2019

# INFORME DEL ESTADO DE LOS RECURSOS NATURALES

**Dr. JUAN CARLOS REYES NOVA**
Director General CDMB

**Dr. LEONEL ENRIQUE HERRERA ROA**
Subdirector de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio

**Ing. MARÍA CARMENZA VICINI MARTÍNEZ**
Coordinadora Información e Investigación Ambiental

**Qca. OLGA JOHANNA SANABRIA SUESCUN**
Profesional Especializado

**Ing. JOHANNA PATRICIA ARDILA LERMA**
Profesional Universitario

**Tnlgo. GINA RIVERA SÁNCHEZ**
Técnico Administrativo

Febrero 2020, Bucaramanga – Colombia

# CONTENIDO

Introducción ..... IX

**1. Capítulo 1. Red de monitoreo de calidad de agua ..... 2**

Introducción ..... 2

1.1. Alcance ..... 3

1.2. Programa monitoreo de corrientes ..... 3

1.2.1. Parámetros evaluados en la red de monitoreo de calidad de agua ..... 8

1.2.2. Análisis evaluativo de calidad del agua ..... 9

1.2.2.1. Índices de Calidad del Agua ..... 9

1.2.3. Cálculo del Índice de Calidad del Agua-ICA's IDEAM-2013 ..... 13

1.3. Resultados de las campañas de monitoreo ..... 18

1.3.1. Resultados Índices de calidad de agua – ICAS año 2019 ..... 18

1.3.2. Resultados años 2016-2017 y 2018 ..... 20

1.4. Resultados por corriente ..... 22

1.4.1. Río Surata y sus principales afluentes ..... 22

1.4.2. Río de Oro y sus principales afluentes ..... 26

1.4.3. Sistema quebrada la Iglesia. ..... 32

1.4.4. Quebradas de la escarpa de Bucaramanga ..... 34

1.4.5. Rio Frío y principales afluentes ..... 36

1.4.6. Índice Calidad rio Lebrija y sus afluentes principales ..... 40

1.4.7. Índice Calidad ICA e ICO´s ríos Manco y Umpalá ..... 44

1.4.8. Ríos zona de paramo quebrada Arenales y río Jordán ..... 46

1.5. Índices de calidad de agua en corrientes monitoreadas por la CDMB ..... 48

1.6. Conclusiones ..... 50

**2. Capítulo 2. Red Hidroclimatológica ..... 53**

Introducción ..... 53

2.1. Estaciones climatológicas automáticas. ..... 53

2.2. Estación hidrométrica de nivel ..... 55
2.3. Red hidroclimatológica Cdmb ..... 56
2.3.1. Listado de estaciones climatológicas automáticas ..... 58
2.4. Resultados estaciones climatológicas automáticas ..... 59
2.4.1. Cuenca Cáchira Sur ..... 59
2.4.1.1. Estación Betania ..... 59
2.4.1.2. Estación Sena Aguas Calientes ..... 63
2.4.1.3. Estación La Naranjera ..... 66
2.4.1.4. Estación La Aguada ..... 70
2.4.1.5. Estación Turbay ..... 74
2.4.2. Subcuenca Rio Negro ..... 77
2.4.2.1. Estación El Cairo ..... 77
2.4.2.2. Estación Santa Cruz De La Colina ..... 81
2.4.3. Subcuenca Salamaga ..... 84
2.4.3.1. Estación El Diamante ..... 84
2.4.4. Subcuenca Suratá ..... 87
2.4.4.1. Estación El Roble ..... 88
2.4.4.2. Estacion Lago Alto ..... 91
2.4.5. Subcuenca Lebrija Alto ..... 95
2.4.5.1. Estación El Pantano ..... 95
2.4.6. Subcuenca Rio De Oro ..... 98
2.4.6.1. Estación Ciudadela ..... 98
2.4.6.2. Estación Floridablanca ..... 102
2.4.6.3. Estación Club Campestre ..... 106
2.4.6.4. Estación El Rasgón ..... 109
2.4.6.5. Estación Portugal ..... 113
2.4.6.6. Estación Acapulco ..... 116
2.4.6.7. Estación La Judía ..... 120
2.5. Resultados estación automática de niveles El Rasgón ..... 123

**3. Capítulo 3. Red de Calidad de Aire.....126**

Introducción.....126

3.1. Objetivos.....126

3.2. Generalidades.....127

3.2.1. Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la CDMB.....127

3.2.2. Material Particulado.....128

3.2.3. Ozono Troposférico.....129

3.2.4. Resolución 2254 de 2017.....130

3.3. Presentación y análisis de los datos.....132

3.3.1. Evaluación de la cantidad y calidad de los datos.....132

3.3.1.1. Porcentaje de captura de datos de los equipos.....132

3.3.1.2. Porcentaje de datos válidos.....133

3.3.2. Resultados Estación Ciudadela.....134

3.3.3. Resultados meteorológicos estación Ciudadela.....136

3.3.4. Resultados estación Floridablanca.....139

3.3.5. Resultados Meteorológicos Estación Florida.....141

3.3.6. Análisis del Índice de Calidad del Aire.....144

3.4. Conclusiones.....145

# LISTADO DE TABLAS

*Tabla 1. Puntos de monitoreo de la red de calidad y cantidad de agua CDMB* ..... 4
*Tabla 2. Parámetros evaluados en laboratorio de la red de monitoreo de calidad de agua* ..... 8
*Tabla 3. Parámetros evaluados en campo de la red de monitoreo de calidad de agua* ..... 9
*Tabla 4. Rangos establecidos para los índices de contaminación del agua - ICO´s* ..... 13
*Tabla 5. Rangos establecidos para el ICOTRO.* ..... 13
*Tabla 6. Variables ICA (IDEAM)* ..... 14
*Tabla 7. Intervalos ICA (IDEAM)* ..... 18
*Tabla 8. Índices de calidad de agua en puntos de monitoreo 2019* ..... 18
*Tabla 9. Índices de calidad de agua en puntos de monitoreo años, 2016, 2017, 2018* ..... 20
*Tabla 10. Porcentaje ICAS 2019* ..... 22
*Tabla 11. Índice de calidad del agua - río Suratá* ..... 23
*Tabla 12. Índice de calidad de agua - tributarios río Surata* ..... 24
*Tabla 13. Índices de contaminación - río Surata.* ..... 24
*Tabla 14. Índices de contaminación - tributarios río Surata.* ..... 25
*Tabla 15. Índice de calidad de agua - río de Oro.* ..... 27
*Tabla 16. Índice de calidad de agua - tributarios río de Oro.* ..... 29
*Tabla 17. Índices de contaminación - río de Oro* ..... 30
*Tabla 18. Índices de contaminación - tributarios río de Oro* ..... 31
*Tabla 19. Índice de calidad de agua - Sistema Iglesia.* ..... 32
*Tabla 20. Índices de contaminación - Sistema Iglesia* ..... 33
*Tabla 21. Índice de calidad de agua - Escarpa Occidental.* ..... 35
*Tabla 22. Índices de contaminación - Escarpa Occidental* ..... 35
*Tabla 23. Índice de calidad de agua - río Frío* ..... 37
*Tabla 24. Índice de calidad de agua - tributarios río Frío* ..... 38
*Tabla 25. Índices de contaminación - río Frío* ..... 39
*Tabla 26. Índices de contaminación - tributarios río Frío* ..... 39
*Tabla 27. Índice de calidad de agua - río Lebrija* ..... 41
*Tabla 28. Índice de calidad de agua - tributarios río Lebrija* ..... 42
*Tabla 29. Índices de contaminación - río Lebrija* ..... 42
*Tabla 30. Índices de contaminación - tributarios río Lebrija* ..... 43
*Tabla 31. Índice de calidad de agua - río Manco y Umpalá* ..... 45
*Tabla 32. Índices de contaminación - río Manco y Umpalá* ..... 45
*Tabla 33. Índice de calidad de agua - Zona Paramo* ..... 46
*Tabla 34. Índices de contaminación - Zona Paramo* ..... 47
*Tabla 35. Listado de estaciones climatológicas de la CDMB.* ..... 59
*Tabla 36. Estaciones del SVCA.* ..... 128
*Tabla 37. Nivel Máximo Permisible de Contaminantes* ..... 130
*Tabla 38. Descripción del ICA y Puntos de Corte* ..... 131
*Tabla 39. Puntos de Corte para PM10 y O3* ..... 131
*Tabla 40. Porcentaje de Datos Capturados por Equipos* ..... 132
*Tabla 41. Porcentaje de Datos Válidos por Estación* ..... 133
*Tabla 42. Índice de Calidad del Aire Ciudadela* ..... 135
*Tabla 43. Variables Meteorológicas Estación Ciudadela* ..... 138
*Tabla 44. Índice de Calidad del Aire Florida* ..... 141
*Tabla 45. Variables Meteorológicas Estación Florida* ..... 143
*Tabla 46. ICA Mensual para contaminantes Criterios PM10 y Ozono* ..... 144

# LISTA DE FIGURAS

*Figura 1. Índice de calidad de agua - río Surata* ..... 23
*Figura 2. Índice de calidad de agua - tributarios río Surata* ..... 24
*Figura 3. Índices de contaminación - río Surata* ..... 25
*Figura 4. Índices de contaminación - tributarios río Surata* ..... 26
*Figura 5. Índices de calidad de agua - río de Oro* ..... 28
*Figura 6. Índice de calidad de agua - tributarios río de Oro* ..... 29
*Figura 7. Índices de contaminación - río de Oro* ..... 30
*Figura 8. Índices de contaminación tributarios - río de Oro* ..... 31
*Figura 9. Índices de calidad de agua - Sistema Iglesia* ..... 32
*Figura 10. Índices de contaminación - Sistema Iglesia* ..... 34
*Figura 11. Índices de calidad de agua - Escarpa Occidental* ..... 35
*Figura 12. Índices de contaminación - Escarpa Occidental* ..... 36
*Figura 13. Índices de calidad de agua - río Frío* ..... 37
*Figura 14. Índices de calidad de agua tributarios - río Frío* ..... 38
*Figura 15. Índices de contaminación - río Frio* ..... 39
*Figura 16. Índices de contaminación tributarios - río Frío* ..... 40
*Figura 17. Índice de calidad de agua - río Lebrija* ..... 41
*Figura 18. Índice de calidad de agua - tributarios río Lebrija* ..... 42
*Figura 19. Índices de contaminación - río Lebrija* ..... 43
*Figura 20. Índices de contaminación tributarios - río Lebrija* ..... 44
*Figura 21. Índice de calidad de agua - río Manco y Umpalá* ..... 45
*Figura 22. Índices de contaminación - río Manco y Umpalá* ..... 46
*Figura 23. Índice de calidad de agua - Zona Paramo* ..... 47
*Figura 24. Índices de contaminación - Zona Paramo* ..... 48
*Figura 25. Índices de calidad de agua en corrientes monitoreadas por la CDMB* ..... 49
*Figura 26. Estación climatológica. (Fuente: Davis Instruments)* ..... 55
*Figura 27. Estación automática de nivel El Rasgón* ..... 56
*Figura 28. Distribución de la red hidroclimatológica de la CDMB en su área de jurisdicción* ..... 58

# LISTA DE GRÁFICOS

*Gráfico 1. Precipitación Anual Estación Betania 2019* ..... 60
*Gráfico 2. Temperatura Anual Estación Betania 2019* ..... 60
*Gráfico 3. Humedad Relativa Anual Estación Betania 2019* ..... 61
*Gráfico 4. Radiación Solar Máxima Anual Estación Betania* ..... 61
*Gráfico 5. Índice UV Máximo Anual Estación Betania* ..... 62
*Gráfico 6. Rosa de vientos Estación Betania* ..... 62
*Gráfico 7. Precipitación Anual Estación Sena Aguas Calientes.* ..... 63
*Gráfico 8. Temperatura Anual Estación Sena Aguas Calientes* ..... 64
*Gráfico 9. Humedad Relativa Anual Estación Sena Aguas Calientes* ..... 64
*Gráfico 10. Radiación Solar Máxima Anual Estación Sena Aguas Calientes* ..... 65
*Gráfico 11. Índice UV Máximo Anual Estación Sena Aguas Calientes* ..... 65
*Gráfico 12. Rosa de Vientos Estación Sena Aguas Calientes* ..... 66

*Gráfico 13. Precipitación Anual Estación La Naranjera* ..... 67
*Gráfico 14. Temperatura Anual Estación La Naranjera* ..... 67
*Gráfico 15. Humedad Relativa Anual Estación La Naranjera* ..... 68
*Gráfico 16. Radiación Solar Máxima Anual estación La Naranjera* ..... 69
*Gráfico 17. Índice UV Máximo Anual estación La Naranjera* ..... 69
*Gráfico 18. Rosa de Vientos estación La Naranjera* ..... 70
*Gráfico 19. Precipitación Anual Estación La Aguada* ..... 71
*Gráfico 20. Temperatura Anual Estación La Aguada* ..... 71
*Gráfico 21. Humedad Relativa Anual Estación La Aguada* ..... 72
*Gráfico 22. Radiación Solar Máxima Anual Estación La Aguada* ..... 72
*Gráfico 23. Índice UV Máximo Anual Estación La Aguada* ..... 73
*Gráfico 24. Rosa de Vientos Estación La Aguada* ..... 73
*Gráfico 25. Precipitación Anual Estación Turbay* ..... 74
*Gráfico 26. Temperatura Anual Estación Turbay* ..... 75
*Gráfico 27. Humedad Relativa Anual Estación Turbay* ..... 75
*Gráfico 28. Radiación Solar Máxima Anual Estación Turbay* ..... 76
*Gráfico 29. Índice UV Máximo Anual Estación Turbay* ..... 76
*Gráfico 30. Rosa de Vientos Estación Turbay* ..... 77
*Gráfico 31. Precipitación Anual Estación El Cairo* ..... 78
*Gráfico 32. Temperatura Anual Estación El Cairo* ..... 78
*Gráfico 33. Humedad Relativa Anual Estación El Cairo* ..... 79
*Gráfico 34. Radiación Solar Máxima Anual Estación El Cairo* ..... 79
*Gráfico 35. Índice UV Máximo Anual Estación El Cairo* ..... 80
*Gráfico 36. Rosa de Vientos Estación El Cairo* ..... 80
*Gráfico 37. Precipitación Anual Estación Santa Cruz de la Colina* ..... 81
*Gráfico 38. Temperatura Anual Estación Santa Cruz de la Colina* ..... 82
*Gráfico 39. Humedad Relativa Anual Santa Cruz de la Colina* ..... 82
*Gráfico 40. Radiación Solar Máxima Anual Santa Cruz de la Colina* ..... 83
*Gráfico 41. Índice UV Máximo Anual Santa Cruz de la Colina* ..... 83
*Gráfico 42. Rosa de Vientos Santa Cruz de la Colina* ..... 84
*Gráfico 43. Precipitación Anual Estación El Diamante* ..... 85
*Gráfico 44.Temperatura Anual Estación El Diamante* ..... 85
*Gráfico 45. Humedad Relativa Anual Estación El Diamante* ..... 86
*Gráfico 46. Radiación Solar Máxima Anual Estación El Diamante* ..... 86
*Gráfico 47. Índice UV Máximo Anual Estación El Diamante* ..... 87
*Gráfico 48. Rosa de Vientos Estación El Diamante* ..... 87
*Gráfico 49. Precipitación Anual Estación El Roble* ..... 88
*Gráfico 50. Temperatura Anual Estación El Roble* ..... 89
*Gráfico 51. Humedad Relativa Anual Estación El Roble* ..... 89
*Gráfico 52. Radiación Solar Máxima Anual Estación El Roble* ..... 90
*Gráfico 53. Índice UV Máximo Anual Estación El Roble* ..... 90
*Gráfico 54. Rosa de Vientos Estación El Roble* ..... 91
*Gráfico 55. Precipitación Anual Estación Lago Alto* ..... 92
*Gráfico 56. Temperatura Anual Estación Lago Alto* ..... 92
*Gráfico 57. Humedad Relativa Anual Estación Lago Alto* ..... 93
*Gráfico 58. Radiación Solar Máxima Anual Estación Lago Alto* ..... 93
*Gráfico 59. Índice UV Máximo Anual Estación Lago Alto* ..... 94
*Gráfico 60. Rosa de Vientos Estación Lago Alto* ..... 94
*Gráfico 61. Precipitación Anual Estación El Pantano* ..... 95
*Gráfico 62. Temperatura Anual Estación El Pantano* ..... 96
*Gráfico 63. Humedad Relativa Anual Estación El Pantano* ..... 96
*Gráfico 64. Radiación Solar Máxima Anual Estación El Pantano* ..... 97
*Gráfico 65. Índice UV Máximo Anual Estación El Pantano* ..... 97

*Gráfico 66. Rosa de Vientos Estación El Pantano* ..... 98
*Gráfico 67. Precipitación Anual Estación Ciudadela* ..... 99
*Gráfico 68. Temperatura Anual Estación Ciudadela* ..... 99
*Gráfico 69. Humedad Relativa Anual Estación Ciudadela* ..... 100
*Gráfico 70. Radiación Solar Máxima Anual estación Ciudadela* ..... 100
*Gráfico 71. Índice UV Máximo Anual Estación Ciudadela* ..... 101
*Gráfico 72. Rosa de Vientos Estación Ciudadela* ..... 102
*Gráfico 73. Precipitación Anual Estación Floridablanca* ..... 103
*Gráfico 74. Temperatura Anual Estación Floridablanca* ..... 103
*Gráfico 75. Humedad Relativa Anual Estación Florida* ..... 104
*Gráfico 76. Radiación Solar Máxima Anual Estación Florida* ..... 104
*Gráfico 77. Índice UV Máximo Anual Estación Florida* ..... 105
*Gráfico 78. Rosa de Vientos Estación Florida* ..... 105
*Gráfico 79. Precipitación Anual Estación Club Campestre* ..... 106
*Gráfico 80. Temperatura Anual Estación Club Campestre* ..... 107
*Gráfico 81. Humedad Relativa Anual Estación Club Campestre* ..... 107
*Gráfico 82. Radiación Solar Máximo Anual Estación Club Campestre* ..... 108
*Gráfico 83. Índice UV Máximo Anual Estación Club Campestre* ..... 108
*Gráfico 84. Rosa de Vientos Estación Club Campestre* ..... 109
*Gráfico 85. Precipitación Anual Estación El Rasgón* ..... 110
*Gráfico 86. Temperatura Anual Estación El Rasgón* ..... 110
*Gráfico 87. Humedad Relativa Anual Estación El Rasgón* ..... 111
*Gráfico 88. Radiación Solar Máxima Anual Estación El Rasgón* ..... 111
*Gráfico 89. Índice UV Máximo Anual Estación El Rasgón* ..... 112
*Gráfico 90. Rosa de Vientos Estación El Rasgón* ..... 112
*Gráfico 91. Precipitación Anual Estación Portugal* ..... 113
*Gráfico 92. Temperatura Anual Estación Portugal* ..... 114
*Gráfico 93. Humedad Relativa Anual Estación Portugal* ..... 114
*Gráfico 94. Radiación Solar Máxima Anual Estación Portugal* ..... 115
*Gráfico 95. Índice UV Máximo Anual Estación Portugal* ..... 115
*Gráfico 96. Rosa de Vientos Estación Portugal* ..... 116
*Gráfico 97. Precipitación Anual Estación Acapulco* ..... 117
*Gráfico 98. Temperatura Anual Estación Acapulco* ..... 117
*Gráfico 99. Humedad Relativa Anual Estación Acapulco* ..... 118
*Gráfico 100. Radiación Solar Máxima Anual Estación Acapulco* ..... 118
*Gráfico 101. Índice UV Máximo Anual Estación Acapulco* ..... 119
*Gráfico 102. Rosa de Vientos Estación Acapulco* ..... 119
*Gráfico 103. Precipitación Anual Estación La Judía* ..... 120
*Gráfico 104. Temperatura Anual Estación La Judía* ..... 121
*Gráfico 105. Humedad Relativa Anual Estación La Judía* ..... 121
*Gráfico 106. Radiación Solar Máxima Anual Estación La Judía* ..... 122
*Gráfico 107. Índice UV Máximo Anual Estación La Judía* ..... 122
*Gráfico 108. Rosa de Vientos Estación La Judía* ..... 123
*Gráfico 109. Carga Hidrostática El Rasgón Segundo Semestre 2019* ..... 124
*Gráfico 110. Comparación de la concentración promedio diaria de PM10 de Ciudadela con la norma* ..... 135
*Gráfico 111. Relación de remoción del contaminante PM10 por lluvia* ..... 137
*Gráfico 112. Velocidad y Dirección del Viento Estación Ciudadela* ..... 138
*Gráfico 113. Comparación de concentración promedio 8 horas de Ozono con la norma* ..... 140
*Gráfico 114. Relación del contaminante de O3 por radiación solar y por lluvia* ..... 142
*Gráfico 115. Velocidad y Dirección del Viento Estación Florida* ..... 143

# Introducción

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga –CDMB- como autoridad ambiental dentro del ámbito de su jurisdicción, se encarga de realizar los procesos de análisis, seguimiento a los recursos naturales renovables y la generación del conocimiento, el cual, se ejecuta mediante la implementación de las redes de monitoreo de calidad del agua, hidroclimatológica y de calidad del aire. El desarrollo de los mismos, comprende la toma de muestras, análisis de la información obtenida y la evaluación de los resultados. La red de Cantidad y Calidad del Agua tiene localizada las estaciones de monitoreo en las principales corrientes del área de jurisdicción y en los afluentes de mayor relevancia que durante el año 2019 sumaron un total de 71 puntos, la Red de Calidad del Aire monitorea a través de 3 estaciones automáticas, ubicadas estratégicamente en el área metropolitana de Bucaramanga. La Red Hidroclimátologica, siguiendo el plan operativo realiza el mantenimiento preventivo a las estaciones climatológicas de acuerdo a los procedimientos establecidos, recoge la información para su depuración, análisis y reporte de la misma. El siguiente informe es una síntesis de los monitoreos realizados durante el año 2019, en el cual se evidencia el estado de la Red de Calidad del Agua, Red de Calidad del Aire y la Red Hidroclimatológica.

CAPITULO

# 1

# RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA

# 1. Capítulo 1. Red de monitoreo de calidad de agua

## Introducción

La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico- PNGIRH 2010-2022, parte del agua como un bien natural de uso público, administrado por el estado a través de las Corporaciones Autónomas Regionales, de Desarrollo Sostenible y las Autoridades Ambientales Urbanas; razón por la cual, en cumplimiento de esta política, la Corporación Autónoma Regional de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), realiza el monitoreo hidrológico (calidad y cantidad), el cual es fundamental para el conocimiento del estado de este recurso.

En este sentido, la CDMB cuenta con un programa institucional llamado Red de Monitoreo de Corrientes que tiene como objetivo/propósito fundamental, medir y analizar la calidad de agua en las corrientes y tramos de corrientes, por medio del cual se realiza el seguimiento a las cuarenta (40) principales fuentes hídricas en su área de jurisdicción. La red tiene localizados setenta y un (71) puntos, sobre los cuales se realizaron tres (3) campañas en el año, con el fin de obtener información de la calidad y cantidad de estas fuentes hídricas.

Este informe de calidad y cantidad del agua corresponde al año 2019 e incluye los resultados obtenidos para el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) en corrientes superficiales a partir de la metodología propuesta por el IDEAM en el año 2013, donde se utilizan los datos de concentración de un conjunto de siete (7) variables fisicoquímicas más Coliformes fecales, para calcular la calidad de agua de las corrientes.

**Objetivos**

- Determinar la Calidad y Cantidad del agua en las principales corrientes y tramos de corriente del Área de Jurisdicción de la CDMB.
- Disponer de la información de calidad y cantidad de las corrientes hídricas proveniente del monitoreo del agua, para actores sociales, gremiales e institucionales que lo requieran.
- Proveer un marco ambiental de referencia de la calidad y cantidad de las corrientes hídricas superficiales en el área de jurisdicción de la CDMB

## 1.1. Alcance

Evaluar la calidad y cantidad de agua de las principales corrientes superficiales del área de jurisdicción de la CDMB en la Cuenca nivel I, Alto Lebrija, Cáchira Sur, Lebrija medio, río Chicamocha (margen derecha), localizadas en el departamento de Santander.

## 1.2. Programa monitoreo de corrientes

La Subdirección de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio en conexión con la Coordinación de Gestión de Conocimiento Ambiental ejecuta el programa de Monitoreo de Corrientes que consta de cuatro (4) fases:

- Muestreo y aforo: El Laboratorio SIAMA LTDA con acreditación vigente ante el IDEAM y contratado por la CDM, realiza el aforo, la toma de muestra en los puntos indicados, mide el caudal, realiza el muestreo, preserva y transporta al laboratorio las muestras en cada día de jornada conforme al cronograma establecido por la CDMB.

- Análisis de Laboratorio: El laboratorio SIAMA LTDA, realiza los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras
- Análisis de Información: Los datos de campo y resultados de laboratorio se analizan, se consolidan y estos alimentan un software interno de la CDMB para reportar el informe de Calidad de Agua.

Los setenta y un (71) puntos de monitoreo establecidos en el programa son los siguientes:

*Tabla 1*. Puntos de monitoreo de la red de calidad y cantidad de agua CDMB

| **Puntos monitoreo red calidad y cantidad del agua** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Id** | **Punto de monitoreo** | **Código** | **Microcuenca** | **Fuente** |
| 1 | Rasgón | RO - 06 | Oro Alto | Río de Oro |
| 2 | Conquistador | RO - 05 | Oro Alto | Río de Oro |
| 3 | Barroblanco | QG – 01 | Oro Alto | Quebrada Grande |
| 4 | Villa Paulina | SO - 01 | Oro Alto | Quebrada Soratoque o Las Cruces |
| 5 | La Batea | LT – 01 | Río Lato | Río Lato |
| 6 | Palogordo | RO - 04 | Oro Medio | Río de Oro |
| 7 | Bahondo | RO – 4A | Oro Medio | Río de Oro |
| 8 | Carrizal | RO - 02 | Oro Bajo | Río de Oro |
| 9 | Puente Nariño | RO - 01 | Oro Bajo | Río de Oro |
| 10 | La Esperanza | RF - 03 | Río Frío | Río Frío |
| 11 | Campestre | ZA - 01 | Río Frío | Quebrada Zapamanga |
| 12 | El Pórtico | RF - P | Río Frío | Río Frío |
| 13 | El Caucho | RF - B | Río Frío | Río Frío |
| 14 | Los Totumos | AZ – 1A | Río Frío | Quebrada Aranzoque-Menzulí |
| 15 | Caneyes | RF – 1A | Río Frío | Río Frío |
| 16 | El Jardín | LF - 01 | Oro Bajo | Quebrada La Flora |
| 17 | La Floresta | CS – 01 | Oro Bajo | Quebrada La Iglesia |
| 18 | San Luis | LI – 03 | Oro Bajo | Quebrada La Iglesia |
| 19 | Coca-Cola | MA - 01 | Oro Bajo | Quebrada El Macho |
| 20 | Coca-Cola | GY - 01 | Oro Bajo | Quebrada La Guacamaya |
| 21 | Cenfer | DC - 01 | Oro Bajo | Cañada El Carrasco |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 22 | Puente Sena | LI - 01 | Oro Bajo | Quebrada La Iglesia |
| 23 | El Águila | LA - 04 | La Angula | Quebrada La Angula |
| 24 | La Batea | LA – 03 | La Angula | Quebrada La Angula |
| 25 | Chimitá | CA - 01 | Oro Bajo | Quebrada La Rosita |
| 26 | Parque Industrial | CY - 01 | Oro Bajo | Quebrada Cuyamita o Pantano |
| 27 | Argelia | AR - 01 | Oro Bajo | Quebrada Argelia o Cantera |
| 28 | Forjas Navas | LN - 01 | Oro Bajo | Quebrada Las Navas |
| 29 | Forjas Chapinero | CH - 01 | Oro Bajo | Quebrada Chapinero |
| 30 | Trituradora(La Picha) | LP - 01 | Oro Bajo | Quebrada La Picha |
| 31 | Uña de Gato | SA - 07 | Suratá Alto | Río Suratá |
| 32 | Pánaga | SA - 06 | Suratá Alto | Río Suratá |
| 33 | Puente Pánaga | RV - 01 | Suratá Alto | Río Vetas |
| 34 | La Playa | SA - 05 | Suratá Alto | Río Suratá |
| 35 | La Playa | RCH - 01 | Suratá Bajo | Río Charta |
| 36 | Puente Tona | RT – 01A | Tona | Río Tona |
| 37 | Zaragoza (Bosconia) | SA - 03 | Suratá Bajo | Río Suratá |
| 38 | Bavaria | SA - 01 | Suratá Bajo | Río Suratá |
| 39 | Bocas | RL - 02 | El Aburrido | Río Lebrija |
| 40 | Embalse | RL - 03 | Las Lajas | Río Lebrija |
| 41 | Palmas | LA - 01 | La Angula | Quebrada La Angula |
| 42 | Conchal | RL - 07 | La Honda | Río Lebrija |
| 43 | Vanegas | RC - 01 | Cáchira | Río Cáchira |
| 44 | Vanegas | RL – O8 | Lebrija Medio | Río Lebrija |
| 45 | Puente San Alonso | PY – 02A | Río Playón | Río Playonero |
| 46 | Balsas | PY - 01 | Río Playón | Río Playonero |
| 47 | Las Olas | RC – 02A | Río Playón | Río Cachiri |
| 48 | Puente  Arturo | SG-01A | Río Salamaga | Río Sílgara |
| 49 | El Bambú | SL – 04 | Río Salamaga | Río Salamaga |
| 50 | Brisas de Samaca | SM - 01 | Samaca | Quebrada Samaca |
| 51 | La virgen | SC - 01 | Santa Cruz | Río Negro |
| 52 | Brisas | RN - 01 | Río Negro Bajo | Río Negro |
| 53 | Primavera(El Chorro) | RM - 02 | Río Chicamocha | Río Manco |
| 54 | Pescadero (Mensulí) | RM - 01 | Río Chicamocha | Río Manco |
| 55 | Pescadero (Umpalá) | UP - 01 | Río Chicamocha | Río Umpalá |
| 56 | Platacero | MS - 05 | Río Frío | Quebrada Mensulí o La Estancia |
| 57 | Autopista | AZ - 07 | Río Frío | Quebrada Aranzoque o Mensulí |
| 58 | Cañaveral | LR - 03 | Oro Medio | Quebrada La Ruitoca o Ruitoque |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 59 | El Pilón | LR - 02 | Oro Medio | Quebrada La Ruitoca o Ruitoque |
| 60 | Arenales | QA – 02 | Jordán | Quebrada Arenales |
| 61 | Berlín | QA - 01 | Jordán | Quebrada Arenales |
| 62 | Berlín | RJ - 01 | Jordán | Río Jordán |
| 63 | Borrero | RV - 05 | Río Vetas | Río Vetas |
| 64 | Loma Redonda | RV – 02 | Río Vetas | Río Vetas |
| 65 | La Baja | QLB - 01 | Q. La Baja | Quebrada La Baja o Paez |
| 66 | Cristales | RO-O-10 | Oro Alto | Río de Oro |
| 67 | CE Rasgón | QRG-O-01 | Oro Alto | Quebrada El Rasgón |
| 68 | Batea Oro | RO-O-2PA | Oro Alto | Río de Oro |
| 69 | Chocoa | RO-O-4N | Oro Medio | Río de Oro |
| 70 | | RO-O-4H | Oro Medio | Río de Oro |
| 71 | | RO-O-2A | Oro Bajo | Río de Oro |

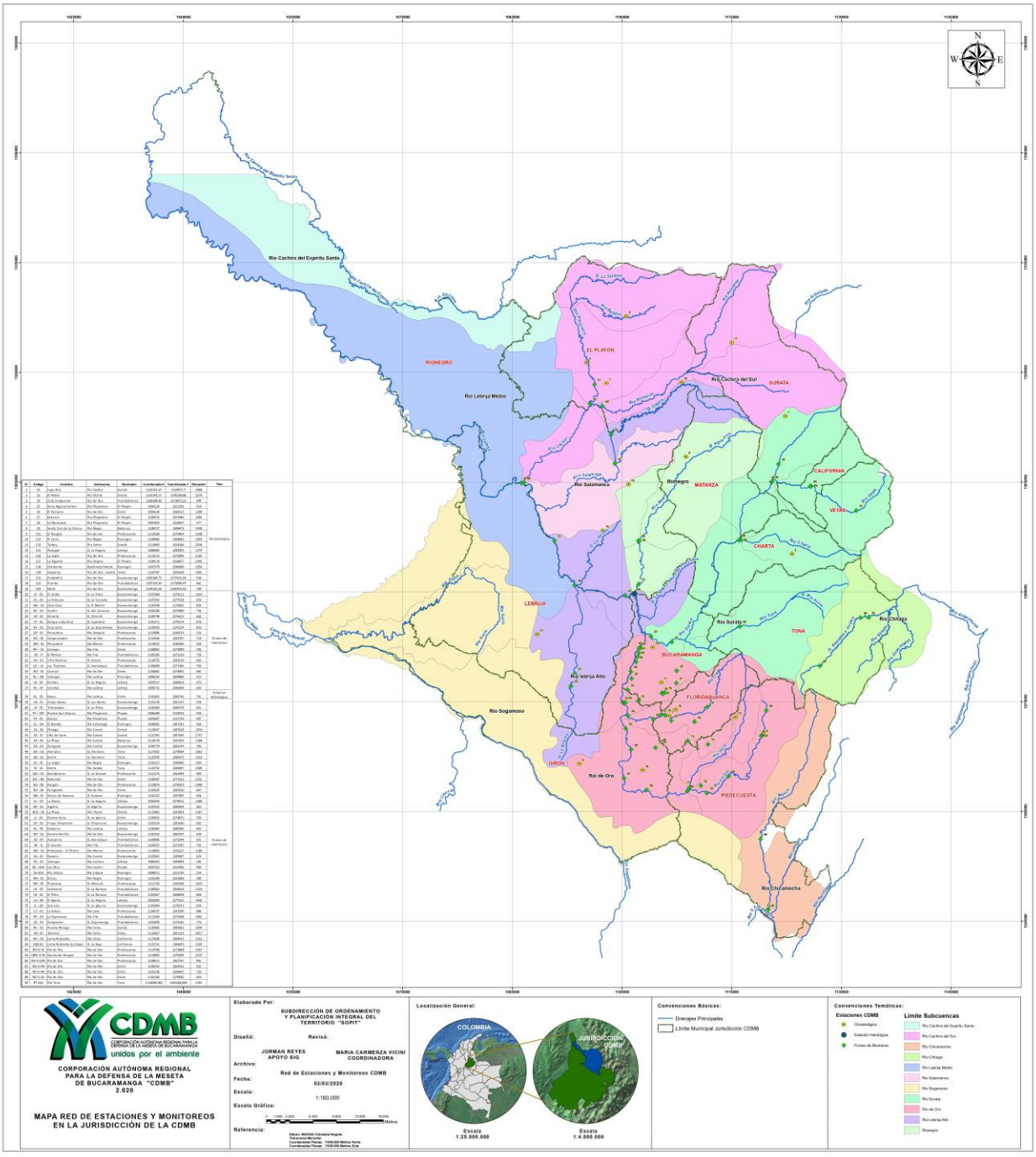


***Ilustración 1*** *Mapa de ubicación de los puntos de Monitoreo de Calidad y Cantidad de Agua*

### 1.2.1. Parámetros evaluados en la red de monitoreo de calidad de agua

En cada punto de monitoreo se analizan parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, que permiten establecer la calidad de las corrientes a través del Índice de Calidad de Agua ICA; discriminados en la Tabla 2.

*Tabla 2.* Parámetros evaluados en laboratorio de la red de monitoreo de calidad de agua

| **PARÁMETROS** | |
|---|---|
| 1. Alcalinidad Total | 15. Coliformes Termotolerantes NMP y Termotolerantes UFC |
| 2. Dureza Total | 16. Cianuro |
| 3. Demanda Química de Oxígeno DQO | 17. Mercurio |
| 4. Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5 | 18. Hierro |
| 5. Fósforo Total | 19. Cobre |
| 6. Nitrógeno Amoniacal | 20. Cadmio |
| 7. Nitrógeno Total Kjeldahl NTK | 21. Cromo |
| 8. Turbidez | 22. Manganeso |
| 9. Nitritos | 23. Plomo |
| 10. Nitratos | 24. Zinc |
| 11. Sólidos Totales | 25. Níquel |
| 12. Sólidos Suspendidos | 26. Aluminio |
| 13. Sólidos Sedimentables | 27. Arsénico |
| 14. Coliformes Totales | |

Los parámetros numerados del 16 al 27 (Tabla 2), se miden para los puntos de monitoreo ubicados en la zona minera.

*Tabla 3.* Parámetros evaluados en campo de la red de monitoreo de calidad de agua

| **Parámetro** | **Método** |
|---|---|
| **Datos de Campo** | **Equipo y/o Materiales** |
| 28. Temperatura del Agua y Ambiente | Termómetro (Sonda Multiparamétrica) |
| 29. Lectura Nivel de las corrientes | Mira Limnimétrica |
| 30. Caudal | Aforo con Molinete |
| 31. pH | Standard Methods 4500 H+ B |
| 32. Oxígeno Disuelto | Sonda Multiparamétrica |
| 33. Conductividad | Sonda Multiparamétrica |
| 34. Presión | Sonda Multiparamétrica |

### 1.2.2. Análisis evaluativo de calidad del agua

Obtenida toda la información fisicoquímica y microbiológica proveniente de las campañas de monitoreo se procede a la tabulación, procesamiento y análisis, para lo cual se realiza una representación gráfica que compara los datos de los últimos tres (3) años donde se puede observar el comportamiento de las corrientes en un período de tiempo determinado.

La recopilación de valores en rangos determinados para cada corriente, permitió diseñar gráficas para identificar la tendencia en la calidad y evidenciar afectaciones o contaminaciones atípicas. De igual manera, se puede observar la distribución de los datos con respecto al conjunto.

#### 1.2.2.1. Índices de Calidad del Agua

El índice de calidad del agua (ICA) es un indicativo de las condiciones de calidad física, química

y microbiológica de las corrientes y cuerpos de agua. El indicador permite identificar problemas de contaminación en un punto determinado, para un intervalo de tiempo específico. Favorece la representación del estado general del agua y las posibilidades o limitaciones para determinados usos en función de variables seleccionadas, mediante ponderaciones y agregación de variables físicas, químicas y microbiológicas. (IDEAM, 2010a).

La CDMB utilizo el índice de Calidad de Agua "Water Quality Index" (WQI), desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados unidos, por medio del uso de la técnica de investigación Delphi de la "Rand Corporation's" (Ball y Church 1980). El INSF, tiene la característica de ser un índice multiparámetro ampliamente usado en estudios ambientales, en gráficas tridimensionales para mostrar perfiles de calidad del agua, tendencias y observar el comportamiento de la contaminación (Ott, 1978). Sin embargo, el IDEAM en la guía Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para la Evaluación Regional del agua-2013 calcula el Índice de Calidad del Agua partir de siete (7) parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. En consecuencia, la CDMB se acoge a esta forma de cálculo para determinar el Índice de Calidad del Agua a partir del año 2019.

Además, teniendo en cuenta que en Colombia el estudio y la formulación de Índices de Calidad del Agua ha sido abordados desde 1997 principalmente por Alberto Ramírez González; el conjunto de Índices de contaminación denominados ICO's, tuvieron su base en los resultados de análisis multivariados de componentes principales de común utilización en monitoreos en la Industria Petrolera Colombiana y han demostrado enormes ventajas sobre los ICA, debido a que éstos generalmente involucran en un solo parámetro numerosas variables que conllevan a que no exista correspondencia en el puntaje de calidad de agua con el tipo de contaminación en una corriente. En el desarrollo de las formulaciones de estos índices de contaminación, se tuvieron en cuenta

diversas reglamentaciones, tanto Nacionales como Internacionales, para diferentes usos de agua; así como registros de aguas naturales colombianas y relaciones expuestas por otros autores, con el fin de potencializar su uso a diferentes situaciones y lograr en ellos una generalidad en su aplicación. De acuerdo con Ramírez y Viña, 1998 y Ramírez et al., 1999, las correlaciones halladas entre múltiples variables fisicoquímicas dieron origen los cuatro índices de contaminación complementarios e independientes. En consecuencia, la CDMB calcula también los cuatro (4) índices de contaminación para sus corrientes y tramos de su jurisdicción los cuales se describen a continuación:

**Índice de contaminación por mineralización – ICOMI**

El ICOMI es el valor promedio de los índices de cada una de las tres variables elegidas, las cuales se definen en un rango de 0 a 1; índices próximos a cero reflejan muy baja contaminación por mineralización e índices cercanos a 1, lo contrarío.

$$ICOMI = 1/3 * (I_{Conductividad} + I_{Dureza} + I_{Alcalinidad})$$

$I_{Conductividad} = 10^{Log\ I\ Conductividad}$

Conductividades mayores a 270 (s/cm), tienen un índice de conductividad igual a 1.

$I_{Dureza}$: Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$I_{Dureza} = 10^{Log\ \ I\ Dureza}$

Durezas mayores a 110 mg/l tienen un $I_{Dureza} = 1$

Durezas menores a 30 mg/l tienen un $I_{Dureza} = 0$

$I_{Alcalinidad} = -0.25 + 0.005 *$ Alcalinidad (mg/l)

Alcalinidad. mayor a 250 mg/l tiene un $I_{Alcalinidad} = 1$

Alcalinidad. menor a 50 mg/l tiene un $I_{Alcalinidad} = 0$

**Índice de contaminación por Materia Orgánica – ICOMO**

Se expresa en diferentes variables fisicoquímicas de las cuales se seleccionaron Demanda

Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Coliformes Totales y porcentaje de Saturación de Oxígeno, las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica.

El ICOMO, al igual que el ICOMI es el valor promedio de los índices de cada una de las tres variables elegidas, como se observa a continuación:

$$ICOMO = 1/3 * (IDBO + IColiformes\ Totales + IOxígeno\ \%)$$

$I_{DBO} = - 0.05 + 0.70 \log_{10} DBO\ (mg/l)$

DBO mayores a 30 mg/l tienen $I_{DBO} = 1$

DBO menores a 2 mg/l tienen $I_{DBO} = 0$

$IColiformes\ Totales = -1.44 + 0.56 \log_{10} Coliformes\ Totales\ (NMP/100ml)$

Colif. Totales mayores a 20.000 (NMP/100ml) tienen $I_{Coliformes\ Totales} = 1$

Colif. Totales menores a 500 (NMP/100ml) tienen $I_{Coliformes\ Totales} = 0$

$I\%Oxígeno = 1 - 0.01\%Oxígeno$

%Oxigeno mayores a 100 tienen un índice de oxígeno de 0.

Es importante resaltar que sistemas loticos con porcentajes de saturación mayor a 100%, son ventajosos e indicativos de una buena capacidad de re-aireación de los recursos hídricos.

**Índice de contaminación por Sólidos Suspendidos – ICOSUS**

Se determina tan solo mediante la concentración de sólidos suspendidos, los cuales están ligados solo a compuestos inorgánicos.

$$ICOSUS = -0.02 + 0.003 * Sólidos\ Suspendidos\ (mg/l)$$

Sólidos suspendidos mayores a 340 mg/l tienen ICOSUS = 1

Sólidos suspendidos menores a 10 mg/l tienen ICOSUS = 0

**Índice de contaminación Trófico – ICOTRO**

Este índice se determina con la concentración del fósforo total, a diferencia de los índices anteriores, en los cuales se establece un valor particular entre 0 y 1; la concentración del fósforo total define por sí misma una categoría, detallada a continuación:

Oligotrófico < 0.01 (mg/l) Eutrófico 0.02 - 1 (mg/l)
Mesotrófico 0.01 - 0.02 (mg/l) Hipereutrófico > 1 (mg/l)

*Tabla 4.* Rangos establecidos para los índices de contaminación del agua - ICO´s

| **Rango de establecimiento de índices ICO's** | | |
|---|---|---|
| **ICO** | **Grado de Contaminación** | **Escala de Color** |
| 0 - 0,2 | Ninguna | |
| > 0,2 - 0,4 | Baja | |
| > 0,4 - 0,6 | Media | |
| > 0,6 - 0,8 | Alta | |
| > 0,8 - 1 | Muy Alta | |

*Tabla 5*. Rangos establecidos para el ICOTRO.

| ICOTRO | |
|---|---|
| Oligotrófico | <0.01 |
| Mesotrófico | 0.01 - 0.02 |
| Eutrófico | >0.02 - 1 |
| Hipereutrófico | >1 |

Fuente: Ramírez et al. (1999)

### 1.2.3. Cálculo del Índice de Calidad del Agua-ICA's IDEAM-2013

La CDMB realizó el cálculo del ICA con 7 variables, con inclusión de un parámetro microbiológico, conforme a la propuesta del Instituto de Meteorología y Estudios ambientales – IDEAM.

*Tabla 6.* Variables ICA (IDEAM)

| ICA (7 variables – Incluye coliformes fecales) | | |
|---|---|---|
| **Variable** | **Expresada como** | **Peso de importancia** |
| Oxígeno Disuelto | % saturación | 0.16 |
| Sólidos en suspensión | mg/L | 0.14 |
| Demanda Química de Oxigeno | mg/L | 0.14 |
| Conductividad eléctrica | µS/cm | 0.14 |
| Relación N total / F total | (mg/L)/( mg/L) | 0.14 |
| pH | Unidades de pH | 0.14 |
| Coliformes fecales | UFC/100 ml | 0.14 |

$$\text{ICA} = \sum_{I=0}^{n} \text{wi} * \text{li}$$

Dónde:

ICA: Índice de uso del agua

wi: Ponderación

li: Valor calculado de la variable i.

Descripción metodológica:

La ponderación de las variables físicas, químicas y microbiológicas puede variar dependiendo de la relevancia para análisis específicos de condiciones de calidad de aguas. (IDEAM, 2010a). Los indicadores ICA básicamente son una expresión de un número de parámetros que permiten valorar el recurso hídrico para un determinado uso.

Cálculo del porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto – OD:

- Obtener las mediciones de: OD

  Temperatura del agua en °C – T

Altura sobre el nivel del más del sitio-Altitud

- Para calcular la Presión no estándar – P, se debe obtener:
- Medición del OD
- Medición de la temperatura del agua en °C - T
- Valor de la altura sobre el nivel del mar del sitio – altitud**.**

  Con los datos anteriores calcule la Presión no estándar – P, donde:

$$P = 1 - (0.02667 * \frac{\frac{altitud}{0.3048}}{760})$$

- Hallar la temperatura TE, que corresponde a la temperatura del agua en °K, donde:

$$TE = T + 273.15$$

- Establecer la concentración de equilibrio de oxigeno C*, a la presión de 1 atmosfera, donde:

$$C^* = EXP\left(\left(-139.3441 + \left(\frac{157570.1}{TE}\right) - \left(\frac{66423080}{TE^2}\right) - \left(\frac{12438000000}{TE^3}\right) - \left(\frac{862194900000}{TE^4}\right)\right)\right)$$

- Determinar el Factor de corrección de la temperatura, donde T esta en °C, a condiciones estándar (nivel del mar), donde:

$$\theta = 0.000975 - (1.426 * 10^{-5} * T) + (6.436 * 10^{-8} * T^2)$$

- Obtener la Presión parcial de vapor de agua – PW en atmosferas, en función de TE, donde:

$$\text{PW} = EXP\left(11.8571 - \left(\frac{3840.7}{TE}\right) - \left(\frac{216921}{TE^2}\right)\right)$$

- Estimar la concentración de equilibrio de oxigeno – Cp, a la presión no estándar, es decir, oxigeno de saturación, donde:

$$Cp = C^* * P * \left( \frac{\left(1 - \frac{PW}{P}\right) * (1 - \theta * P)}{(1 - P) * (1 - \theta)} \right)$$

- Hallar el Porcentaje de saturación – PS de oxígeno disuelto, donde:

$$PS = \frac{T * 100}{Cp}$$

- Calcular el Índice de saturación de oxígeno disuelto – OD

$$Si\ PS < 100\%, \qquad OD = 1 - (1 - 0.01 * PS)$$

$$Si\ PS > 100\%, \qquad OD = 1 - (0.01 * PS - 1)$$

Cálculo del Subíndice de calidad para Solidos suspendidos totales, ISST, donde

- Si SST < = 4.5, entonces $I_{SST}$=1
- $I_{SST}$ = 1 - ( - 0.02 + 0.003 * SST (mg / L) )
- Si SST > = 320, entonces $I_{SST}$ = 0

Cálculo del Índice de Demanda Química de Oxigeno, DQO, donde

- Si DQO < = 20, entonces $I_{DQO}$ = 0.91
- Si 20 < DQO <= 25, entonces $I_{DQO}$ = 0.71
- Si 25 < DQO <= 40, entonces $I_{DQO}$ = 0.51
- Si 40 < DQO <= 80, entonces $I_{DQO}$ = 0.26

- DQO > 80, entonces $I_{DQO} = 0.15$

En caso de no tener los datos sobre nitrógeno total y fósforo total, sino las especies solubles Nitrato y Fosfato, se debe utilizar el cociente: NO3/PO4

- Si N/P > = 15, entonces $I_{N/P} = 0.80$
- Si 10 < N/P < 15, entonces $I_{N/P} = 0.60$
- Si 5 < N/P <= 10, entonces $I_{N/P} = 0.35$
- Si N/P <= 5, entonces $I_{N/P} = 0.15$

Cálculo del índice de Conductividad eléctrica, donde:

- $I_{Cond} = 1- 10^{(-326+1.34 \log_{10}(\text{Conductividad}))}$
- Cuando $I_{Cond} < 0$, entonces $I_{Cond} = 0$

Calculo de índice de pH, IpH:

- Si pH < 4, entonces IpH = 0,10
- Si 4 < pH <= 7, entonces $I_{pH} = 0{,}2628419 * e^{(pH*0.520025)}$
- Si 7,1 < pH < = 8, entonces $I_{pH} = 1$
- Si 8,1 < pH <= 11, entonces $I_{pH} = 1 * e^{((pH-8)*-0.5187742)}$
- Si pH > 11,1, entonces IpH = 0,10

Una vez determinados todos los subíndices, se debe calcular el valor ponderado:

Valor ponderado = Ponderación * Valor de cada subíndice

Finalmente, el ICA es equivalente a la sumatoria de los valores ponderados.

