barranquilla	Barranquilla	AAA Alimento S.A.S.P-Sobremarques	SM-REG00	74°45'38"	74	45	38	10°41'10"	18	47	10	-74.888003	18.788533
17	Barranquilla	Barranquilla	AAA Alimento S.A.S.P-Sobremarques	SM-REG00	74°56'32"	74	56	32	10°38'14"	18	38	14	-74.825558	18.837222
18	Barranquilla	Barranquilla	Empresa Industrial y Comercial de Activos Públicos de Santa Lucía	MED0	74°57'38.21"	74	57	38.21	10°19'11.70"	18	18	11.7	-74.888418	18.219817
19	Barranquilla	Barranquilla	AAA Alimento	SM-REG00	74°45'23"	74	45	23	10°45'49"	18	45	49	-74.792167	18.792611
20	Barranquilla	Barranquilla	Torre A de Barranquilla	MED0	74°48'12"	74	48	12	10°54'20"	18	54	20	-74.77	18.885566
21	Barranquilla	Barranquilla	Empresa de abastecido y abastecido del municipio de Soan S.P	SM-REG00	74°52	74	52	2	10°19"	18	18	0	-74.888667	18.218867
22	Barranquilla	Barranquilla	Torre A de Barranquilla	SM-REG00	74°52'33"	74	52	33	10°52'23"	18	52	23	-74.875003	18.875003
23	Barranquilla	Barranquilla	Torre A de Barranquilla	SM-REG00	74°58'18"	74	58	18	10°44'18"	18	44	18	-74.878867	18.738333

13 de 23 Seleccionados

EMPRESAS

## **ANEXO 6.**

### **Mapa 1. Mapa Temático Valores IRCA Año 2012**

## **ANEXO 7.**

### **Mapa 2. Mapa Temático Valores IRCA Año 2013.**

## **ANEXO 8.**

### **Mapa 3. Ubicación Empresas Prestadoras de Servicio de Distribución de Agua Potable en el departamento del Atlántico-**