*Tabla 7*. Intervalos ICA (IDEAM)

| Categorías de valores que puede tomar el indicador | Calificación de la calidad de agua | Señal de alerta |
|---|---|---|
| 0.00 – 0.25 | Muy Mala | Rojo |
| 0.26 – 0.50 | Mala | Naranja |
| 0.51 – 0.70 | Regular | Amarillo |
| 0.71 – 0.90 | Aceptable | Verde |
| 0.91 – 1.00 | Buena | Azul |

## 1.3. Resultados de las campañas de monitoreo

### 1.3.1. Resultados Índices de calidad de agua – ICAS año 2019

A continuación, se reportan Los resultados de los ICA´s en los puntos monitoreados en las tres (3) campañas los cuales de se registran en la Tabla 7.

*Tabla 8*. Índices de calidad de agua en puntos de monitoreo 2019

| | SITIO DE MUESTREO | PUNTO | ICA MENSUAL 2019 | | | ICA 2019 | CALIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1ra RONDA | 2da RONDA | 3ra RONDA | | |
| 1 | Río Suratá | SA-07 | 0.82 | 0.73 | 0.67 | 0.74 | Aceptable |
| 2 | Río Suratá | SA-06 | 0.78 | 0.76 | 0.69 | 0.74 | Aceptable |
| 3 | Río Suratá | SA-05 | 0.81 | 0.70 | 0.72 | 0.74 | Aceptable |
| 4 | Río Suratá | SA-03 | 0.86 | 0.69 | 0.64 | 0.73 | Aceptable |
| 5 | Río Suratá | SA-01 | 0.73 | 0.50 | 0.48 | 0.57 | Regular |
| 6 | Río Vetas | RV-05 | 0.71 | 0.62 | 0.56 | 0.63 | Regular |
| 7 | Río Vetas | RV-02 | 0.73 | 0.64 | 0.65 | 0.67 | Regular |
| 8 | Río Vetas | RV-01 | 0.76 | 0.65 | 0.64 | 0.68 | Regular |
| 9 | Río Tona | RT-01A | 0.73 | 0.67 | 0.76 | 0.72 | Aceptable |
| 10 | Río Charta | RCH-01 | 0.85 | 0.72 | 0.84 | 0.80 | Aceptable |
| 11 | Río de Oro | RO-O-10 | 0.78 | 0.77 | 0.72 | 0.76 | Aceptable |
| 12 | Río de Oro | RO-06 | 0.79 | 0.69 | 0.69 | 0.72 | Aceptable |
| 13 | Río de Oro | RO-05 | 0.71 | 0.55 | 0.76 | 0.67 | Regular |
| 14 | Río de Oro | RO-O-2PA | 0.52 | 0.39 | 0.43 | 0.45 | Mala |
| 15 | Río de Oro | RO-04 | 0.54 | 0.45 | 0.50 | 0.50 | Mala |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | Río de Oro | RO-O-4N | 0.63 | 0.56 | 0.55 | 0.58 | Regular |
| 17 | Río de Oro | RO-O-4H | 0.46 | 0.56 | 0.56 | 0.53 | Regular |
| 18 | Río de Oro | RO-4A | 0.48 | 0.47 | 0.56 | 0.50 | Mala |
| 19 | Río de Oro | RO-02 | 0.34 | 0.38 | 0.44 | 0.39 | Mala |
| 20 | Río de Oro | RO-O-2A | 0.40 | 0.35 | 0.41 | 0.38 | Mala |
| 21 | Río de Oro | RO-01 | 0.32 | 0.39 | 0.45 | 0.39 | Mala |
| 22 | Q. El Rasgón | QRG-O-01 | 0.82 | 0.76 | 0.75 | 0.78 | Aceptable |
| 23 | Q. Grande | QG-01 | 0.72 | 0.69 | 0.69 | 0.70 | Regular |
| 24 | Q. Soratoque | SO-01 | 0.66 | 0.64 | 0.59 | 0.63 | Regular |
| 25 | Río Lato | LT-01 | 0.67 | 0.59 | 0.53 | 0.60 | Regular |
| 26 | Q. Chimita | CA-01 | 0.41 | 0.37 | 0.39 | 0.39 | Mala |
| 27 | Q. La Cuyamita | CY-01 | 0.43 | 0.44 | 0.52 | 0.46 | Mala |
| 28 | Q. La Argelia | AR-01 | 0.52 | 0.51 | 0.49 | 0.51 | Regular |
| 29 | Q. Las Navas | LN-01 | 0.40 | 0.44 | 0.36 | 0.40 | Mala |
| 30 | Q. La Picha | LP-01 | 0.29 | 0.26 | 0.22 | 0.26 | Mala |
| 31 | Q. Chapinero | CH-01 | 0.46 | 0.47 | 0.46 | 0.47 | Mala |
| 32 | Río Lebrija | RL-08 | 0.74 | 0.65 | 0.67 | 0.68 | Regular |
| 33 | Río Lebrija | RL-07 | 0.67 | 0.62 | 0.62 | 0.64 | Regular |
| 34 | Río Lebrija | RL-03 | 0.68 | 0.62 | 0.60 | 0.63 | Regular |
| 35 | Río Lebrija | RL-02 | 0.53 | 0.56 | 0.55 | 0.54 | Regular |
| 36 | Río Negro | RN-01 | 0.80 | 0.74 | 0.78 | 0.77 | Aceptable |
| 37 | Río Salamaga | SL-04 | 0.88 | 0.80 | 0.80 | 0.82 | Aceptable |
| 38 | Río Cachíra | RC-01 | 0.76 | 0.72 | 0.74 | 0.74 | Aceptable |
| 39 | Río Cachirí | RC-02A | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.57 | Regular |
| 40 | Q. La Angula | LA-04 | 0.90 | 0.60 | 0.76 | 0.75 | Aceptable |
| 41 | Q. La Angula | LA-03 | 0.36 | 0.33 | 0.41 | 0.37 | Mala |
| 42 | Q. La Angula | LA-01 | 0.86 | 0.60 | 0.68 | 0.72 | Aceptable |
| 43 | Río Playonero | PY-02A | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | Aceptable |
| 44 | Río Playonero | PY-01 | 0.79 | 0.82 | 0.80 | 0.80 | Aceptable |
| 45 | Río Manco | RM-02 | 0.81 | 0.80 | 0.73 | 0.78 | Aceptable |
| 46 | Río Manco | RM-01 | 0.74 | 0.79 | 0.77 | 0.76 | Aceptable |
| 47 | Q. La Ruitoca | LR-03 | 0.79 | 0.77 | 0.74 | 0.77 | Aceptable |
| 48 | Q. La Ruitoca | LR-02 | 0.75 | 0.56 | 0.66 | 0.66 | Regular |
| 49 | Río Frío | RF-03 | 0.81 | 0.81 | 0.79 | 0.80 | Aceptable |
| 50 | Río Frío | RF-P | 0.77 | 0.73 | 0.54 | 0.68 | Regular |
| 51 | Río Frío | RF-B | 0.43 | 0.49 | 0.45 | 0.46 | Mala |
| 52 | Río Frío | RF-1A | 0.40 | 0.34 | 0.46 | 0.40 | Mala |
| 53 | Q. Aran Mensulí | MS-05 | 0.77 | 0.66 | 0.66 | 0.70 | Regular |
| 54 | Q. Aran Mensulí | AZ-07 | 0.53 | 0.60 | 0.55 | 0.56 | Regular |
| 55 | Q. Aran Mensulí | AZ-1A | 0.56 | 0.60 | 0.58 | 0.58 | Regular |
| 56 | Q. Zapamanga | ZA-01 | 0.54 | 0.53 | 0.45 | 0.51 | Regular |
| 57 | Q. La Flora | LF-01 | 0.62 | 0.61 | 0.57 | 0.60 | Regular |
| 58 | Q. La Cascada | CS-01 | 0.62 | 0.61 | 0.57 | 0.60 | Regular |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 59 | Q. La Iglesia | LI-03 | 0.41 | 0.39 | 0.38 | 0.39 | Mala |
| 60 | Q. La Iglesia | LI-01 | 0.51 | 0.34 | 0.50 | 0.45 | Mala |
| 61 | Q. El Macho | MA-01 | 0.48 | 0.69 | 0.58 | 0.58 | Regular |
| 62 | Q. La Guacamaya | GY-01 | 0.31 | 0.22 | 0.35 | 0.29 | Mala |
| 63 | Q. El Carrasco | DC-01 | 0.44 | 0.35 | 0.41 | 0.40 | Mala |
| 64 | Q. Samacá | SM-01 | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.76 | Aceptable |
| 65 | Q. Santa Cruz | SC-01 | 0.86 | 0.86 | 0.80 | 0.84 | Aceptable |
| 66 | Río Silgará | SG-01A | 0.86 | 0.80 | 0.83 | 0.83 | Aceptable |
| 67 | Río Umpála | UP-01 | 0.76 | 0.72 | 0.59 | 0.69 | Regular |
| 68 | Q. Arenales | QA-02 | 0.78 | 0.81 | 0.73 | 0.77 | Aceptable |
| 69 | Q. Arenales | QA-01 | 0.73 | 0.76 | 0.72 | 0.74 | Aceptable |
| 70 | Río Jordán | RJ-01 | 0.77 | 0.72 | 0.74 | 0.74 | Aceptable |
| 71 | Q. La Baja | QLB-01 | 0.76 | 0.66 | 0.63 | 0.68 | Regular |

### 1.3.2. Resultados años 2016-2017 y 2018

En la Tabla 9 se muestran los promedios anuales de Índices de Calidad de Agua – ICAS de todos los puntos monitoreados durante los años 2016, 2017 y 2018; los cálculos se realizaron con el método de la National Sanitation Foundation -NSF

*Tabla 9.* Índices de calidad de agua en puntos de monitoreo años, 2016, 2017, 2018

| SITIO DE MUESTREO | PUNTO | 2016 | | 2017 | | 2018 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ICA | Calidad | ICA | Calidad | ICA | Calidad |
| Río Suratá | SA-07 | 72,69 | Buena | 69,62 | Buena | 69,49 | Buena |
| Río Suratá | SA-06 | 58,16 | Buena | 62,41 | Buena | 61,39 | Buena |
| Río Suratá | SA-05 | 54,19 | Buena | 61,57 | Buena | 60,96 | Buena |
| Río Suratá | SA-03 | 57,18 | Buena | 63,24 | Buena | 62,04 | Buena |
| Río Suratá | SA-01 | 41,11 | Dudosa | 55,68 | Buena | 51,41 | Dudosa |
| Río Vetas | RV-05 | 56,69 | Buena | 47,63 | Dudosa | 57,90 | Buena |
| Río Vetas | RV-02 | 60,13 | Buena | 61,41 | Buena | 62,06 | Buena |
| Río Vetas | RV-01 | 57,97 | Buena | 59,05 | Buena | 57,59 | Buena |
| Río Tona | RT-01A | 79,48 | Buena | 74,70 | Buena | 65,81 | Buena |
| Río Charta | RCH-01 | 71,71 | Buena | 71,83 | Buena | 63,97 | Buena |
| Río de Oro | RO-O-10 | --- | --- | --- | --- | 77,51 | Buena |
| Río de Oro | RO-06 | 69,12 | Buena | 72,59 | Buena | 74,06 | Buena |
| Río de Oro | RO-05 | 65,14 | Buena | 65,80 | Buena | 76,67 | Buena |
| Río de Oro | RO-O-2PA | --- | --- | --- | --- | 43,80 | Dudosa |
| Río de Oro | RO-04 | 38,21 | Dudosa | 50,70 | Dudosa | 44,03 | Dudosa |
| Río de Oro | RO-O-4N | --- | --- | --- | --- | 49,49 | Dudosa |

| SITIO DE MUESTREO | PUNTO | 2016 | | 2017 | | 2018 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ICA | Calidad | ICA | Calidad | ICA | Calidad |
| Río de Oro | RO-O-4H | --- | --- | --- | --- | 53,16 | Buena |
| Río de Oro | RO-4ª | 45,52 | Dudosa | 47,53 | Dudosa | 49,02 | Dudosa |
| Río de Oro | RO-02 | 30,61 | Inadecuada | 26,94 | Inadecuada | 25,44 | Inadecuada |
| Río de Oro | RO-O-2ª | --- | --- | --- | --- | 32,08 | Inadecuada |
| Río de Oro | RO-01 | 33,28 | Inadecuada | 30,29 | Inadecuada | 29,67 | Inadecuada |
| Q. El Rasgón | QRG-O-01 | --- | --- | --- | --- | 74,73 | Buena |
| Q. Grande | QG-01 | 64,10 | Buena | 63,15 | Buena | 54,56 | Buena |
| Q. Soratoque | SO-01 | 65,26 | Buena | 59,56 | Buena | 54,09 | Buena |
| Río Lato | LT-01 | 50,17 | Dudosa | 46,60 | Dudosa | 46,94 | Dudosa |
| Q. Chimita | CA-01 | 22,99 | Inadecuada | 18,76 | Pesima | 19,21 | Pesima |
| Q. La Cuyamita | CY-01 | 30,05 | Inadecuada | 23,82 | Inadecuada | 29,71 | Inadecuada |
| Q. La Argelia | AR-01 | 34,26 | Inadecuada | 39,44 | Dudosa | 31,56 | Inadecuada |
| Q. Las Navas | LN-01 | 40,24 | Dudosa | 24,63 | Inadecuada | 22,12 | Inadecuada |
| Q. La Picha | LP-01 | 21,90 | Inadecuada | 22,67 | Inadecuada | 17,30 | Pesima |
| Q. Chapinero | CH-01 | 41,41 | Dudosa | 24,89 | Inadecuada | 23,19 | Inadecuada |
| Río Lebrija | RL-08 | 45,59 | Dudosa | 53,30 | Buena | 44,06 | Dudosa |
| Río Lebrija | RL-07 | 44,05 | Dudosa | 55,87 | Buena | 39,75 | Dudosa |
| Río Lebrija | RL-03 | 44,30 | Dudosa | 50,39 | Dudosa | 41,47 | Dudosa |
| Río Lebrija | RL-02 | 41,64 | Dudosa | 44,91 | Dudosa | 40,28 | Dudosa |
| Río Negro | RN-01 | 51,90 | Dudosa | 59,43 | Buena | 53,04 | Buena |
| Río Salamaga | SL-04 | 65,37 | Buena | 65,47 | Buena | 65,59 | Buena |
| Río Cachíra | RC-01 | 56,90 | Buena | 55,48 | Buena | 54,95 | Buena |
| Río Cachirí | RC-02ª | 67,48 | Buena | 58,89 | Buena | 70,33 | Buena |
| Q. La Angula | LA-04 | 57,72 | Buena | 71,29 | Buena | 61,50 | Buena |
| Q. La Angula | LA-03 | 21,14 | Inadecuada | 17,26 | Pesima | 15,36 | Pesima |
| Q. La Angula | LA-01 | 59,49 | Buena | 59,20 | Buena | 60,28 | Buena |
| Río Playonero | PY-02ª | 59,80 | Buena | 60,48 | Buena | 58,87 | Buena |
| Río Playonero | PY-01 | 54,92 | Buena | 56,91 | Buena | 52,04 | Buena |
| Río Manco | RM-02 | 70,66 | Buena | 66,65 | Buena | 52,44 | Buena |
| Río Manco | RM-01 | 64,53 | Buena | 62,86 | Buena | 54,74 | Buena |
| Q. La Ruitoca | LR-03 | 62,87 | Buena | 69,67 | Buena | 69,20 | Buena |
| Q. La Ruitoca | LR-02 | 57,25 | Buena | 58,25 | Buena | 57,67 | Buena |
| Río Frío | RF-03 | 66,99 | Buena | 67,13 | Buena | 63,35 | Buena |
| Río Frío | RF-P | 44,15 | Dudosa | 57,04 | Buena | 46,05 | Dudosa |
| Río Frío | RF-B | 21,73 | Inadecuada | 21,85 | Inadecuada | 20,22 | Inadecuada |
| Río Frío | RF-1ª | 25,22 | Inadecuada | 23,17 | Inadecuada | 26,60 | Inadecuada |
| Q. Aran- Men | MS-05 | 58,47 | Buena | 63,09 | Buena | 59,96 | Buena |
| Q. Aran- Men | AZ-07 | 49,52 | Dudosa | 56,82 | Buena | 49,88 | Dudosa |
| Q. Aran- Men | AZ-1ª | 48,28 | Dudosa | 56,96 | Buena | 47,01 | Dudosa |
| Q. Zapamanga | ZA-01 | 44,96 | Dudosa | 42,32 | Dudosa | 45,16 | Dudosa |
| Q. La Flora | LF-01 | 39,65 | Dudosa | 38,68 | Dudosa | 38,33 | Dudosa |
| Q. La Cascada | CS-01 | 48,27 | Dudosa | 56,28 | Buena | 47,77 | Dudosa |
| Q. La Iglesia | LI-03 | 33,52 | Inadecuada | 33,87 | Inadecuada | 26,75 | Inadecuada |
| Q. La Iglesia | LI-01 | 41,80 | Dudosa | 30,06 | Inadecuada | 33,19 | Inadecuada |

| SITIO DE MUESTREO | PUNTO | 2016 | | 2017 | | 2018 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ICA | Calidad | ICA | Calidad | ICA | Calidad |
| Q. El Macho | MA-01 | 42,03 | Dudosa | 49,95 | Dudosa | 50,40 | Dudosa |
| Q. La Guacamaya | GY-01 | 32,81 | Inadecuada | 19,42 | Pesima | 35,15 | Inadecuada |
| Q. El Carrasco | DC-01 | 11,92 | Pesima | 8,75 | Pesima | 9,14 | Pesima |
| Q. Samacá | SM-01 | 62,40 | Buena | 62,60 | Buena | 61,67 | Buena |
| Q. Santa Cruz | SC-01 | 62,77 | Buena | 65,97 | Buena | 57,73 | Buena |
| Río Silgará | SG-01[a] | 73,48 | Buena | 63,55 | Buena | 65,78 | Buena |
| Río Umpála | UP-01 | 59,17 | Buena | 68,49 | Buena | 60,37 | Buena |
| Q. Arenales | QA-02 | 71,49 | Buena | 74,73 | Buena | 70,61 | Buena |
| Q. Arenales | QA-01 | 54,49 | Buena | 64,13 | Buena | 53,23 | Buena |
| Río Jordán | RJ-01 | 65,69 | Buena | 69,61 | Buena | 59,71 | Buena |
| Q. La Baja | LB-01 | 57,36 | Buena | 65,89 | Buena | 69,25 | Buena |

Tabla 10. Porcentaje ICAS 2019

| ICAS 2019 | | |
|---|---|---|
| | 2019 | % |
| Buena | 0 | |
| Aceptable | 27 | 38 |
| Regular | 25 | 35 |
| Mala | 19 | 27 |
| Muy Mala | 0 | |

- La tabla 10, muestra que en los ICAS calculados para el año 2019 con la metodología del IDEAM-2013 el mayor porcentaje es para la calidad aceptable, con un 38%, seguida por Regular en un 35% y mala calidad para un 27% de las corrientes.

## 1.4. Resultados por corriente

### 1.4.1. Río Surata y sus principales afluentes

El río Suratá tiene establecidos cinco puntos de monitoreo, que van desde el punto SA-07 conocido como “Uña de gato”, SA-06 “Puente Pánaga”, SA-05 “La Playa”, SA-03 “Bosconia” y SA-01 “Bavaria”. El río Surata tiene a su vez tres afluentes importantes: ríos Vetas, Charta y

Tona con sus puntos de monitoreo RV-01 conocido como “Puente Pánaga”, RCH-01 “La Playa”, RT-01A “río Tona” respectivamente.

*Tabla 11.* Índice de calidad del agua - río Suratá

| RÍO SURATÁ | |
|---|---|
| **PUNTO** | **ICA 2019** |
| SA-07 | 0.74 |
| SA-06 | 0.74 |
| SA-05 | 0.74 |
| SA-03 | 0.73 |
| SA-01 | 0.57 |

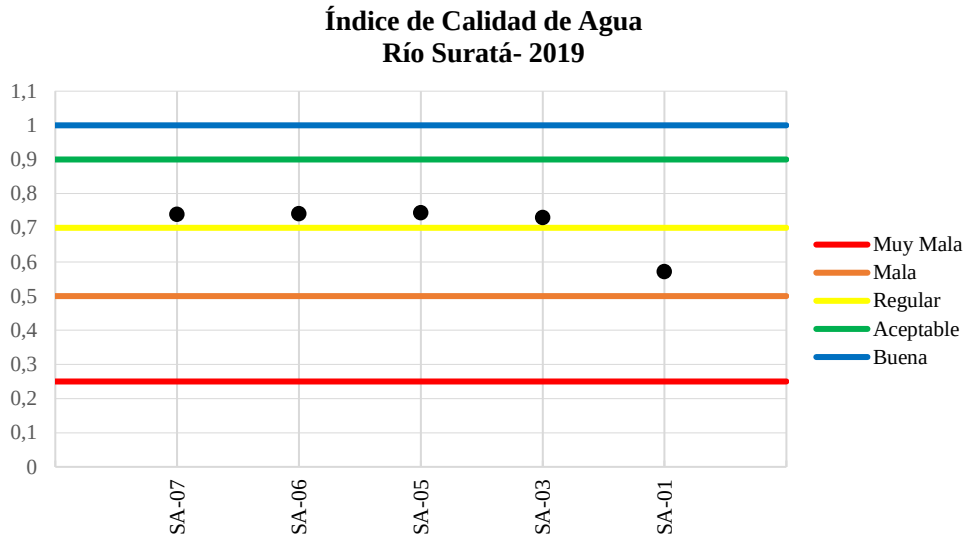


*Figura 1.* Índice de calidad de agua - río Surata

La calidad del Río Surata se mantiene en sus cuatro primeros puntos en categoría/condición “aceptable”, debido a que recorre un área con poca densidad poblacional la cual va aumentando a medida que se acerca al área urbana, razón por la cual, el punto SA-01 “Bavaria” por su proximidad con la zona norte de Bucaramanga, se encuentra en una clasificación “regular”.

*Tabla 12.* Índice de calidad de agua - tributarios río Surata

| TRIBUTARIOS RÍO SURATÁ | |
|---|---|
| **PUNTO** | **ICA 2019** |
| RV-01 | 0.68 |
| RCH-01 | 0.80 |
| RT-01A | 0.72 |

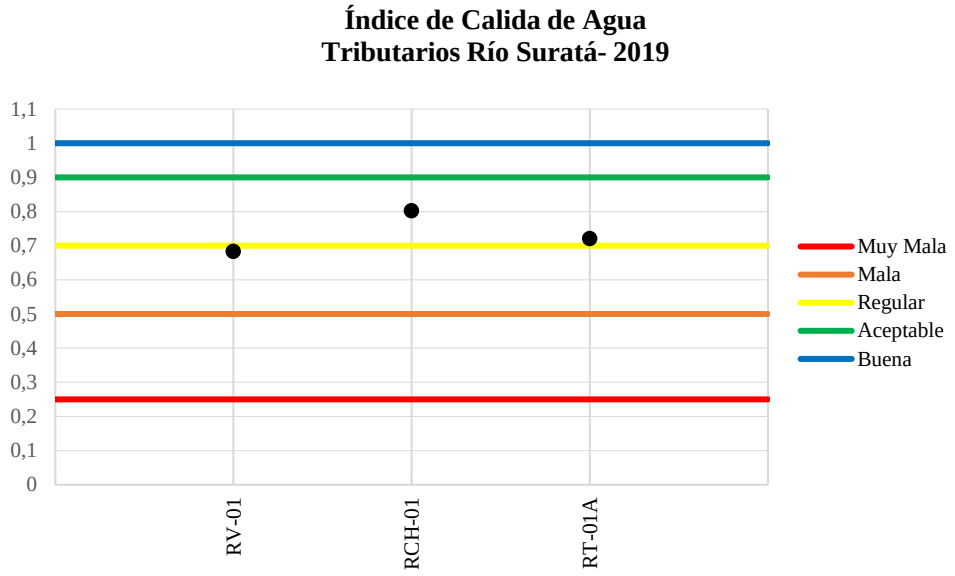


Figura 2. Índice de calidad de agua - tributarios río Surata

Los afluentes principales del río Suratá son: el río Charta y el río Tona en los cuales se presenta calidad "aceptable" en los puntos RCH-01 y RT-01A; otro afluente es el río Vetas que muestra calidad "regular" en el punto RV-01.

## Índices de contaminación ICOMI, ICOMO ICOSUS e ICOTRO río Surata

*Tabla 13.* Índices de contaminación - río Surata.

| SITIO DE MUESTREO | PUNTO | ICOMI | ICOMO | ICOSUS | ICOTRO |
|---|---|---|---|---|---|
| Río Suratá | SA-07 | 0,21 | 0,33 | 0,02 | 0,06 |
| | SA-06 | 0,19 | 0,40 | 0,02 | 0,06 |
| | SA-05 | 0,20 | 0,33 | 0,25 | 0,11 |
| | SA-03 | 0,25 | 0,26 | 0,34 | 0,11 |
| | SA-01 | 0,28 | 0,52 | 0,51 | 0,26 |

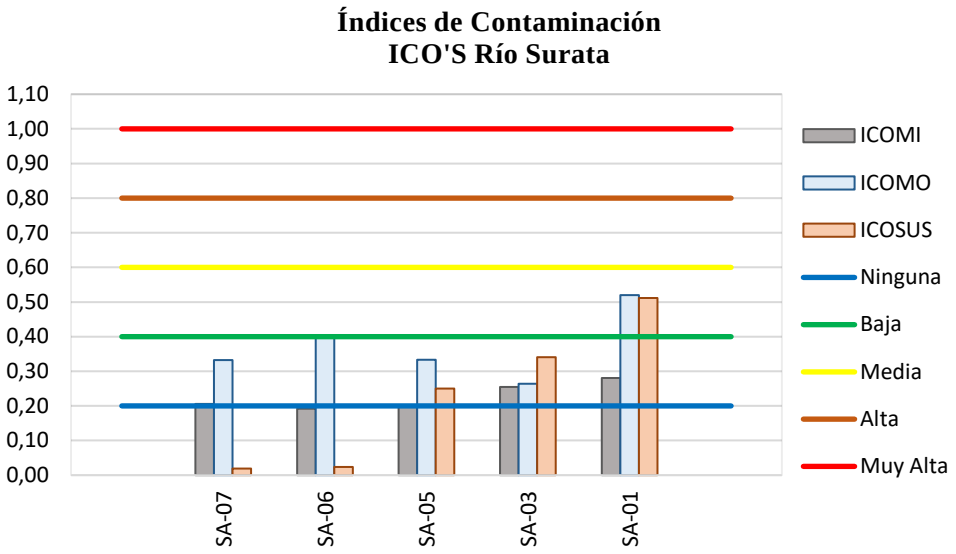


*Figura 3.* Índices de contaminación - río Surata

Con relación a los índices de contaminación ICOMO, ICOSUS e ICOMI, la corriente del río Surata presenta niveles que van de ninguna a baja contaminación para todos los puntos, ~~y~~ excepto para el SA-01 "Bavaria". En este punto, el índice de materia orgánica ICOMO y el índice de contaminación por solidos suspendidos ICOSUS muestran una contaminación media debido a descargas domesticas provenientes la zona Norte y coincide con la calidad del ICA "Regular" en este punto.

## Índices de Contaminación ICOMI, ICOMO ICOSUS e ICOTRO Tributarios Río Surata

*Tabla 14.* Índices de contaminación - tributarios río Surata.

| SITIO DE MUESTREO | PUNTO | ICOMI | ICOMO | ICOSUS | ICOTRO |
|---|---|---|---|---|---|
| Tributarios Río Suratá | RV-01 | 0,32 | 0,34 | 0,34 | 0,06 |
| | RCH-01 | 0,28 | 0,26 | 0,03 | 0,05 |
| | RT-01A | 0,38 | 0,39 | 0,01 | 0,06 |

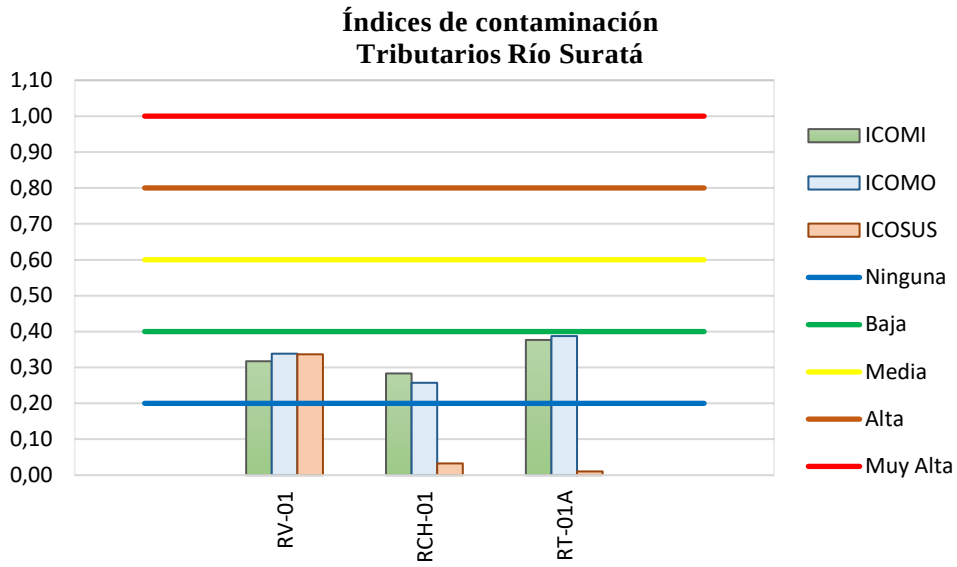


*Figura 4.* Índices de contaminación - tributarios río Surata

Los índices de contaminación de los tributarios del río Suratá presentan calificación baja en materia orgánica, solidos suspendidos y mineralización, indicativo de que las actividades de su población no afectan en estas variables la calidad de sus cuerpos de agua.

### 1.4.2. Río de Oro y sus principales afluentes

El cuerpo de agua del río de Oro tuvo establecidos hasta el año 2017 seis puntos de monitoreo en toda su corriente, los cuales iniciaban desde el punto RO-06 ubicado aguas arriba del casco urbano de Piedecuesta conocidos como El Rasgón, RO-05 el Conquistador, RO-04 ubicado en el punto de monitoreo Palogordo, RO-4A Bahondo, RO-02 conocido como Carrizal, ubicado en el sector del mismo nombre y por último RO-01 en el sitio conocido como Puente Nariño.

A partir del año 2018 con la ejecución del Plan de Ordenamiento del río de Oro, se adicionaron sobre esta corriente los puntos RO-O-10, RO-O-2PA, RO-0-4N, RO-O-4H,

RO-O-2A y además el punto QRG-O-01, Quebrada el Rasgón como afluente, los cuales forman parte del plan de monitoreo de 2019.

Igualmente, el río Frio afluente principal del río de Oro, se monitorea en los siguientes cuatro puntos de su recorrido: RF-03 La Esperanza, RF-P El Pórtico, RF-B punto de monitoreo El Caucho y RF-1A Caneyes.

Es importante resaltar que existen otros afluentes como las quebradas Grande QG-01 Barroblanco, Soratoque SO-01 punto denominado Villa Paulina y río Lato LT-01 conocido como la Batea, ubicados en el municipio de Piedecuesta y en el municipio de Girón la Quebrada la Ruitoca en los puntos LR-02-o El Pilón y LR-03 Cañaveral.

Por último, entre los afluentes de las quebradas de la Escarpa de Bucaramanga se encuentran los puntos de monitoreo Chimita CA-01, Parque Industrial, conocido como CY-01 en la quebrada Cuyamita, punto Argelia AR-01 sobre la quebrada La Argelia, en la quebrada Las Navas el punto LN-01 Forjas Navas, el punto en la quebrada Chapinero CH-01 conocido como Chapinero y en la quebrada La Picha el punto LP-01 Trituradora.

Con relación a las corrientes en la escarpa, es importante mencionar que los puntos de monitoreo se ubican antes de la confluencia con el río de Oro. La Tabla 15 y Figura 5 muestran los resultados y la representación gráfica del índice de calidad de agua en río de Oro.

*Tabla 15*. Índice de calidad de agua - río de Oro.

| **RÍO DE ORO** | |
|---|---|
| **PUNTO** | **ICA 2019** |
| RO-O-10 | 0.76 |
| RO-06 | 0.72 |
| RO-05 | 0.67 |
| RO-O-2PA | 0.45 |
| RO-04 | 0.50 |
| RO-O-4N | 0.58 |
| RO-O-4H | 0.53 |
| RO-4ª | 0.50 |
| RO-02 | 0.39 |
| RO-O-2ª | 0.38 |
| RO-01 | 0.39 |

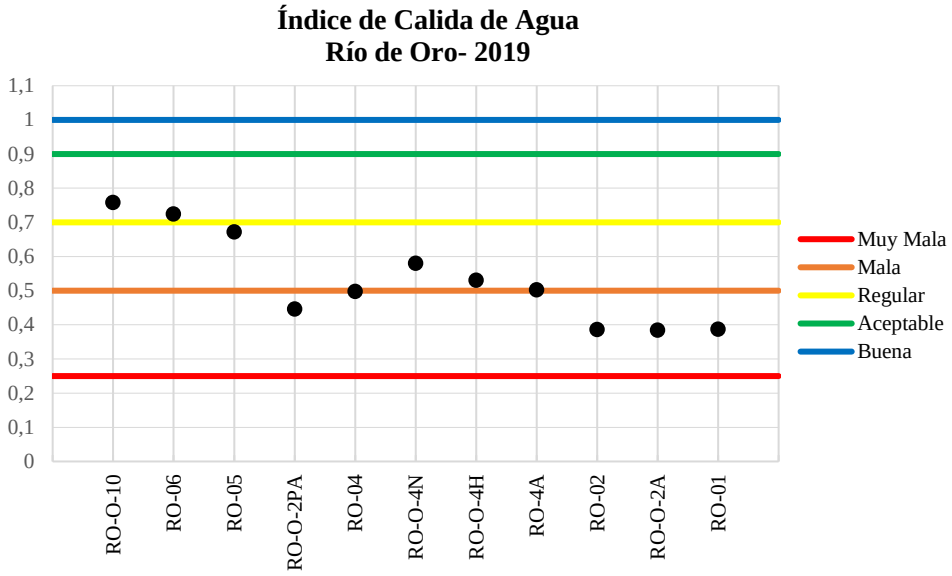


*Figura 5.* Índices de calidad de agua - río de Oro

Los primeros puntos RO-O-10 y RO-06 aguas arriba de la corriente, se ubican en calidad "aceptable" y presentan un bajo grado de contaminación debido a que en ese tramo la concentración de población rural es baja, con una leve disminución en el punto RO-05 a calidad "regular". Los puntos localizados en la parte media del río, RO-O-2PA y RO-04 muestran que el Índice de Calidad de Agua ICA en rango naranja clasificado como "mala" producto del vertimiento del sistema de alcantarillado de Piedecuesta.

Posteriormente se observa una ligera mejora de la calidad del agua en los puntos RO-O-4N y RO-O-4H, que se clasifican en el descriptor "regular" como consecuencia del recorrido del rio por la zona rural entre Piedecuesta y Girón, situación que no representa un impacto tan fuerte como el área urbana. Por último, los puntos de monitoreo ubicados en la parte baja de la corriente referenciados como RO-4A, RO-02, RO-O-2A y RO-01 presentan un ICA de clasificación "mala", producto de los vertimientos de alcantarillado de Girón y Bucaramanga.

*Tabla 16.* Índice de calidad de agua - tributarios río de Oro.

| TRIBUTARIOS RIO DE ORO | |
|---|---|
| **PUNTO** | **ICA 2019** |
| QRG-O-01 | 0.78 |
| QG-01 | 0.70 |
| SO-01 | 0.63 |
| LT-01 | 0.60 |
| LR-03 | 0.77 |
| LR-02 | 0.66 |
| RF-1A | 0.40 |
| LI-01 | 0.45 |

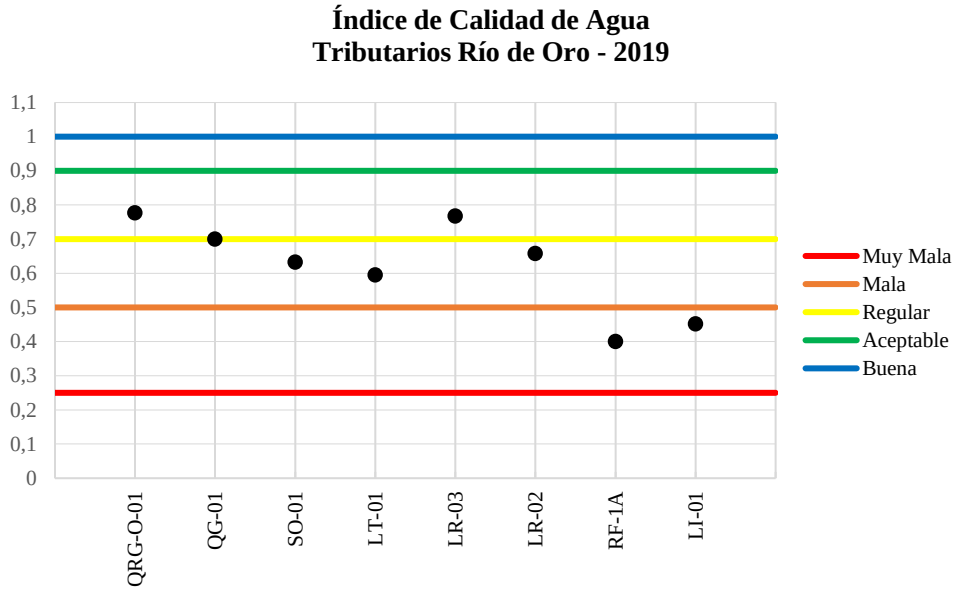


*Figura 6.* Índice de calidad de agua - tributarios río de Oro

Los puntos más críticos con calificación “mala”, corresponden en el rio Frio al punto RF-1A y en la quebrada la Iglesia al LI-01. El punto LT-01 tiene una calificación “regular” debido a que se ubican en la zona urbana de Girón y Piedecuesta, recibiendo vertimientos que aportan materia orgánica, sólidos suspendidos y disueltos.

La calidad del agua de la quebrada La Iglesia en el punto LI-01 ubicado antes de la confluencia con el río de Oro, es “mala” como consecuencia de los vertimientos de las industrias y establecimientos ubicados en el sector de la autopista Bucaramanga – Girón, además de la influencia de la quebrada El Carrasco.

**Índices de Contaminación ICOMI, ICOMO ICOSUS e ICOTRO río Oro y sus tributarios.**

*Tabla 17.* Índices de contaminación - río de Oro

| SITIO DE MUESTREO | PUNTO | ICOMI | ICOMO | ICOSUS | ICOTRO |
|---|---|---|---|---|---|
| Río de Oro | RO-O-10 | 0,19 | 0,34 | 0,02 | 0,07 |
| | RO-06 | 0,18 | 0,39 | 0,01 | 0,06 |
| | RO-05 | 0,11 | 0,49 | 0,43 | 0,07 |
| | RO-O-2PA | 0,38 | 0,80 | 0,21 | 1,26 |
| | RO-04 | 0,36 | 0,75 | 0,11 | 1,09 |
| | RO-O-4N | 0,27 | 0,59 | 0,23 | 0,60 |
| | RO-O-4H | 0,24 | 0,60 | 0,46 | 0,75 |
| | RO-4A | 0,26 | 0,62 | 0,51 | 0,83 |
| | RO-02 | 0,49 | 0,76 | 0,64 | 1,86 |
| | RO-O-2A | 0,51 | 0,86 | 0,64 | 1,82 |
| | RO-01 | 0,50 | 0,80 | 0,72 | 1,86 |

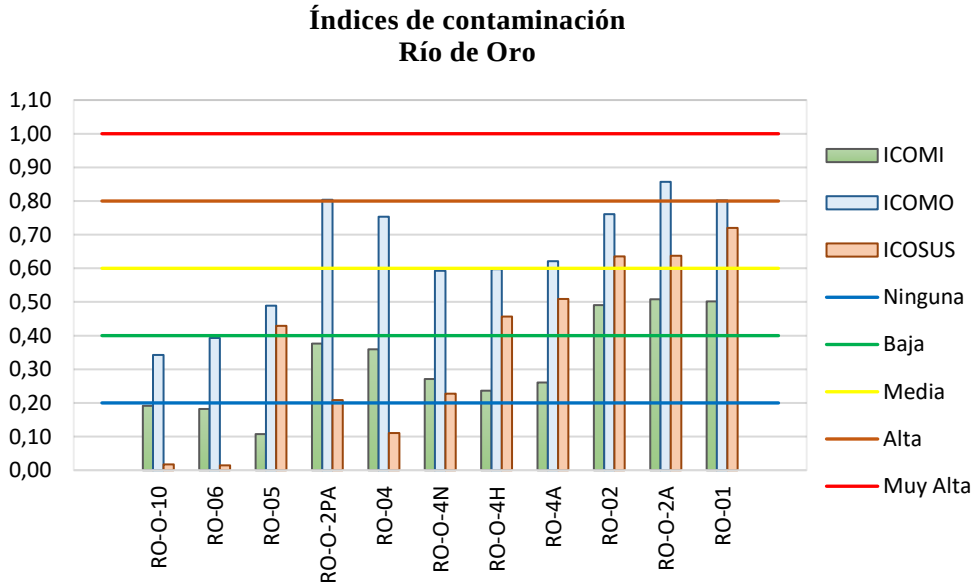


*Figura 7.* Índices de contaminación - río de Oro

Se observa que los índices de contaminación ICO´S en la cabecera del río de Oro puntos RO-O-10 y RO-06 presentan calidad “baja” incrementándose a medida que el rio pasa por la parte urbana de Piedecuesta y en el trayecto recibe los vertimientos de las industrias que lo contamina

hasta que el ICOMO y el ICOSUS llega a una calidad "alta". Con relación al índice de mineralización ICOMI, este presenta una calidad "Baja" en la cabecera y termina con una calidad "media".

*Tabla 18.* Índices de contaminación - tributarios río de Oro

| SITIO DE MUESTREO | PUNTO | ICOMI | ICOMO | ICOSUS | ICOTRO |
|---|---|---|---|---|---|
| Tributarios Río de Oro | QRG-O-01 | 0,13 | 0,37 | 0,01 | 0,05 |
| | QG-01 | 0,49 | 0,44 | 0,03 | 0,14 |
| | SO-01 | 0,55 | 0,48 | 0,05 | 0,40 |
| | LT-01 | 0,26 | 0,74 | 0,06 | 0,36 |
| | LR-03 | 0,11 | 0,45 | 0,01 | 0,05 |
| | LR-02 | 0,20 | 0,49 | 0,37 | 0,16 |
| | RF-1A | 0,59 | 0,74 | 0,77 | 2,35 |
| | LI-01 | 0,63 | 0,73 | 0,41 | 2,73 |

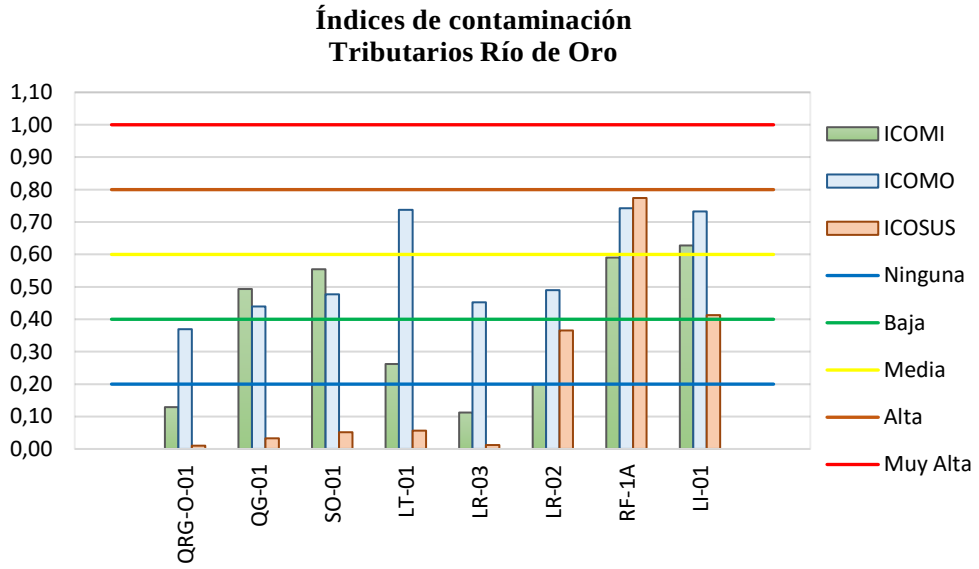


*Figura 8.* Índices de contaminación tributarios - río de Oro

Los tributarios del río Oro que presentan ICOS con grados de contaminación de calidad "Alta" en materia orgánica en los puntos de monitoreo LT-01 del río Lato, RF-1A río Frío y LI-01 de la quebrada la Iglesia y esta calificación coincide con los índices de calidad (ICA´S) Regular para el río lato y Mala para los puntos que están sobre la corriente del rio frío y la quebrada la iglesia.

### 1.4.3. Sistema quebrada la Iglesia.

La Quebrada la Iglesia está conformada por la confluencia de las Quebradas La Flora y La Cascada y tiene en su trayecto dos puntos de monitoreo LI-01 Puente Sena y LI-03 San Luís. Asimismo en la quebrada la Flora el punto LF-01 el Jardín y en la quebrada la Cascada el punto CS- 01 La Floresta.

*Tabla 19.* Índice de calidad de agua - Sistema Iglesia

| SISTEMA IGLESIA | |
|---|---|
| **PUNTO** | **ICA 2019** |
| ZA-01 | 0.51 |
| LF-01 | 0.60 |
| CS-01 | 0.60 |
| LI-03 | 0.39 |
| LI-01 | 0.45 |
| MA-01 | 0.58 |
| GY-01 | 0.29 |
| DC-01 | 0.40 |

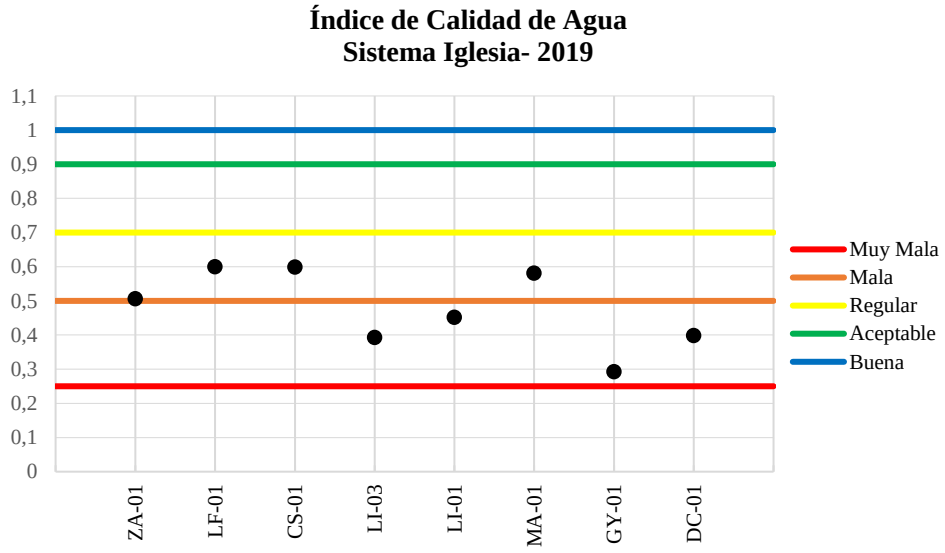


*Figura 9.* Índices de calidad de agua - Sistema Iglesia

Como quebradas afluentes de la quebrada La Iglesia se encuentran en calidad “mala” las quebradas La Guacamaya GY-01 conocida como Coca-Cola 1, El Carrasco DC-01 Cenfer;

corrientes receptoras de vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales.

Los tributarios que se encuentran en criterio “Regular” de calidad del agua, son la Zapamanga ZA-01, quebrada La Flora LF-01, quebrada La Cascada CS-01 y la quebrada el Macho MA-01. Los puntos monitoreados sobre la quebrada La Iglesia LI-01 Puente Sena y LI-03 Barrio San Luís se encuentra localizado en inmediaciones del Barrio San Luís, están en calidad “mala” aquí la quebrada ha recibido descargas de aguas residuales domésticas provenientes de los alcantarillados de ese sector por lo tanto su calidad es mala.

## Índices de Contaminación ICOMI, ICOMO ICOSUS e ICOTRO sistema la Iglesia

*Tabla 20.* Índices de contaminación - Sistema Iglesia

| SISTEMA IGLESIA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **SITIO DE MUESTREO** | **PUNTO** | **ICOMI** | **ICOMO** | **ICOSUS** | **ICOTRO** |
| Q. Zapamanga | ZA-01 | 0,38 | 0,65 | 0,34 | 0,82 |
| Q. La Flora | LF-01 | 0,50 | 0,56 | 0,08 | 0,66 |
| Q. La Cascada | CS-01 | 0,48 | 0,53 | 0,04 | 2,56 |
| Q. La Iglesia | LI-03 | 0,69 | 0,91 | 0,32 | 2,84 |
| Q. La Iglesia | LI-01 | 0,63 | 0,73 | 0,41 | 2,73 |
| Q. El Macho | MA-01 | 0,40 | 0,62 | 0,02 | 0,52 |
| Q. La Guacamaya | GY-01 | 0,78 | 0,95 | 0,66 | 12,78 |
| Q. El Carrasco | DC-01 | 1,00 | 0,88 | 0,44 | 1,48 |

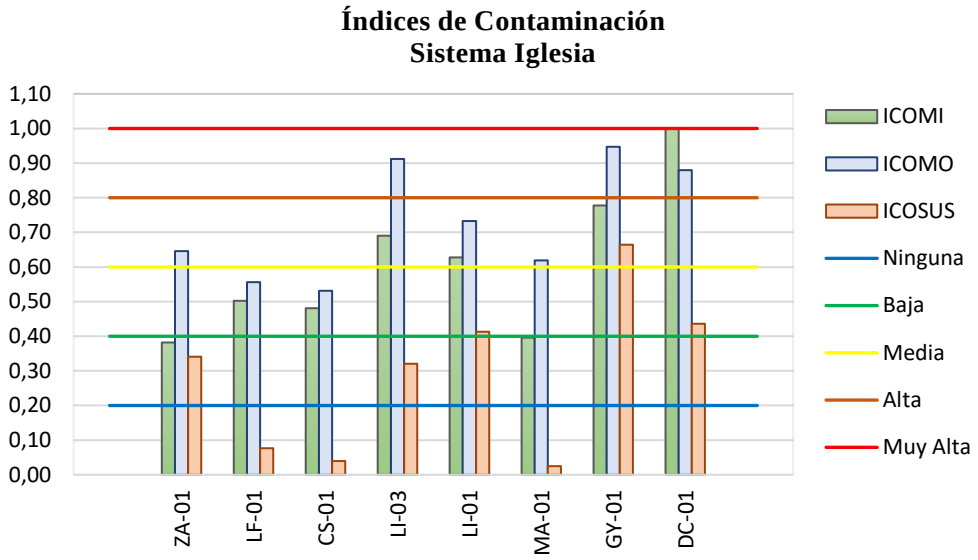


*Figura 10.* Índices de contaminación - Sistema Iglesia

El ICOMI con calificación "muy alta" se observa en el vertimiento el Carrasco DC-01 y el ICOMO con calidad "muy alta" se evidencia en las quebradas Guacamaya (GY-01), y en La Iglesia (LI-03), debido a la recepción de vertimientos domésticos. El índice de contaminación de sólidos suspendidos tiene calificación baja en los afluentes de la Iglesia excepto en la quebrada La Guacamaya con calificación "alta".

### 1.4.4. Quebradas de la escarpa de Bucaramanga

En la Escarpa occidental de Bucaramanga se monitorean la quebrada Chimitá CA-01 conocida como Chimita, Cuyamita CY-01 Parque Industrial, La Argelia AR-01 denominado Argelia, Las Navas LN- Forjas Navas, Chapinero CH-01 conocido como Forjas Chapinero y La Picha LP-01 Trituradora, con puntos de monitoreo ubicados antes de la confluencia con río de Oro, observando para todas grado de calidad "mala" a causa de los vertimientos de residuos domésticos excepto la quebrada La Argelia que muestra una calidad "regular"

*Tabla 21.* Índice de calidad de agua - Escarpa Occidental.

| ESCARPA OCCIDENTAL | |
|---|---|
| **PUNTO** | **ICA 2019** |
| CA-01 | 0.41 |
| CY-01 | 0.43 |
| AR-01 | 0.52 |
| LN-01 | 0.40 |
| CH-01 | 0.46 |
| LP-01 | 0.29 |

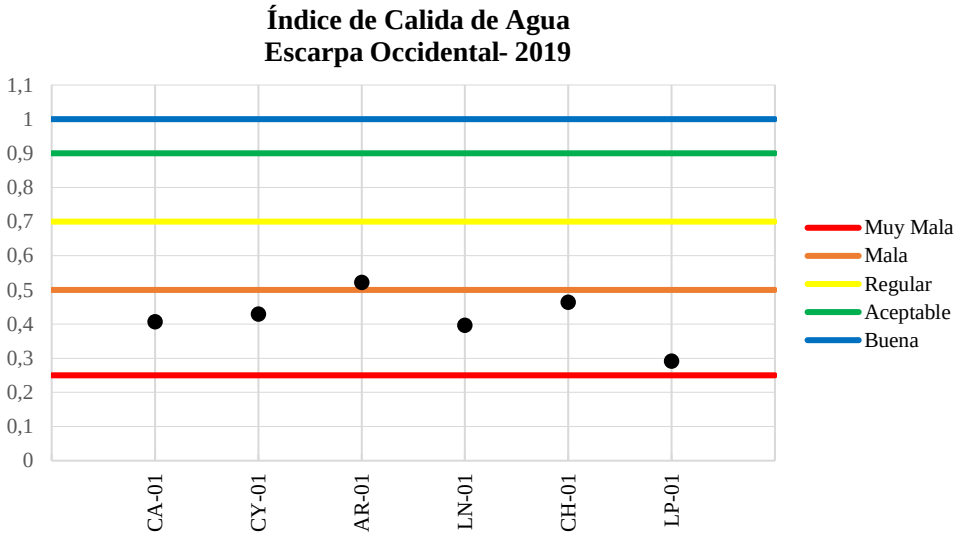


*Figura 11.* Índices de calidad de agua - Escarpa Occidental

Tabla 22. Índices de contaminación - Escarpa Occidental

| SITIO DE MUESTREO | PUNTO | ICOMI | ICOMO | ICOSUS | ICOTRO |
|---|---|---|---|---|---|
| Q. Chimita | CA-01 | 0,81 | 0,71 | 0,97 | 3,87 |
| Q. La Cuyamita | CY-01 | 0,75 | 0,79 | 0,09 | 3,39 |
| Q. La Argelia | AR-01 | 0,81 | 0,73 | 0,02 | 2,65 |
| Q. Las Navas | LN-01 | 0,63 | 0,89 | 0,34 | 4,47 |
| Q. Chapinero | CH-01 | 0,60 | 0,71 | 0,32 | 3,03 |
| Q. La Picha | LP-01 | 0,93 | 0,94 | 1,00 | 7,24 |

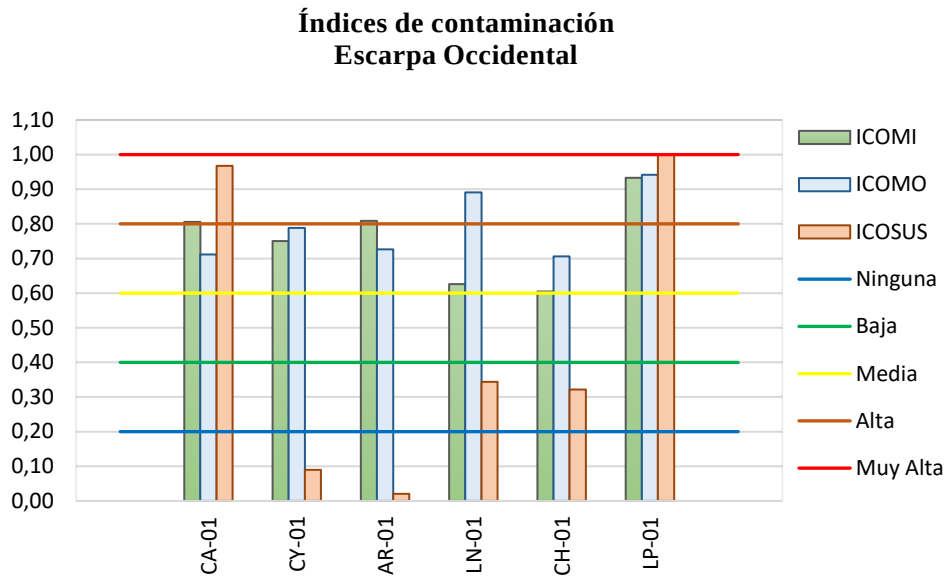


*Figura 12.* Índices de contaminación - Escarpa Occidental

En la escarpa occidental de Bucaramanga se observa que para todos los puntos, los índices de contaminación de materia Orgánica y mineralización se encuentran en calificación "alta" para la quebrada chimita que nace de la unión de las quebradas La Rosita y La Joya, y es receptora de vertimientos domésticos provenientes de uno de los colectores de aguas residuales originarios de la zona urbana de Bucaramanga, por lo tanto su afectación se produce por materia orgánica, solidos suspendidos y mineralización. El índice de contaminación más alto lo registró la quebrada La Picha con todos los índices de contaminación en el rango "muy alta".

### 1.4.5. Rio Frío y principales afluentes

El río Frío es un afluente importante del río de Oro, y cuenta con cuatro (4) puntos de monitoreo que inician en RF-03 "La Esperanza" con calidad de agua clasificada en "aceptable", la cual desmejora a lo largo de la corriente y en el punto RF-P "El Pórtico" la

calidad pasa a “regular” hasta llegar al punto y RF-1A “Caneyes” en el cual su estado es “mala”.

Es importante de resaltar en esta corriente, que en medio del tramo RF-P y RF-B se encuentra ubicada la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Río Frío donde se trata el 100% de las aguas residuales del municipio de Floridablanca y el 11% de la zona sur de Bucaramanga.

*Tabla 23.* Índice de calidad de agua - río Frío

| RÍO FRÍO | |
|---|---|
| **PUNTO** | **ICA 2019** |
| RF-03 | 0.80 |
| RF-P | 0.68 |
| RF-B | 0.46 |
| RF-1A | 0.40 |

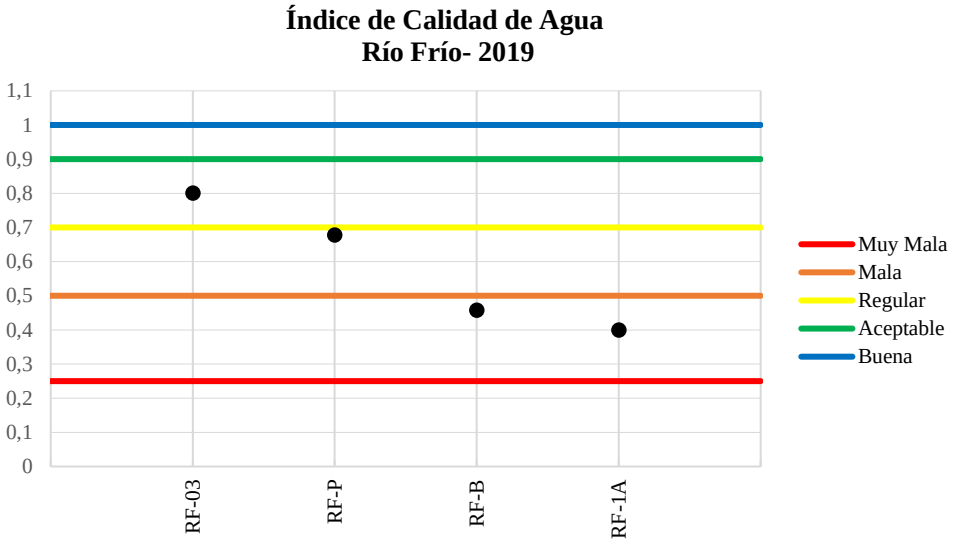


*Figura 13.* Índices de calidad de agua - río Frío

Los afluentes más representativos de río Frío son la quebrada Zapamanga, y quebrada Aranzoque-Menzulí; ésta quebrada contempla tres puntos a lo largo de su recorrido, MS-05 “Platacero” ubicado frente al antigua Empresa Platacero, AZ-07 “Autopista” paralelo a la autopista Floridablanca – Piedecuesta y AZ-1A en el sitio conocido como “Los

Totumos", y la quebrada Zapamanga con un punto ubicado frente al "Club Campestre" de Bucaramanga ZA-01. El registro de índice de calidad y la representación gráfica se encuentran en la Tabla 24 y Figura 14.

*Tabla 24.* Índice de calidad de agua - tributarios río Frío

| RÍO FRÍO | |
|---|---|
| **PUNTO** | **ICA 2019** |
| MS-05 | 0.70 |
| AZ-07 | 0.56 |
| AZ-1A | 0.58 |
| ZA-01 | 0.51 |

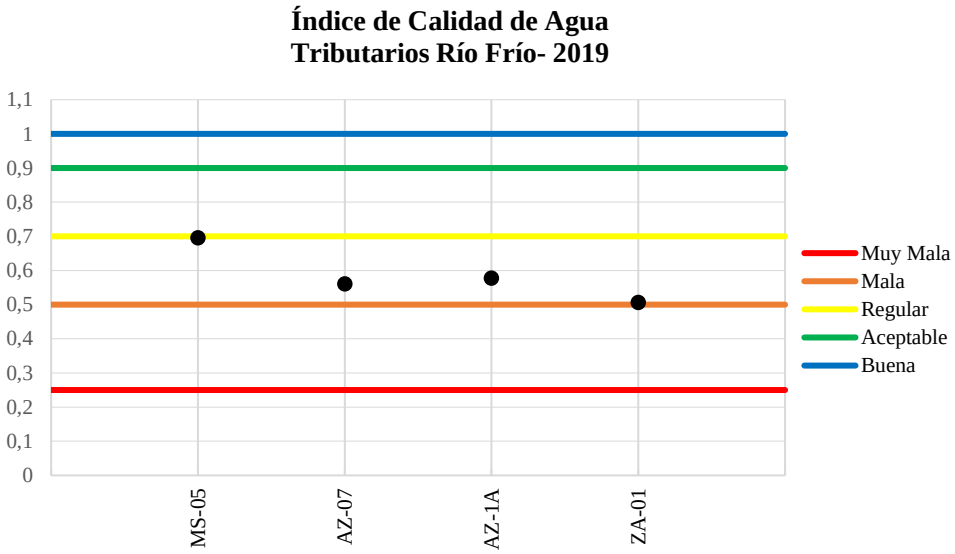


*Figura 14.* Índices de calidad de agua tributarios - río Frío

En cuanto a los afluentes del río Frío, todos se encuentran bajo la clasificación de calidad "regular" excepto la quebrada Zapamanga paso a calidad "mala"

**Índices de Contaminación ICOMI, ICOMO ICOSUS e ICOTRO río Frío y sus tributarios**

*Tabla 25.* Índices de contaminación - río Frío

| SITIO DE MUESTREO | PUNTO | ICOMI | ICOMO | ICOSUS | ICOTRO |
|---|---|---|---|---|---|
| Río Frío | RF-03 | 0,05 | 0,39 | 0,05 | 0,08 |
| Río Frío | RF-P | 0,17 | 0,54 | 0,23 | 0,32 |
| Río Frío | RF-B | 0,75 | 0,77 | 0,20 | 4,38 |
| Río Frío | RF-1A | 0,59 | 0,74 | 0,77 | 2,35 |

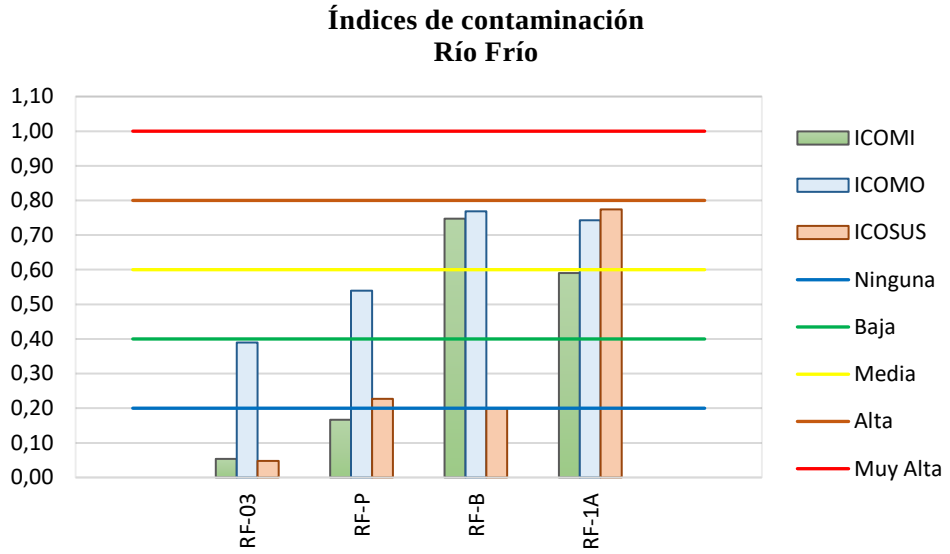


*Figura 15.* Índices de contaminación - río Frio

En la Figura15 se observa contaminación “alta “en materia orgánica en los puntos RF-B Y RF-1A, este último punto con un ICOSUS con calificación “alta”. Los demás puntos se encuentran con ICOMO “media”.

*Tabla 26.* Índices de contaminación - tributarios río Frío

| SITIO DE MUESTREO | PUNTO | ICOMI | ICOMO | ICOSUS | ICOTRO |
|---|---|---|---|---|---|
| Q. Aranzoque- Mensulí | MS-05 | 0,23 | 0,45 | 0,19 | 0,14 |
| Q. Aranzoque- Mensulí | AZ-07 | 0,40 | 0,67 | 0,17 | 0,46 |
| Q. Aranzoque- Mensulí | AZ-1A | 0,35 | 0,64 | 0,07 | 0,41 |
| Q. Zapamanga | ZA-01 | 0,38 | 0,65 | 0,34 | 0,82 |

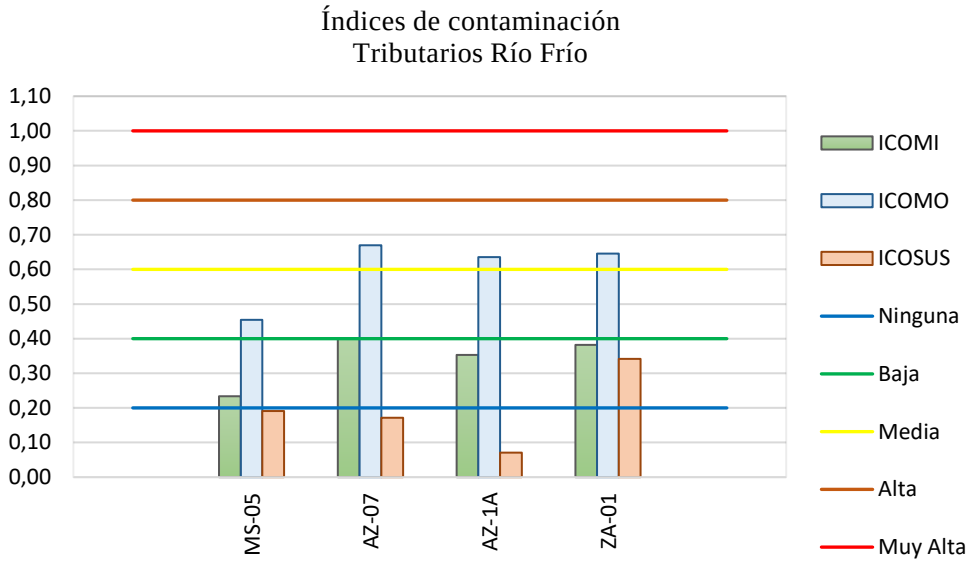


*Figura 16*. Índices de contaminación tributarios - río Frío

Los ICOMOs de los afluentes del río Frío, AZ-07, AZ-1ª y ZA-01, presentan calificación "alta", indicando descargas de material orgánico.

### 1.4.6. Índice Calidad rio Lebrija y sus afluentes principales

El río Lebrija en el trayecto que abarca la jurisdicción de la CDMB, cuenta con los siguientes cuatro puntos de monitoreo: RL-02 ubicado en "Bocas" aguas abajo de la unión de los ríos de Oro y Suratá antes de la confluencia con río Negro, RL-03 en el "Embalse" ubicado aguas abajo del embalse de Bocas, el tercero RL-07 en "Palmas" antes de la confluencia con río Cáchira y finalmente RL-08 en "Vanegas" después de la confluencia con río Cáchira. En estos puntos la calidad se ubica en el rango "regular" debido a su proximidad a los centros urbanos y se manifiesta una tendencia de descenso de la calidad a lo largo de la corriente. También se evidencia que el puntaje de calificación de RL-02 ubicado en "Bocas "está próximo a pasar a una calidad "regular a "mala"

*Tabla 27.* Índice de calidad de agua - río Lebrija

| RÍO LEBRIJA | |
|---|---|
| **PUNTO** | **ICA 2019** |
| RL-02 | 0.54 |
| RL-03 | 0.63 |
| RL-07 | 0.64 |
| RL-08 | 0.68 |

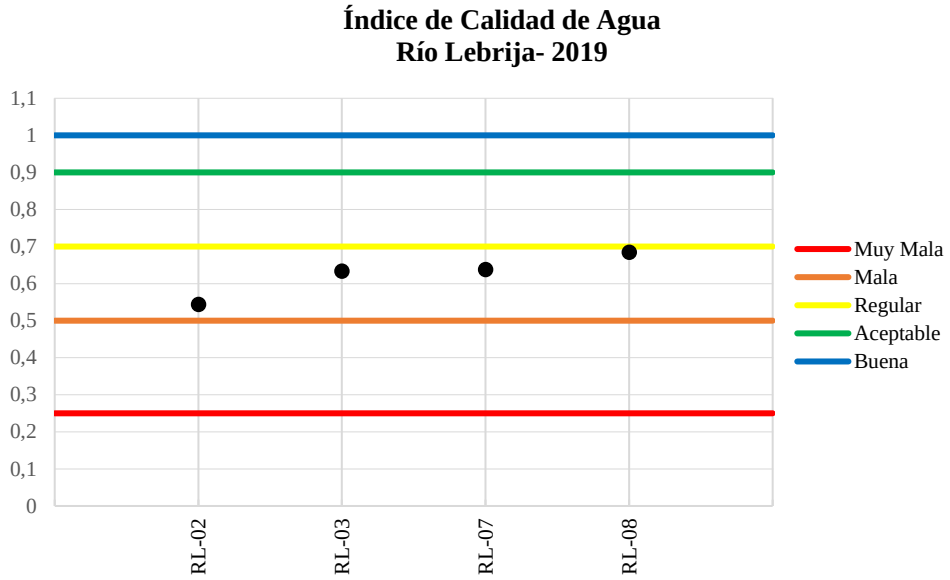


*Figura 17.* Índice de calidad de agua - río Lebrija

Los afluentes del río Lebrija monitoreados son: río Negro RN-01 ubicado en “Brisas”, y sus afluentes la quebrada. Samaca; la quebrada La Angula con sus tres puntos, LA-04 en “El Águila” ubicado en la bocatoma del acueducto municipal de Lebrija, LA-03 “La Batea” aguas abajo de los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales del municipio de Lebrija y LA-01 “Palmas” antes de la confluencia con el río Lebrija; río Salamaga SL-04 “El Bambú”, con su afluente Silgará SG-01A y río Cáchira RC-01”Vanegas”. A continuación, se exponen las calidades.

*Tabla 28.* Índice de calidad de agua - tributarios río Lebrija

| TRIBUTARIOS RÍO LEBRIJA | |
|---|---|
| **PUNTO** | **ICA 2019** |
| RN-01 | 0.77 |
| SL-04 | 0.82 |
| RC-01 | 0.74 |
| LA-01 | 0.72 |

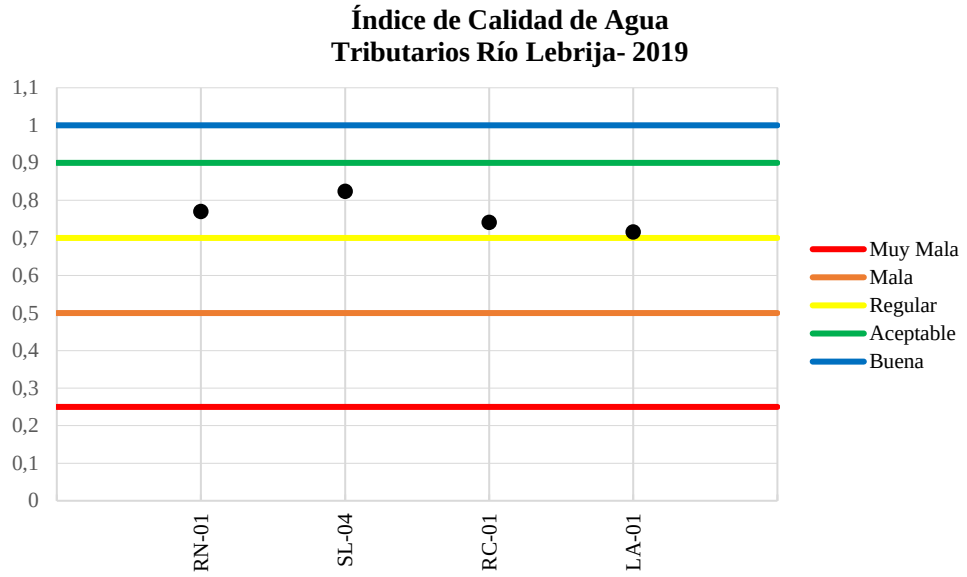


Figura 18. Índice de calidad de agua - tributarios río Lebrija

En la figura 18 se muestra que el ICA de los afluentes del río Lebrija están en el rango "aceptable", obteniendo el rio Salamaga en el punto SL-04 la mejor calificación.

*Tabla 29.* Índices de contaminación - río Lebrija

| SITIO DE MUESTREO | PUNTO | ICOMI | ICOMO | ICOSUS | ICOTRO |
|---|---|---|---|---|---|
| Río Lebrija | RL-02 | 0,44 | 0,60 | 0,10 | 1,04 |
| Río Lebrija | RL-03 | 0,35 | 0,54 | 0,06 | 0,63 |
| Río Lebrija | RL-07 | 0,33 | 0,51 | 0,08 | 0,49 |
| Río Lebrija | RL-08 | 0,22 | 0,49 | 0,10 | 0,35 |

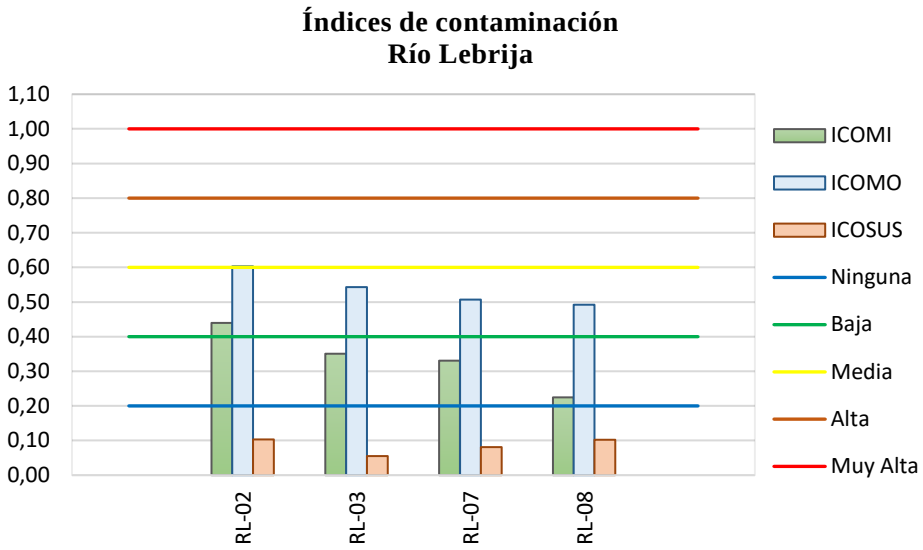


*Figura 19*. Índices de contaminación - río Lebrija

El promedio de los indices de contaminación en tres puntos del río Lebrija se encuentran en una clasificación “media” , excepto el punto RL-02 que esta en el borde donde ínicia la clasificación a contaminación “alta” por afectacion con materia orgánica.

## ICO´s tributarios del río Lebrija

*Tabla 30.* Índices de contaminación - tributarios río Lebrija

| SITIO DE MUESTREO | PUNTO | ICOMI | ICOMO | ICOSUS | ICOTRO |
|---|---|---|---|---|---|
| Río Negro | RN-01 | 0,12 | 0,43 | 0,05 | 0,08 |
| Río Salamaga | SL-04 | 0,05 | 0,36 | 0,03 | 0,05 |
| Río Cáchira | RC-01 | 0,14 | 0,41 | 0,20 | 0,09 |
| Q. La Angula | LA-01 | 0,26 | 0,33 | 0,01 | 0,41 |

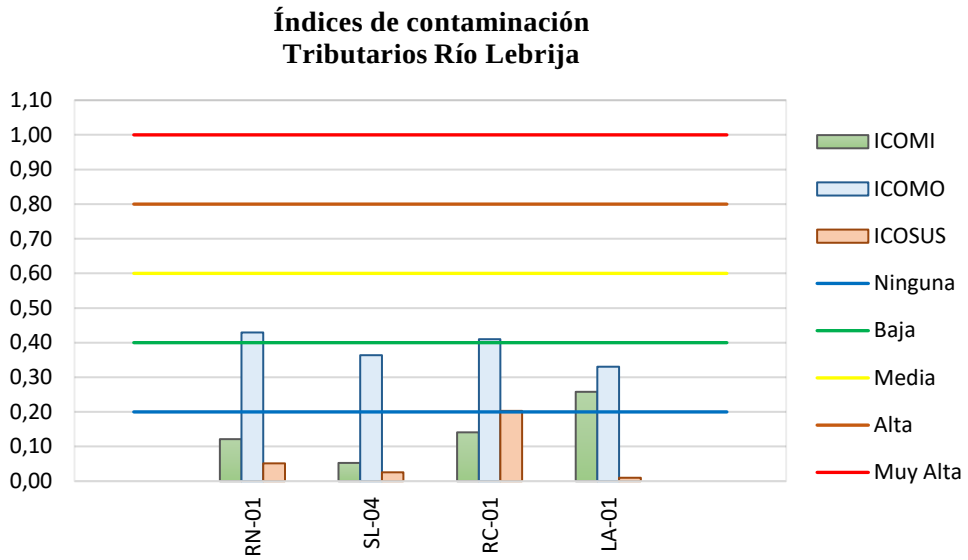


*Figura 20.* Índices de contaminación tributarios - río Lebrija

La grafica de ICOMO de los tributarios del río Lebrija muestra contaminación "baja" en los puntos SL-04 El Bambú, río Cáchira RC-01 Vanegas y LA-01 Palmas antes de la confluencia con el río Lebrija, y "ninguna" contaminación para solidos suspendidos y mineralización.

### 1.4.7. Índice Calidad ICA e ICO´s ríos Manco y Umpalá

Los puntos de monitoreo del río Manco RM-01 y RM-02 y Umpalá UP-01 se ubican en los puntos Mensulí, Primavera y Umpalá respectivamente. El primero de ellos RM-01 está localizado antes de la confluencia con el río Umpalá, el segundo RM-02 situado antes de los establecimientos dedicados al lavado de vehículos, y el tercero UP-01 antes de la confluencia con el río Manco. En la siguientes graficas se presenta los índices de calidad y contaminación obtenidos en el año 2019.

*Tabla 31.* Índice de calidad de agua - río Manco y Umpalá

| RÍO MANCO - UMPALÁ | |
|---|---|
| **PUNTO** | **ICA 2019** |
| RM-02 | 0.78 |
| RM-01 | 0.76 |
| UP-01 | 0.69 |

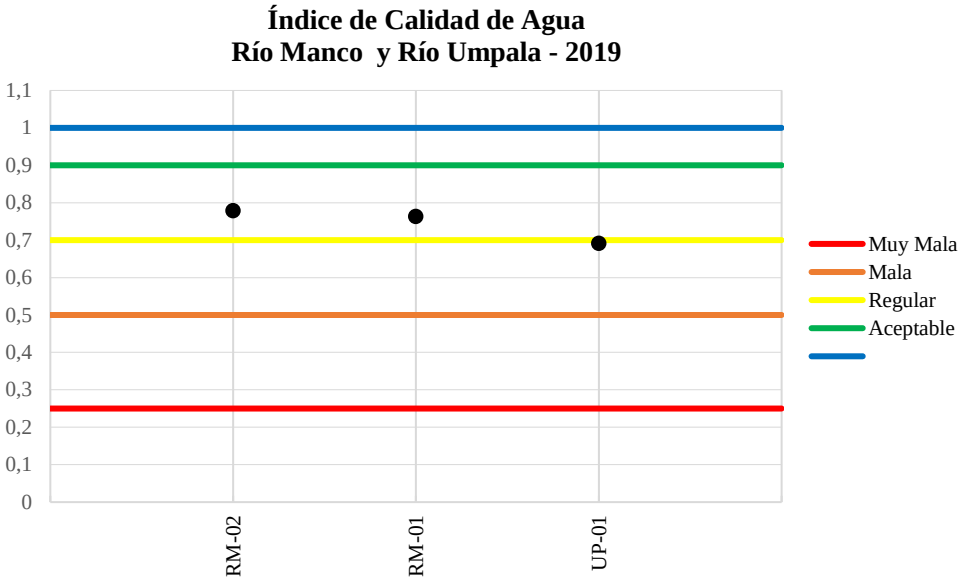


*Figura 21.* Índice de calidad de agua - río Manco y Umpalá

En la figura 21 se aprecia/observa que los dos puntos de muestreo en el río Manco, se ubican en el rango “aceptable”, mientras que la estación ubicada en el río Umpalá refleja una calidad clasificada en “regular”.

### ICO´s tributarios del Río Manco y Umpalá

*Tabla 32.* Índices de contaminación - río Manco y Umpalá

| SITIO DE MUESTREO | PUNTO | ICOMI | ICOMO | ICOSUS | ICOTRO |
|---|---|---|---|---|---|
| Río Manco | RM-02 | 0,08 | 0,42 | 0,03 | 0,08 |
| Río Manco | RM-01 | 0,08 | 0,45 | 0,10 | 0,10 |
| Río Umpalá | UP-01 | 0,23 | 0,44 | 0,43 | 0,05 |

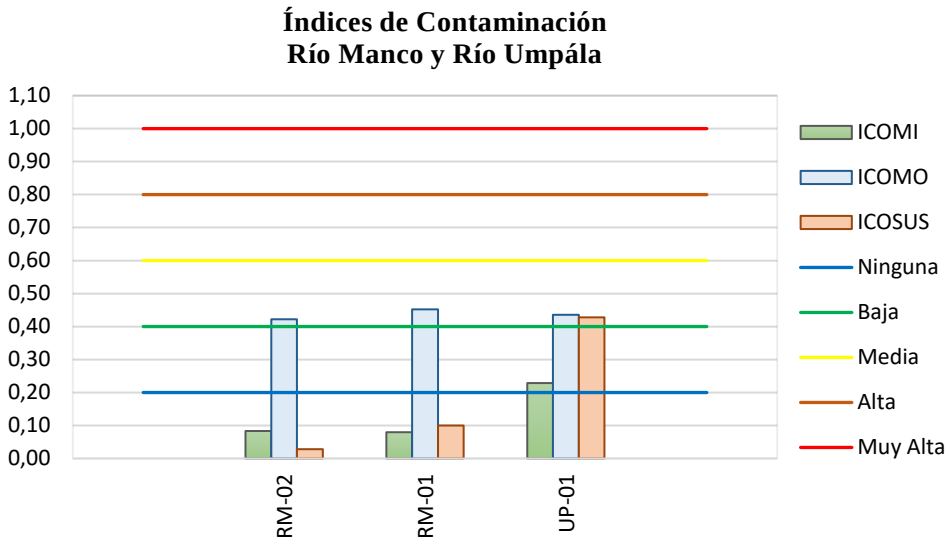


*Figura 22.* Índices de contaminación - río Manco y Umpalá

### 1.4.8. Ríos zona de paramo quebrada Arenales y río Jordán

En la zona de paramo se cuenta con dos fuentes hídricas, la quebrada Arenales donde se ubican dos (2) puntos de monitoreo, uno antes de las descargas de aguas residuales domesticas del corregimiento de Berlín QA-02 llamado punto Arenales y el segundo aguas abajo del vertimiento QA-01 llamado punto Berlín 1. Cuando la quebrada pasa el embalse cambia su nombre a Río Jordán donde se ubica el punto RJ-01 Berlín 2.

*Tabla 33.* Índice de calidad de agua - Zona Paramo

| ZONA DE PARAMO | | |
|---|---|---|
| **SITIO DE MUESTREO** | **PUNTO** | **ICA 2019** |
| Q. Arenales | QA-02 | 0,77 |
| Q. Arenales | QA-01 | 0,74 |
| Río Jordán | RJ-01 | 0,74 |

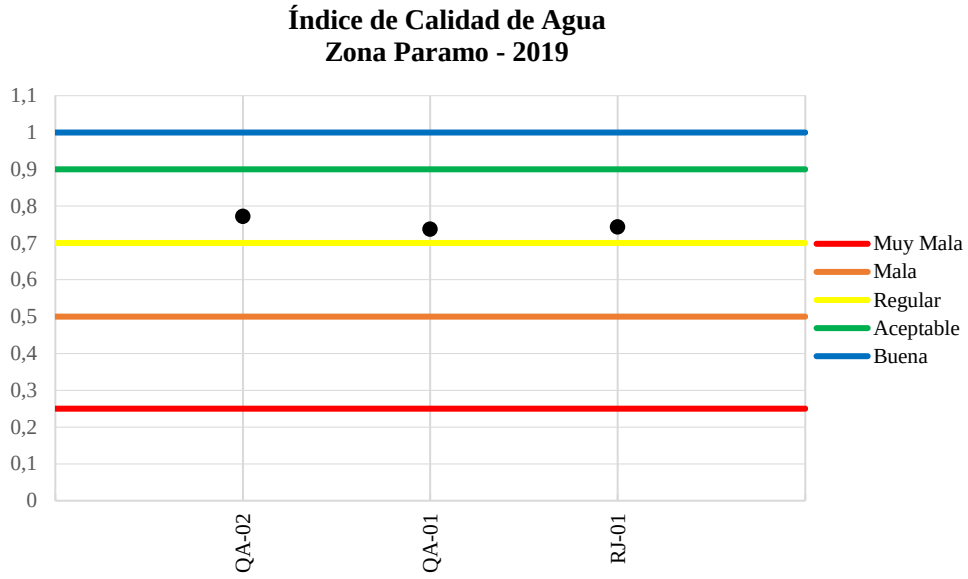


*Figura 23*. Índice de calidad de agua - Zona Paramo

La representación de la figura 23 muestra los dos puntos QA-02 y QA-01 sobre la quebrada Arenales y el punto RJ-01 en el río Jordán presenta una calidad de agua en la clasificación "aceptable".

## ICO´s tributarios de la zona paramo

*Tabla 34*. Índices de contaminación - Zona Paramo

| SITIO DE MUESTREO | PUNTO | ICOMI | ICOMO | ICOSUS | ICOTRO |
|---|---|---|---|---|---|
| Q. Arenales | QA-02 | 0.10 | 0.39 | 0.04 | 0.08 |
| Q. Arenales | QA-01 | 0.13 | 0.44 | 0.10 | 0.16 |
| Río Jordán | RJ-01 | 0.11 | 0.41 | 0.04 | 0.13 |

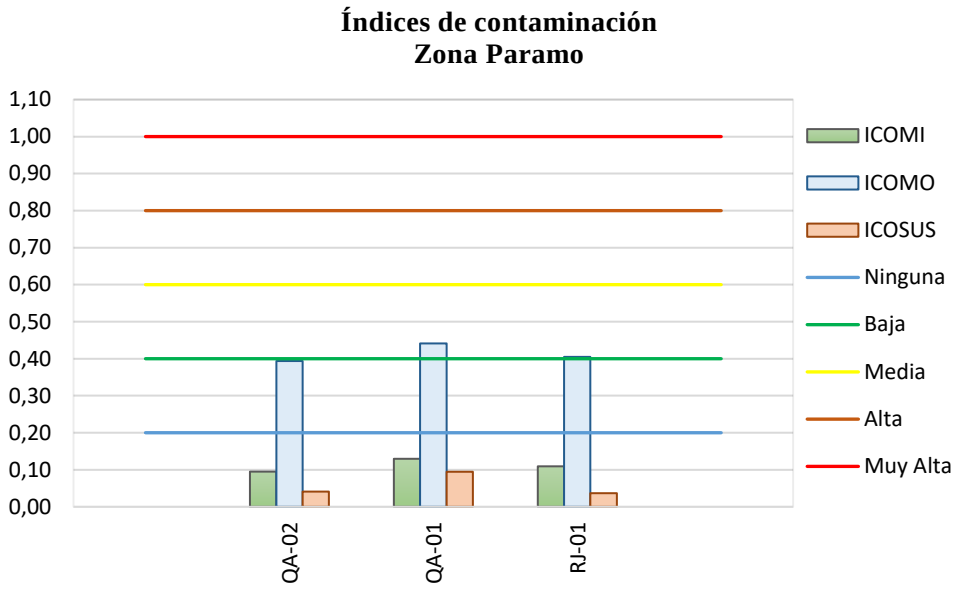


*Figura 24.* Índices de contaminación - Zona Paramo

En la zona de páramo, los ICO´s no representan riesgo por contaminación ya que se los puntos mostraron un rango entre ninguna y baja contaminación.

## 1.5. Índices de calidad de agua en corrientes monitoreadas por la CDMB

Finalmente, en la figura 25 se presentan los resultados de índice de calidad agua - ICA monitoreados en el año 2019 en la jurisdicción de la CDMB

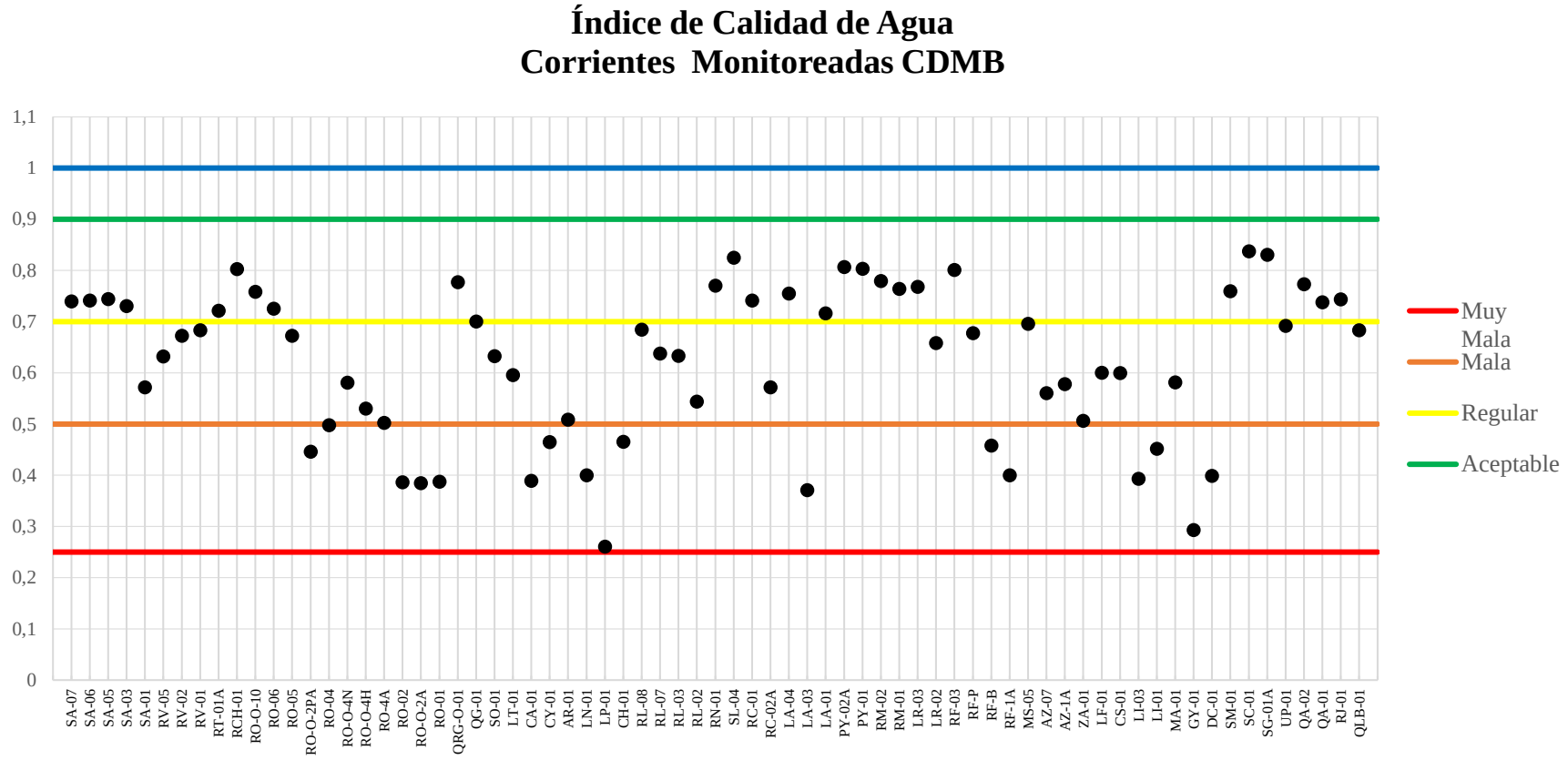


*Figura 25*. Índices de calidad de agua en corrientes monitoreadas por la CDMB

## 1.6. Conclusiones

- El Índice de Calidad-ICA obtenido para las fuentes hídricas en el área de jurisdicción de la C.D.M.B, y calculado conforme a lo establecido por el IDEAM-2013, presentan una calidad "aceptable" en un porcentaje del 38%, seguida de un 35% en calidad "Regular" y un 27% con un ICA "mala". Estos valores muestran que el 62% de los puntos monitoreados se encuentran en los rangos de calidad regular y mala, siendo fundamental tomar medidas para mejorar la calidad en algunos tramos o cuerpos de agua en procura del bienestar de la comunidad.

- En general, los puntos ubicados sobre las corrientes de la escarpa de Bucaramanga que reciben vertimientos domésticos provenientes del sistema de alcantarillado y que tienen un bajo caudal (poco efecto de dilución), presentan la clasificación "mala" excepto la quebrada Argelia que alcanzó un ICA de "regular", aunque se encuentra en el límite de la clasificación con tendencia a "Mala". Este resultado coincide con la calidad obtenida los años anteriores.

- La quebrada la Baja, presento un aumento en sus coliformes fecales, situación que género afectación en su índice de calidad a "regular" en el año 2019.

- El rio de Oro en el punto RO-O-10 tiene calidad "aceptable" hasta la Planta de tratamiento de potabilización de Agua PTAP de Piedecuestana ESP antes del punto RO-05 donde su ICA es "regular". Posteriormente su calidad se modifica a "malo" en el punto RO-O-2PA,

debido a la recepción de afluentes y descargas orgánicas en su recorrido. Finalmente, en el tramo comprendido entre los puntos RO-4A y RO-02 recibe los tributarios rio Frío y la quebrada La Iglesia que afectan su calidad a “mala”; esta condición que se mantiene hasta el punto RO-01 donde ya ha receptado las descargas de las corrientes de la Escarpa occidental de Bucaramanga.

- El punto referenciado como DC-01 y ubicado en la quebrada El Carrasco, recibe el vertimiento generado en la planta de tratamiento de lixiviados del sitio de Disposición de Residuos Sólidos El Carrasco, obteniendo una clasificación ICA “mala”, pero que ha mejorado con el nuevo sistema de tratamiento obteniendo valores de DBO5 y DQO más bajos.

- Las calidades de los puntos utilizados para captación y/o abastecimiento de acueductos municipales como río Frío (RF-03), río de Oro (RO-05) y río Suratá (SA-03), se clasifican con índices de calidad “aceptable”; adicionalmente el punto ubicado en la quebrada La Angula (LA-04)y que abastece al municipio de Lebrija presento un ICA “aceptable”, condición necesaria para garantizar su tratamiento en las plantas de potabilización de los municipios como Bucaramanga, Piedecuesta, Floridablanca, Girón y Lebrija.

CAPITULO

# 2

# RED HIDROCLIMATOLOGICA

# 2. Capítulo 2. Red Hidroclimatológica

## Introducción

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga –CDMB- como autoridad ambiental dentro del ámbito de su jurisdicción, se encarga de realizar los procesos de análisis, seguimiento y gestión del conocimiento ambiental y de recursos naturales renovables, el cual, se ejecuta mediante la implementación de una red hidroclimatológica, que en vigencia del año 2019 se compone de una (1) estación automática de nivel y (18) estaciones climatológicas automáticas para la captura y almacenamiento de las variables meteorológicas tales como precipitación, temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, radiación solar e índice UV.

El análisis de los cambios en el comportamiento de las variables hidroclimatológicos a distintas escalas espaciales y temporales, es un tema de suma importancia a nivel internacional. En el plano nacional, la caracterización del clima representa un papel fundamental en el desempeño de los sistemas agroecológicos, en la determinación de la oferta hídrica disponible para los diferentes usos del agua, en la distribución espacial y la frecuencia de eventos climatológicos extremos, causantes de movimientos en masa e inundaciones. Decidir sobre el uso y manejo de los recursos naturales, la planificación del uso del suelo, la gestión del riesgo, etc., precisa profundizar en estos análisis.

### 2.1. Estaciones climatológicas automáticas.

Una estación meteorológica es aquella diseñada para la obtención de datos de variables meteorológicas y climáticas como Precipitacion, temperatura, humedad, radiación solar, presión barométrica entre otros; ésta captura de información se realiza a través de diferentes sensores que permiten la obtención de parámetros específicos en el estudio hidroclimático.

La clasificación de estación meteorológica automática, está relacionada con la autonomía e independencia de la estación para la toma de datos, optimizando la calidad de las lecturas y prescindiendo de la presencia de un observador, especialmente en zonas remotas o donde no se puede contar con observadores permanentes.

Las estaciones meteorológicas automáticas utilizadas por la CDMB son del tipo Davis Vantage PRO2 (Ver Fig. 1), las cuales involucran y articulan varios sensores en una sola estación, además de que su instalación y puesta en marcha resultan sencillas. Las principales características de las estaciones Vantage PRO2, según su fabricante expresado en “Vantage PRO 2 - Manual de la Consola” se presentan a continuación.

El rango de trasmisión inalámbrica, aunque es altamente variable (dependiendo de la configuración física de los alrededores e interferencia de radiofrecuencia del área), es de hasta 300 metros en línea de vista, puede ser ampliado utilizando repetidores inalámbricos.

Los parámetros ofrecidos son presión barométrica, humedad exterior y punto de rocío, lluvia diaria y anual, velocidad y dirección del viento, factor de enfriamiento ("wind chill"), temperatura exterior, temperatura y humedad interior, temperaturas exteriores adicionales, la lluvia actual, radiación solar. Adicionalmente se presentan datos significativos y adicionales como:

*Figura 26.* Estación climatológica. (Fuente: Davis Instruments*)*

## 2.2. Estación hidrométrica de nivel

Las estaciones hidrométricas tienen como objetivo la captura d edatos que permitan obtener el volumen de agua que circula por una sección de una corriente o conducto en un tiempo dado. En ella se pueden observar datos como nivel, flujo de corriente, transporte y depsodito de sedimentos e incluso las más robustar permiten monitoreo de propiedades físicas y químicas del agua.

La CDMB cuenta con una estación hidrométrica automática ubicada en el Rasgón, que tiene como objetivo monitorear las variaciones en el nivel de agua a través del tiempo. Esta basa su funcionamiento en sensores automáticos de presión, que se encuentran dentro de un tubo de acero (tubo limnimétrico) para garantizar su protección; estos sensores registran temperatura y presión. Posteriormente mediante una compensación barométrica se obtienen los niveles de la corriente de estudio.

*Figura 27*. Estación automática de nivel El Rasgón

El sensor Diver se encuentra sumergido en la lámina de agua y está equipado con sensores de presión y temperatura; El Baro Diver se encuentra suspendido y mide las mismas variables.

El tubo limnimétrico es un componente adicional que provee el soporte necesario a los sensores y permite establecer unas condiciones de flujo y seguridad dentro de la corriente. Este tubo tiene unos orificios en la parte inferior que permiten el flujo de agua a nivel interno y la tapa superior es perforada, garantizando la medición de presión barométrica.

### 2.3. Red hidroclimatológica Cdmb

La red hidroclimatológica de la Corporación Autónoma para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga –CDMB-, tiene sus orígenes como red encargada de reportar información ambiental desde el año 2008, aunque cuenta con registros históricos hasta de 30 años en algunas variables climatológicas.

En sus inicios la red contaba con 36 estaciones de las cuales 28 eran Limnimétricas, 8 Pluviométricas y 4 pluviograficas, en el 2011 se llevó a cabo un proceso de mejoramiento de la red

Hidroclimatológica de la CDMB, instalando y/o actualizando estaciones pluviométricas por estaciones climatológicas automáticas, para un total de 8 estaciones climatológicas automáticas además 24 Limnimétricas para un total de 32 estaciones. En el año 2012 La red de monitoreo hidrométrica se rediseño y se instalaron 24 estaciones, 20 estaciones Limnimétricas; 2 estaciones Limnimétricas dobles o de grandes caudales y 2 estaciones para la medición automática de niveles las cuales fueron instaladas en las corrientes de rio de Oro y Rio Frio en los meses de marzo y abril dentro del marco del proceso de mejoramiento y fortalecimiento de la red hidrométrica.

El proceso de mejoramiento no se detuvo y en el año 2013 se integraron a la red 8 nuevas estaciones meteorológicas automáticas con transmisión de datos en tiempo real vía señal de celular, llegando a un total de 21 estaciones las cuales se instalaron entre los meses de julio y septiembre de 2013 en diferentes municipios del área de jurisdicción de la CDMB. Adicionalmente a esta instalación se repotenciaron las 11 estaciones climatológicas automáticas existentes con equipos de transmisión de datos y paneles solares los cuales garantizan un funcionamiento continuo y evitan fallas por daños eléctricos en las zonas donde se encuentran instaladas.

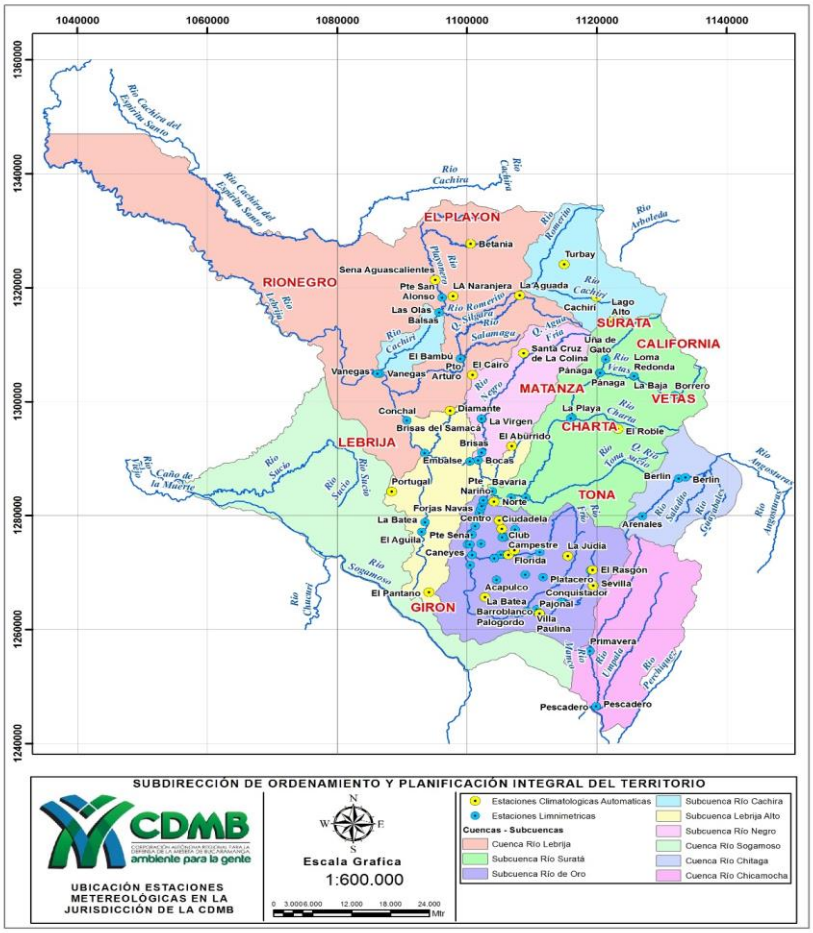


*Figura 28*. Distribución de la red hidroclimatológica de la CDMB en su área de jurisdicción.

### 2.3.1. Listado de estaciones climatológicas automáticas

En los diferentes municipios del área de jurisdicción se encuentran instaladas 18 estaciones climatológicas automáticas las cuales tienen como función la captura y almacenamiento de los datos meteorológicos tales como precipitación, temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad relativa y radiación solar.

| Cuenca | Nombre | Coordenadas | | Elevación [msnm] | Año de instalación | Estado | Municipio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Norte | Este | | | | |
| Cuenca Cáchira del Sur | BETANIA | 1.327.686 | 1.100.572 | 1005 | 2011 | FUNCIONANDO | EL PLAYON |
| | LA NARANJERA | 1.318.507 | 1.097.833 | 577 | 2012 | FUNCIONANDO | EL PLAYON |
| | SENA | 1.321.359 | 1.095.129 | 510 | 2011 | FUNCIONANDO | EL PLAYON |
| | TURBAY | 1.324.106 | 1.114.983 | 2236 | 2013 | FUNCIONANDO | SURATA |
| | LA AGUADA | 1.318.657 | 1.108.114 | 1445 | 2013 | FUNCIONANDO | EL PLAYON |
| Subcuenca Rio Negro | EL CAIRO | 1.304.690 | 1.100.860 | 1059 | 2012 | FUNCIONANDO | RIONEGRO |
| | SANTA CRUZ DE LA COLINA | 1.308.473 | 1.108.727 | 1430 | 2012 | FUNCIONANDO | MATANZA |
| Subcuenca Salamaga | DIAMANTE | 1.298.389 | 1.097.379 | 1054 | 2013 | FUNCIONANDO | RIONEGRO |
| Subcuenca Suratá | LAGO ALTO | 1.314.018 | 1.122.312 | 2600 | 2011 | FUNCIONANDO | SURATA |
| | EL ROBLE | 1.295.190 | 1.123.241 | 2270 | 2011 | FUNCIONANDO | CHARTA |
| Subcuenca Lebrija Alto | EL PANTANO | 1.266.513 | 1.094.149 | 1290 | 2011 | FUNCIONANDO | GIRON |
| Subcuenca Rio de Oro | LA JUDIA | 1.272.896 | 1.115.513 | 2165 | 2013 | FUNCIONANDO | PIEDECUESTA |
| | EL RASGON | 1.270.464 | 1.119.338 | 2148 | 2013 | FUNCIONANDO | PIEDECUESTA |
| | ACAPULCO | 1.265.648 | 1.102.787 | 1001 | 2013 | FUNCIONANDO | GIRON |
| | PORTUGAL | 1.284.205 | 1.088.385 | 1270 | 2013 | FUNCIONANDO* | LEBRIJA |
| | CIUDADELA | 1.277.632 | 1.105.369 | 938 | 2012 | FUNCIONANDO | BUCARAMANGA |
| | FLORIDA | 1.273.904 | 1.107.315 | 861 | 2012 | FUNCIONANDO | FLORIDABLANCA |
| | CLUB CAMPESTRE | 1.273.072 | 1.106.399 | 940 | 2011 | FUNCIONANDO | FLORIDABLANCA |

Tabla 35. Listado de estaciones climatológicas de la CDMB**.**

## 2.4. Resultados estaciones climatológicas automáticas

### 2.4.1. Cuenca Cáchira Sur

#### 2.4.1.1.Estación Betania

Se encuentra instalada en el corregimiento de Betania en jurisdicción del municipio de El Playón; se encarga del monitoreo de la parte alta de la sub cuenca Cáchira del Sur y de la microcuenca de El Pino, sobre la corriente del Rio Betania.

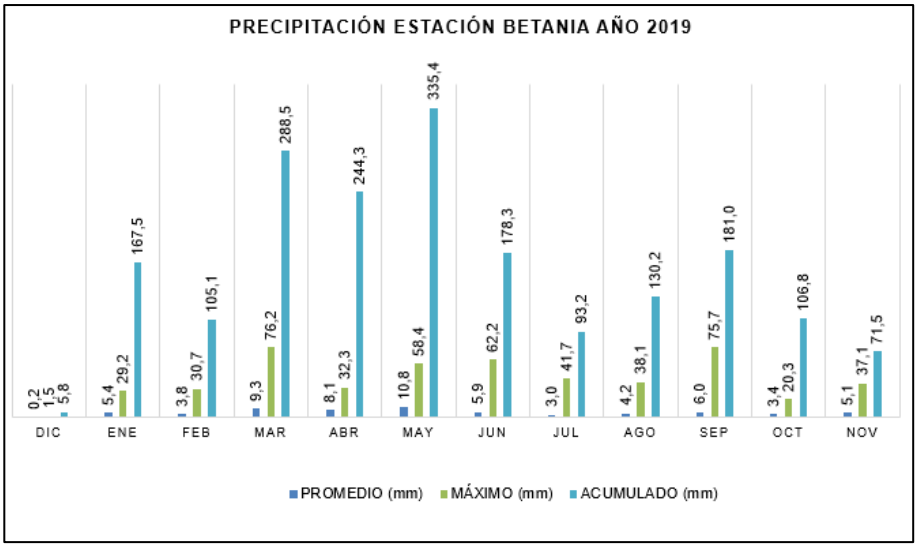


*Gráfico 1.* Precipitación Anual Estación Betania 2019

La precipitación máxima de 24 horas se presentó el 20 de marzo con un valor de 76,19 mm. Se registró una precipitación anual acumulada de 1907,5 mm.

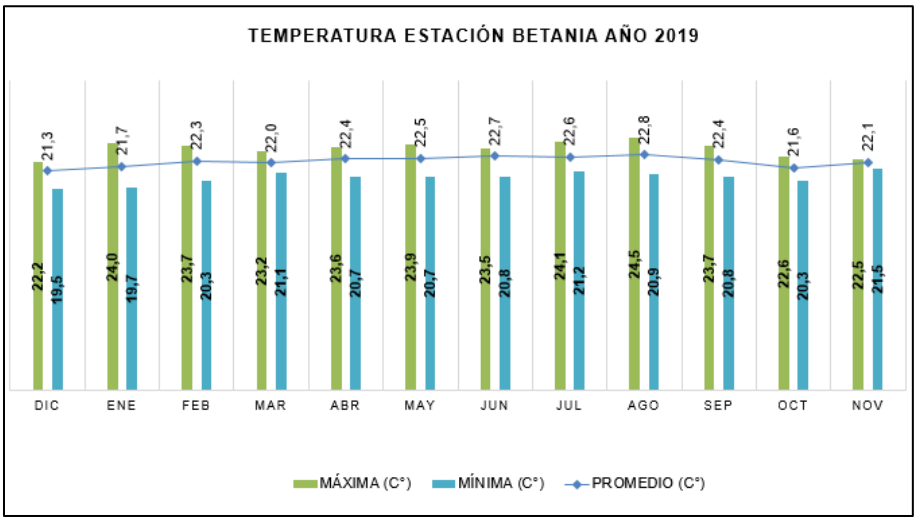


*Gráfico 2*. Temperatura Anual Estación Betania 2019

En el Gráfico 2 se observan variaciones mínimas en la temperatura promedio a lo largo del año, con un promedio ponderado de 22,2°C. La temperatura máxima se localiza en el mes de agosto con un registro de 24,5°C. La temperatura mínima se localiza en el mes de diciembre de 2018 con un registro de 19,5°C.

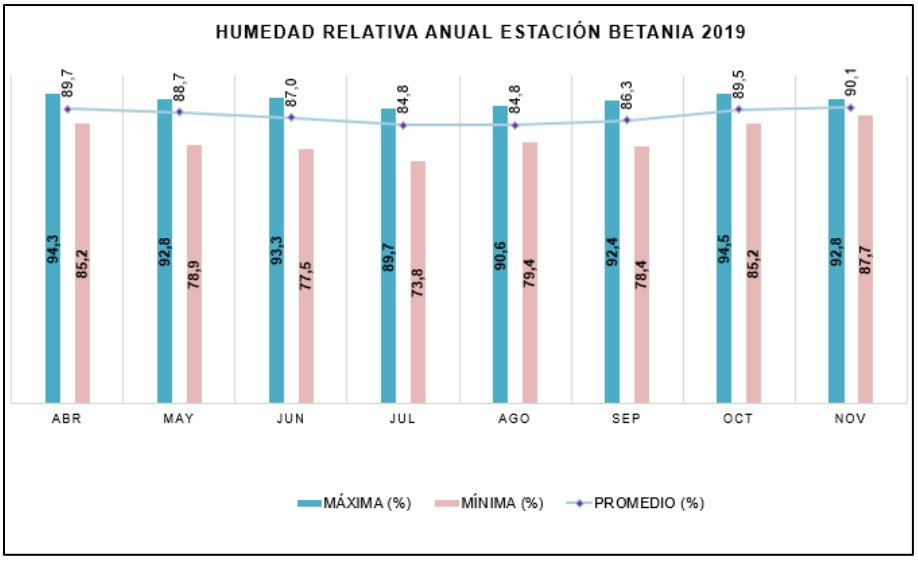


*Gráfico 3*. Humedad Relativa Anual Estación Betania 2019

No existen datos de humedad relativa registrados hasta el mes de abril debido a fallas presentes en el sensor. La humedad relativa promedio durante el periodo registrado fue de 87,6%. El valor máximo (94,5%) se registró el 21 de octubre y el valor mínimo (73,8%) fue capturado el 7 de julio.

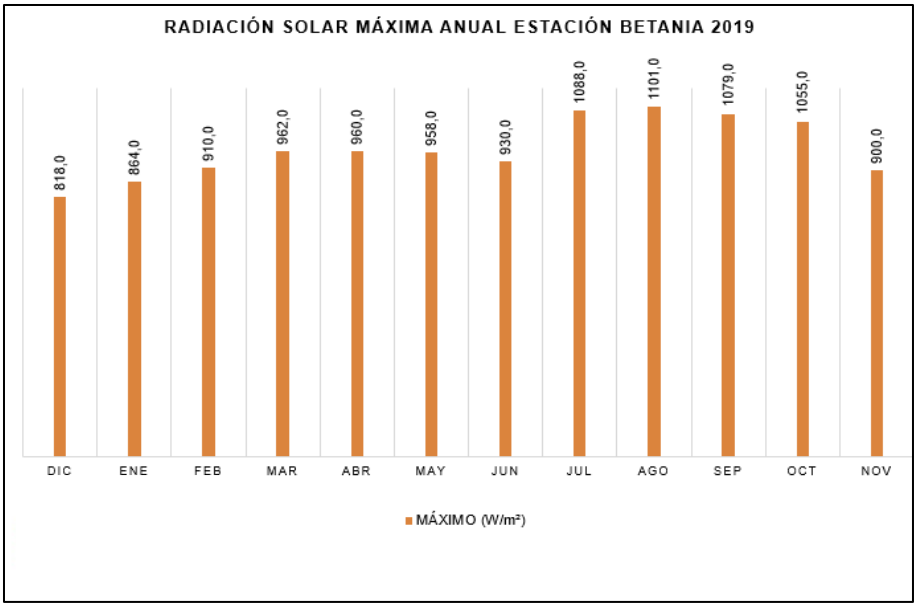


*Gráfico 4.* Radiación Solar Máxima Anual Estación Betania

En el Gráfico 4 pueden observarse los valores de radiación solar máximos presentados durante el

año. La radiación solar máxima anual fue de 1101 W/m² y se presentó el día 19 de agosto de 2019.

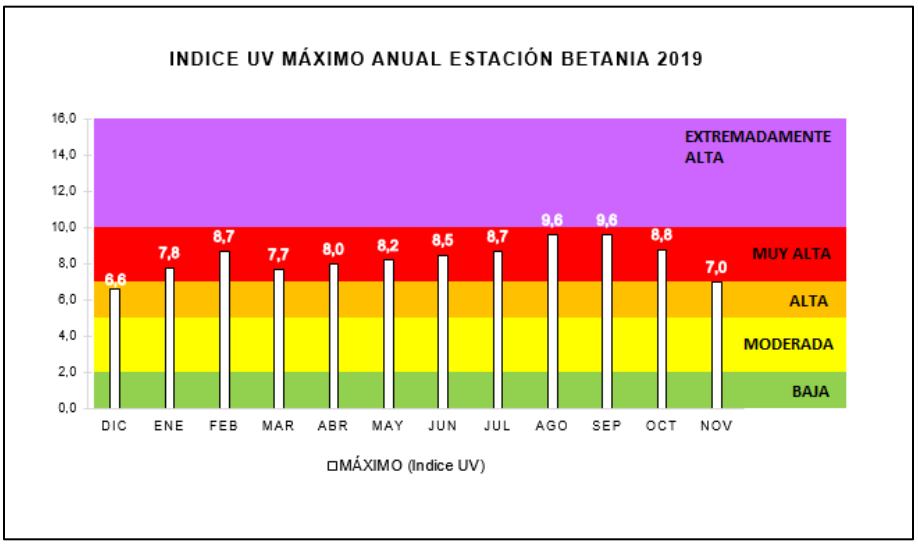


*Gráfico 5*. Índice UV Máximo Anual Estación Betania

En el gráfico 5 se observan los valores máximos de índice UV. Los valores máximos mensuales se encuentran en rango de intensidad ultravioleta Muy Alto. El valor máximo fue de 9,6 y se registró el día 9 de septiembre.

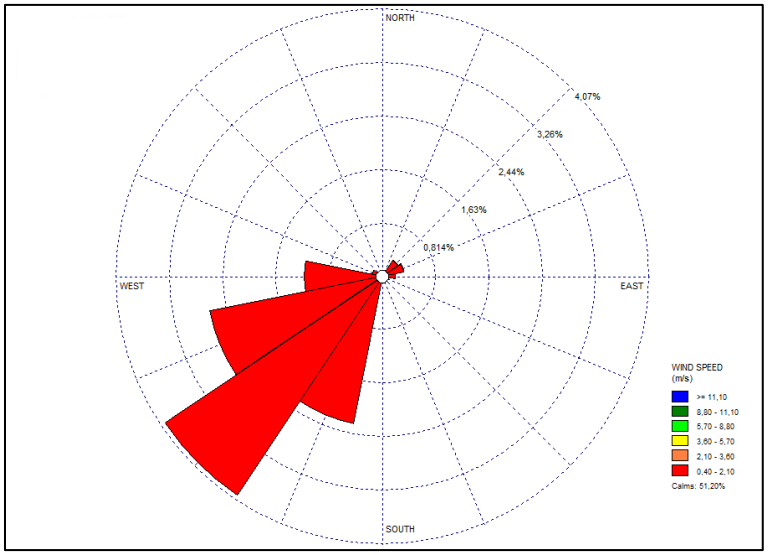


*Gráfico 6.* Rosa de vientos Estación Betania

Los vientos registrados durante el año registran velocidades bajas entre 0,4 a 2,1 m/s con dirección predominante hacia el Suroeste.

### 2.4.1.2.Estación Sena Aguas Calientes

Se encuentra instalada en la institución educativa del SENA en el municipio de El playón. Esta estación tiene como objetivo el monitoreo de la parte media de la sub cuenca Cáchira del Sur y de la micro cuenca Playonero, sobre la corriente del Rio Playonero.

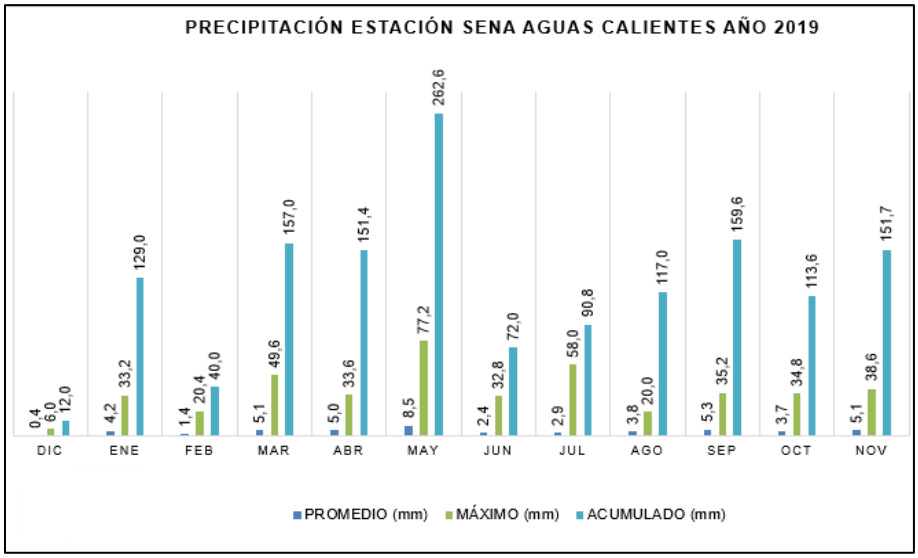


*Gráfico 7.* Precipitación Anual Estación Sena Aguas Calientes.

La precipitación máxima de 24 horas se registró el 20 de mayo con un valor de 77,2 mm. Se registró una precipitación anual acumulada de 1456,7 mm.

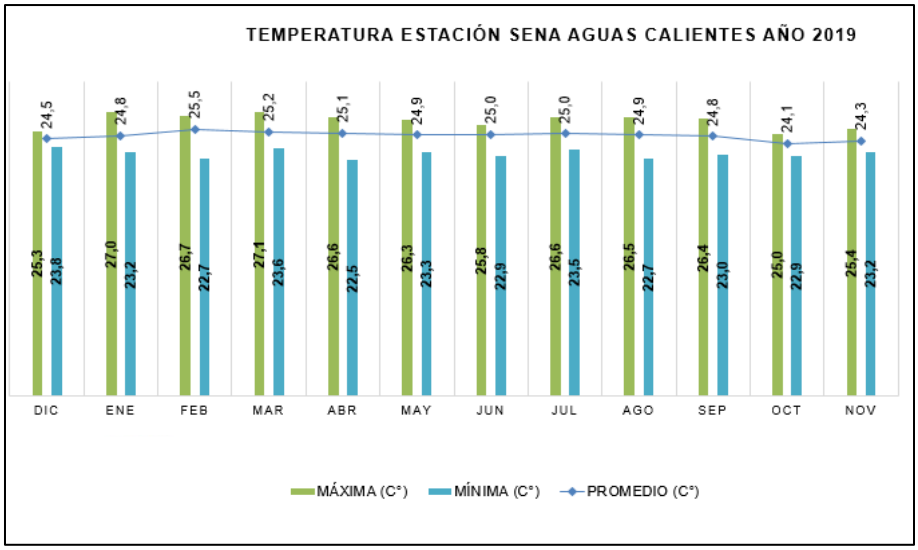


*Gráfico 8.* Temperatura Anual Estación Sena Aguas Calientes

La máxima temperatura diaria se registró en el mes de marzo (27,1ºC). La mínima temperatura se registra en el mes de abril (22,5°C). El promedio de temperatura anual es de 24,8ºC

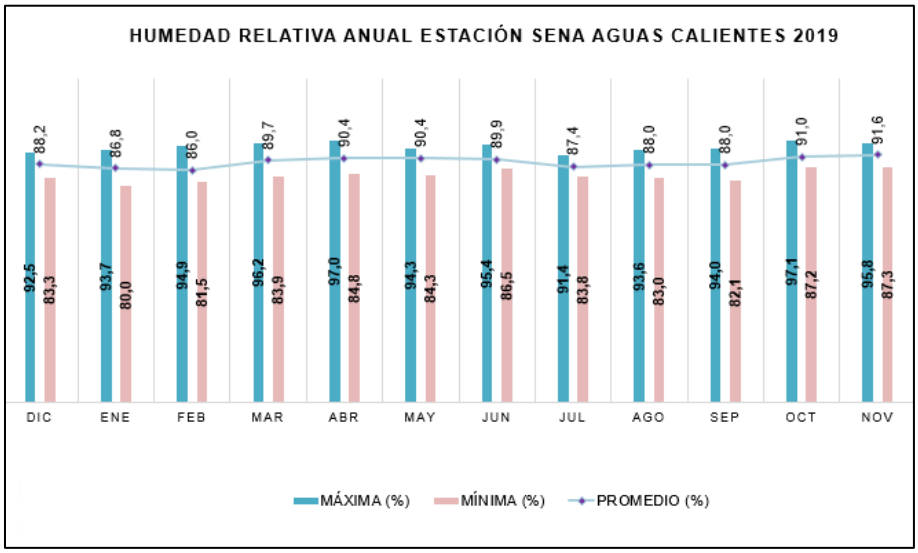


*Gráfico 9.* Humedad Relativa Anual Estación Sena Aguas Calientes

La humedad relativa promedio durante el periodo fue de 88,9%. El valor máximo (97,08%) se registró el 3 de octubre y el valor mínimo (80,13%) fue capturado el 24 de enero.

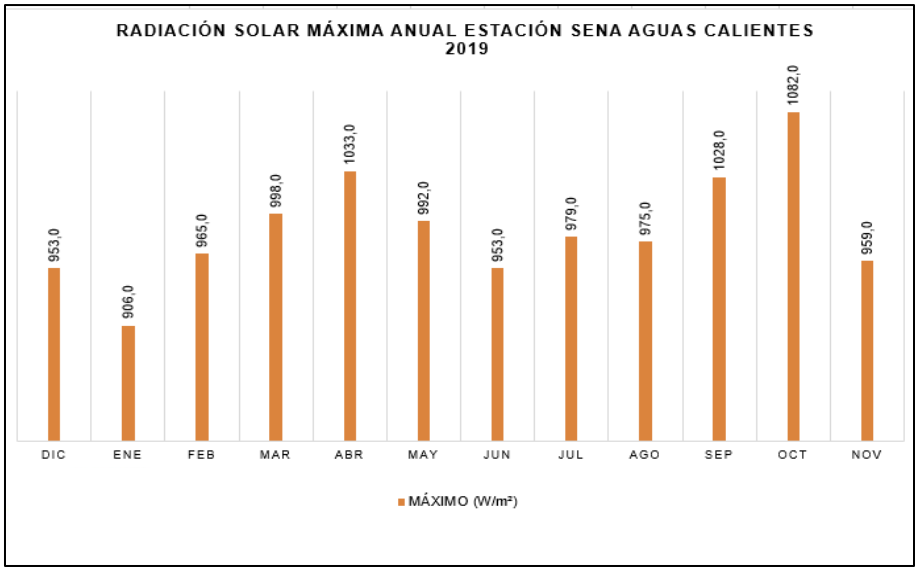


*Gráfico 10*. Radiación Solar Máxima Anual Estación Sena Aguas Calientes

En el Gráfico 10 pueden observarse los valores de radiación solar máximos presentados durante el año. La radiación solar máxima del trimestre fue de 1082 W/m² y se presentó el día 26 de octubre de 2019.

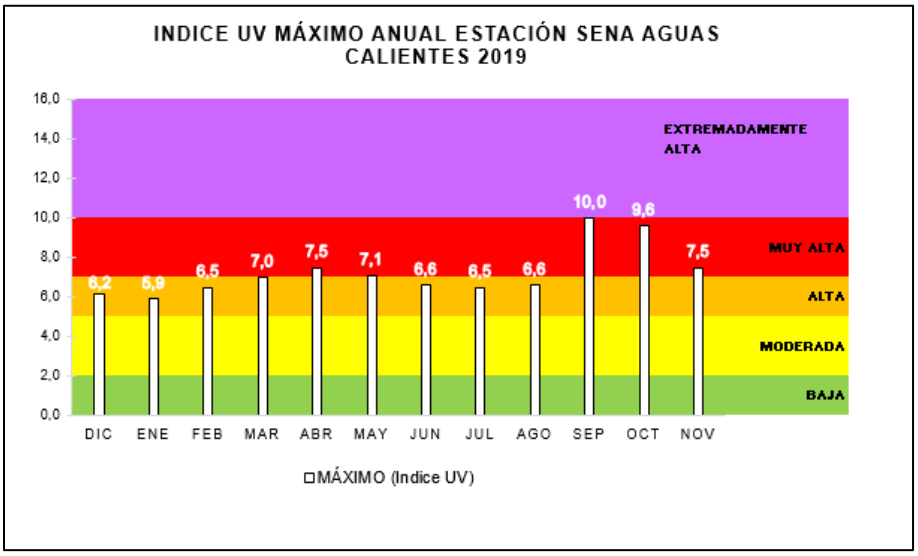


*Gráfico 11*. Índice UV Máximo Anual Estación Sena Aguas Calientes

En el gráfico 11 se observan los valores máximos de índice UV. Los valores máximos mensuales se encuentran en rango de intensidad ultravioleta Alto y Muy alto, alcanzando un índice Extremadamente Alto en el mes de septiembre. El valor máximo fue de 10 y se registró el día 30 septiembre.

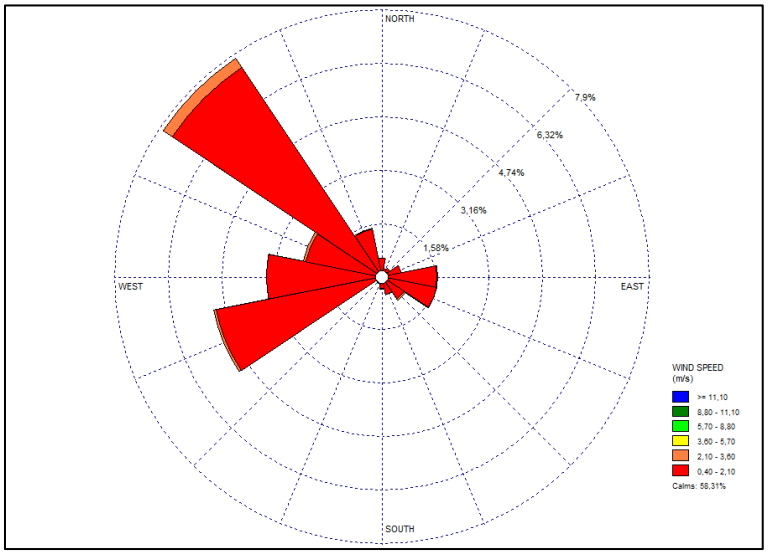


*Gráfico 12.* Rosa de Vientos Estación Sena Aguas Calientes

Los vientos registrados durante la anualidad registran la mayoría de datos con velocidades bajas entre 0,4 a 2,1 m/s con dirección predominante al oeste y nor oeste y algunos vientos suaves entre 2,1 a 3,6 m/s con dirección predominante hacia el Noroeste.

### 2.4.1.3.Estación La Naranjera

Estación climatológica automática ubicada en el municipio de El playón, a una distancia de 1 Km aproximadamente de la cabecera municipal de este municipio. Esta encargada del monitoreo de la parte media de la sub cuenca Cáchira del Sur y de la micro cuenca Playonero, sobre la corriente quebrada la Naranjera.

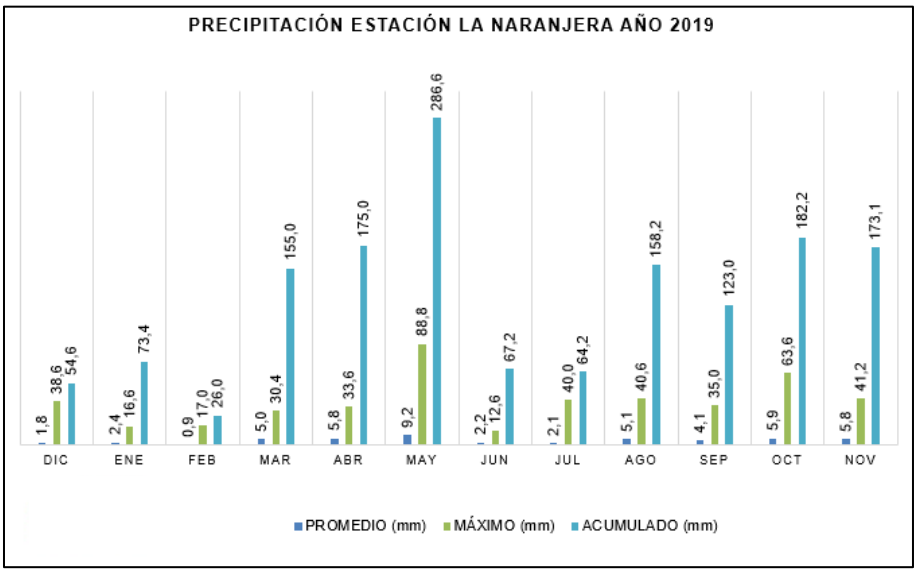


*Gráfico 13.* Precipitación Anual Estación La Naranjera

La precipitación máxima de 24 horas se registró el 23 de mayo con un valor de 88,8 mm. La precipitación anual acumulada registro un valor de 1538,5 mm.

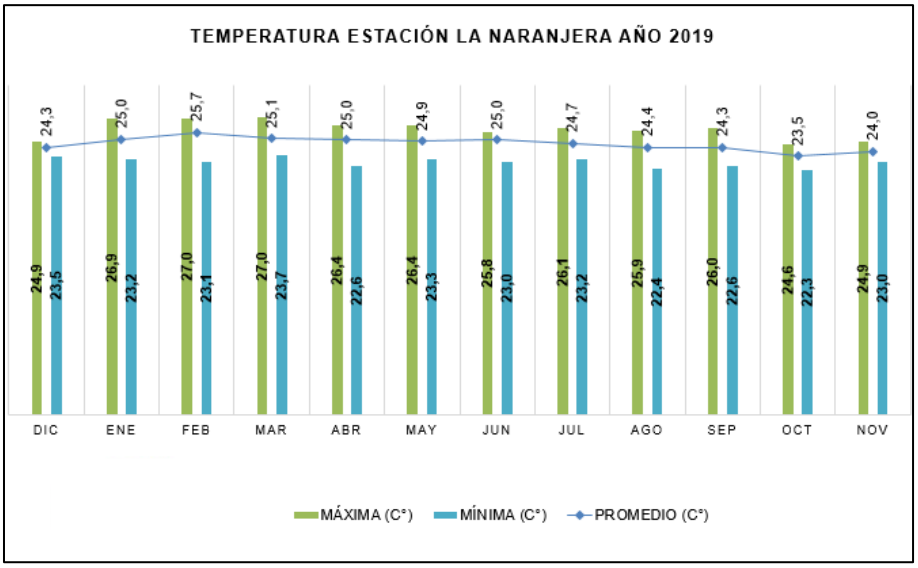


*Gráfico 14.* Temperatura Anual Estación La Naranjera

Puede observarse que la máxima temperatura alcanza un valor de 27°C, el cual es registrado en el mes de marzo. Por otro lado, la temperatura mínima registrada se localiza en el mes de octubre con un valor de 22,3ºC. El promedio anual de temperatura es de 24,7ºC.

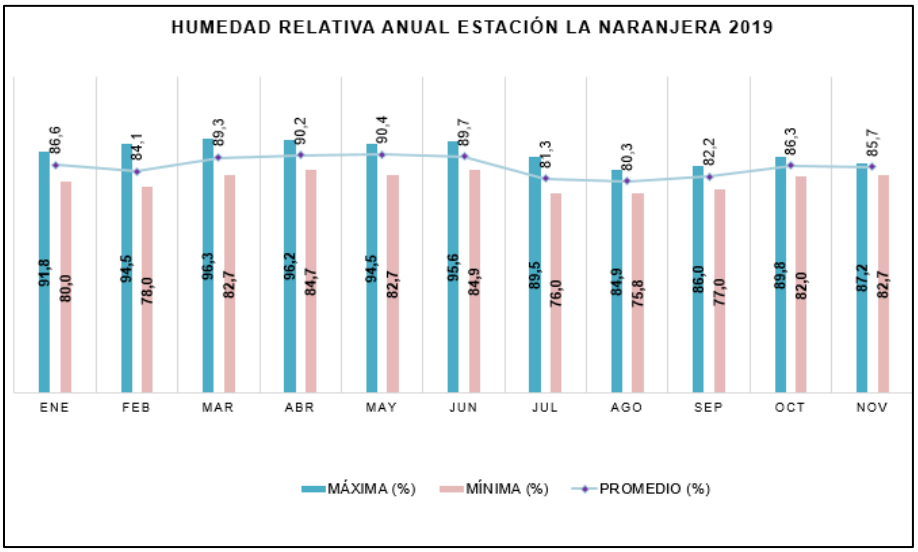


*Gráfico 15.* Humedad Relativa Anual Estación La Naranjera

La información de diciembre de 2018 no se tuvo en cuenta pues el sensor presentó falla de funcionamiento. La humedad relativa promedio durante el periodo registrado fue de 86%. El valor máximo (96,29%) se registró el 29 de marzo y el valor mínimo (75,75%) fue capturado el 19 de agosto.

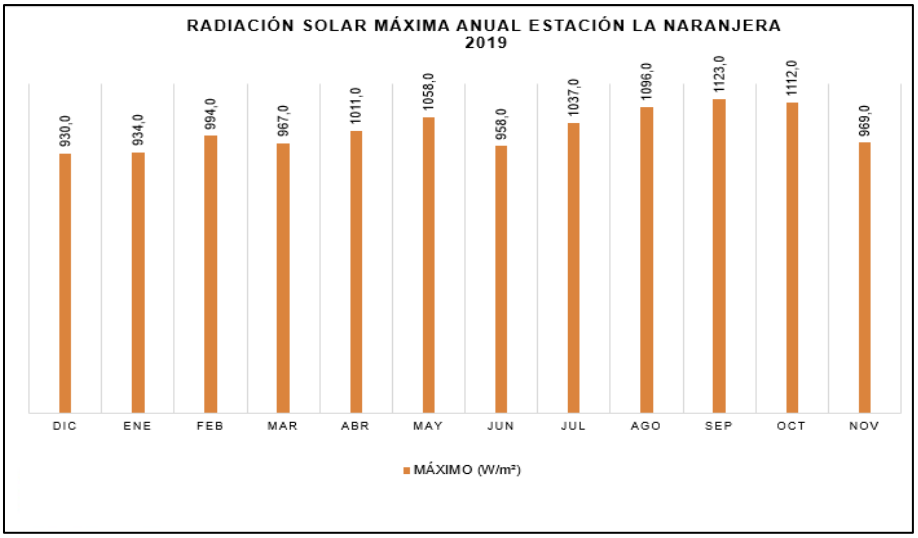


*Gráfico 16.* Radiación Solar Máxima Anual estación La Naranjera

En el Gráfico 16 pueden observarse los valores de radiación solar máximos presentados durante el año. La radiación solar máxima anual fue de 1123 W/m² y se presentó el día 30 de septiembre de 2019.

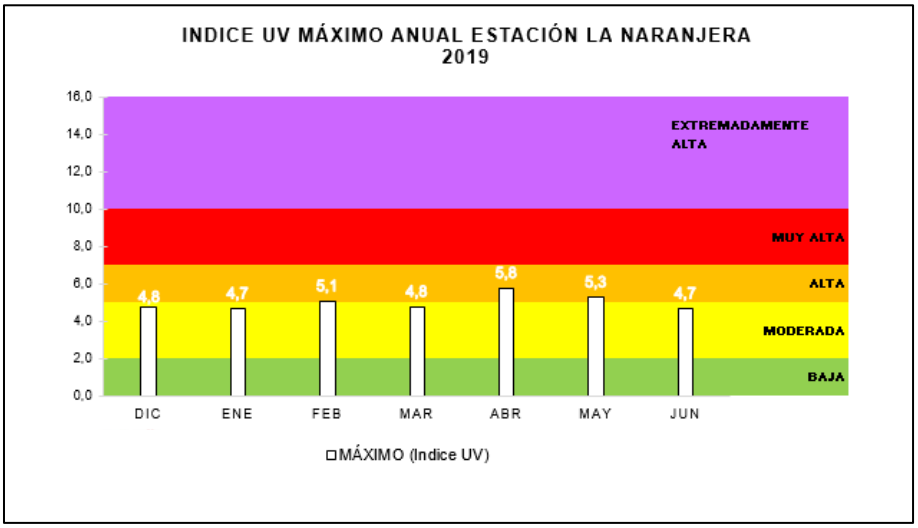


*Gráfico 17.* Índice UV Máximo Anual estación La Naranjera

La variable Índice UV fue registrada hasta junio de 2019 debido a fallos en el sensor. Los valores máximos mensuales para esta magnitud se encuentran entre el rango de intensidad ultravioleta moderado y alto. El valor máximo fue de 5,8 y se registró el día 23 de abril.

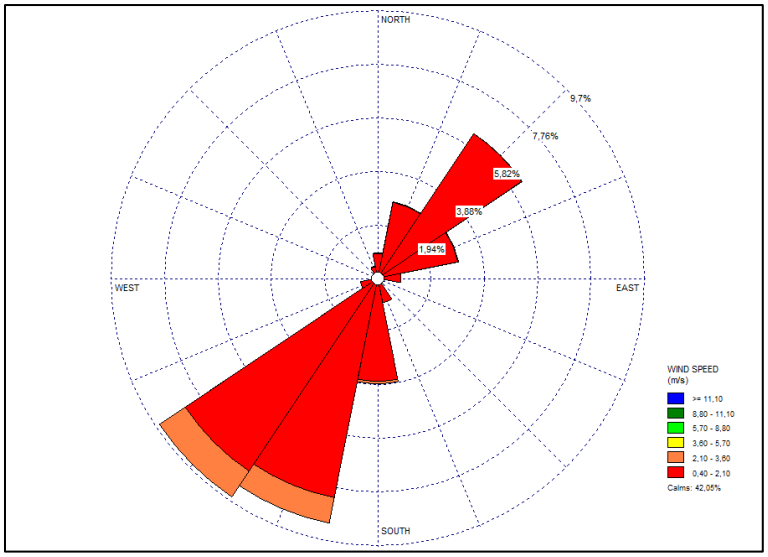


*Gráfico 18.* Rosa de Vientos estación La Naranjera

Los vientos registrados durante el trimestre registran magnitudes bajas con velocidades entre 0,4 a 2,1 m/s en su mayoría con direcciones predominantes hacia el suroeste y el noreste. También se registran vientos suaves entre 2,1 a 3,6 m/s con dirección predominante hacia el Suroeste.

#### 2.4.1.4.Estación La Aguada

Fue instalada en el año 2013 y se encuentra ubicada en la Vereda La Aguada, municipio de Playón; se encarga de realizar el monitoreo de la parte baja de la sub cuenca Cáchira del Sur y de la micro cuenca Cachiri Bajo, sobre la corriente del Rio Cachiri, aguas abajo de la unión de esta con la tributaria Rio Romerito. Debido a problemas en el equipo los meses de marzo, abril, junio, julio y agosto no fueron registrados totalmente. Por lo tanto las estadísticas se enfocan en los meses registrados en su totalidad.

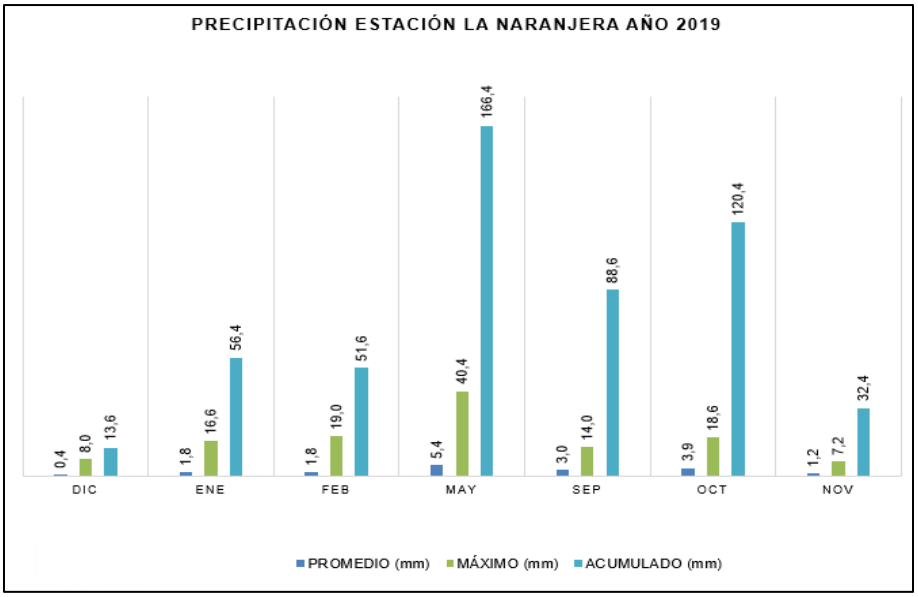


*Gráfico 19.* Precipitación Anual Estación La Aguada

La precipitación de 24 horas más alta de los meses registrados se dio el día 23 de mayo con un valor de 40,4 mm. En los meses capturados se registró una precipitación anual acumulada de 529,4 mm.

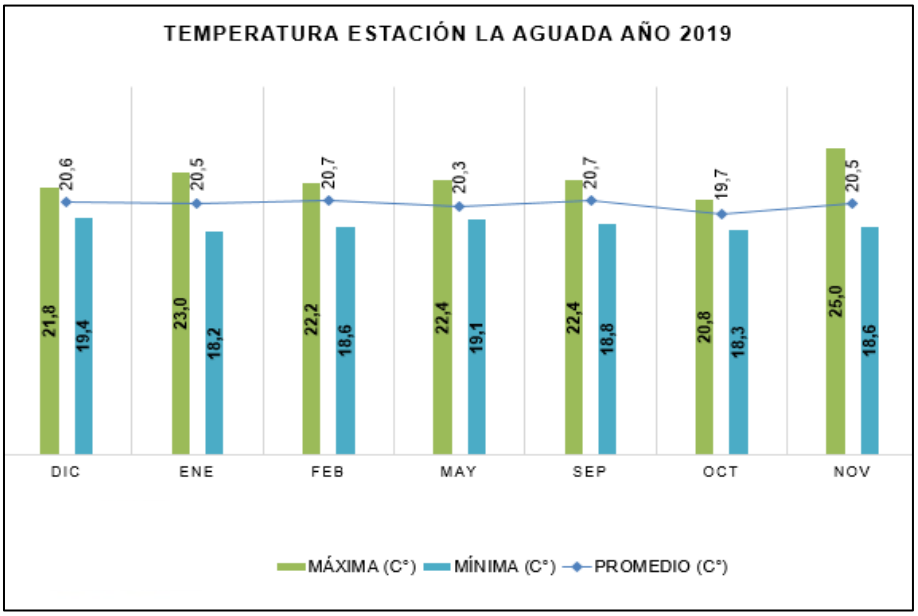


*Gráfico 20.* Temperatura Anual Estación La Aguada

La temperatura máxima se registró en el mes de noviembre con un valor de 25°C. La temperatura

mínima se registró en el mes de enero con un valor de 18,1°C. La temperatura promedio de los meses registrados fue de 20,4ºC.

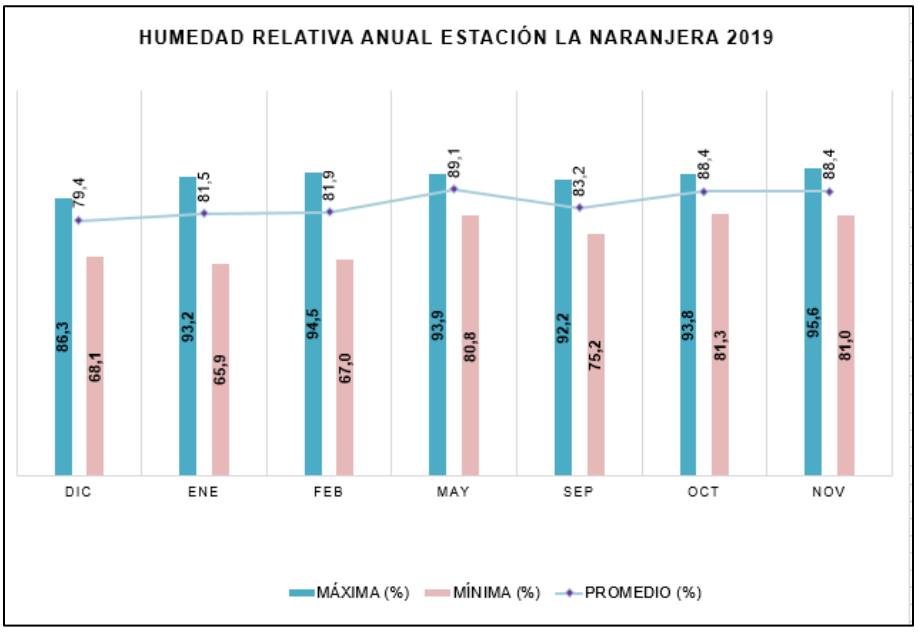


*Gráfico 21*. Humedad Relativa Anual Estación La Aguada

La humedad relativa promedio durante el periodo registrado fue de 84,6%. El valor máximo (95,63%) se registró el 11 de noviembre y el valor mínimo (65,92%) fue capturado el 2 de enero.

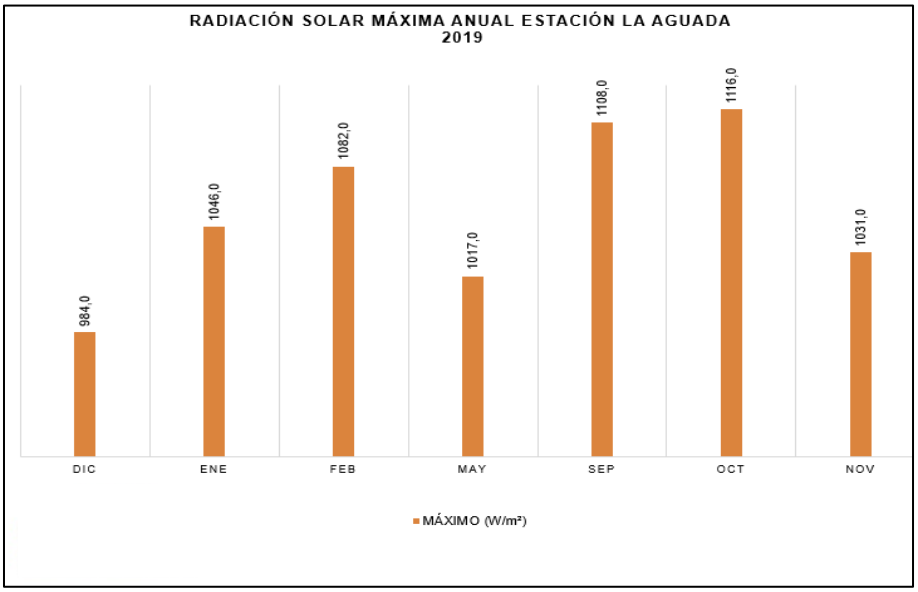


*Gráfico 22*. Radiación Solar Máxima Anual Estación La Aguada

En el Gráfico 22 puede observarse los valores de radiación solar máximos presentados durante los meses registrados del año. La radiación solar máxima anual fue de 1116 W/m² y se presentó el día 31 de octubre de 2019.

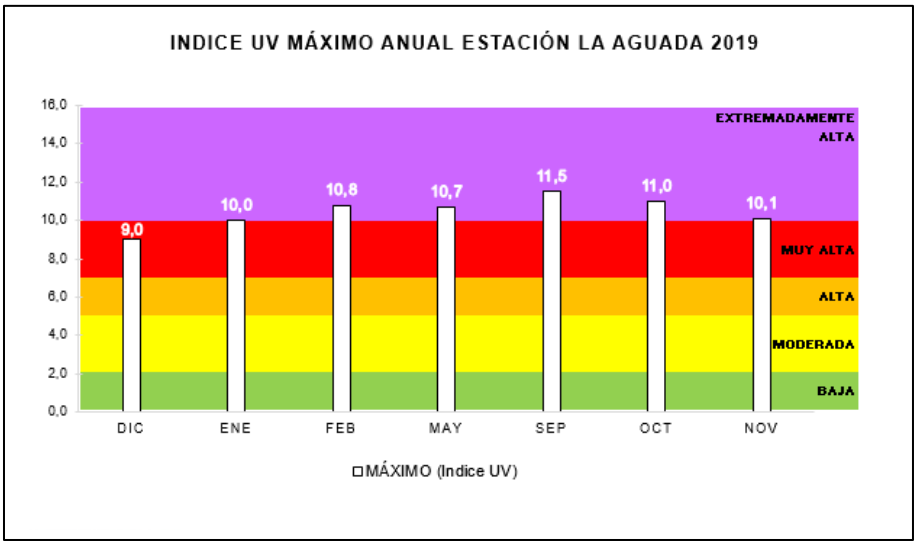


*Gráfico 23*. Índice UV Máximo Anual Estación La Aguada

Los valores máximos mensuales para esta magnitud se encuentran entre el rango de intensidad ultravioleta muy alto y extremadamente alto, como se observa en el gráfico 23. El valor máximo fue de 11,5 y se registró el 30 de septiembre.

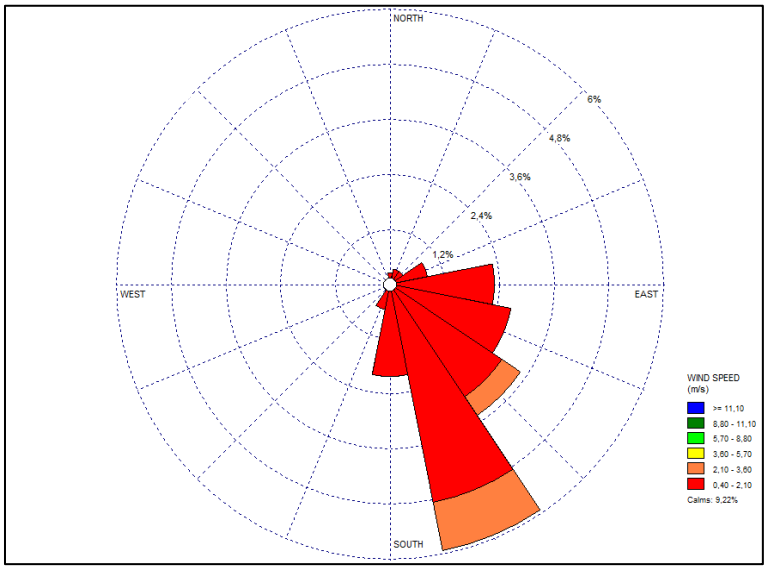


*Gráfico 24*. Rosa de Vientos Estación La Aguada

Los datos registrados durante los meses de captura de la estación presentan vientos con velocidades bajas y suaves menores a 3,6 m/s provenientes del Sureste.

### 2.4.1.5.Estación Turbay

Se encuentra ubicada en la Vereda de San Isidro cercana al corregimiento de Turbay dentro del municipio de Surata; su altitud es de 2000 msnm. La estación Turbay tiene como finalidad realizar el monitoreo de la parte alta de la sub cuenca Cáchira del Sur y de la micro cuenca Romeritos, sobre la corriente del Rio Romeritos. No se registraron precipitaciones en la estación durante los primeros cuatro meses del año por fallas en el pluviómetro del equipo.

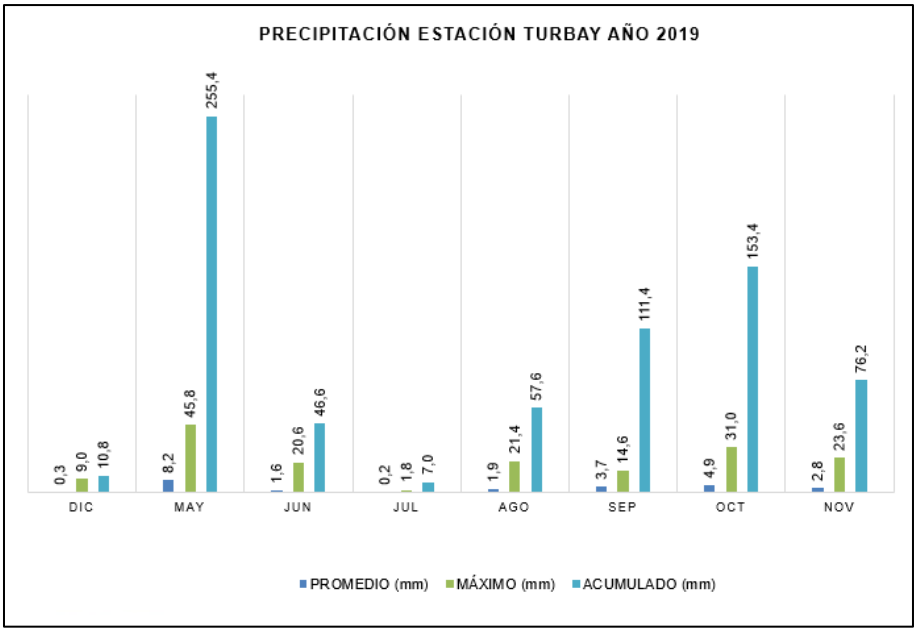


*Gráfico 25*. Precipitación Anual Estación Turbay

La precipitación de 24 horas más alta de los meses registrados se dio el día 30 de mayo con un valor de 45,8 mm. En los meses capturados se registró una precipitación anual acumulada de 718,4 mm.

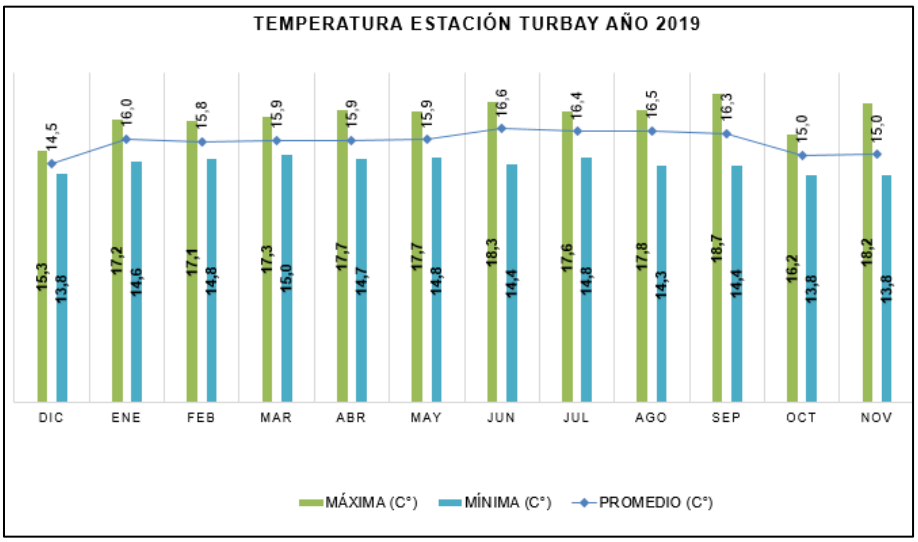


*Gráfico 26*. Temperatura Anual Estación Turbay

La temperatura máxima presenta un valor de 18,7°C y se registró en el mes de septiembre. La temperatura mínima presenta un valor de 13,8°C y se registró en el mes de octubre. El promedio de temperatura trimestral es de 15,8ºC.

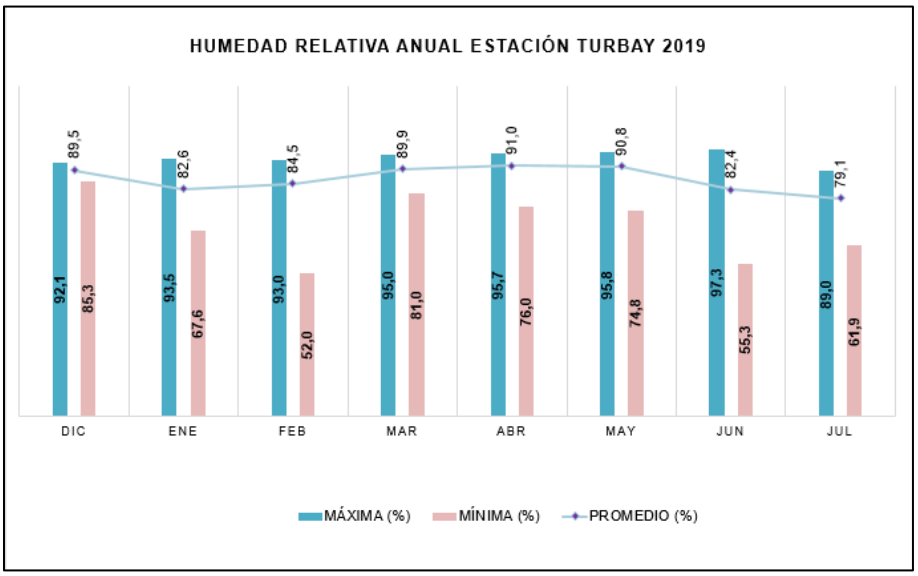


*Gráfico 27*. Humedad Relativa Anual Estación Turbay

El sensor de humedad relativa presenta fallos desde el mes de agosto hasta noviembre de 2019. La humedad relativa promedio durante el periodo registrado fue de 86,2%. El valor máximo (97,25%)

se registró el 1 de junio y el valor mínimo (52%) fue capturado el 26 de febrero.

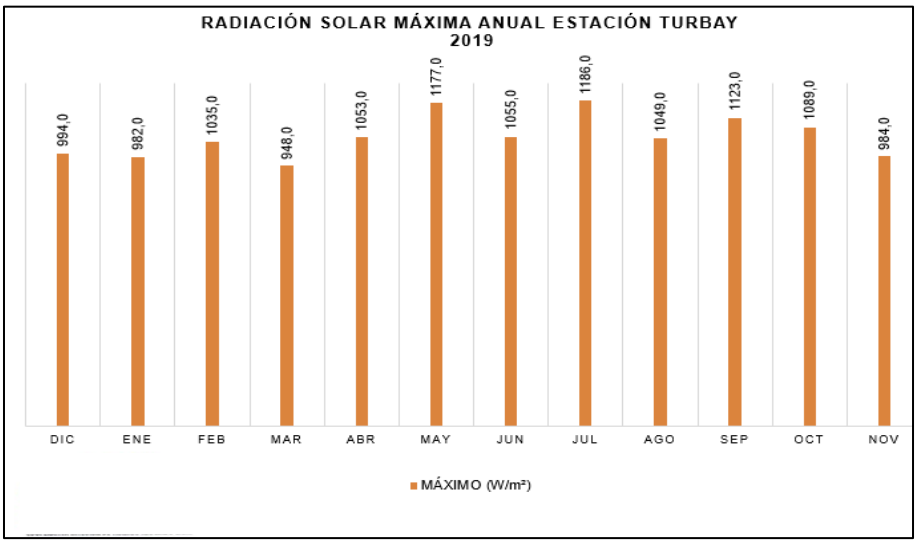


*Gráfico 28*. Radiación Solar Máxima Anual Estación Turbay

En el Gráfico 28 pueden observarse los valores de radiación solar máximos presentados durante el trimestre. La radiación solar máxima del trimestre fue de 1186 W/m² y se presentó el día 20 de julio de 2019.

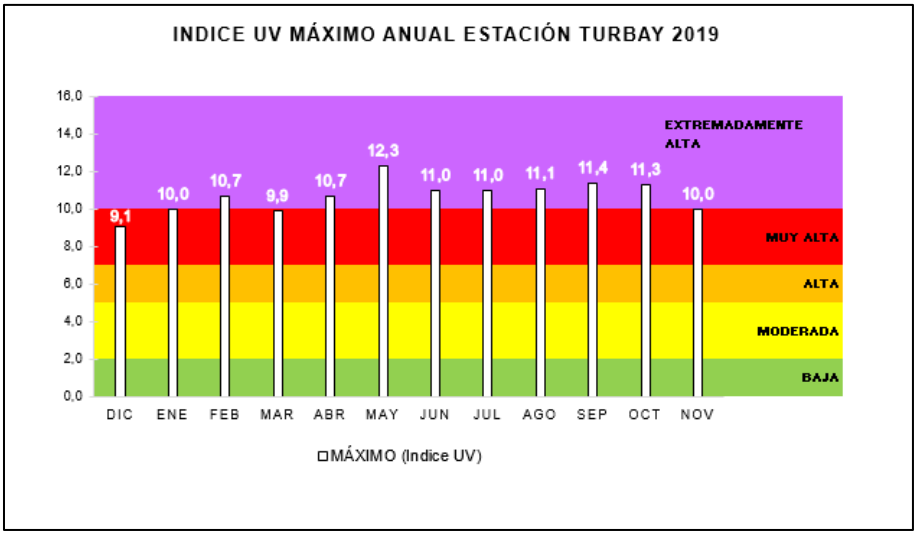


*Gráfico 29*. Índice UV Máximo Anual Estación Turbay

Los valores máximos mensuales para esta magnitud se encuentran entre el rango de intensidad ultravioleta muy alto y extremadamente alto en su mayoría, como se observa en el gráfico 29. El

valor máximo fue de 12,3 y se registró el 12 de mayo.

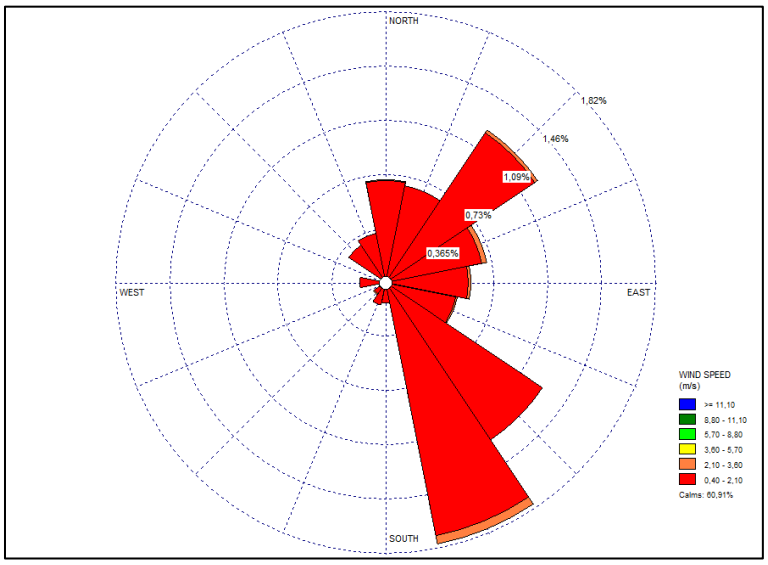


*Gráfico 30*. Rosa de Vientos Estación Turbay

Los vientos registrados durante el trimestre registran vientos suaves con velocidades no mayores a 3,6 m/s provenientes del Noreste y el Sureste.

### 2.4.2. Subcuenca Rio Negro

#### 2.4.2.1.Estación El Cairo

La Estación El Cairo se encuentra a una altura 1059 msnm, hace parte de la microcuenca Rionegro y está ubicada la vereda el Cairo del municipio de Rionegro. La estación no registró datos durante el mes de abril de 2019. No fue posible la recolección de datos de octubre y noviembre de 2019 debido a obras en la vía que conduce a la misma.

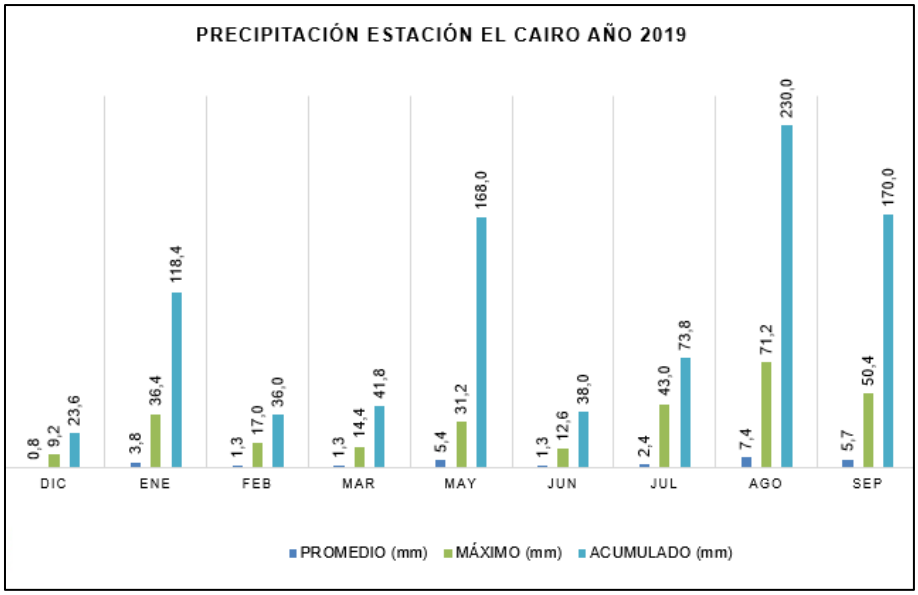


*Gráfico 31.* Precipitación Anual Estación El Cairo

La máxima precipitación de 24 horas se presentó el 17 de agosto, con un valor de 71,2 mm. La precipitación acumulada anual de los meses registrados fue de 899,6 mm.

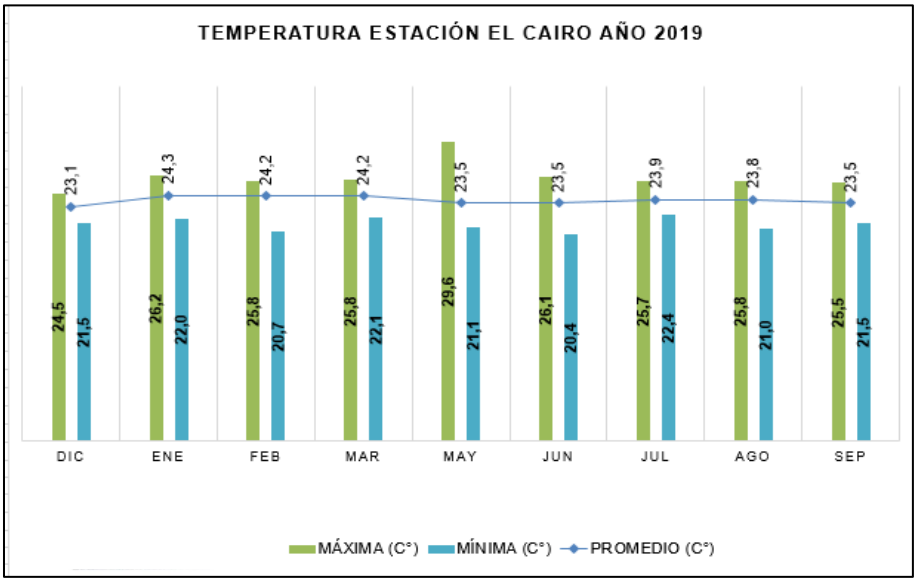


*Gráfico 32.* Temperatura Anual Estación El Cairo

En el Gráfico 32, se observa que la temperatura promedio anual es de 23,8ºC. La temperatura máxima se localiza en el mes de mayo con un registro de 29,6°C. La temperatura mínima se localiza

en el mes de junio con 20,4°C.

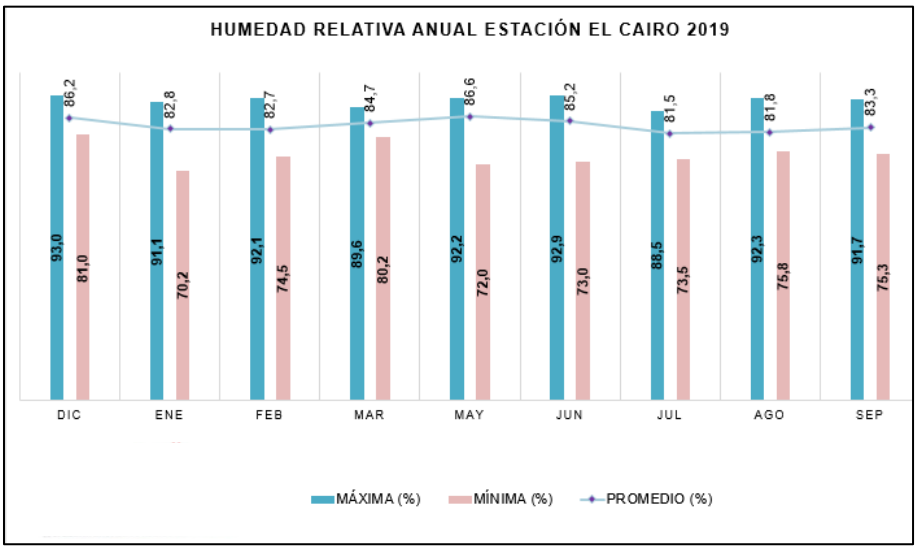


*Gráfico 33*. Humedad Relativa Anual Estación El Cairo

La humedad relativa promedio durante el periodo fue de 83,9%. El valor máximo (93%) se registró el 1 de diciembre de 2018 y el valor mínimo (70,2%) fue capturado el 2 de enero.

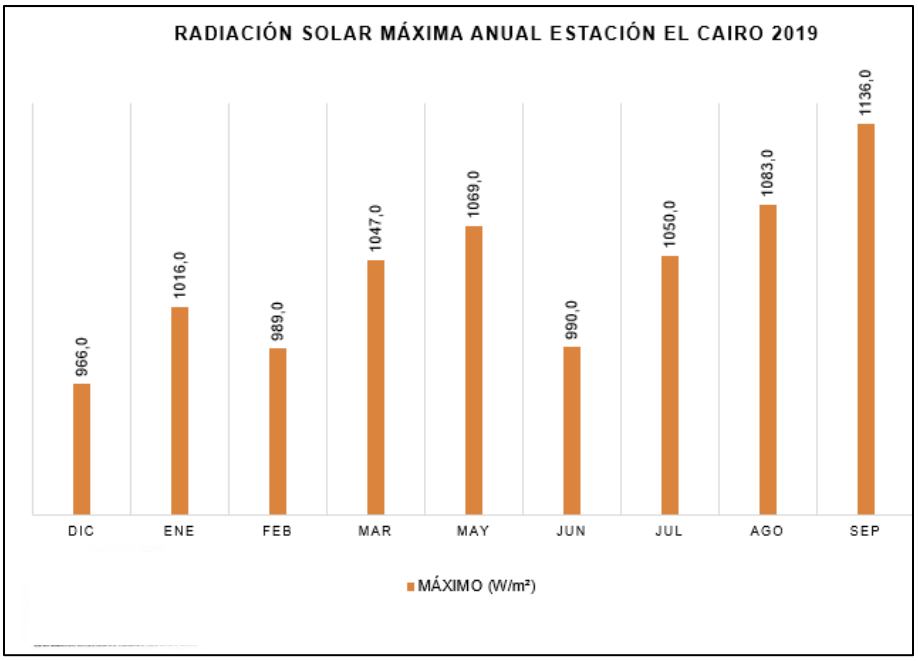


*Gráfico 34.* Radiación Solar Máxima Anual Estación El Cairo

En el Gráfico 34 pueden observarse los valores de radiación solar máximos presentados durante periodo de registro. La radiación solar máxima fue de 1136 W/m² y se presentó el día 10 de

septiembre de 2019.

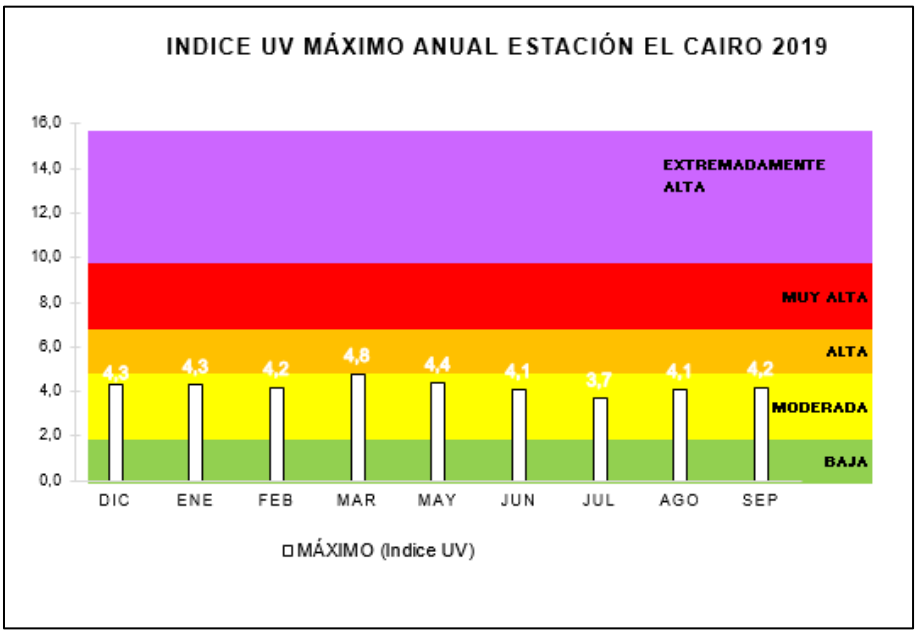


*Gráfico 35*. Índice UV Máximo Anual Estación El Cairo

Como se muestra en el gráfico 35, los valores máximos mensuales para el índice UV se encuentran en rango moderado. El valor máximo fue de 4,8 y fue registrado el 12 de marzo.

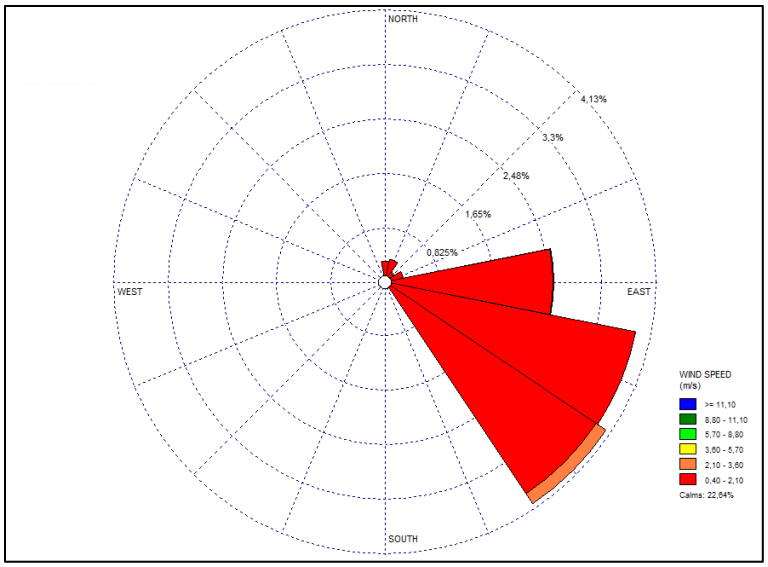


*Gráfico 36*. Rosa de Vientos Estación El Cairo

Los vientos registrados durante el año registran intensidades suaves con velocidades no mayores a 3,6 m/s provenientes del este y sureste.

### 2.4.2.2.Estación Santa Cruz De La Colina

La estación de Santa Cruz de la Colina fue instalada hacia finales del mes de marzo del 2012. Se encuentra ubicada en el corregimiento Santa Cruz de la colina, del municipio de matanza, vereda la Plazuela. No hay datos registrados en diciembre de 2018 para esta estación.

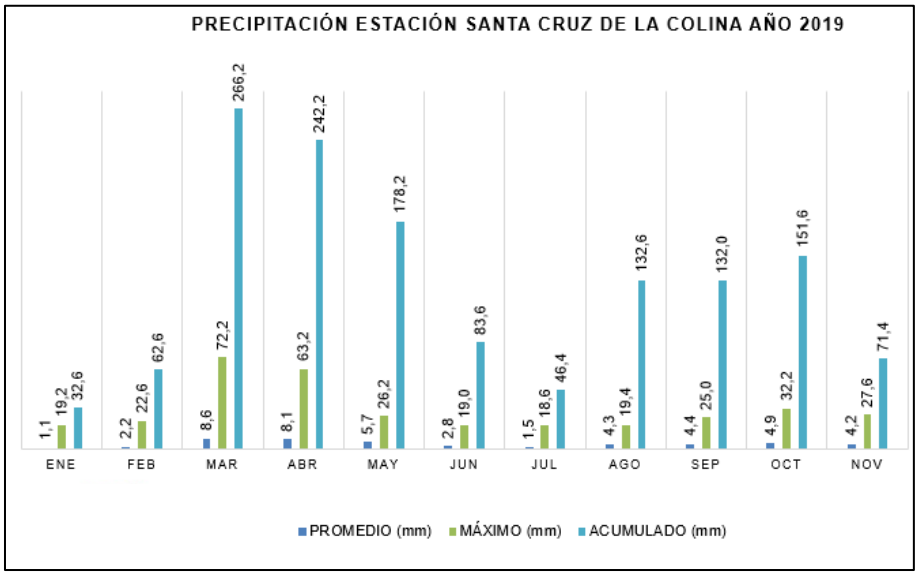


*Gráfico 37.* Precipitación Anual Estación Santa Cruz de la Colina

La precipitación máxima de 24 horas se registró el 7 de marzo con un valor de 72,2 mm. La precipitación trimestral acumulada registró un valor de 1399,4 mm.

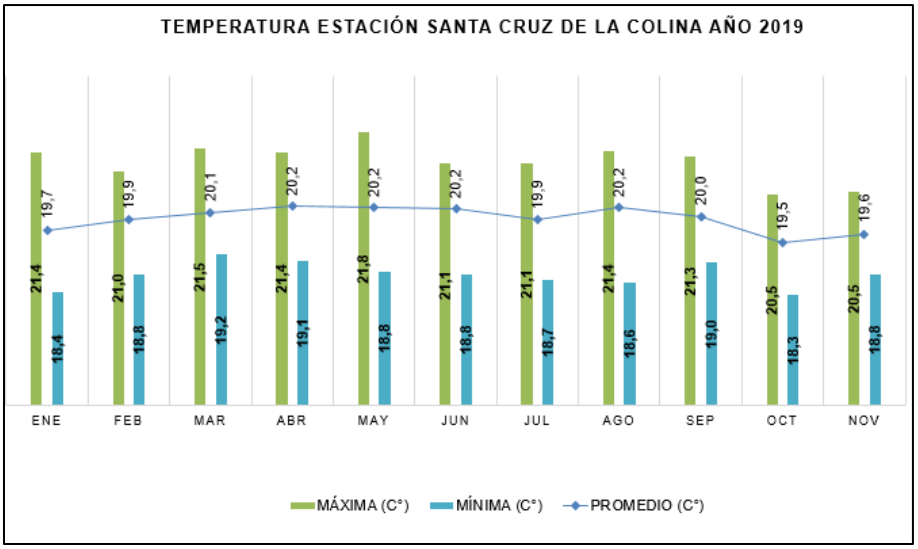


*Gráfico 38.* Temperatura Anual Estación Santa Cruz de la Colina

Se observa que la temperatura máxima se localiza en el mes de mayo con un valor de 21,8°C. La temperatura mínima se localiza en el mes de enero con un valor de 18,3°C. El promedio anual de temperatura es de 20ºC.

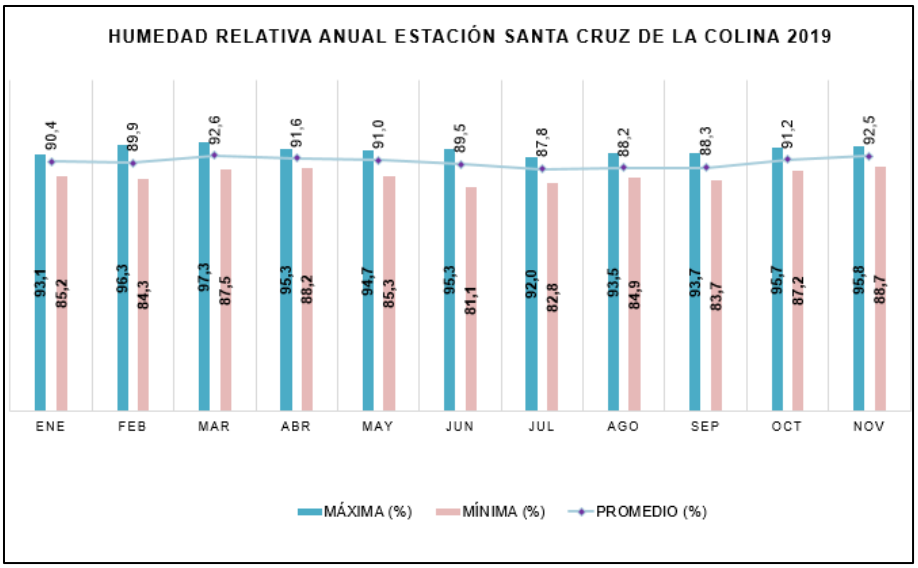


*Gráfico 39.* Humedad Relativa Anual Santa Cruz de la Colina

La humedad relativa promedio durante el periodo fue de 90,3%. El valor máximo (97,33%) se registró el 29 de marzo y el valor mínimo (81,08%) fue capturado el 27 de junio.

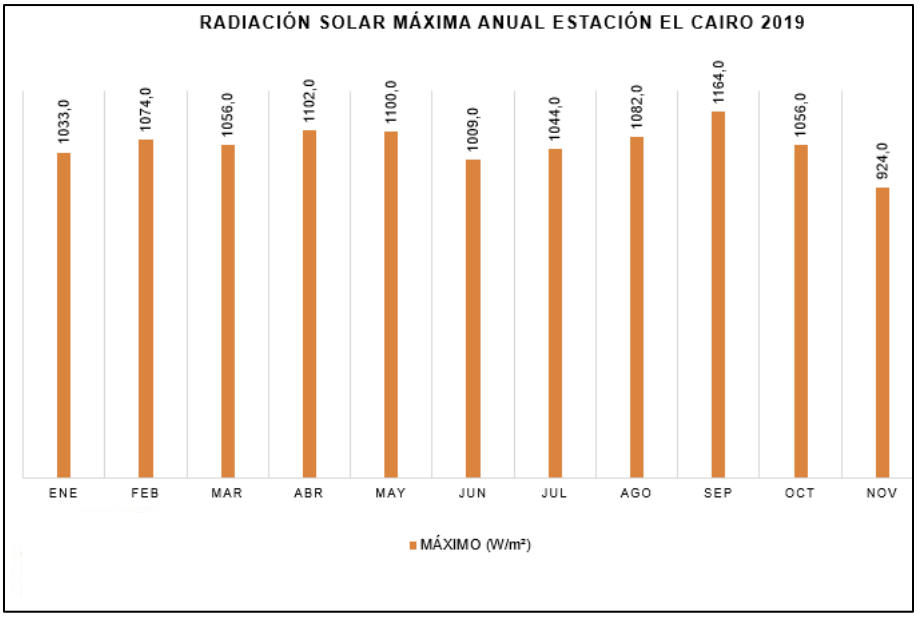


*Gráfico 40.* Radiación Solar Máxima Anual Santa Cruz de la Colina

En el Gráfico 40 pueden observarse los valores de radiación solar máximos presentados durante el año para la estación. La radiación solar máxima presentó una magnitud de 1164 W/m² y se presentó el 30 de septiembre de 2019.

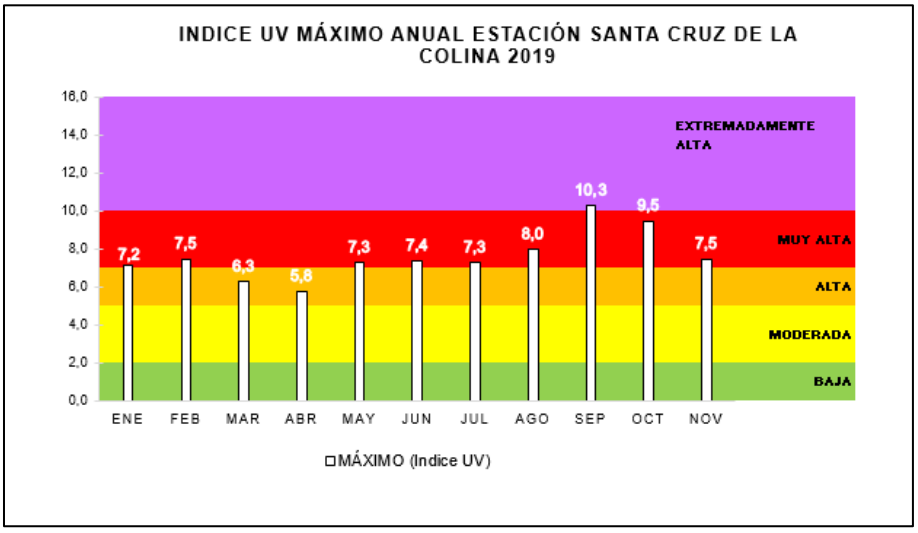


Gráfico 41. Índice UV Máximo Anual Santa Cruz de la Colina

Los valores máximos mensuales para el índice UV se encuentran entre los rangos alto, muy alto y en ocasiones extremadamente alto. El valor máximo fue de 10,3 y tuvo ocurrencia el 30 de

septiembre.

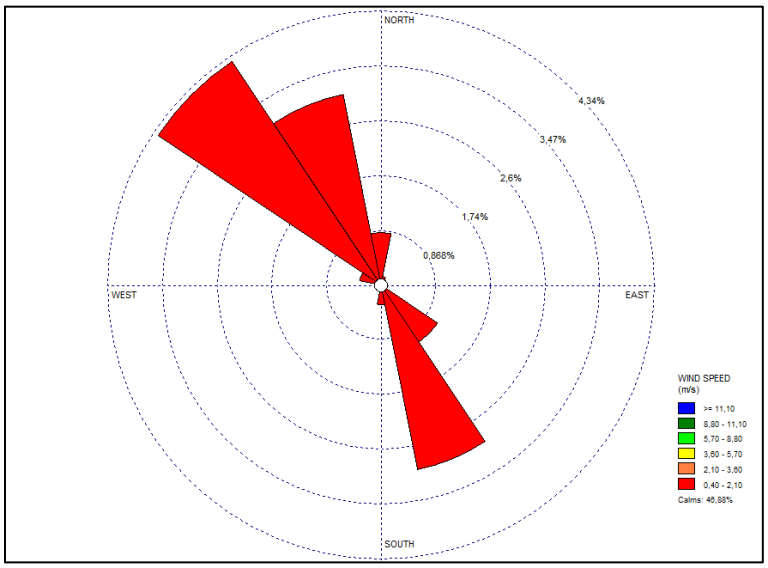


*Gráfico 42*. Rosa de Vientos Santa Cruz de la Colina

Como puede observarse en la gráfica 42, los vientos presentados en la estación Santa Cruz de la Colina son de muy baja magnitud, menores a los 2,1 m/s provenientes en su mayoría del Noroeste con presencia menor de vientos al sureste.

### 2.4.3. Subcuenca Salamaga

#### 2.4.3.1.Estación El Diamante

La estación el diamante se encuentra a una altitud de 1054 msnm, está ubicada en la vereda el diamante del municipio de Rionegro. Esta estación aporta datos de la microcuenca Salamaga. La estación no capturo datos para el mes de diciembre de 2018.

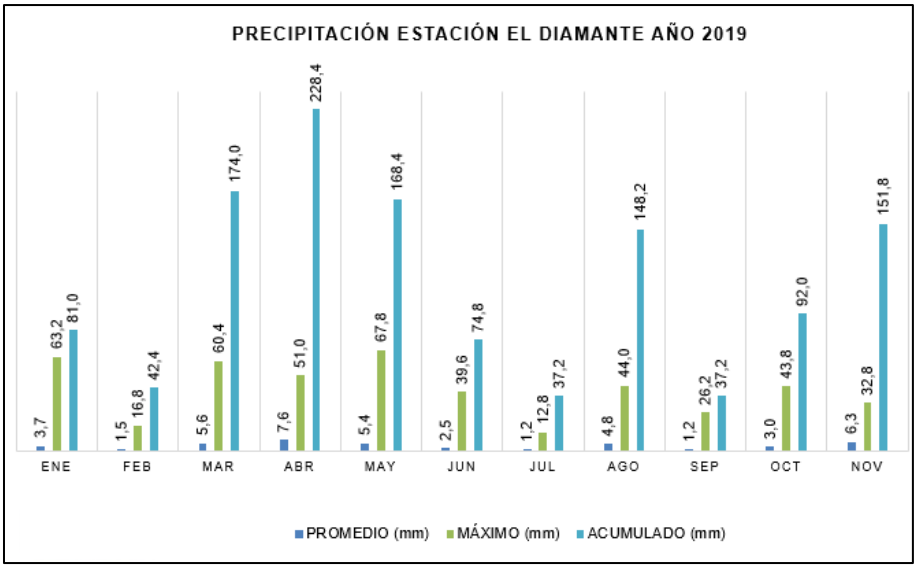


*Gráfico 43*. Precipitación Anual Estación El Diamante

La precipitación máxima de 24 horas se presenta el 18 de mayo con un valor de 67,8 mm. La precipitación trimestral acumulada registró un valor de 1235,4 mm.

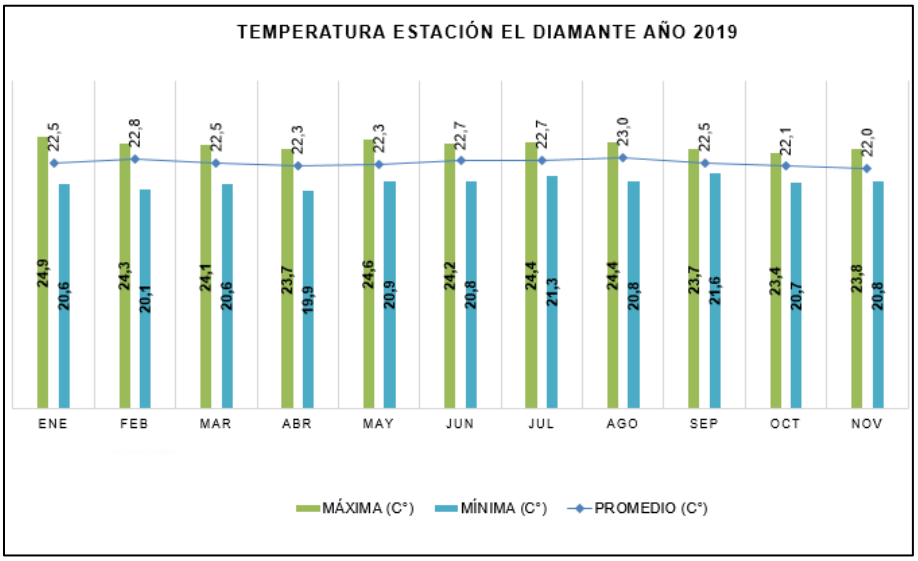


*Gráfico 44*.Temperatura Anual Estación El Diamante

La temperatura promedio trimestral registró un valor de 22,5ºC. La temperatura máxima se registra en el mes de enero con un valor de 24,9ºC. La temperatura mínima se localiza en el mes de abril con un registro de 19,9°C.

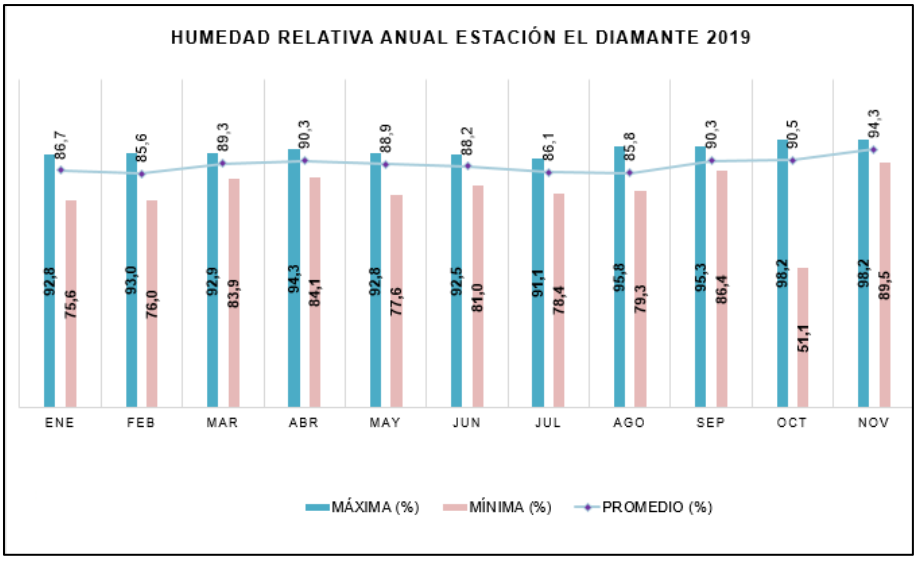


*Gráfico 45*. Humedad Relativa Anual Estación El Diamante

La humedad relativa promedio durante el periodo fue de 88,7%. El valor máximo (98,21%) se registró el 3 de octubre y el valor mínimo (51,08%) fue capturado el 10 de octubre.

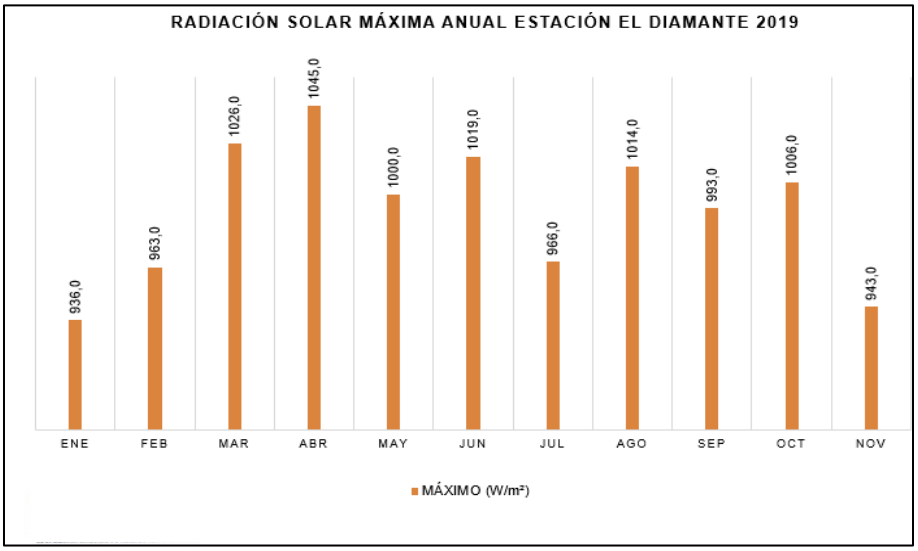


*Gráfico 46*. Radiación Solar Máxima Anual Estación El Diamante

Los valores de radiación solar máximos presentados durante el año para la estación el Diamante pueden observase en el gráfico 46. La radiación solar máxima presentó una magnitud de 1045 W/m² y se presentó el 4 de abril de 2019.

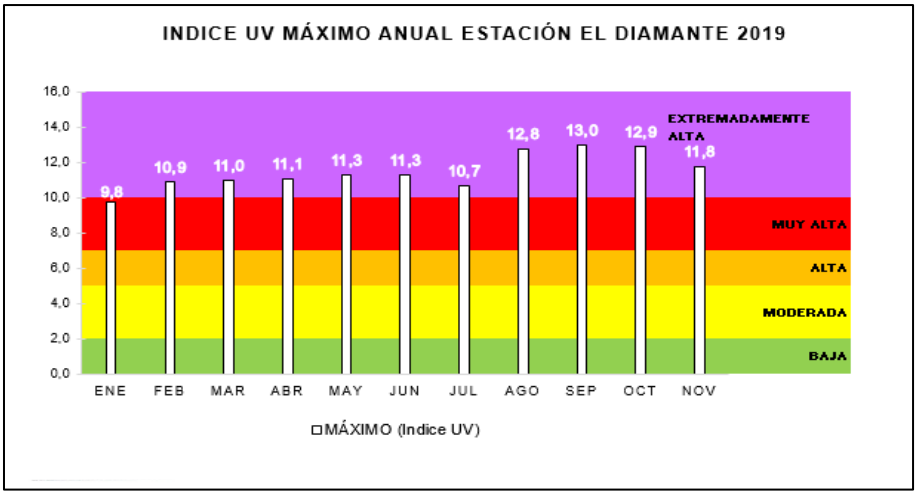


*Gráfico 47.* Índice UV Máximo Anual Estación El Diamante

Los valores máximos mensuales para el índice UV se encuentran en el rango extremadamente alto en su mayoría. El valor máximo fue de 13 y tuvo ocurrencia el 25 de septiembre.

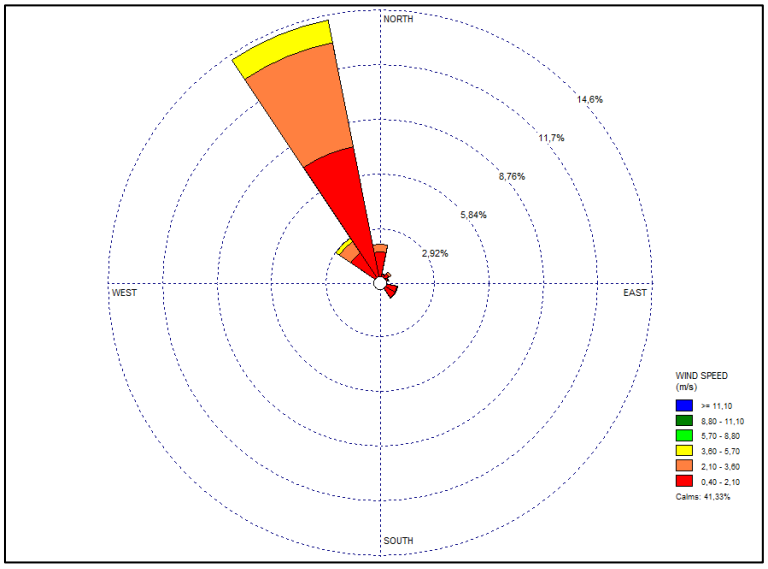


*Gráfico 48.* Rosa de Vientos Estación El Diamante

La estación presentó en su mayoría vientos suaves menores a 3,6 m/s, con registros de vientos moderados menores a 5,7 m/s provenientes en su mayoría del Norte, como se observa en el gráfico 43.

### 2.4.4. Subcuenca Suratá

2.4.4.1.Estación El Roble

Esta estación se encuentra ubicada en la vereda el roble, municipio de Charta, sobre los 2270 m.s.n.m. La estación está dentro de la micro cuenca del rio surata, corriente rio Charta. El mes de diciembre de 2018 no fue registrado por esta estación.

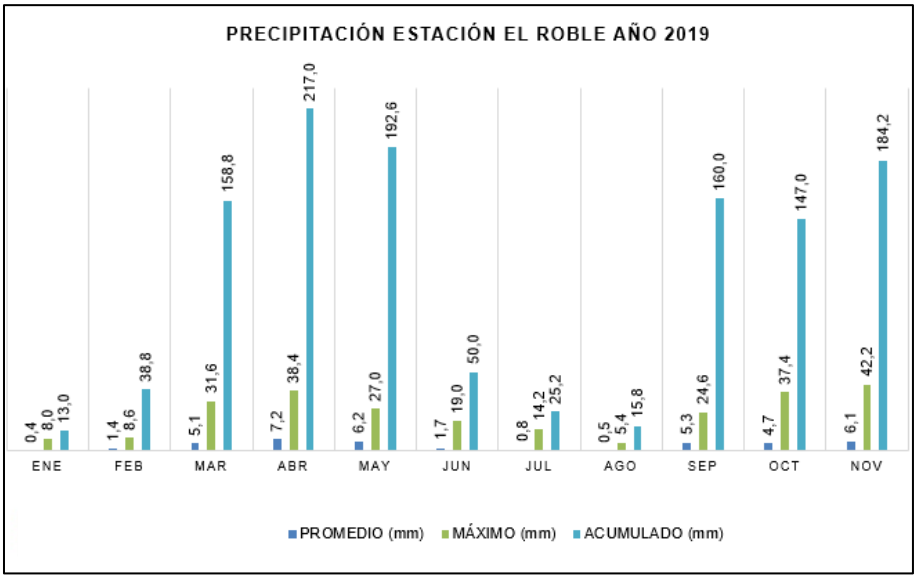


*Gráfico 49.* Precipitación Anual Estación El Roble

La máxima precipitación de 24 horas se presentó el 2 de noviembre, con un valor de 42,2 mm. La precipitación anual registró un valor de 1202,4 mm.

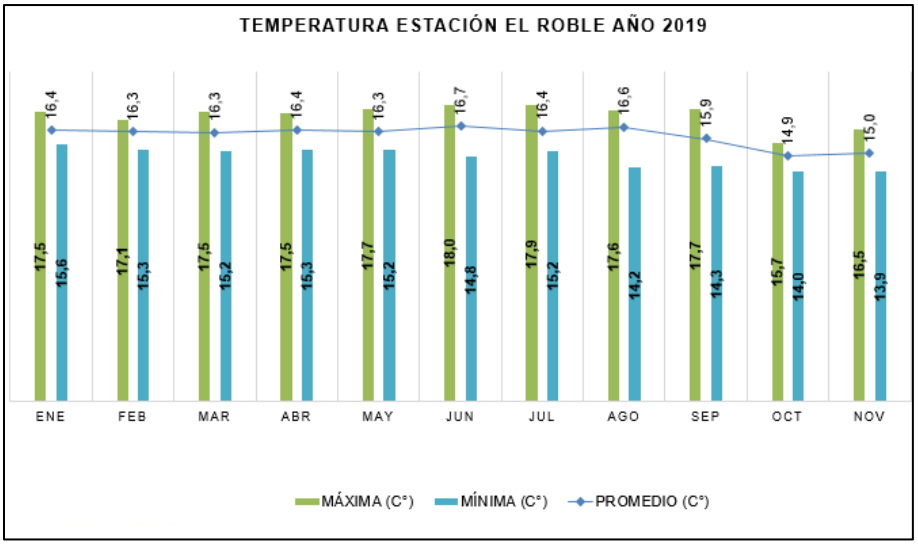


*Gráfico 50.* Temperatura Anual Estación El Roble

En el Gráfico 50 se observa que la temperatura promedio presenta registros entre 15°C y 16,7°C y como promedio anual se tiene una magnitud de 16,1°C. La temperatura máxima se localiza en el mes de junio con un registro de 18ºC. La temperatura mínima se localiza en el mes de noviembre con un registro de 13,9°C.

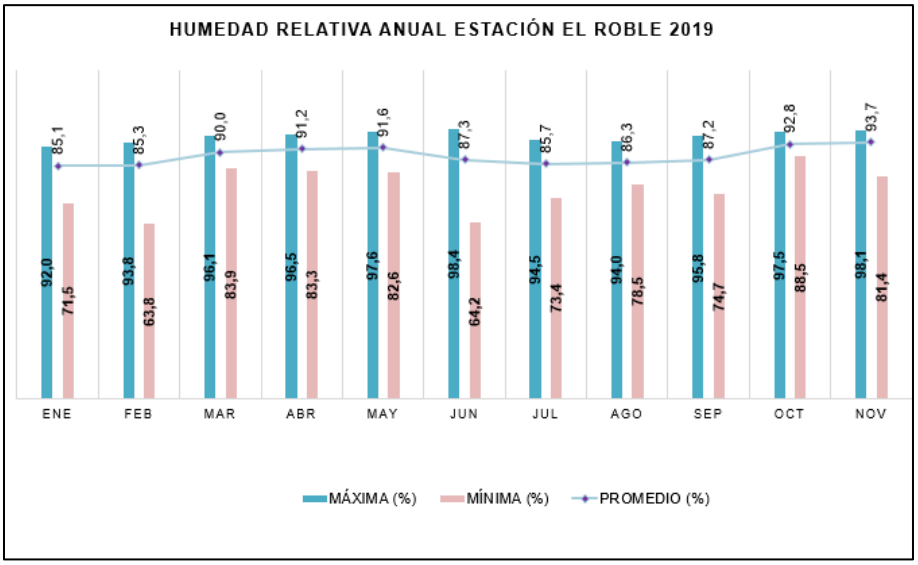


*Gráfico 51.* Humedad Relativa Anual Estación El Roble

La humedad relativa promedio durante el periodo fue de 88,5%. El valor máximo (98,42%) se

registró el 1 de junio y el valor mínimo (63,8%) fue capturado el 25 de febrero.

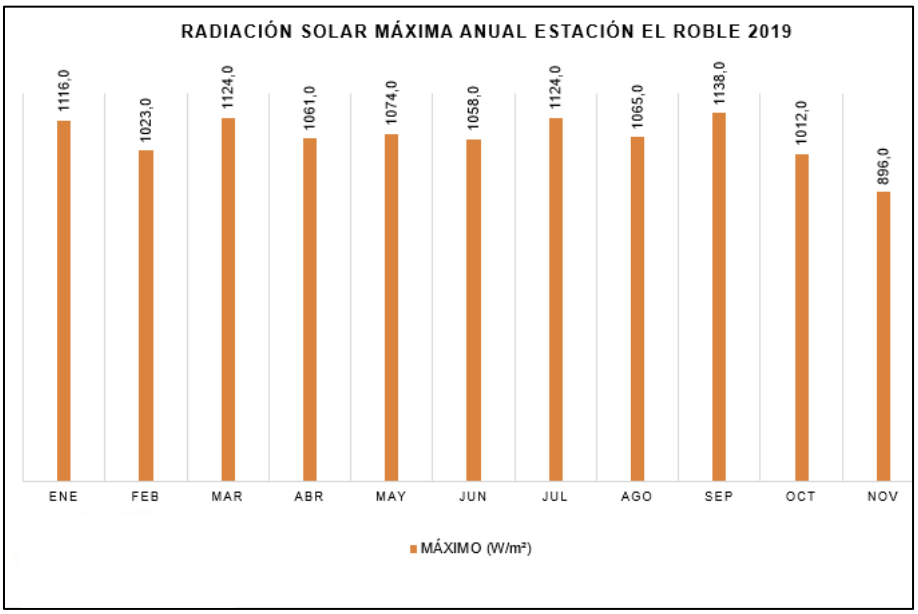


*Gráfico 52*. Radiación Solar Máxima Anual Estación El Roble

Los valores de radiación solar máximos presentados durante el año para la estación pueden observase en el gráfico 52. La radiación solar máxima anual presentó una magnitud de 1138 W/m² y se presentó el 10 de septiembre de 2019.

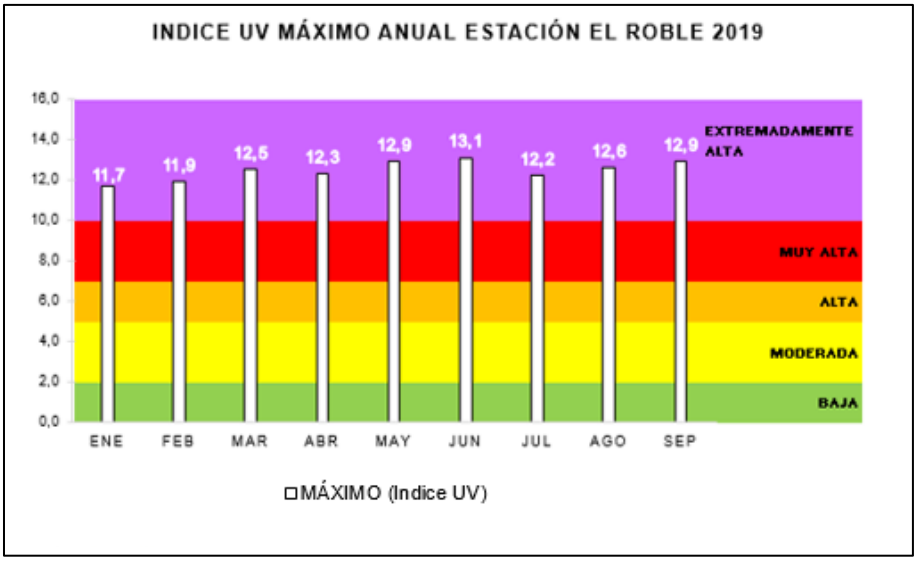


*Gráfico 53.* Índice UV Máximo Anual Estación El Roble

No hubo registros válidos de esta variable en octubre y noviembre de 2019. Los valores máximos

mensuales para el índice UV se ubican en el escalafón más peligroso de la escala de Índice UV, en el rango extremadamente alto. El valor máximo fue de 13,1 y fue registrado el 8 de junio.

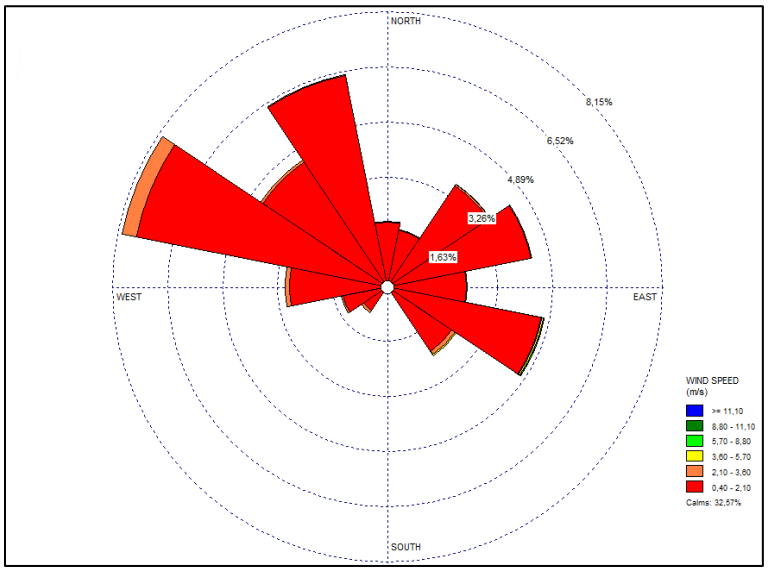


*Gráfico 54*. Rosa de Vientos Estación El Roble

La estación presentó en su mayoría velocidades muy bajas menores a 2,1 m/s provenientes del Noroeste y del Sureste. También hubo vientos suaves (menores a 3,6 m/s) provenientes en del Noroeste, como se observa en el gráfico 54.

### 2.4.4.2.Estacion Lago Alto

Se encuentra ubicada en la Vereda Agua Blanca en la vía que comunica el casco urbano del municipio de Surata con el centro poblado de Cachiri. Esta estación se encuentra a una elevación de 2600 msnm y se encarga de realizar el monitoreo de la parte alta de la sub cuenca Surata y de la micro cuenca Surata Alto, sobre la corriente del Rio Surata. Datos faltantes durante la mayoría del mes de enero, por lo tanto no se incluye en los cálculos.

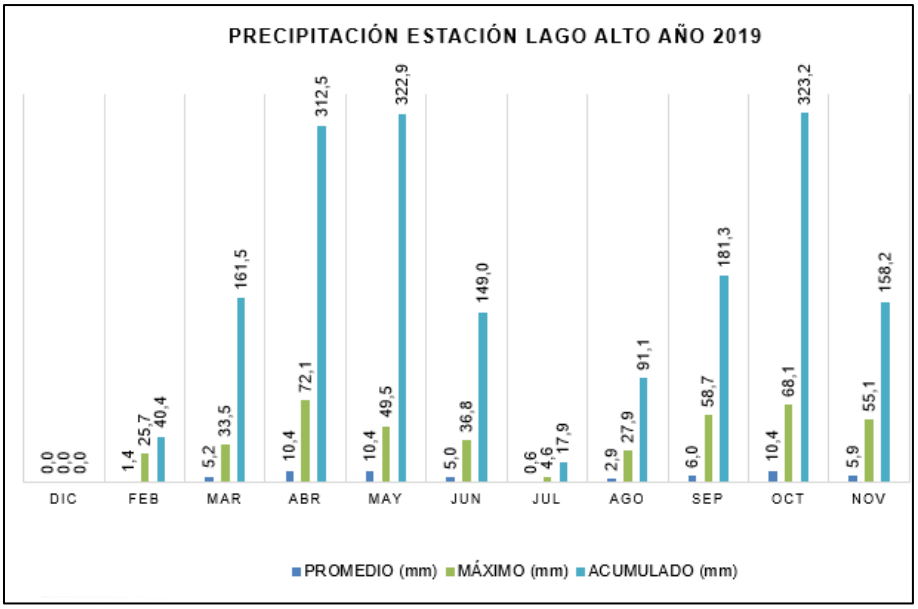


*Gráfico 55*. Precipitación Anual Estación Lago Alto

La precipitación máxima de 24 horas se presentó el 21 de abril con una altura de precipitación de 72,14 mm. Se registró una precipitación anual acumulada de 1757,9 mm.

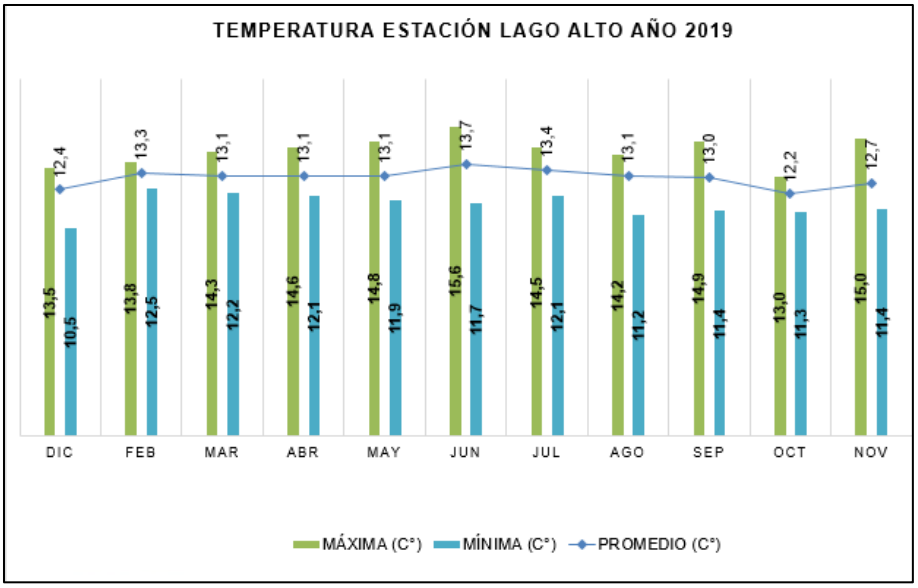


*Gráfico 56.* Temperatura Anual Estación Lago Alto

El promedio anual de temperatura se encuentra alrededor de los 13,1°C. La máxima temperatura

registrada fue de 15,6°C en el mes de junio, y la mínima de 11,2°C en agosto.

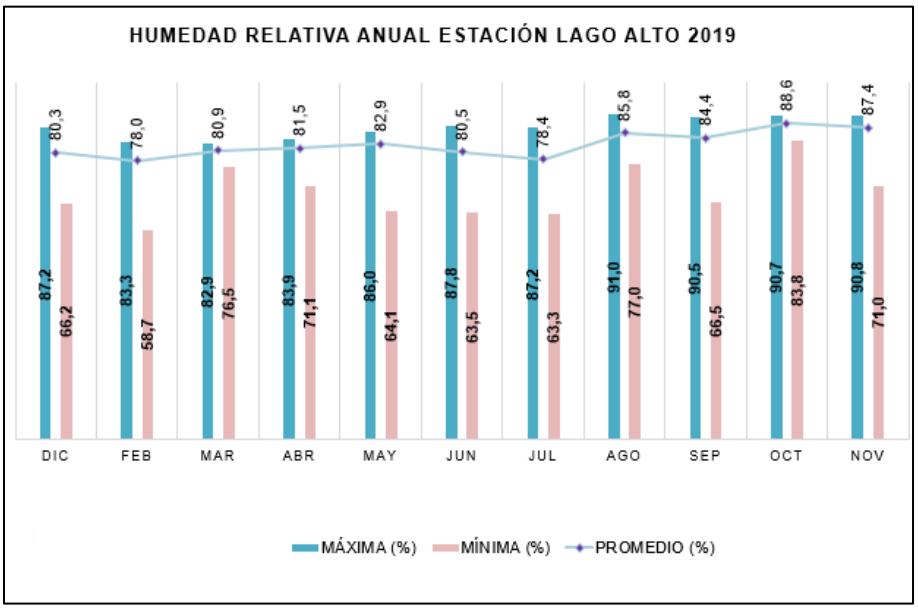


*Gráfico 57.* Humedad Relativa Anual Estación Lago Alto

La humedad relativa promedio durante el periodo fue de 82,6%. El valor máximo (91%) se registró el 16 de agosto y el valor mínimo (58,67%) fue capturado el 26 de febrero.

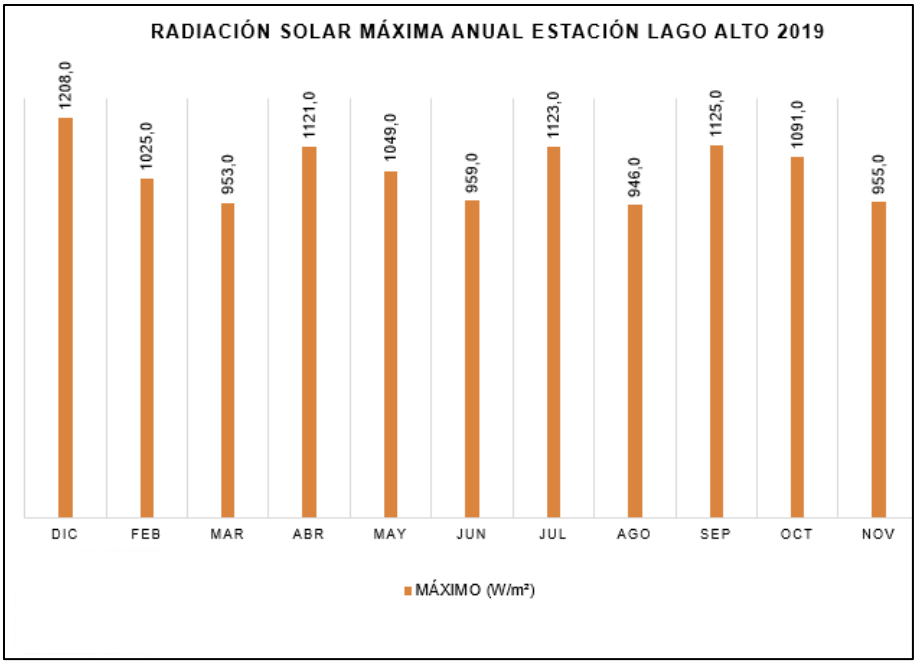


*Gráfico 58.* Radiación Solar Máxima Anual Estación Lago Alto

Los valores de radiación solar máximos presentados durante el año para la estación pueden

observase en el gráfico 58. La radiación solar máxima del año evaluado presentó una magnitud de 1208 W/m² y se presentó el 25 de diciembre de 2018.

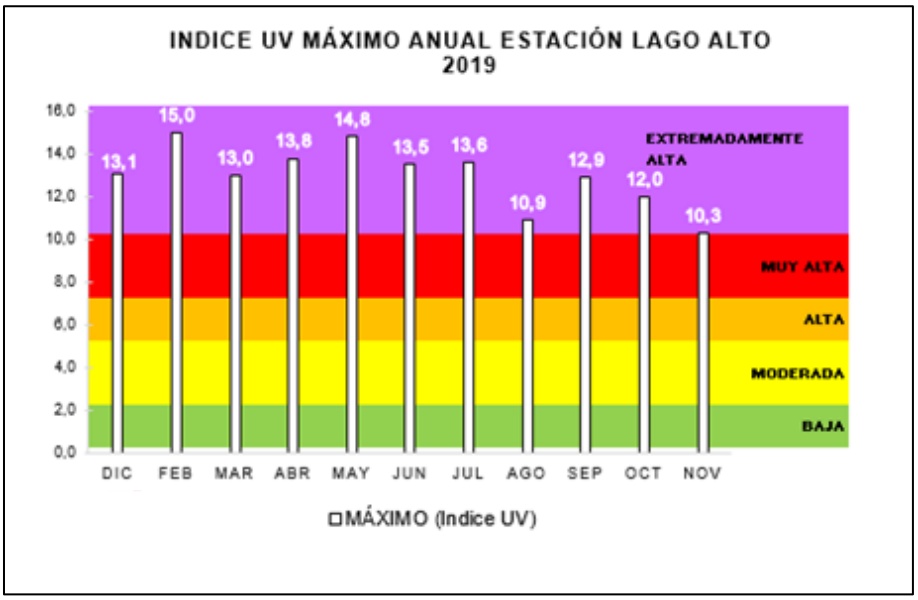


*Gráfico 59.* Índice UV Máximo Anual Estación Lago Alto

Los valores máximos mensuales para el índice UV se ubican en el escalafón más peligroso de la escala de Índice UV nuevamente, en el rango extremadamente alto. El valor máximo fue de 15 y fue registrado el 15 de febrero de 2019.

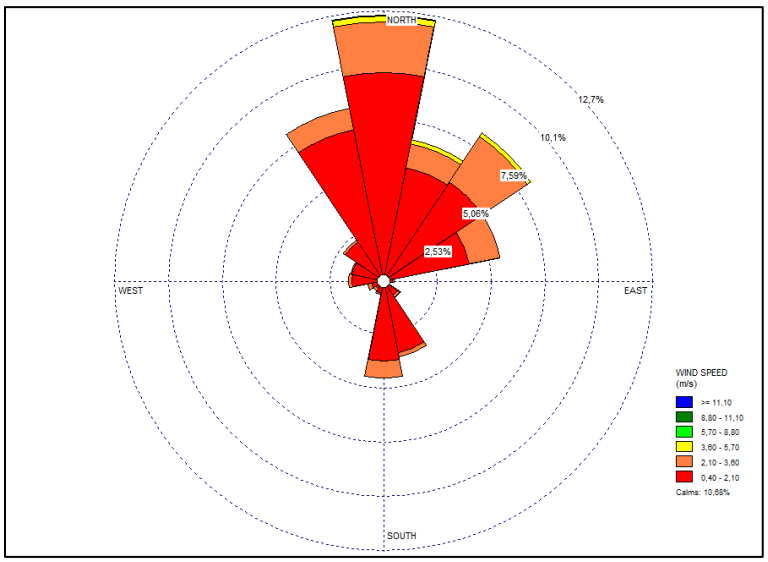


*Gráfico 60*. Rosa de Vientos Estación Lago Alto

La estación presentó velocidades moderadas (vientos entre 3,6 y 5,7 m/s) provenientes del Norte y Noreste de la estación Lago Alto. También se presentaron velocidades suaves y bajas (entre 0,4 y 3,6 m/s) provenientes del Norte, Noreste y Sur.

### 2.4.5. Subcuenca Lebrija Alto

#### 2.4.5.1. Estación El Pantano

La estación del Pantano fue instalada hacia el mes de enero del año 2011, se encuentra a una altura de 1290 msnm. Pertenece al micro cuenca del rio de oro, corriente quebrada la angula. El mes de noviembre fue registrado hasta el día 13.

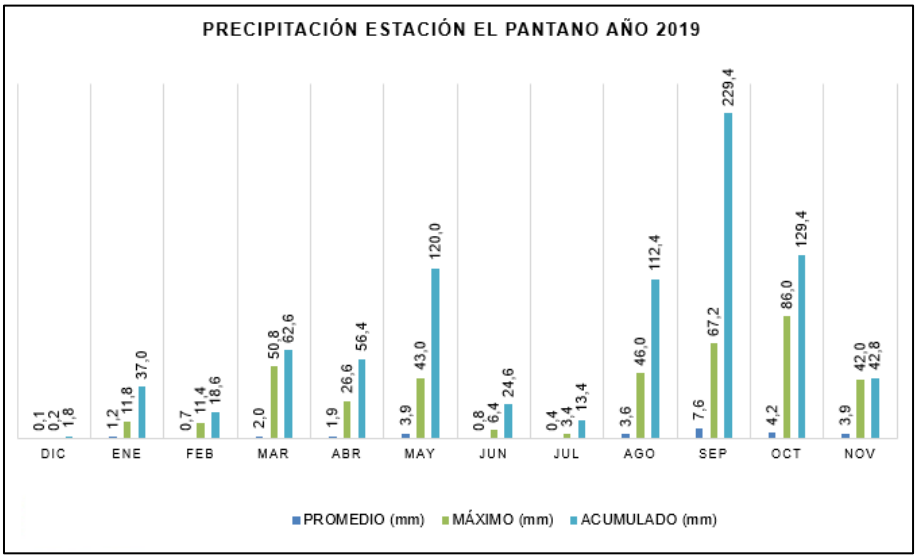


*Gráfico 61.* Precipitación Anual Estación El Pantano

La precipitación máxima de 24 horas se registró el 1 de octubre con un valor de 86 mm. La precipitacón anual acumulada registró un valor de 848,4 mm.

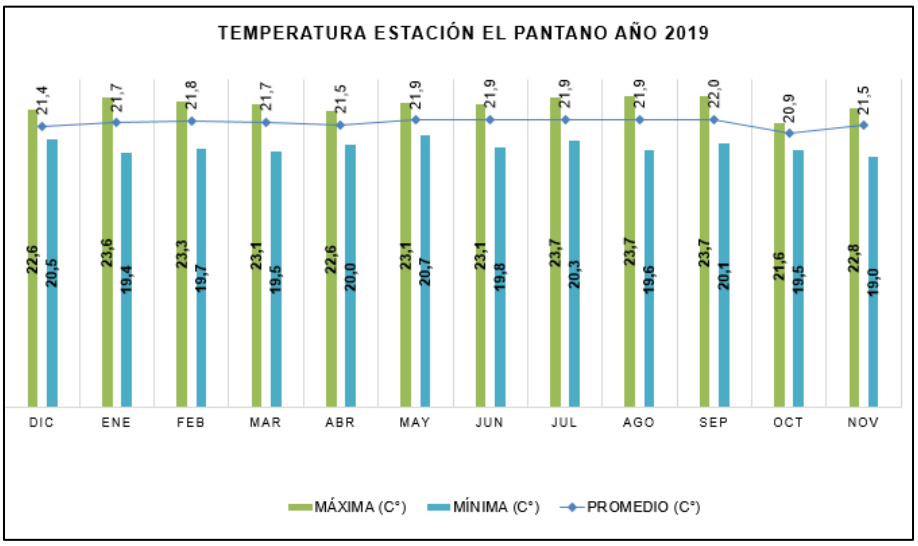


*Gráfico 62.* Temperatura Anual Estación El Pantano

La temperatura máxima se localiza en el mes de agosto con un registro de 23,74°C. La temperatura mínima se localiza en el mes de noviembre con un registro de 19,04°C. La temperatura promedio anual registró un valor de 21,7ºC.

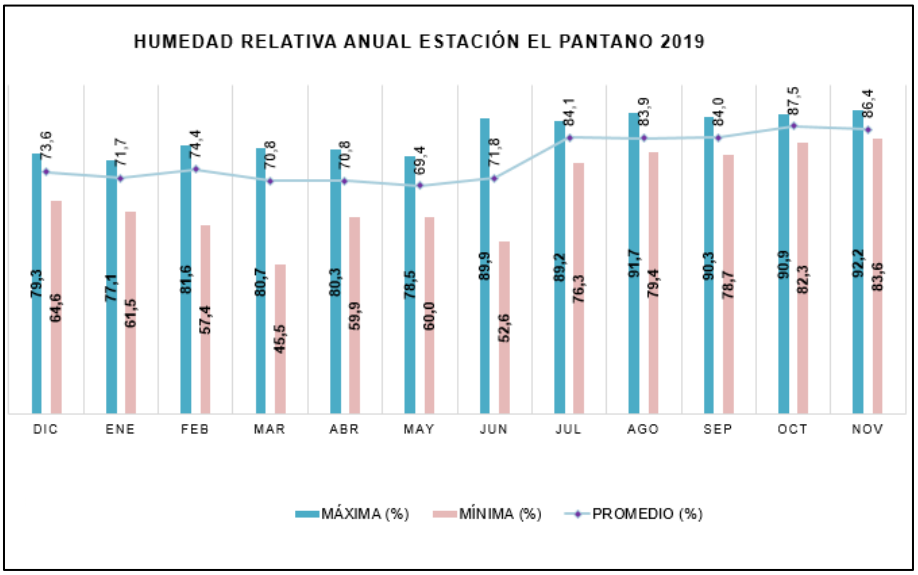


*Gráfico 63.* Humedad Relativa Anual Estación El Pantano

La humedad relativa promedio durante el periodo fue de 77,4%. El valor máximo (92,17%) se

registró el 11 de noviembre y el valor mínimo (45,46%) fue capturado el 29 de marzo.

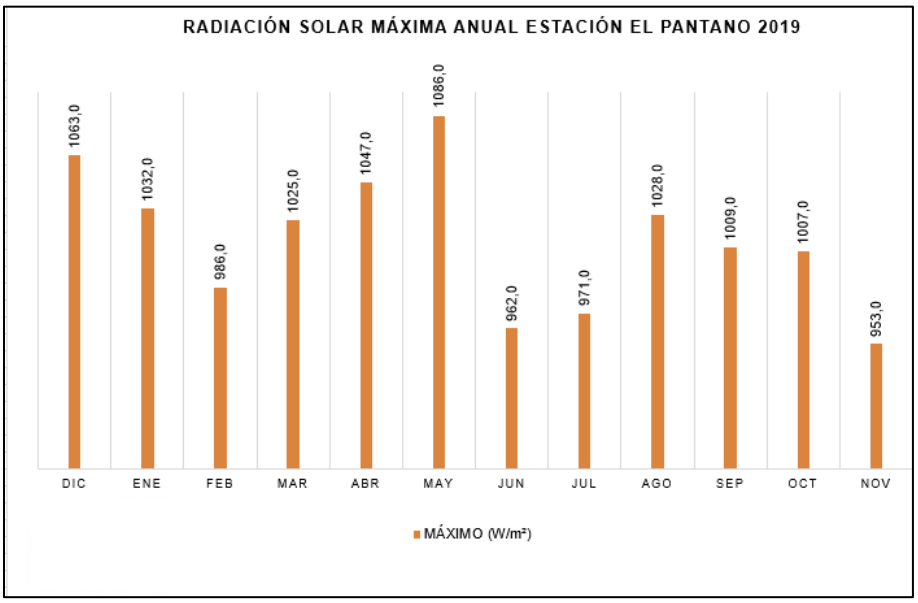


*Gráfico 64.* Radiación Solar Máxima Anual Estación El Pantano

Los valores de radiación solar máximos presentados durante el año para la estación pueden observase en el gráfico 64. La radiación solar máxima presentó una magnitud de 1086 W/m² y se presentó el 9 de mayo.

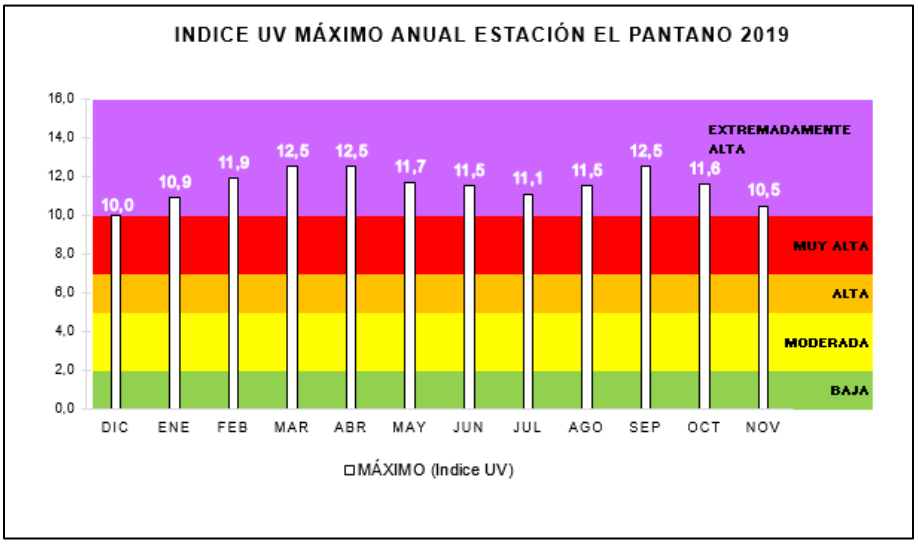


*Gráfico 65*. Índice UV Máximo Anual Estación El Pantano

Los valores máximos mensuales para el índice UV se ubican en el rango más peligroso de la escala

de Índice UV, extremadamente alto. El valor máximo fue de 12,5 y fue registrado en los meses de marzo, abril y septiembre.

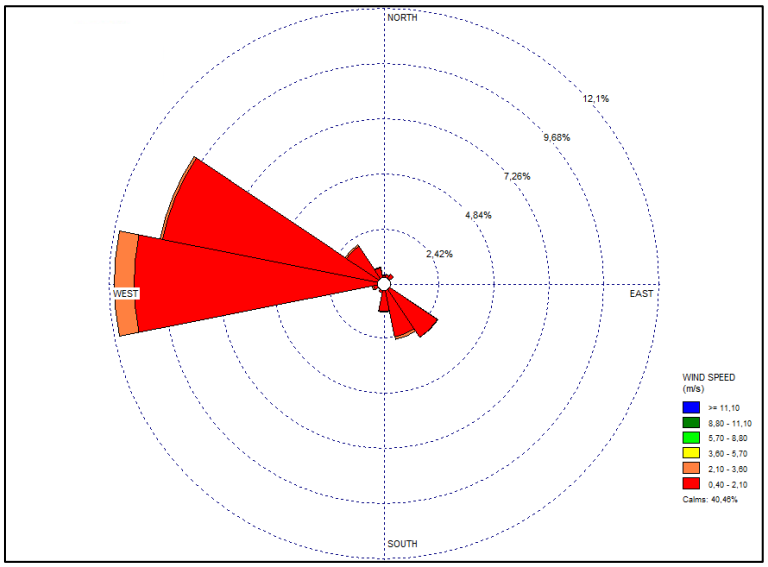


*Gráfico 66.* Rosa de Vientos Estación El Pantano

Como puede observarse en la gráfica 66, los vientos presentados en la estación el pantano son suaves y bajos en su mayoría, menores a los 3,6 m/s provenientes en su mayoría del Oeste.

### 2.4.6. Subcuenca Rio De Oro

#### 2.4.6.1.Estación Ciudadela

Se encuentra ubicada en la calle de los estudiantes, en la ciudadela real de minas del municipio de Bucaramanga. La altitud de este punto sobre el nivel del mar es de 938 metros y está dentro de la microcuenca rio de oro. A continuación, se muestran los gráficos de precipitación y temperatura.

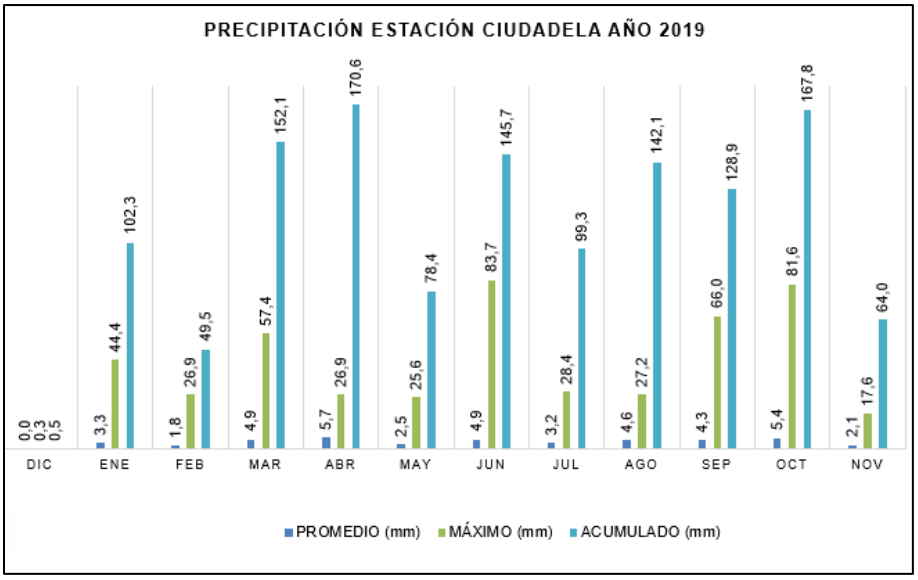


*Gráfico 67*. Precipitación Anual Estación Ciudadela

La precipitación máxima de 24 horas se presentó el 6 de junio con un valor de 83,7 mm. La precipitación anual acumulada registra un valor de 1313 mm.

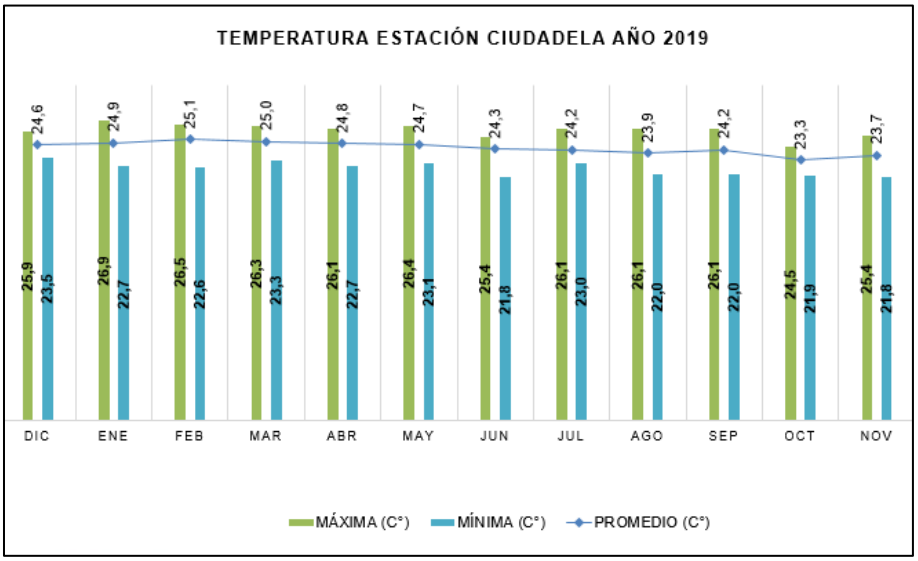


*Gráfico 68.* Temperatura Anual Estación Ciudadela

En el Gráfico 68 se puede observar que la temperatura promedio anual es de 24,4°C. La temperatura máxima se registra en el mes de enero con un valor de 26,9°C. La temperatura mínima se registra

en noviembre con un valor de 21,8°C.

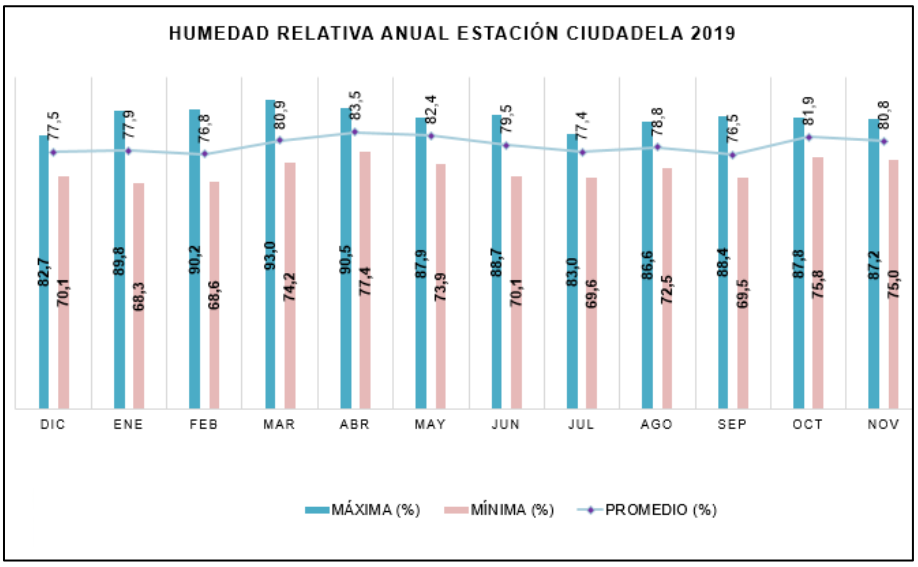


*Gráfico 69*. Humedad Relativa Anual Estación Ciudadela

La humedad relativa promedio durante el periodo fue de 79,5%. El valor máximo (93,04%) se registró el 29 de marzo y el valor mínimo (68,25%) fue capturado el 1 de enero.

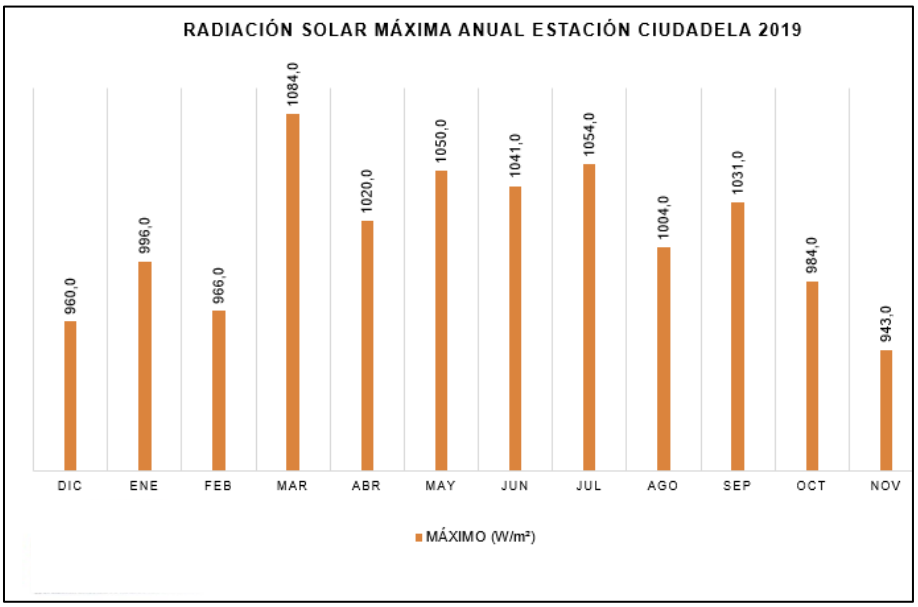


*Gráfico 70*. Radiación Solar Máxima Anual estación Ciudadela

Los valores de radiación solar máximos presentados durante el año para la estación pueden

observase en el gráfico 70. La radiación solar máxima anual se presentó una magnitud de 1084 W/m² y se presentó el 12 de marzo.

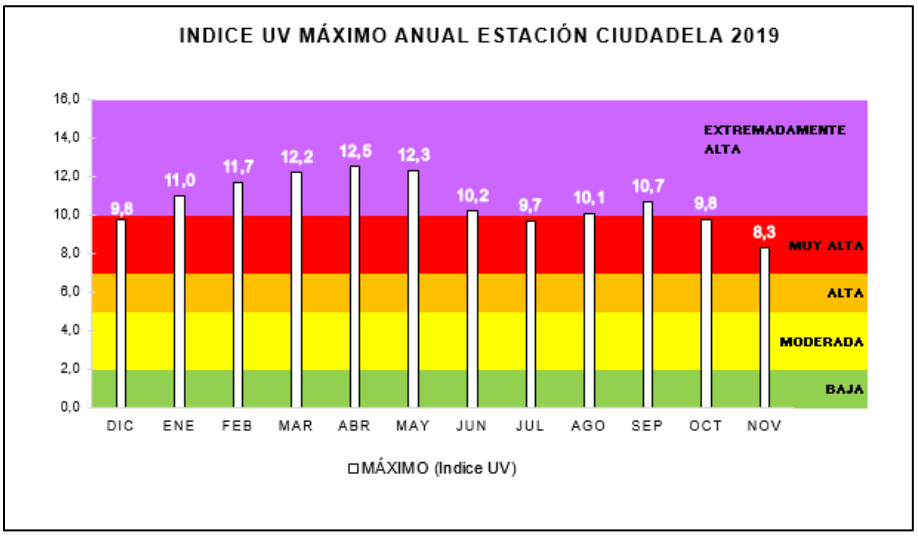


*Gráfico 71*. Índice UV Máximo Anual Estación Ciudadela

Los valores máximos mensuales para el índice UV se ubican en el rango más peligroso de la escala de Índice UV (extremadamente alto) durante el primer semestre y redujeron su magnitud a muy alto en algunas ocasiones durante el segundo semestre. El valor máximo fue de 12,5 y fue capturado el 4 de abril.

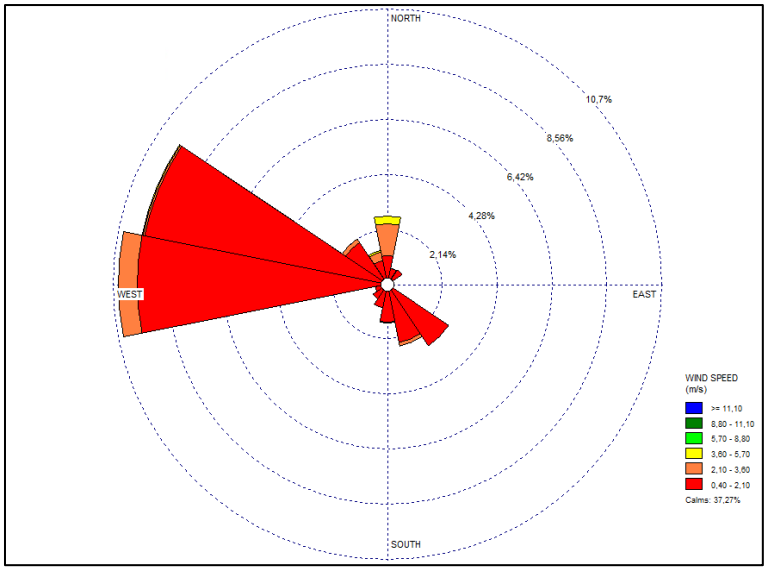


*Gráfico 72*. Rosa de Vientos Estación Ciudadela

Como puede observarse en la gráfica 72, los vientos presentados en la estación son moderados entre 3,6 y 5,7 m/s provenientes en su mayoría del Norte. También presenta vientos bajos y suaves (menores a 3,6 m/s) hacia el Oeste.

#### 2.4.6.2.Estación Floridablanca

Ubicada en el municipio de Floridablanca, más exactamente en el edificio de Telebucaramanga, a una elevación de 861 msnm. Monitorea la parte baja de la subcuenca del Río de Oro.

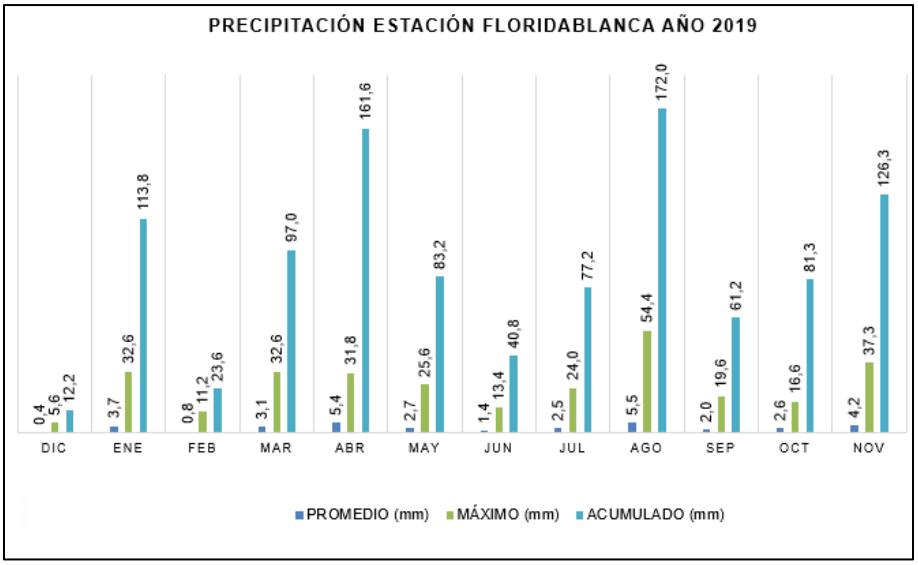


*Gráfico 73.* Precipitación Anual Estación Floridablanca

La precipitación máxima de 24 horas se presentó el 11 de agosto con un valor de 54,4 mm. La precipitación anual acumulada registra un valor de 1050,3 mm.

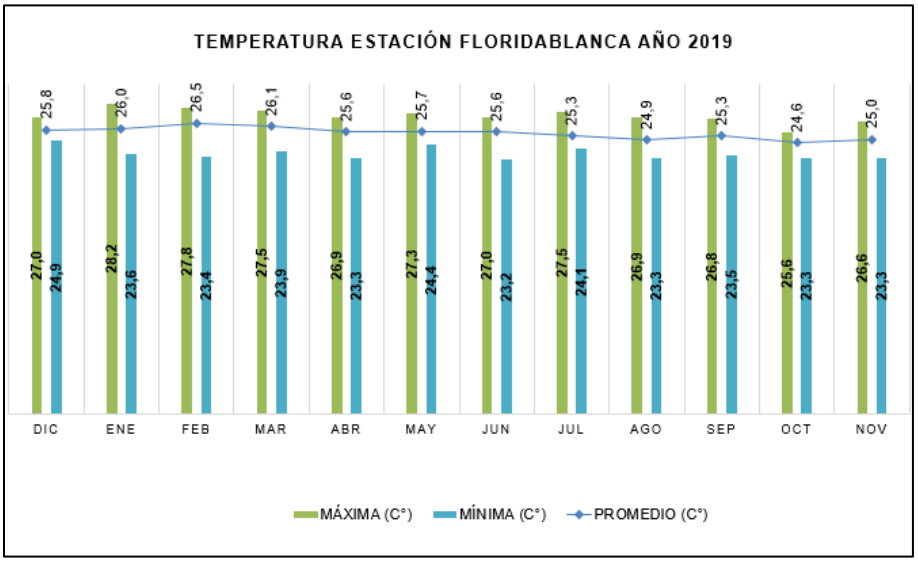


*Gráfico 74*. Temperatura Anual Estación Floridablanca

La temperatura promedio anual es de 25,5°C. La temperatura máxima se registra en el mes de enero con un valor de 28,2°C. La temperatura mínima se registra en junio con un valor de 23,2°C.

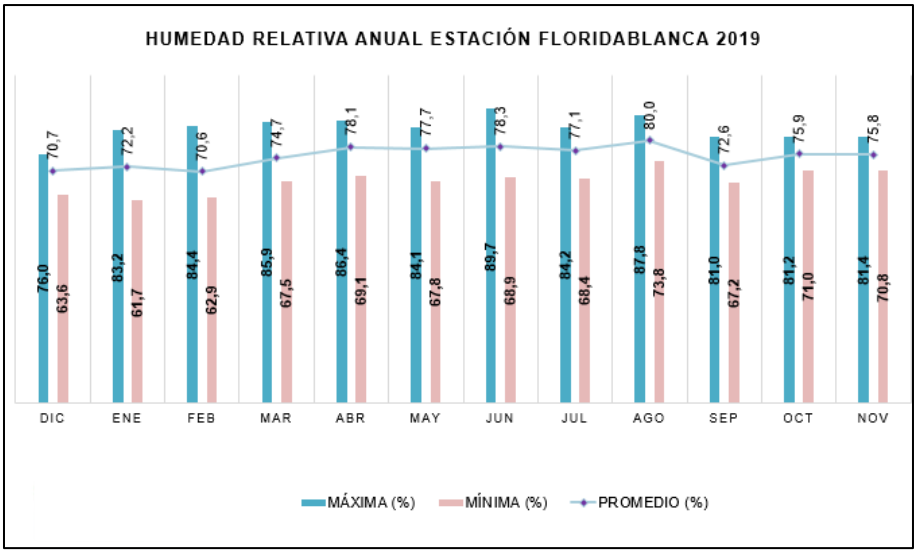


*Gráfico 75*. Humedad Relativa Anual Estación Florida

La humedad relativa promedio durante el periodo fue de 75,3%. El valor máximo (89,7%) se registró el 7 de junio y el valor mínimo (61,71%) fue capturado el  1 de enero.

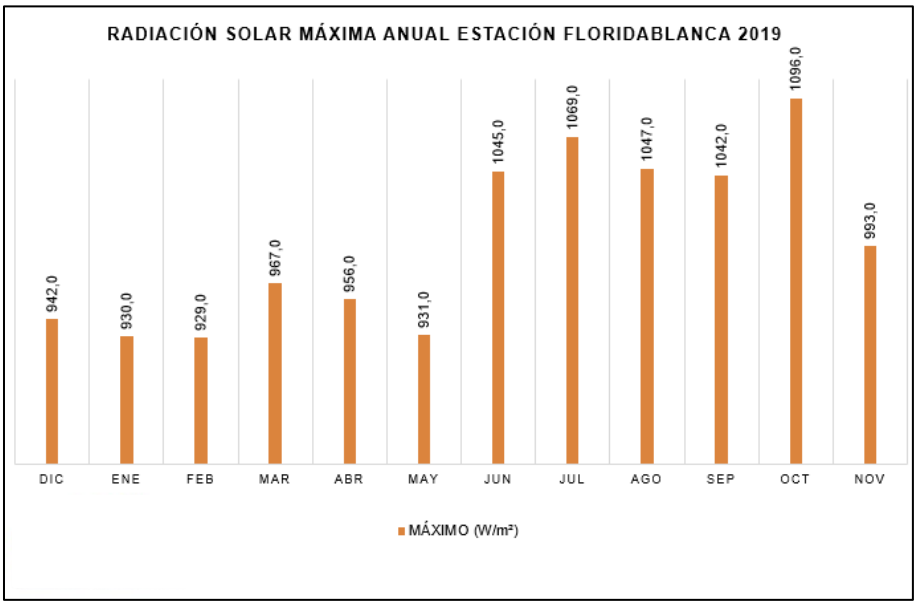


*Gráfico 76.* Radiación Solar Máxima Anual Estación Florida

Los valores de radiación solar máximos presentados durante el año para la estación pueden observase en el gráfico 76. La radiación solar máxima anual presentó una magnitud de 1096 W/m² y se presentó 4 de octubre.

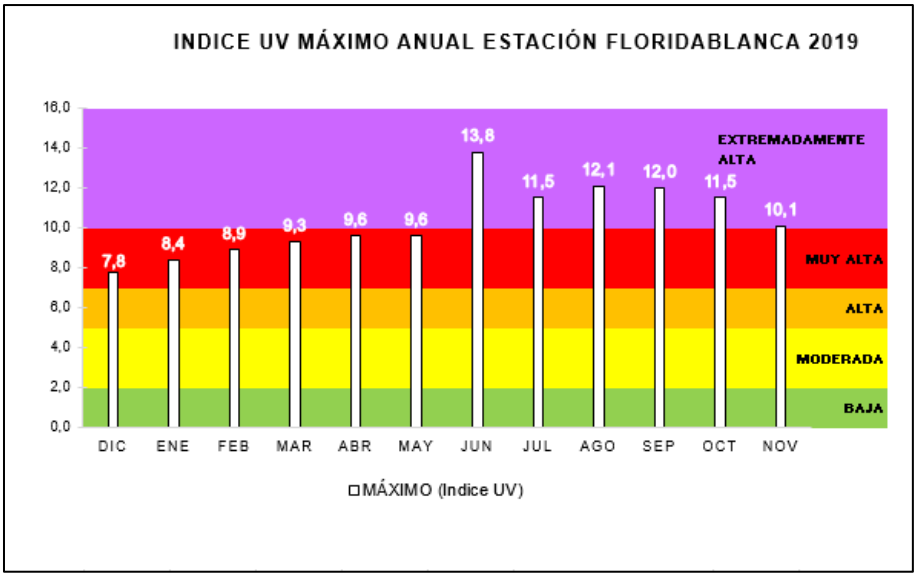


*Gráfico 77.* Índice UV Máximo Anual Estación Florida

Los valores máximos mensuales para el índice UV se ubican en el rango alto de color rojo durante el primer semestre. En el segundo semestre todos los valores máximos se encuentran en el rango extremadamente alto. El valor máximo fue de 13,8 y fue capturado el 8 de junio.

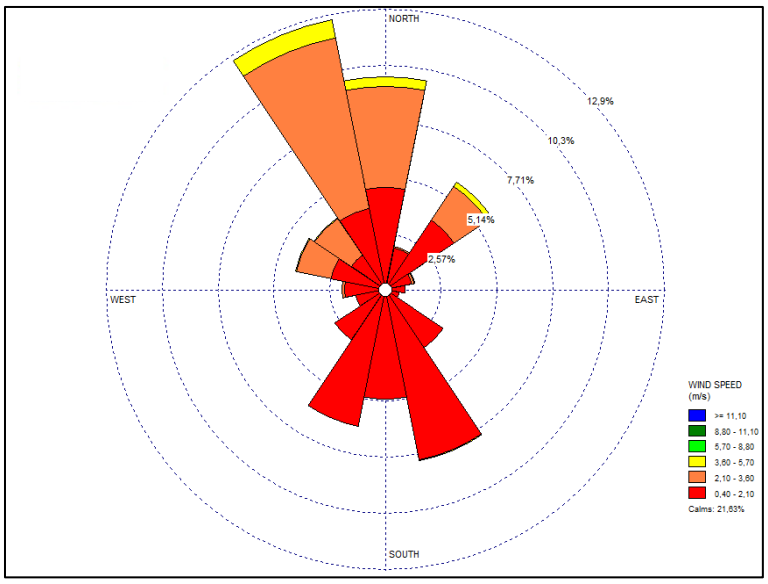


*Gráfico 78.* Rosa de Vientos Estación Florida

Como puede observarse en la gráfica 78, los vientos presentados en la estación el pantano son suaves y moderados, entre 2,1-3,6 m/s y 3,6-5,7 m/s respectivamente, provenientes en su mayoría

del Norte. También se presentan vientos bajos hacia el sur.

### 2.4.6.3.Estación Club Campestre

Ubicada en el municipio de Floridablanca en el Hotel del Club Campestre, a una elevación de 9401 msnm. Monitorea la parte baja de la subcuenca del Río de Oro. Por fallos en el transmisor del conjunto de sensores, no fue registrado el mes de agosto.

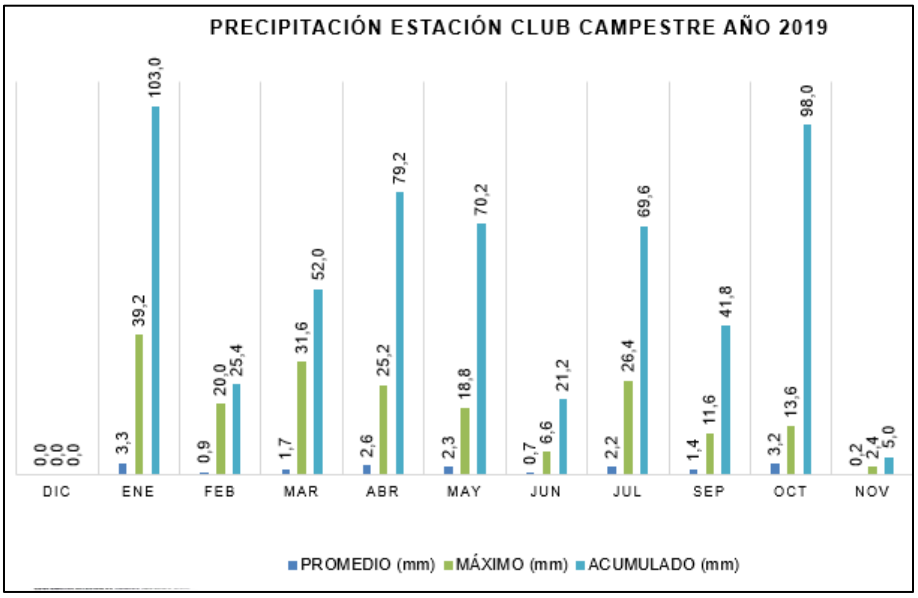


*Gráfico 79.* Precipitación Anual Estación Club Campestre

La precipitación máxima de 24 horas en el periodo registrado se presentó el 26 de enero con un valor de 39,2 mm. La precipitación trimestral acumulada registra un valor de 565,4 mm.

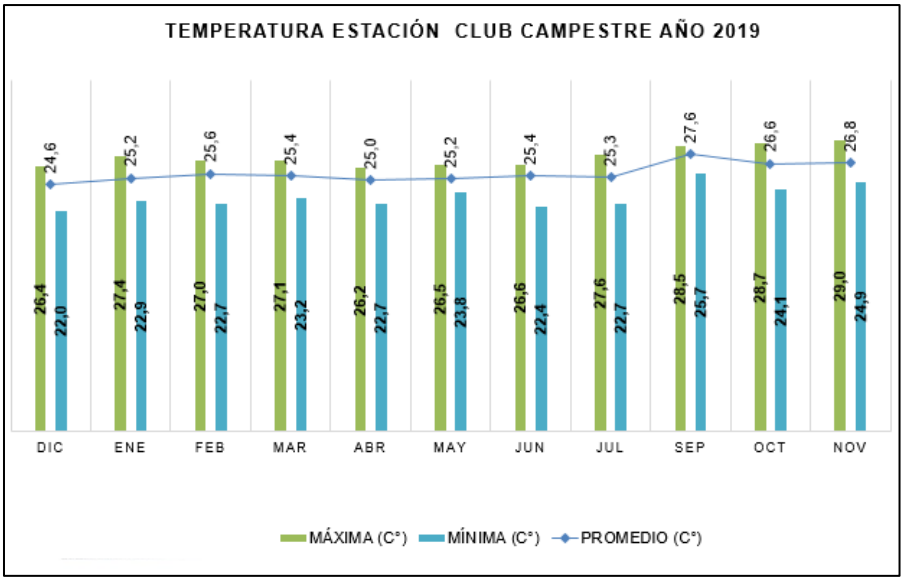


*Gráfico 80*. Temperatura Anual Estación Club Campestre

La temperatura promedio trimestral es de 25,6°C. La temperatura máxima se registra en el mes de noviembre con un valor de 29°C. La temperatura mínima se registra en junio con un valor de 22,4°C.

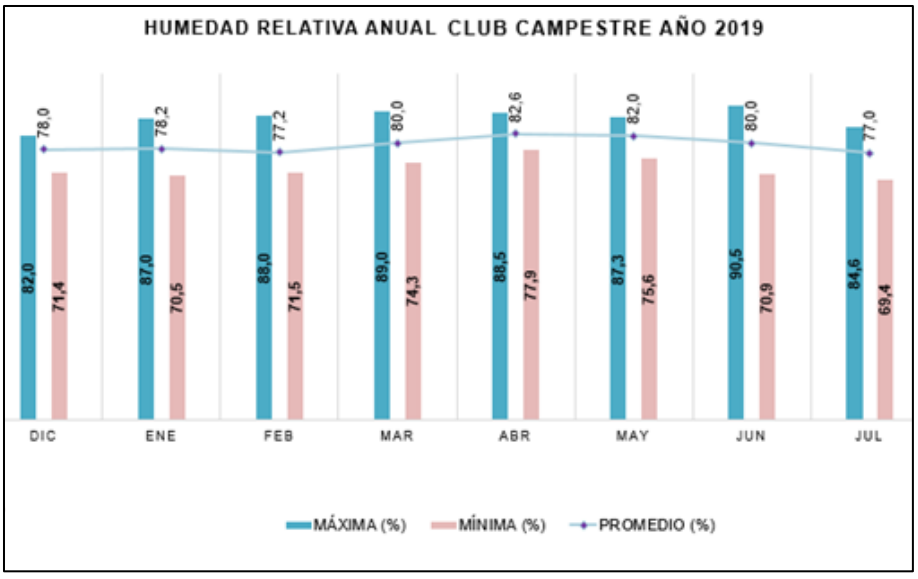


*Gráfico 81*. Humedad Relativa Anual Estación Club Campestre

La humedad relativa en esta estación presentó fallo desde el mes de agosto. La humedad relativa promedio durante el periodo fue de 79,4%. El valor máximo (90,54%) se registró el 7 de junio y el

valor mínimo (70,54%) fue capturado el  24 de enero.

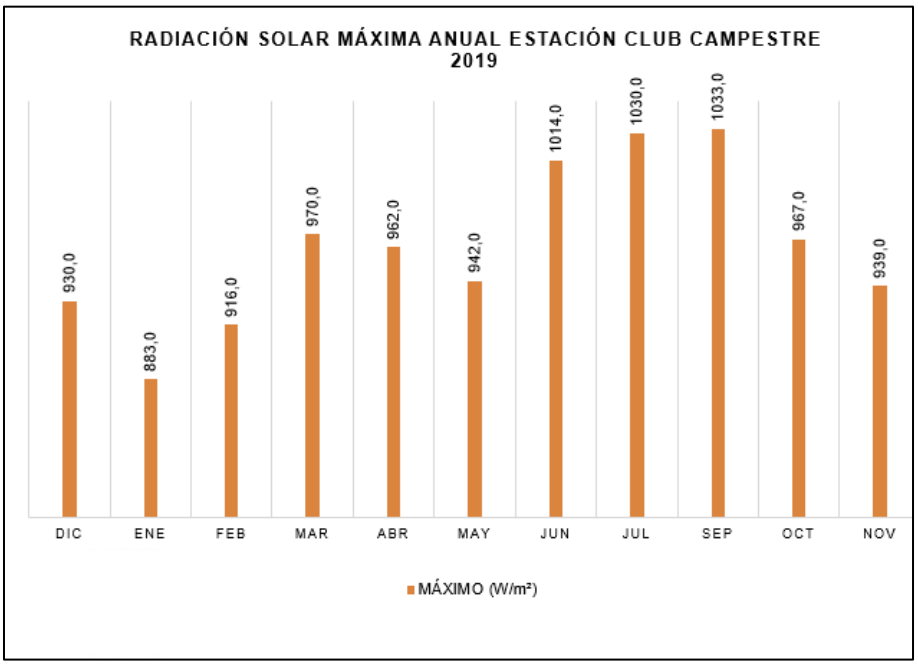


*Gráfico 82.* Radiación Solar Máximo Anual Estación Club Campestre

Los valores de radiación solar máximos presentados durante el año para la estación pueden observase en el gráfico 82. La radiación solar máxima anual presenta una magnitud de 1033 W/m² y se presentó 24 de septiembre.

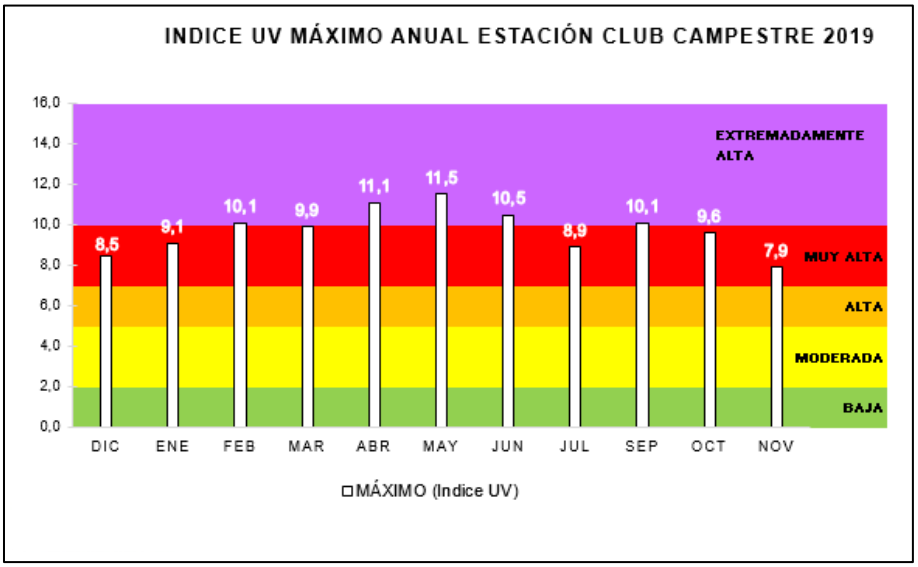


*Gráfico 83.* Índice UV Máximo Anual Estación Club Campestre

Los valores máximos mensuales para el índice UV se ubican en el rango de radiación muy alto con excedencias a extremadamente en algunos de los meses. El valor máximo fue de 11,5 y fue capturado el 12 de mayo.

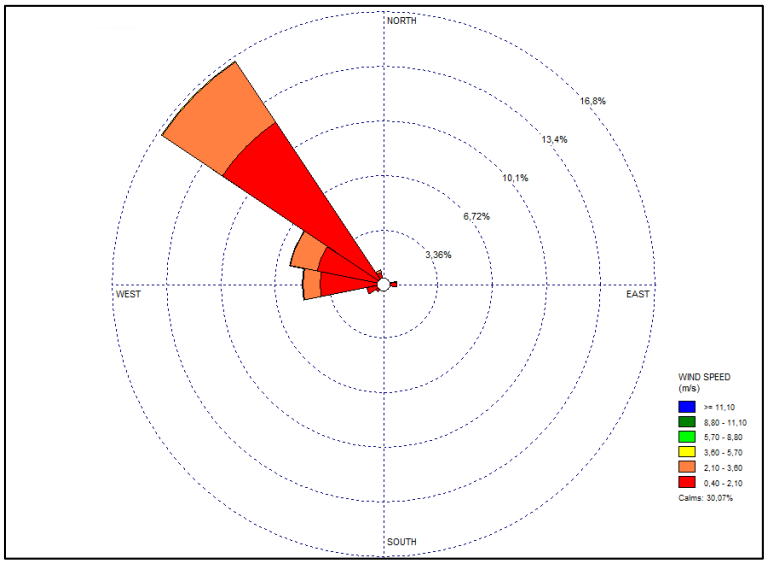


*Gráfico 84*. Rosa de Vientos Estación Club Campestre

Como puede observarse en la anterior gráfica, los vientos presentados en la estación el Floridablanca son bajos y suaves, entre 2,1 y 3,6 m/s provenientes en su mayoría del Noroeste, con presencia menos frecuente de vientos del Este.

#### 2.4.6.4.Estación El Rasgón

Ubicada en la vereda Cristales del municipio de Piedecuesta, a una elevación de 2148 msnm; se encarga de realizar el monitoreo de la parte alta de la subcuenca Río de Oro. No es posible incluir el mes de diciembre de 2018 debido a falta de información.

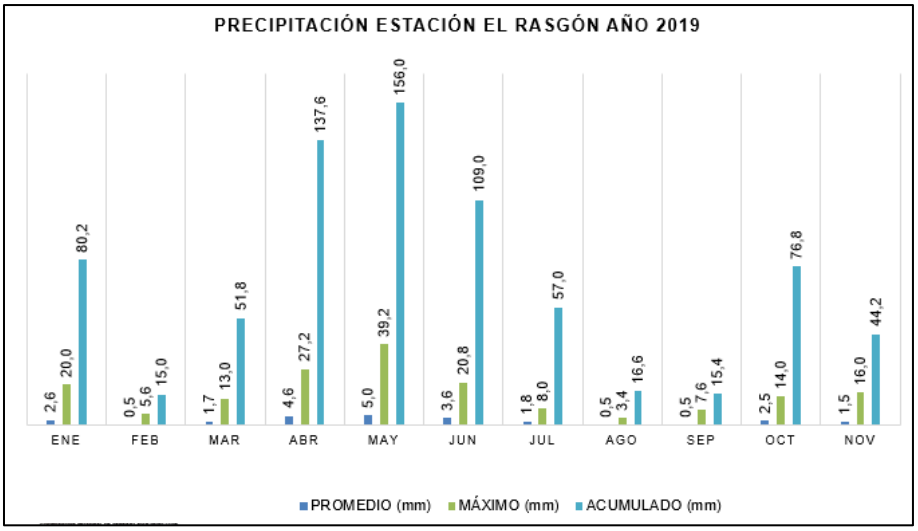


*Gráfico 85*. Precipitación Anual Estación El Rasgón

La precipitación máxima de 24 horas se presentó el 23 de mayo con un valor de 39,2 mm. La precipitación anual acumulada registra un valor de 772,2 mm.

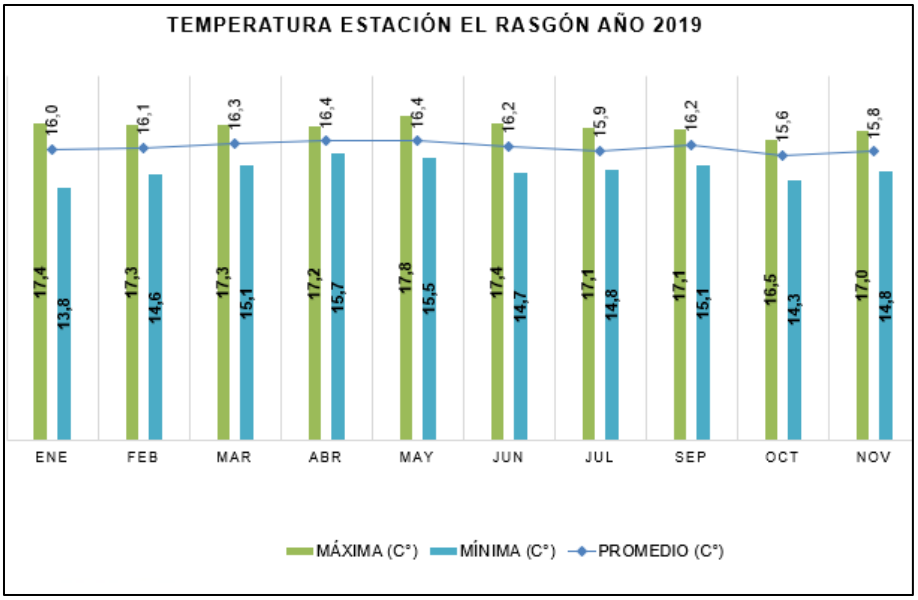


*Gráfico 86*. Temperatura Anual Estación El Rasgón

La temperatura promedio anual es de 16,1°C. La temperatura máxima se registra en el mes de mayo con un valor de 17,8°C. La temperatura mínima se registra en enero con un valor de 13,8°C.

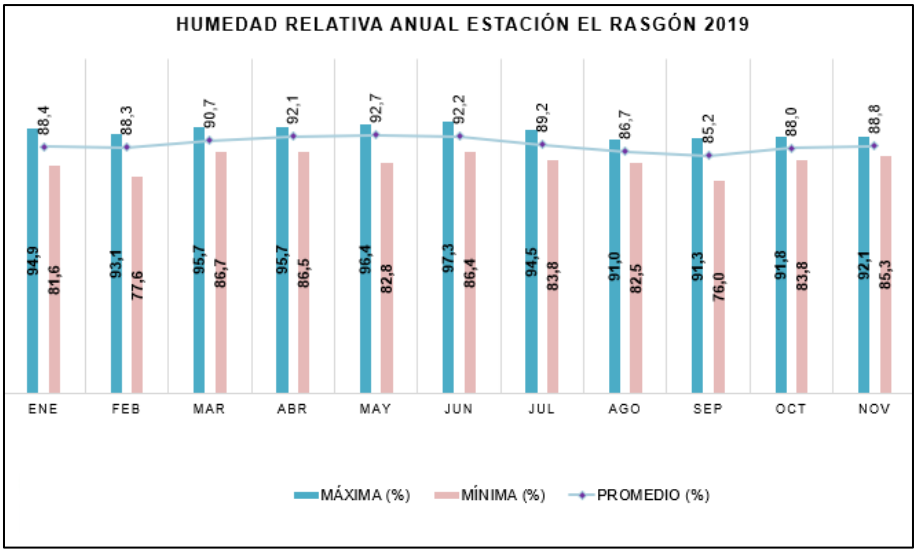


*Gráfico 87*. Humedad Relativa Anual Estación El Rasgón

La humedad relativa promedio durante el periodo fue de 87,8%. El valor máximo (97,29%) se registró el 1 de junio y el valor mínimo (76,04%) fue capturado el 7 de septiembre.

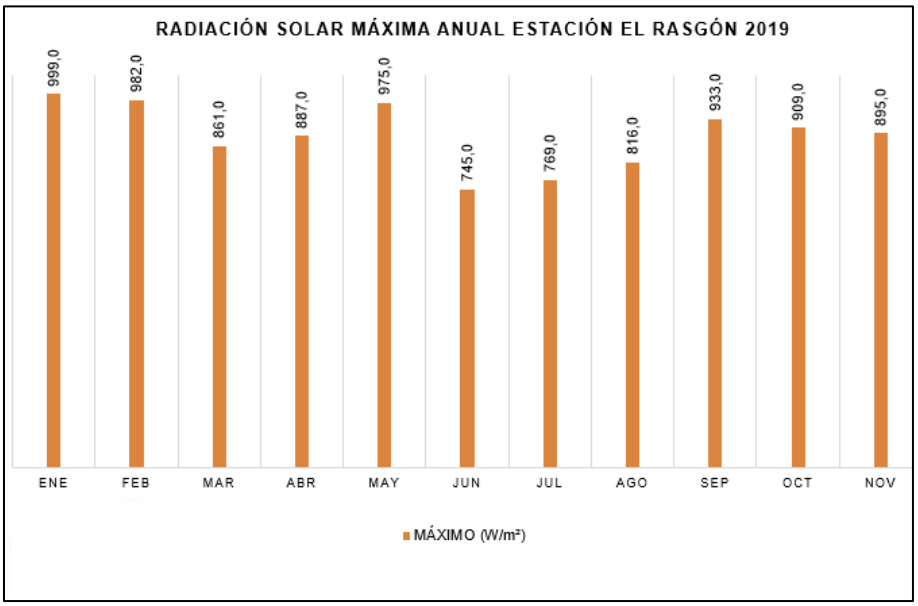


Gráfico 88. Radiación Solar Máxima Anual Estación El Rasgón

El gráfico 88 muestra los valores de radiación solar máximos presentados durante el año. La radiación solar máxima del año presentó una magnitud de 999 W/m² y se presentó 31 de enero de 2019.

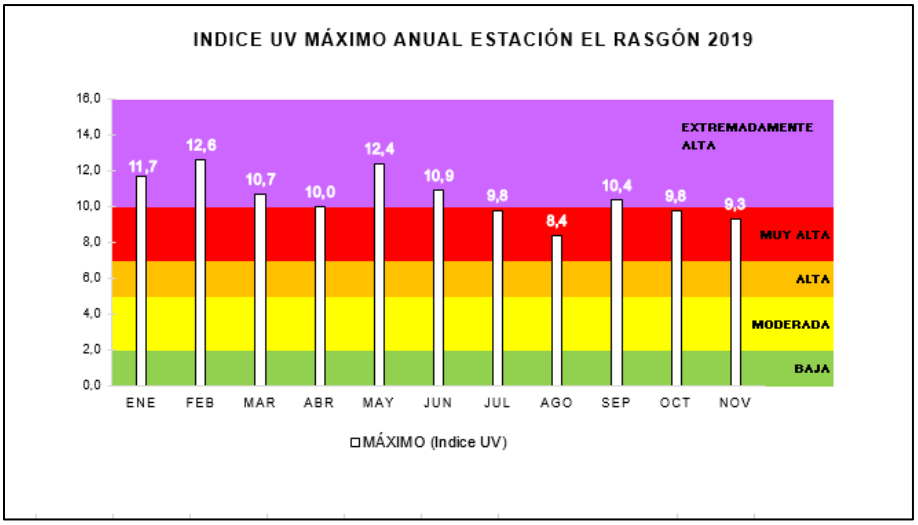


*Gráfico 89*. Índice UV Máximo Anual Estación El Rasgón

Los valores máximos mensuales para el índice UV se ubican en el rango extremadamente alto y muy alto. El valor máximo fue de 12,6  y fue capturado el 21 de febrero de 2019.

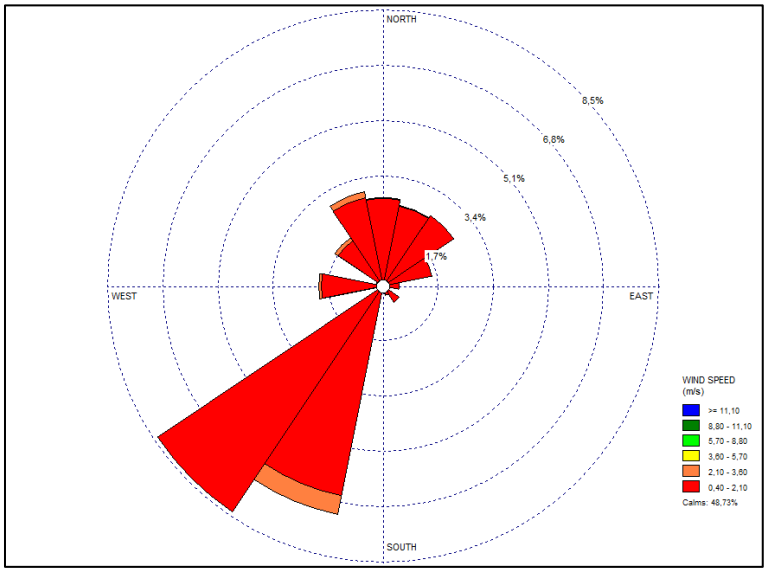


*Gráfico 90*. Rosa de Vientos Estación El Rasgón

Como puede observarse en la rosa de vientos anual de la estación, las magnitudes presentadas corresponden a vientos suaves, de velocidades menores a 3,6 m/s provenientes en su mayoría del Suroeste y en menor frecuencia del Norte y Noroeste.

### 2.4.6.5.Estación Portugal

Se encuentra ubicada en la vereda San Lorenzo, poblado de Portugal del municipio de Lebrija. La altitud de la estación sobre el nivel del mar es de 1270 metros. No existen datos de ninguna variable para el mes de junio de 2019.

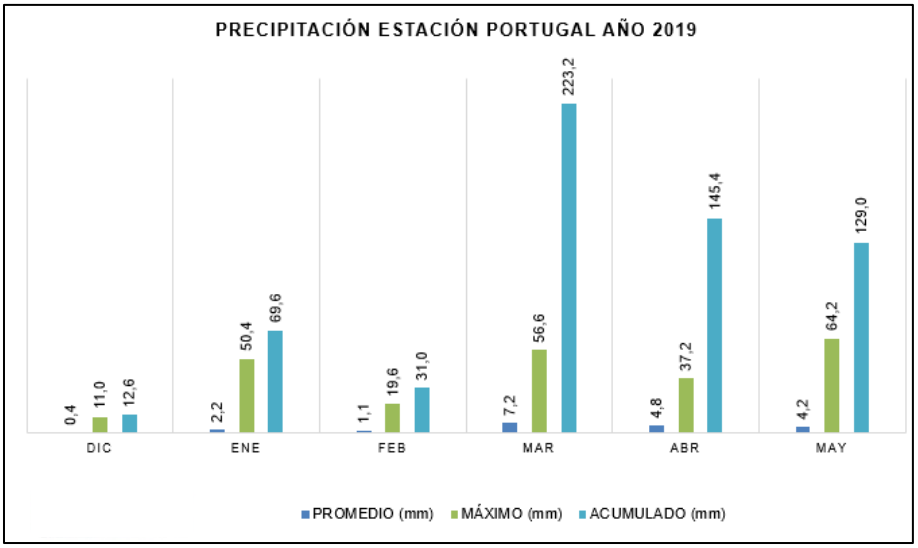


*Gráfico 91*. Precipitación Anual Estación Portugal

El pluviómetro de Portugal se averió alrededor del mes de junio de 2019, por lo tanto los datos de precipitación se tienen en cuenta hasta el mes de mayo. La precipitación máxima de 24 horas se presentó el 10 de mayo con un valor de 64,2 mm. La precipitación anual acumulada registra un valor de 610,8 mm.

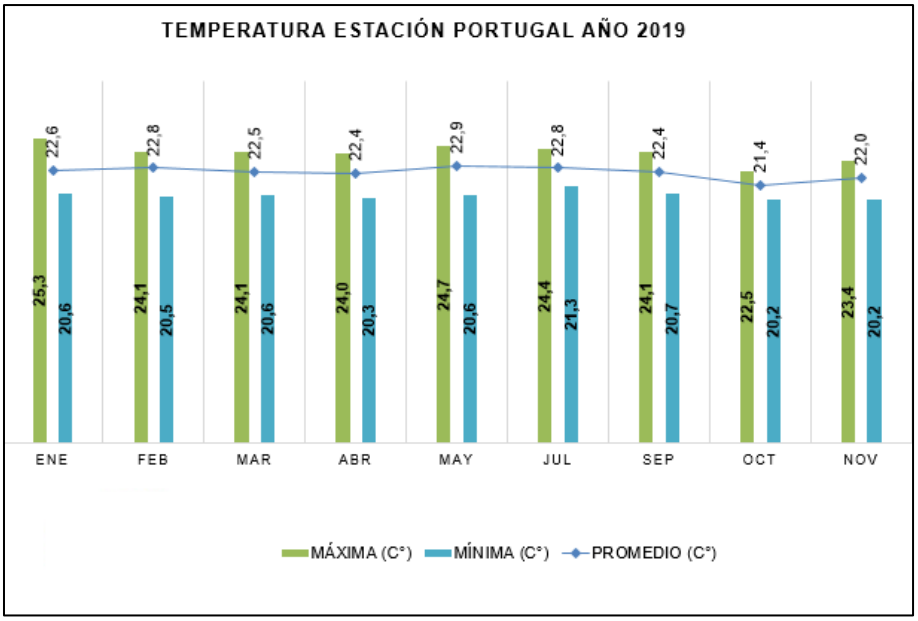


*Gráfico 92*. Temperatura Anual Estación Portugal

La temperatura promedio anual es de 22,7°C. La temperatura máxima se registra en el mes de enero con un valor de 25,3°C. La temperatura mínima se registra en noviembre con un valor de 20,2°C.

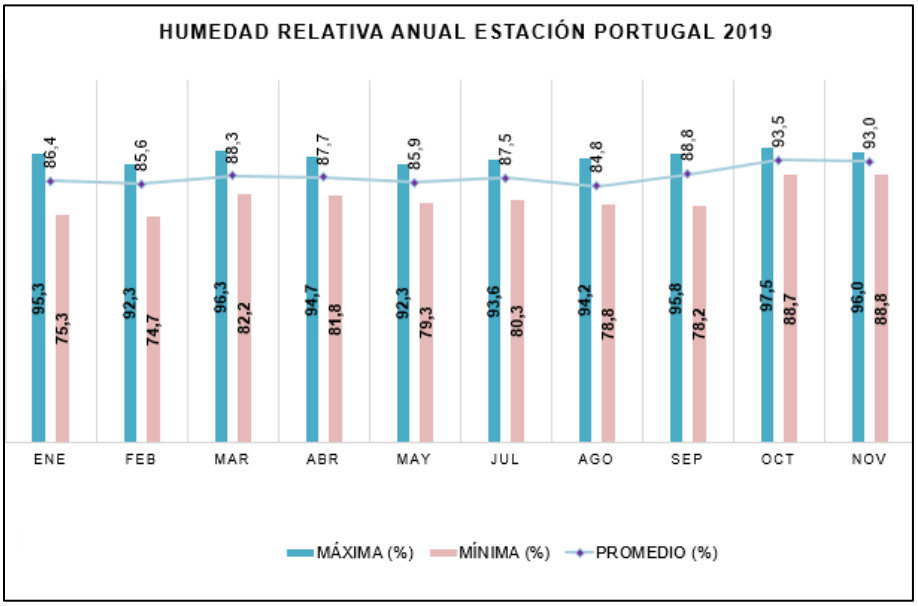


Gráfico 93. Humedad Relativa Anual Estación Portugal

La humedad relativa promedio durante el periodo fue de 88,2%. El valor máximo (97,5%) se registró el 21 de octubre y el valor mínimo (74,67%) fue capturado el 12 de febrero.

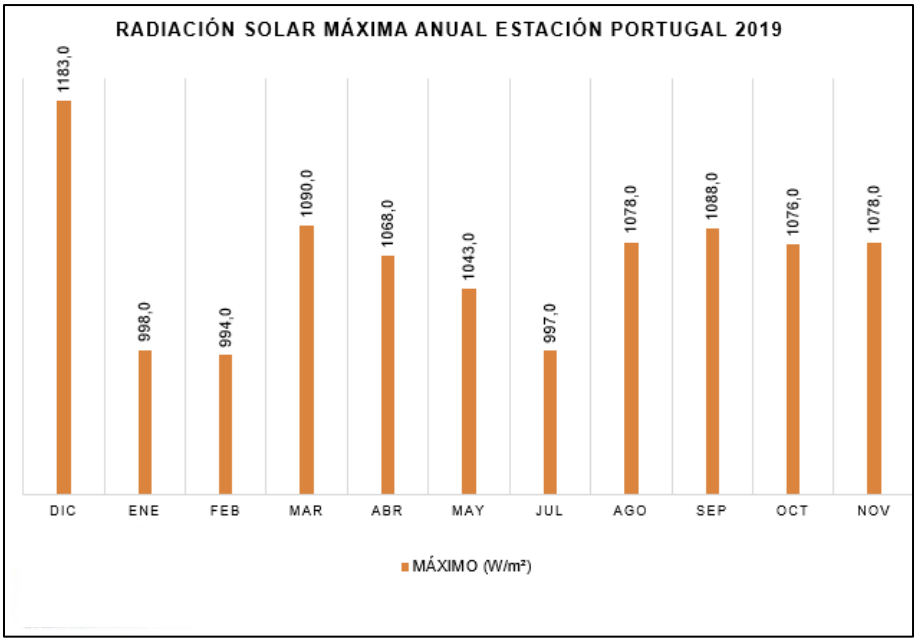


*Gráfico 94*. Radiación Solar Máxima Anual Estación Portugal

Los valores de radiación solar máximos presentados durante el año de estudio se muestran en la gráfica 94. La radiación solar máxima del año presentó una magnitud de 1183 W/m² y se presentó el 13 de diciembre de 2018.

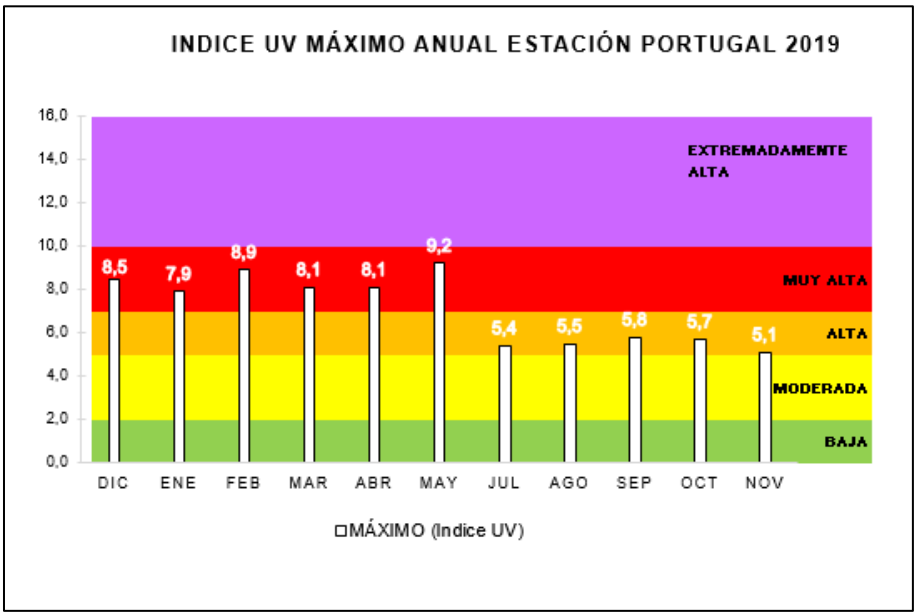


*Gráfico 95*. Índice UV Máximo Anual Estación Portugal

Los valores máximos mensuales para el índice UV se ubican en el muy alto para el primer semestre

del año y en alto para el segundo semestre. El valor máximo fue de 9,2 y fue capturado el 12 de mayo de 2019.

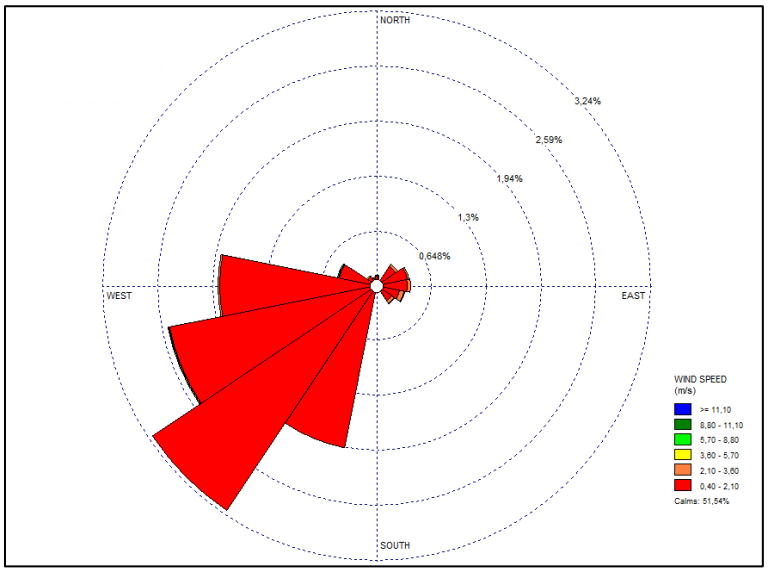


*Gráfico 96.* Rosa de Vientos Estación Portugal

Como puede observarse en la rosa de vientos anual de la estación, las magnitudes presentadas corresponden a vientos de baja magnitud, de velocidades menores a 2,1 m/s provenientes en su mayoría del Suroeste.

### 2.4.6.6.Estación Acapulco

Ubicada en el centro poblado de Acapulco del municipio de Girón, en la microcuenca Rio de Oro; altitud de 1000m. Fue instalada a finales de agosto del año 2013. No hubo registro de los meses de diciembre 2018, enero, febrero y marzo de 2019 debido a fallas en la consola de datos.

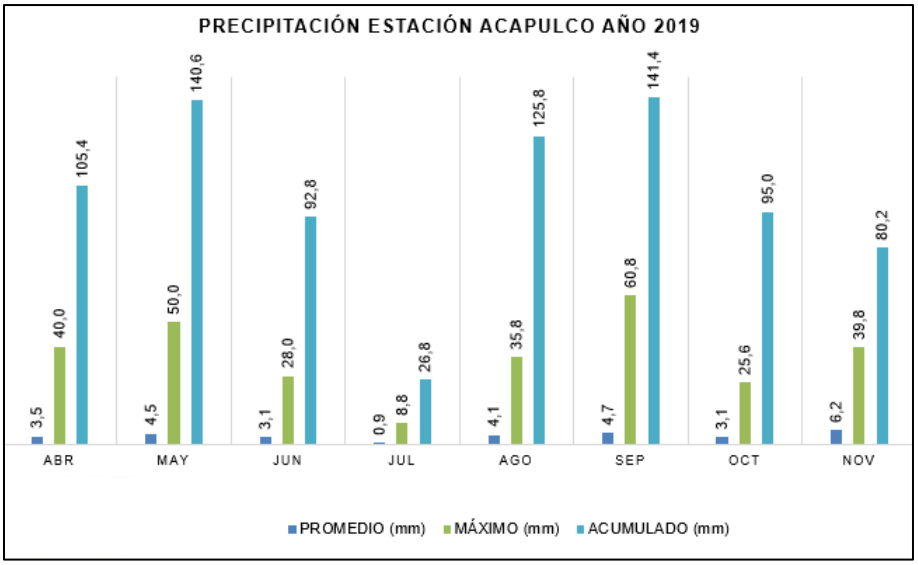


*Gráfico 97*. Precipitación Anual Estación Acapulco

La precipitación máxima de 24 horas se presentó el 18 de septiembre con un valor de 60,8 mm. La precipitación anual acumulada registra un valor de 820,6 mm.

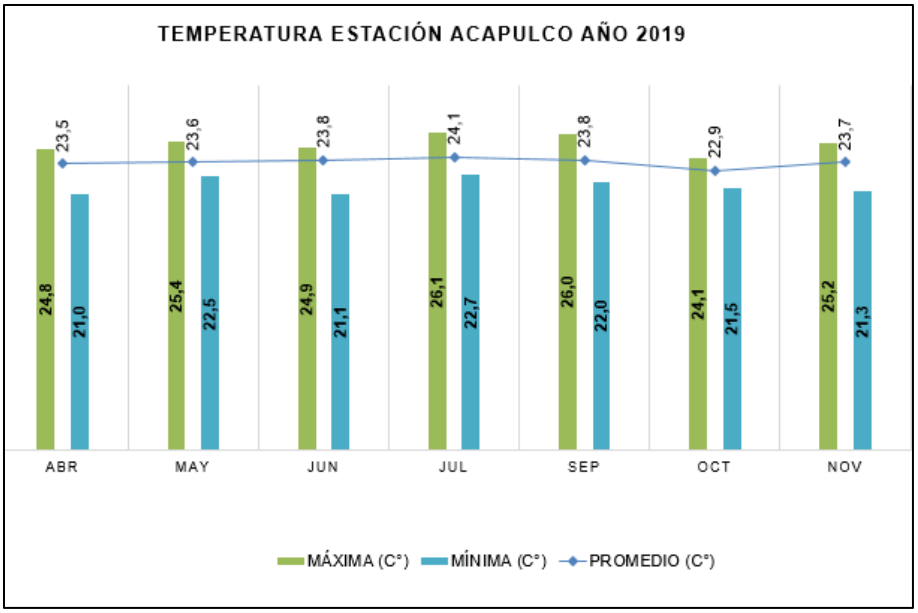


*Gráfico 98*. Temperatura Anual Estación Acapulco

La temperatura promedio anual es de 23,6°C. La temperatura máxima se registra en el mes de julio con un valor de 26,1°C. La temperatura mínima se registra en abril con un valor de 21°C.

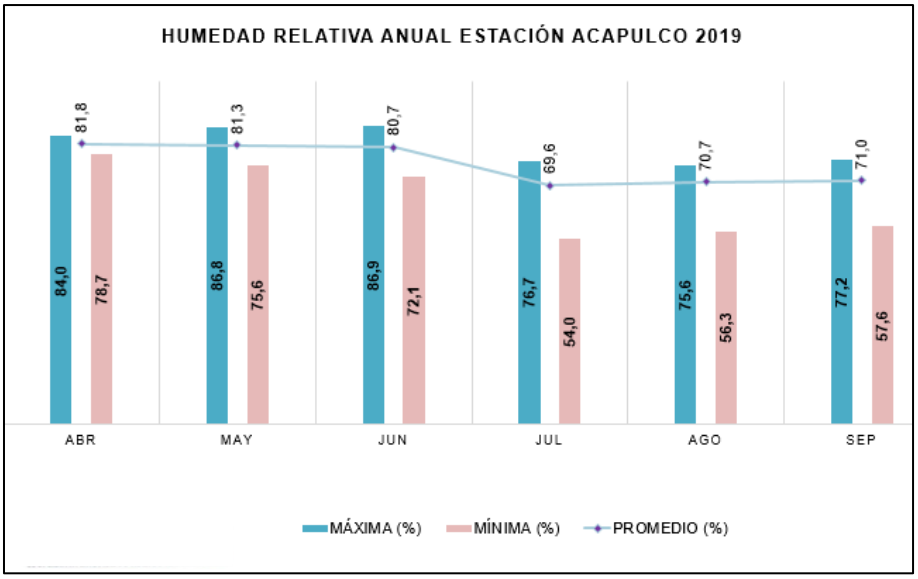


*Gráfico 99.* Humedad Relativa Anual Estación Acapulco

La humedad relativa promedio durante el periodo fue de 75,84%. El valor máximo (86,92%) se registró el 7 de junio y el valor mínimo (53,96%) fue capturado el 16 de julio.

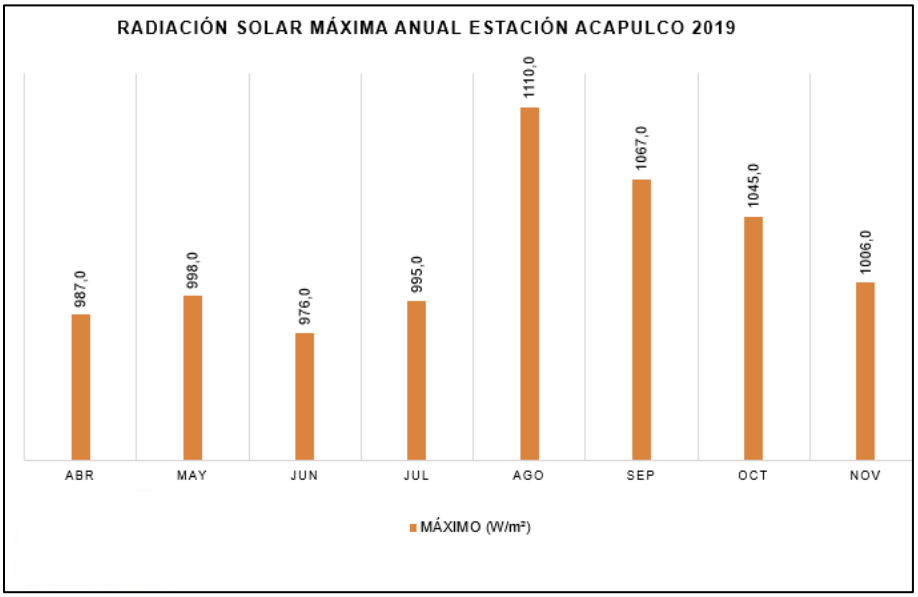


*Gráfico 100*. Radiación Solar Máxima Anual Estación Acapulco

La radiación solar máxima del año presentó una magnitud de 1110 W/m² y se presentó el 20 de agosto de 2019.

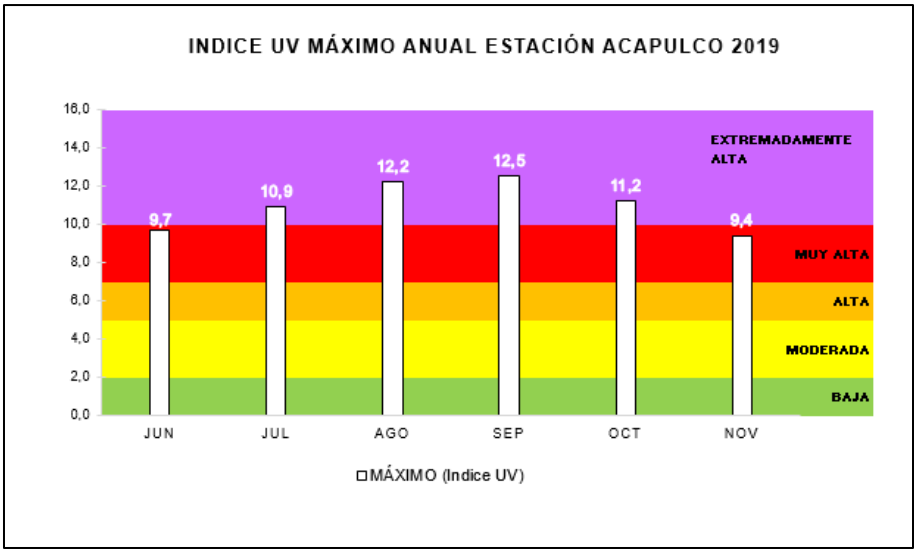


*Gráfico 101*. Índice UV Máximo Anual Estación Acapulco

El sensor de UV presentó fallo hasta el mes de junio en donde se realizó el cambio del mismo. Los valores máximos mensuales para el índice UV se ubican en el rango muy alto y extremadamente alto. El valor máximo fue de 12,5 y fue capturado el 11 de septiembre de 2019.

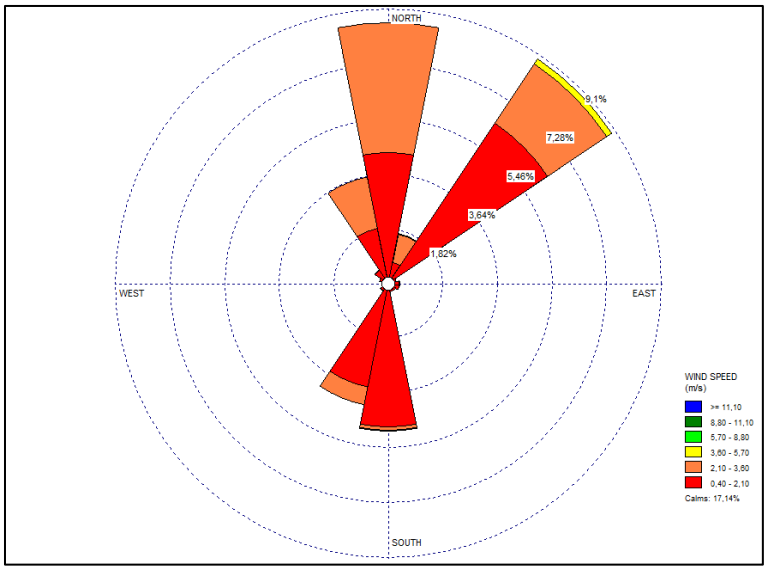


*Gráfico 102*. Rosa de Vientos Estación Acapulco

Como puede observarse en la rosa de vientos anual de la estación, las magnitudes presentadas corresponden a vientos en su mayoría suaves (menores a 3,6 ms) provenientes del Norte y el Noreste, con la presencia ocasional de vientos moderados al Noreste.

### 2.4.6.7.Estación La Judía

Ubicada en la vereda Casiano Alto del municipio de Floridablanca, su altura sobre el nivel del mar es de 2165m. La estación se encuentra en la microcuenca Rio de Oro, cerca de la corriente Rio Lato. No hay datos disponibles para los meses de febrero, marzo y abril de 2019.

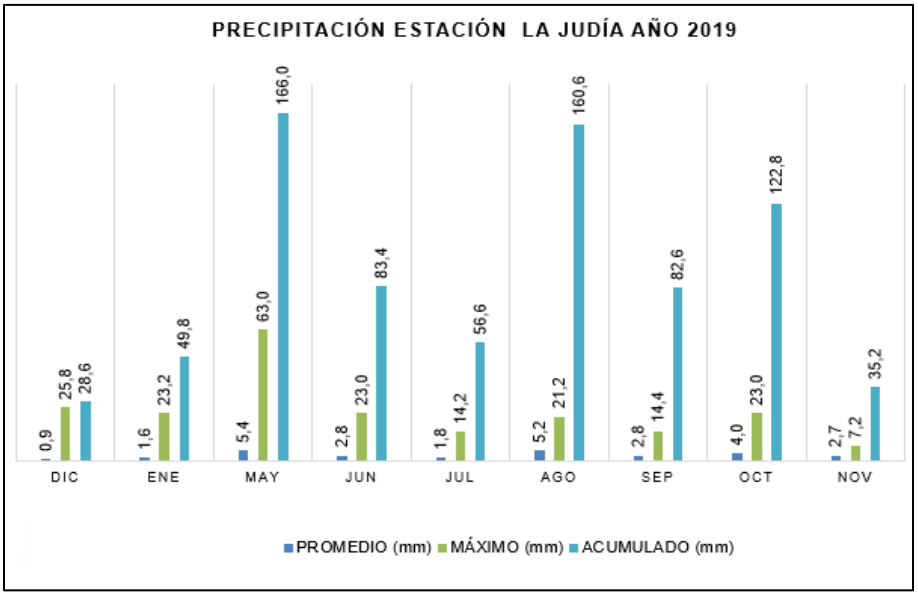


*Gráfico 103*. Precipitación Anual Estación La Judía

La precipitación máxima de 24 horas se presentó el 23 de mayo con un valor de 63 mm. La precipitación anual acumulada registra un valor de 785,6 mm.

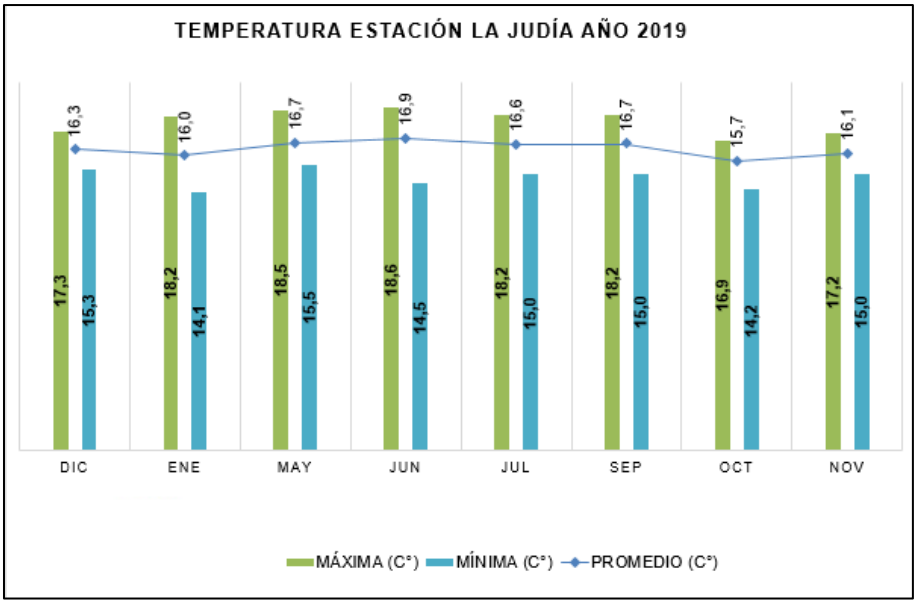


*Gráfico 104.* Temperatura Anual Estación La Judía

La temperatura promedio anual es de 16,5°C. La temperatura máxima se registra en el mes de junio con un valor de 18,6°C. La temperatura mínima se registra en octubre con un valor de 14,2°C.

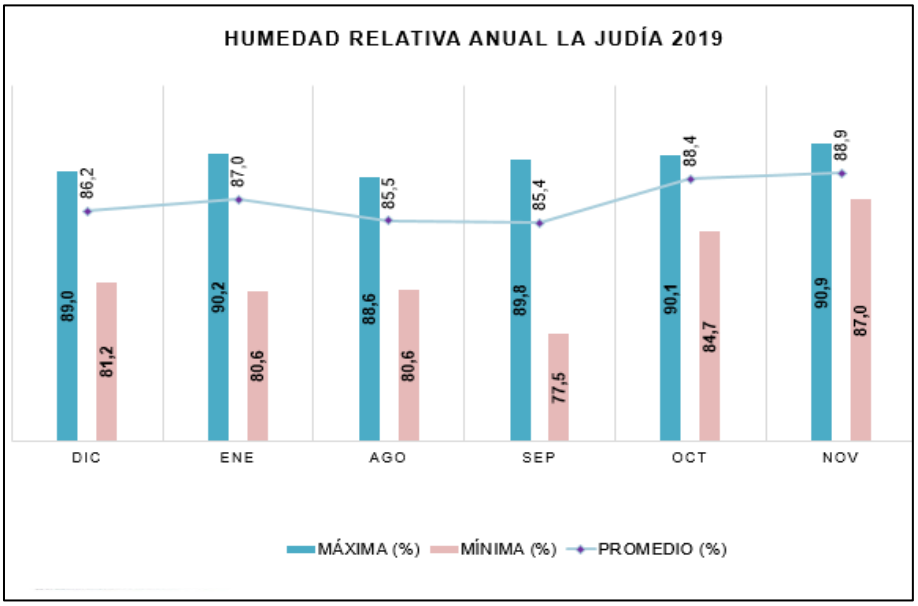


*Gráfico 105.* Humedad Relativa Anual Estación La Judía

Datos de junio y julio de 2019 invalidados por incorrecto funcionamiento del sensor de humedad relativa. La humedad relativa promedio durante el periodo fue de 86,9%. El valor máximo (90,9%) se registró el 12 de noviembre y el valor mínimo (77,5%) fue capturado el 6 de septiembre.

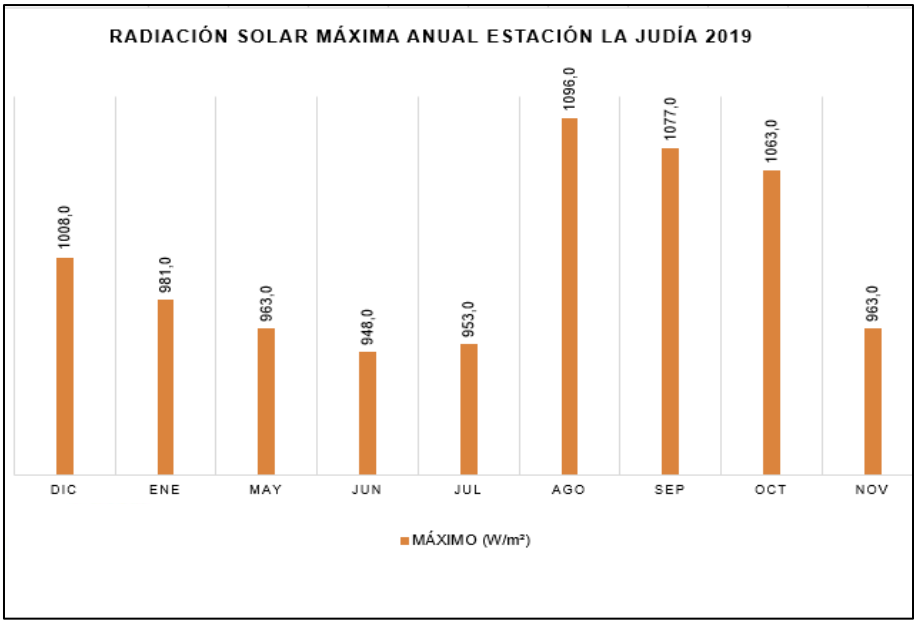


*Gráfico 106.* Radiación Solar Máxima Anual Estación La Judía

Los valores de radiación solar máximos presentados durante el año de estudio. La radiación solar máxima del año presentó una magnitud de 1096 W/m² y se presentó el 7 de agosto de 2019.

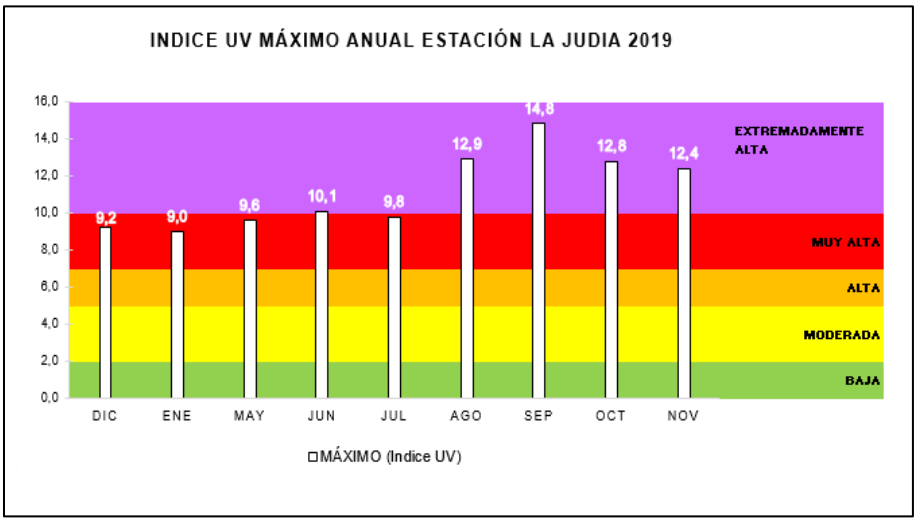


*Gráfico 107.* Índice UV Máximo Anual Estación La Judía

Los valores máximos mensuales para el índice UV se ubican en el rango muy alto y extremadamente alto. El valor máximo fue de 14,8 y fue capturado el 7 de septiembre de 2019.

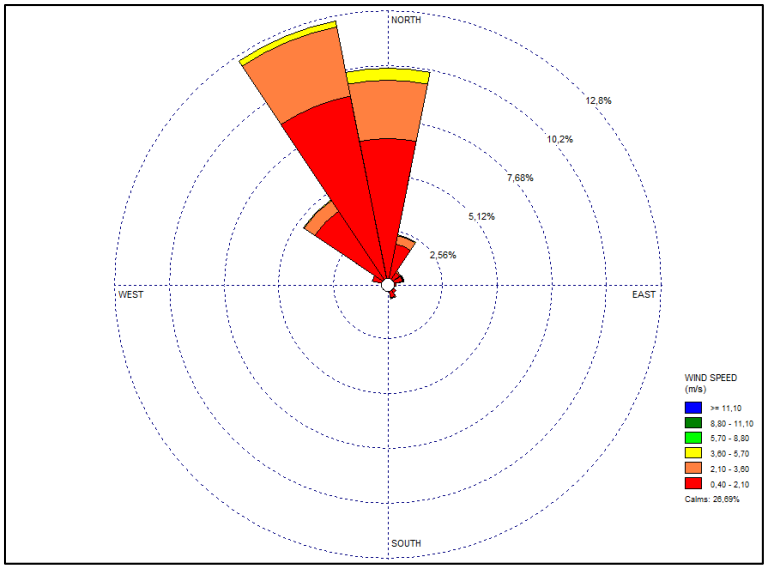


*Gráfico 108.* Rosa de Vientos Estación La Judía

Como puede observarse en la rosa de vientos anual de la estación, las magnitudes presentadas corresponden a vientos de suaves y moderados, de velocidades entre 0,4 y 5,7 m/s provenientes en su mayoría del Norte y Nornoroeste.

## 2.5.Resultados estación automática de niveles El Rasgón

La estación automática de niveles El Rasgón fue reinstalada a finales de julio de 2019. Esta se encuentra localizada en la parte alta del rio de Oro, y a través de ella se pueden registrar las variaciones en los niveles de columna de agua para esa sección de aforo. En el gráfico 111 se observa el comportamiento que presentó la columna de agua desde finales de julio hasta noviembre de 2019.

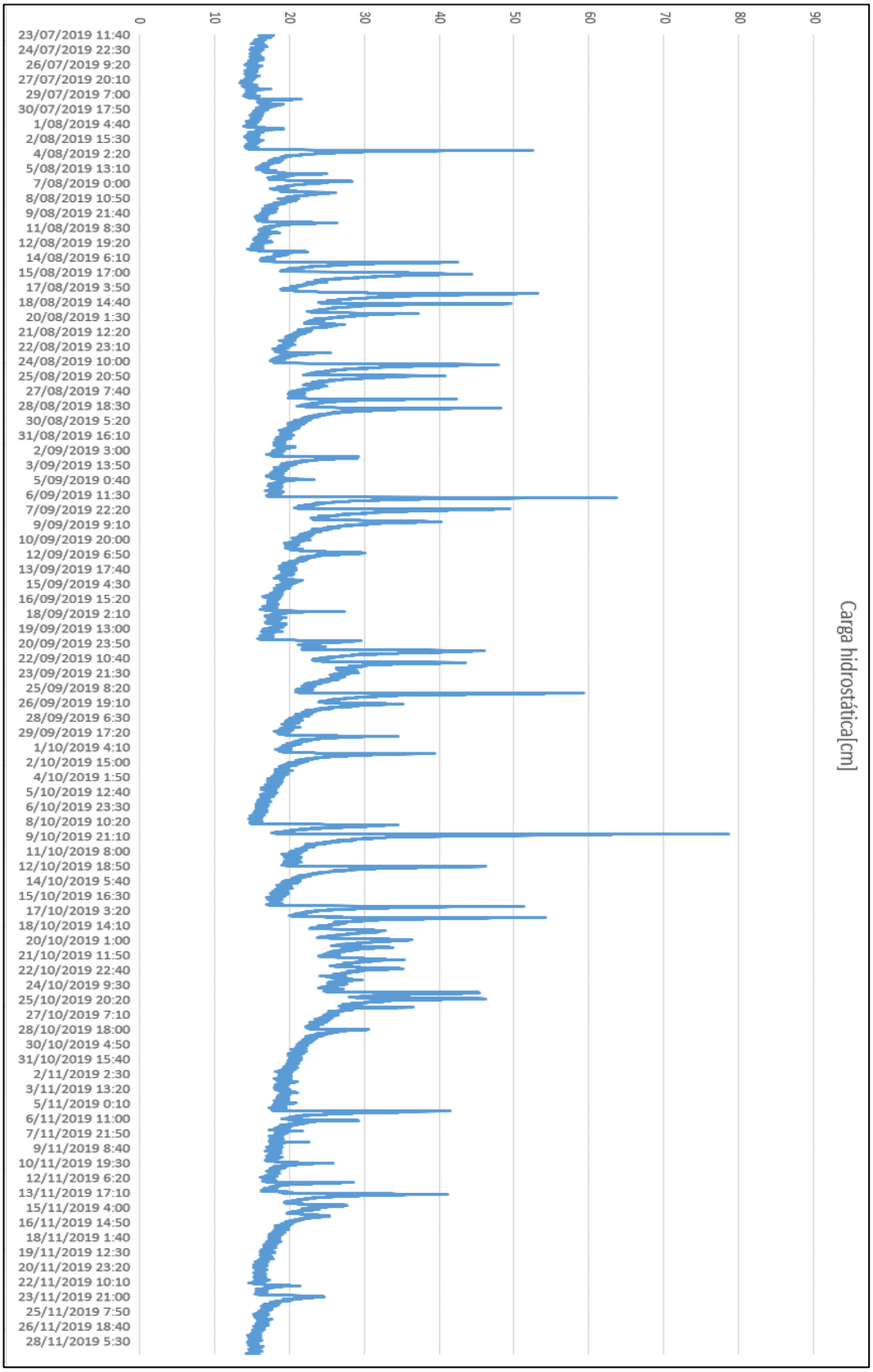


*Gráfico 109.* Carga Hidrostática El Rasgón Segundo Semestre 2019

CAPITULO

# 3

# RED DE CALIDAD DE AIRE

# 3. Capítulo 3. Red de Calidad de Aire

## Introducción

Pensar en calidad del aire es relacionar con la salud hombre, pues es uno de los recursos naturales renovables necesarios para la vida de los seres vivos, por eso la importancia de tener un aire limpio de sustancias tóxicas, sin embargo hoy en día y más en las grandes ciudades se habla de la contaminación del mismo como consecuencia de actividades antrópicas, como los son el transporte en vehículos, la obras civiles, las fuentes industriales o las quemas.

Los esfuerzos para los próximos años tanto para las autoridades ambientales como otras instituciones como el Ministerio de Minas y Energía en materia de calidad del aire, según lo estableció el documento CONPES 3943 del 31 de julio de 2018, deberán estar enfocadas al mejoramiento de la calidad del aire, es decir a la disminución de las concentraciones de los contaminantes en el aire, es por eso que la información generada por los sistemas de vigilancia como la reportada en este informe es un insumo para desarrollar planes, programas y proyectos para la prevención, reducción y control de la contaminación del aire y posteriormente realizar evaluación a los mismos.

La norma de calidad del aire es la Resolución 2254 de 2017, que indica los niveles máximos permisibles para cada contaminante criterio, en este informe se pretende determinar de acuerdo a los registros de la CDMB el cumplimiento o no de esta norma así como definir el índice de la calidad del aire para cada contaminante monitoreado.

## 3.1.Objetivos

Informar acerca de los resultados de los monitoreos a los contaminantes criterios PM10 y Ozono, en el área de influencia de las estaciones de calidad del aire de la CDMB a partir de:

- Determinar el cumplimiento de la norma de calidad del aire, de acuerdo a los registros de la CDMB de los contaminantes criterios monitoreados.
- Establecer el índice de calidad del aire - ICA de los contaminantes criterios medidos durante el año 2019.
- Relacionar el comportamiento de los contaminantes monitoreados con las condiciones meteorológicas.

## 3.2.Generalidades

### 3.2.1. Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la CDMB

El Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire – SVCA está compuesto por equipos para la medición y registro de los contaminantes atmosféricos, que se encuentran instalados en un lugar de interés, con el propósito de determinar la calidad del aire.

La información generada por los SVCA es insumos para la formulación de planes de prevención, reducción y control de la contaminación del aire, en pro de cumplir metas de disminución de las concentraciones para el año 2030, como fueron fijadas en la Resolución 2254 de 2017.

El SVCA operado por la CDMB lo componen tres estaciones automáticas denominadas Cabecera, Ciudadela y Florida, integradas por equipos especializados para el monitoreo automático de los niveles de concentración de los contaminantes criterios: Material Particulado inferior a 10 micrómetros (PM10) y el gas Ozono Troposférico ($O_3$). La CDMB en el año 2019 presentó una propuesta al Ministerio de Ambiente para la modernización y ampliación de la red de vigilancia de la calidad del aire con más estaciones y equipos en toda el área metropolitana, con lo cual se espera contar en los próximos años.

La tabla 1 relaciona la ubicación exacta de cada estación y el contaminante criterio que se mide en

estas.

Tabla 36. Estaciones del SVCA

| Nombre de la Estación | Ubicación | Municipio | Mide |
|---|---|---|---|
| Cabecera | Carrera 33 con calle 52 | Bucaramanga | PM10 |
| Ciudadela | Terraza de la Institución Educativa Aurelio Martínez Mutis en la Calle de los Estudiantes | Bucaramanga | PM10 y Meteorología |
| Florida | Terraza del Edificio Telebucaramanga Sede Sur en Cañaveral, Autopista Floridablanca - Bucaramanga | Floridablanca | $O_3$ y Meteorología |

La medición de meteorología acompaña el monitoreo de los contaminantes criterio, con el fin de entender la dispersión de los contaminantes, es decir, los procesos atmosféricos afectan el destino de los contaminantes del aire.

Parámetros meteorológicos como la radiación solar, la temperatura y la humedad, causan un impacto en la transformación de las sustancias contaminantes emitidas en el aire. La remoción de los contaminantes no sólo depende de sus características sino también de fenómenos climáticos como la lluvia.

### 3.2.2. Material Particulado

Es una mezcla compleja de partículas líquidas y sólidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire, que varían en tamaño, forma y composición. Según su tamaño, se clasifican en Partículas Suspendidas Totales, Partículas Menores a 10 micras (PM10) o Partículas Menores a 2.5 micras (PM2.5).

Diversos estudios epidemiológicos realizados a nivel mundial, han demostrado que el material

particulado no es un factor causal directo de enfermedad o mortalidad respiratoria aguda sino un factor asociado, que en combinación con otros factores produce un aumento de las enfermedades respiratorias, y cuyo riesgo para el individuo varía en función de las condiciones fisiológicas, de la edad y de los antecedentes de enfermedad cardiorrespiratoria.

Los efectos sobre la salud generados por el material particulado se pueden caracterizar así:

Fracción Inhalable: Irritación en los ojos y de las vías respiratorias, conjuntivitis irritativa y abrasiones en la córnea.

Fracción Torácica: Reducción de la capacidad pulmonar y agotamiento respiratorio. Desarrollo de problemas respiratorios y cardiovasculares.

Fracción Respirable: Puede desarrollar cardiopatías y neuropatías, así como enfermedades crónicas de obstrucción pulmonar. Agravan el asma y se asocian al desarrollo de diabetes.

Esta descripción fue tomada del Informe del estado de la calidad del aire en Colombia 2016, publicado por Minambiente e IDEAM.

### 3.2.3. Ozono Troposférico

El Ozono es un gas azul pálido que existe en las capas altas (estratosfera) y capas bajas de la atmosfera, pero mientras el estratosférico es de tipo natural y benéfico para la vida, ya que actúa como un filtro protector de la radiación ultravioleta, el segundo llamado ozono troposférico es perjudicial en los seres vivos, ya que es un oxidante fuerte e irritante en altas concentraciones en el sistema respiratorio de animales y humanos y causa toxicidad en plantas.

El ozono troposférico no es emitido directamente a la atmosfera, sí no que es producido por la reacción química entre el oxígeno natural del aire y los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos los cuales actúan como facilitadores de la reacción química en presencia de la luz solar. Estos

facilitadores sí son emitidos directamente a la atmosfera y por tanto a mayor concentración de estos, mayor es la producción de ozono, siempre y cuando exista la radiación solar.

Los principales efectos en la salud que produce el $O_3$ son irritación el sistema respiratorio, reducción de la función pulmonar, agrava el asma, inflama y daña las células que recubren los pulmones, agrava las enfermedades pulmonares crónicas y causa daño pulmonar permanente.

### 3.2.4. Resolución 2254 de 2017

En la Resolución 2254 de 2017 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ajustó los niveles máximos permisibles para el territorio Colombiano, al corto y largo plazo de la concentración en el aire de los contaminantes criterio y tóxicos que causan un riesgo en la salud humana y del medio ambiente.

En el periodo entre el 1 de julio de 2018 y el 31 de diciembre de 2029 el nivel máximo permitido para los contaminantes criterios PM10 y Ozono será como lo especifica la tabla 2.

Tabla 37. Nivel Máximo Permisible de Contaminantes

| Contaminante | Unidad | Nivel Máximo Permisible | Tiempo de Exposición |
|---|---|---|---|
| PM10 | µg/m$^3$ | 50<br>75 | Anual<br>24 Horas |
| O3 | µg/m3 | 100 | 8 Horas |

Para reportar el estado de la calidad del aire, esta misma resolución definió el Índice de Calidad del Aire – ICA, en una escala numérica de 0 a 500 (adimensional) dividida en 6 colores desde Buena a Peligrosa, a los cuales asocia unos efectos en la salud humana. *Entre más pequeño sea el ICA mejor es la calidad del aire*.

El índice de calidad del aire está enfocado en cinco contaminantes principales o contaminantes criterio como lo son: ozono (O3), material particulado (PM10 y PM2.15), dióxido de azufre (SO2),

dióxido de nitrógeno (NO2) y monóxido de carbono (CO).

La tabla 3 describe de forma general el Índice de Calidad del Aire – ICA, entre más bajo sea el ICA menos riesgosa es la contaminación atmosférica.

Tabla 38. Descripción del ICA y Puntos de Corte

| Rango y Color | Estado de la calidad del Aire | Efectos |
|---|---|---|
| 0 – 50 Verde | Buena | La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud. |
| 51 – 100 Amarillo | Aceptable | Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles. |
| 101 – 150 Naranja | Dañina a la salud de grupos sensibles | Los grupos poblacionales sensibles pueden presentar efectos sobre la salud.<br>1) Ozono Troposférico: las personas con enfermedades pulmonares, niños, adultos mayores y las que constantemente realizan actividad física al aire libre, deben reducir su exposición a los contaminantes del aire.<br>2) Material Particulado: Las personas con enfermedad cardíaca o pulmonar, los adultos mayores y los niños se consideran sensibles y por lo tanto en mayor riesgo. |
| 151 – 200 Rojo | Dañina para la salud | Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud. |
| 201 – 300 Púrpura | Muy Dañina para la salud | Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud. |
| 301 – 500 Marrón | Peligroso | Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud. |

La tabla 4 indica los puntos de corte para las concentraciones de 24 horas y 8 horas para los contaminantes PM10 y Ozono respectivamente.

Tabla 39. Puntos de Corte para PM10 y O3

| ICA | O3 [ µg/$m^3$] 8 horas | PM10 [ µg/$m^3$] 24 horas |
|---|---|---|
| 0 – 50 Verde | 0 – 106 | 0 – 54 |
| 51 – 100 Amarillo | 107 – 138 | 55 – 154 |
| 101 – 150 Naranja | 139 – 167 | 155 – 254 |
| 151 – 200 Rojo | 168 – 207 | 255 – 354 |
| 201 – 300 Púrpura | 208 – 393 | 355 – 424 |
| 301 – 500 Marrón | 394 | 425 – 604 |

## 3.3.Presentación y análisis de los datos

### 3.3.1. Evaluación de la cantidad y calidad de los datos.

#### 3.3.1.1.Porcentaje de captura de datos de los equipos.

El porcentaje de captura de datos de los equipos se determina para evaluar la operación de cada equipo que conforman las estaciones del SVCA y se calcula a partir de la cantidad máxima de datos que se pueden obtener en un periodo determinado (N) y la cantidad de datos recolectados durante este mismo periodo (d), utilizado la siguiente ecuación $\%\ de\ Captura = (d/N) * 100$.

La tabla 5 muestra el porcentaje de datos capturados por los equipos, que son automáticos por tanto registra datos hora a hora los siete días de la semana, para el año 2019 corresponden a 365 días, por tanto, teóricamente se debieron haber registrado 8760 datos horarios, sin embargo se presenta que los equipos no registra el 100% del tiempo debido a actividades de mantenimientos o fallas técnicas imprevistas tanto en el equipo de monitoreo como en los equipos de soporte.

Tabla 40. Porcentaje de Datos Capturados por Equipos

| Estación | Ciudadela | Cabecera | Florida |
|---|---|---|---|
| Equipo | Monitor PM10 BAM 1020 | Monitor PM10 BAM 1020 | Analizador de Ozono O3 42M |
| d* | 7,936 | 3,571 | 7,796 |
| N** | 8,760 | 8,760 | 8,760 |
| % de Captura | 91% | 41% | 89% |

* Cantidad de datos recolectados
** Cantidad máxima de datos que se pueden obtener

En el caso del equipo monitor PM10 de la estación Cabecera tuvo un desempeño del 41%, por

tanto los registros obtenidos por este equipo no se pueden tener en cuenta en este informe. No tener la suficiente recolección de datos es esta estación se debió a cortes de energía eléctrica por daños en cableado y el hurto de partes del equipo de refrigeración.

3.3.1.2.Porcentaje de datos válidos.

Según el Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire del IDEAM, es necesario que el porcentaje de datos válidos empleados para realizar los cálculos de promedios de concentraciones de los contaminantes criterios, para realizar las comparaciones con la norma de calidad de aire y la estimación del número de excedencias, sea igual o superior al 75%.

Dicho indicador se calcula de la relación entre la cantidad de datos válidos (V) y la cantidad de datos que debieron ser reportados (N) en un período de tiempo definido, usando la ecuación $\%Val_datos = (V/N) * 100$.

La tabla 6, muestra que los datos que no son aceptables para tener en cuenta en este reporte son los del contaminante PM10 de la estación de Cabecera por no superar el criterio del 75%, el resto cumple y se pueden usar en este reporte de calidad de aire.

Tabla 41. Porcentaje de Datos Válidos por Estación

| Estación | Ciudadela | Cabecera | Florida |
|---|---|---|---|
| Equipo | Monitor PM10 BAM 1020 | Monitor PM10 BAM 1020 | Analizador de Ozono O3 42M |
| V* | 334 | 154 | 323 |
| N** | 365 | 365 | 365 |
| % de Captura | 92% | 42% | 88% |

* Cantidad de datos válidos

** Cantidad de datos que debieron ser reportados

### 3.3.2. Resultados Estación Ciudadela

Para comparar los valores de concentración obtenidos en el monitoreo de material particulado PM10 con la norma nacional para un tiempo de exposición de 24 horas, se debe calcular el promedio aritmético a partir de los respectivos valores horarios, los cuales deben cumplir con el criterio de representatividad temporal del 75%, es decir, un mínimo de 18 concentraciones horarias por día.

En la figura 1 se realiza la comparación de la concentración promedio diaria con la norma y de fondo la escala de colores del Índice de Calidad del Aire, en el que se puede observar que gran parte del año 2019 las concentraciones se mantienen por debajo de la norma, sin ningún riesgo para la salud, aunque en los meses de febrero, marzo, octubre y noviembre desmejoró a aceptable el estado de la calidad del aire.

Los incrementos en el meses de octubre y noviembre se debe consideran el desarrollo de obras en el sector como lo son la construcción de un nuevo edificio en la universidad UTS y la remodelación de andenes en la calle de los Estudiantes, toda vez que la remoción, descarga, en entre otras actividades con tierra generan gran cantidad de material particulado.

La concentración de PM10 se presentó en los siguientes rangos:

- Primer trimestre entre 24 $\mu g/m^3$ y 76 $\mu g/m^3$.
- Segundo trimestre entre 16 $\mu g/m^3$ y 55 $\mu g/m^3$.
- Tercer trimestre entre 17 $\mu g/m^3$ y 50 $\mu g/m^3$.
- Cuarto trimestre entre 14 $\mu g/m^3$ y 101 $\mu g/m^3$.

Donde en el primer trimestre se presentaron dos (2) excedencias a la norma los días 27 de febrero de 2019 y 10 de marzo de 2019 por valor de concentración de 75.45 $\mu g/m^3$ y 76.4 $\mu g/m^3$ respectivamente y durante el segundo semestre se presentó una (1) excedencia a la norma el día

24 de octubre de 2019 por una valor de concentración de 101 µg/m$^{3.}$

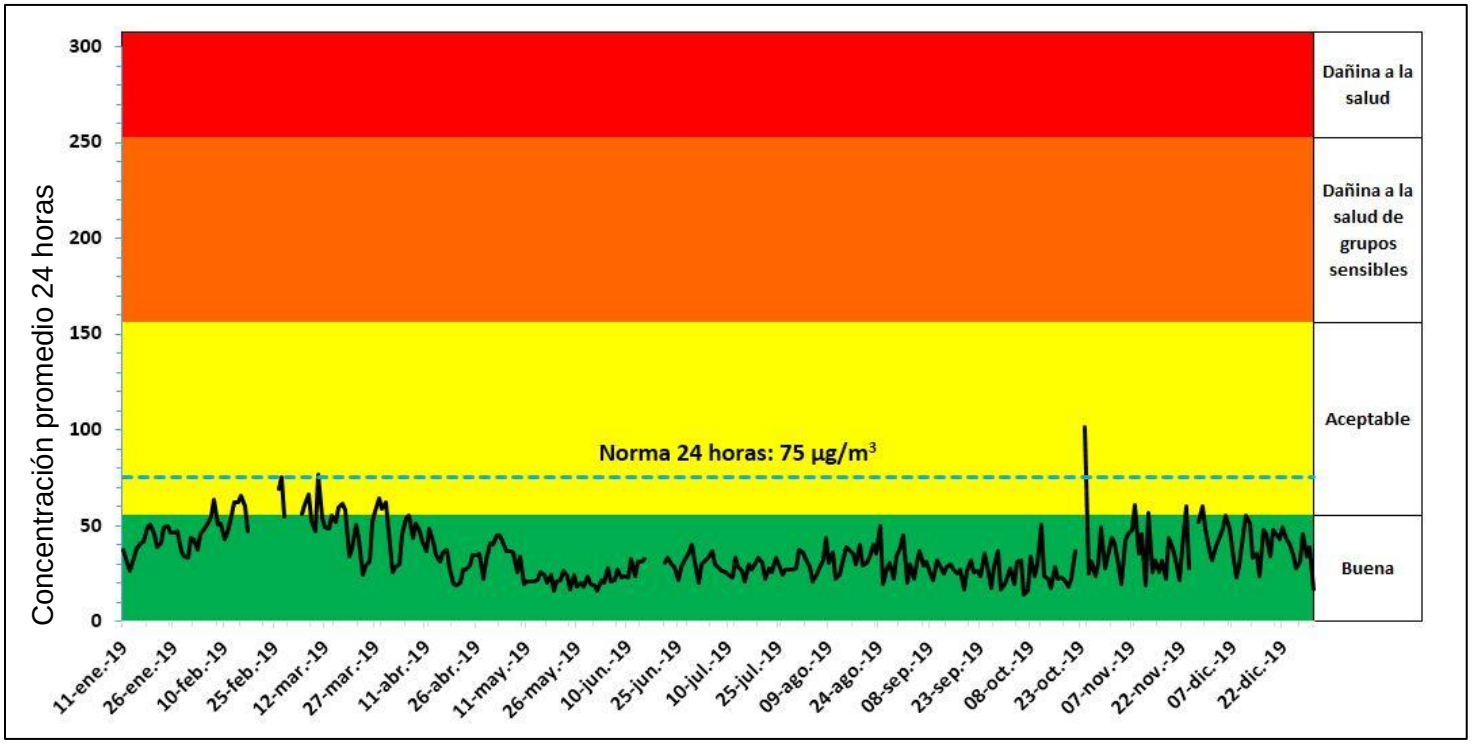


*Gráfico 110*. Comparación de la concentración promedio diaria de PM10 de Ciudadela con la norma

El Índice de Calidad del Aire - ICA diario de PM10 se calcula a partir del promedio diario, de acuerdo a la ecuación indicada en el Artículo 21. Cálculo del ICA, de la norma de calidad del aire Resolución 2254 de 2017 teniendo en cuenta los puntos de corte relacionados en la tabla No. 6 de esta misma norma.

Entre más alto sea el Índice de Calidad del Aire el estado de la calidad del Aire está más deteriorado. La tabla 7 relaciona el ICA diario de la estación de ciudadela durante el año 2019.

Tabla 42. Índice de Calidad del Aire Ciudadela

| ICA 24H | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| enero | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 35 | 28 | 25 | 31 | 35 | 38 | 39 | 45 | 47 | 42 | 36 | 40 | 45 | 46 | 43 | 43 | 43 | 34 | 31 | 31 | 41 |
| febrero | 40 | 35 | 42 | 45 | 46 | 51 | 55 | 47 | 48 | 43 | 43 | 51 | 55 | 55 | 56 | 54 | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 61 | ND | | | |
| marzo | ND | ND | ND | ND | ND | 54 | 57 | 49 | 44 | 62 | 50 | 45 | 45 | 51 | 48 | 53 | 54 | 52 | 31 | 36 | 47 | 40 | 23 | 27 | 29 | 48 | 52 | 55 | 53 | 55 | 44 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **abril** | 24 | 26 | 27 | 42 | 51 | 51 | 41 | 47 | 43 | 39 | 34 | 45 | 38 | 32 | 29 | 33 | 35 | 26 | 18 | 17 | 18 | 25 | 25 | 27 | 32 | 32 | 33 | 21 | 30 | 38 | |
| **mayo** | 37 | 41 | 42 | 37 | 34 | 34 | 33 | 24 | 31 | 18 | 19 | 20 | 19 | 20 | 24 | 22 | 19 | 23 | 15 | 19 | 20 | 25 | 22 | 16 | 23 | 17 | 19 | 17 | 22 | 18 | 17 |
| **junio** | 15 | 20 | 19 | 25 | 20 | 20 | 25 | 21 | 22 | 21 | 30 | 22 | 29 | 29 | 30 | ND | ND | ND | ND | ND | 28 | 31 | 27 | 26 | 20 | 26 | 30 | 32 | 37 | 29 | |
| **julio** | 19 | 27 | 30 | 31 | 34 | 28 | 26 | 25 | 24 | 23 | 21 | 31 | 26 | 25 | 19 | 28 | 25 | 28 | 31 | 28 | 21 | 26 | 24 | 31 | 28 | 23 | 25 | 25 | 25 | 26 | 34 |
| **agosto** | 33 | 30 | 26 | 20 | 22 | 26 | 30 | 40 | 28 | 33 | 21 | 22 | 28 | 36 | 35 | 32 | 27 | 37 | 27 | 28 | 31 | 37 | 33 | 46 | 18 | 26 | 28 | 21 | 31 | 36 | 41 |
| **septiembre** | 19 | 27 | 21 | 28 | 34 | 27 | 29 | 23 | 20 | 30 | 27 | 23 | 26 | 27 | 25 | 23 | 25 | 16 | 25 | 30 | 24 | 25 | 22 | 32 | 27 | 16 | 27 | 34 | 16 | 18 | |
| **octubre** | 22 | 25 | 18 | 29 | 29 | 13 | 15 | 32 | 22 | 27 | 47 | 22 | 21 | 16 | 26 | 20 | 21 | 20 | 17 | 21 | 34 | ND | ND | 74 | 23 | 29 | 22 | 28 | 46 | 26 | 32 |
| **noviembre** | 40 | 38 | 27 | 18 | 39 | 42 | 44 | 54 | 33 | 42 | 17 | 52 | 24 | 30 | 24 | 29 | 21 | 40 | 35 | 30 | 20 | 35 | 53 | 26 | ND | ND | 48 | 53 | 45 | 35 | |
| **diciembre** | 29 | 36 | 40 | 45 | 51 | 45 | 35 | 21 | 27 | 42 | 51 | 47 | 31 | 32 | 22 | 44 | 42 | 32 | 44 | 42 | 40 | 45 | 40 | 38 | 32 | 26 | 29 | 42 | 31 | 36 | 16 |

*ND: Datos no registrados

### 3.3.3. Resultados meteorológicos estación Ciudadela

Algunos fenómenos meteorológicos influyen en el crecimiento o disminución de los niveles de material particulado en la atmosfera, por ejemplo la lluvia y el viento. La precipitación es el proceso más eficiente para la reducción de los contaminantes de la atmósfera, dan lugar a bajos niveles de partículas durante la lluvia como en los periodos tras ella.

En la figura 2 se puede interpretar el resultado de la lluvia en la remoción del contaminante PM10, y el hecho que se presenten mayores concentraciones en los días que no se presentan precipitaciones.

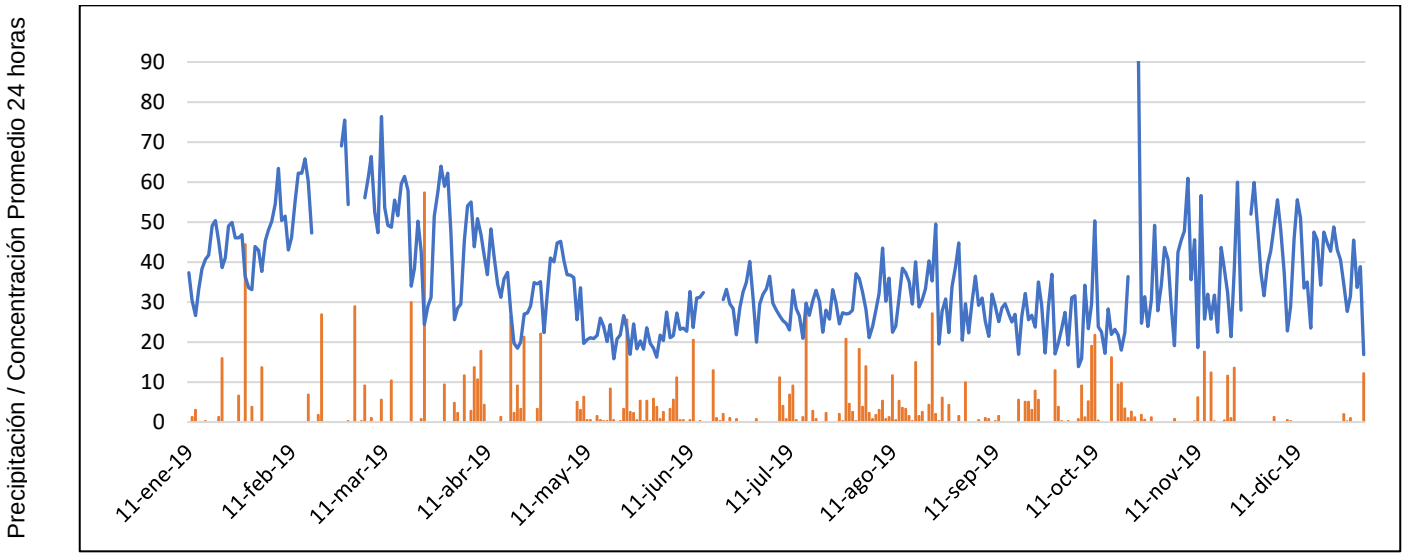


*Gráfico 111.* Relación de remoción del contaminante PM10 por lluvia

El viento también desempeña un papel significativo en el transporte y dilución de los contaminantes. Cuando la velocidad del viento aumenta, mayor es el volumen de aire que se desplaza por unidad de tiempo, por las zonas donde está localizada una fuente de emisión de contaminantes. En consecuencia la concentración disminuye si la emisión es constante en la zona fuente. La velocidad del viento afecta el tiempo de recorrido de los contaminantes entre la fuente y los receptores.

La dispersión de contaminantes en la atmósfera, está influenciada significativamente por la variabilidad de la dirección del viento. Si la dirección del viento es constante, la misma área estará continuamente expuesta a niveles relativamente altos de contaminación. Por otra parte, cuando la dirección del viento es cambiante, los contaminantes serán dispersados sobre un área mayor y las concentraciones resultarán relativamente menores.

En la figura 3 se presenta la velocidad y dirección del viento registrada en la estación Ciudadela, para el año 2019 los vientos se desplazaron predominantemente con velocidades entre 0.4 m/s y

1.8 m/s con un 40.5% de representatividad y con dirección del viento predominante desde el Norte con un 16.2% de representatividad, seguidos por calmas con un 27% de representatividad.

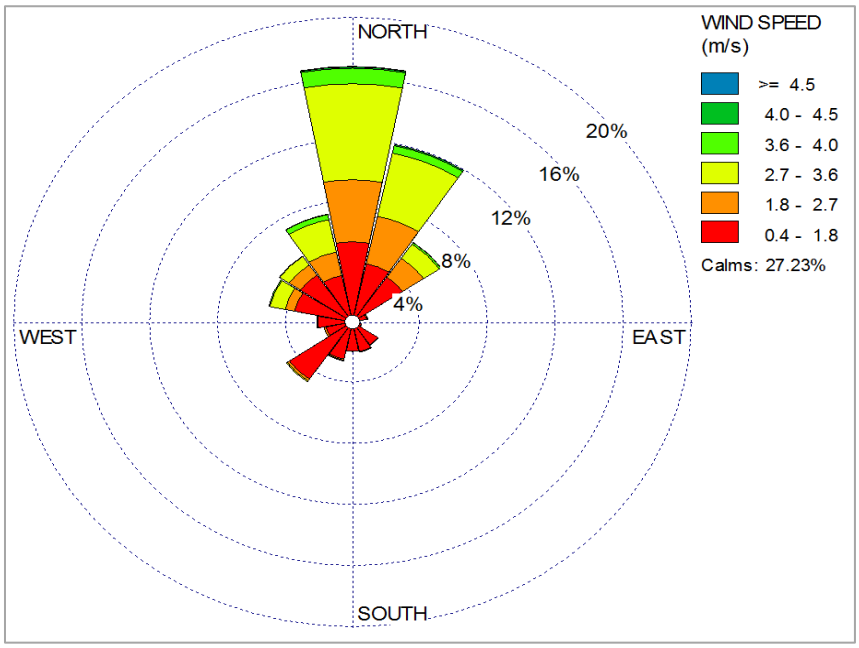


*Gráfico 112.* Velocidad y Dirección del Viento Estación Ciudadela

El comportamiento de las variables como lluvia acumulada, temperatura promedio, máxima, mínima y humedad promedio durante el 2019 se relaciona en la tabla 8, que indica para este periodo que el mes de febrero presentó la más baja precipitación, mayor temperatura y menor humedad, es decir las condiciones propicias para tener mayor concentración de contaminantes en la atmósfera.

Tabla 43. Variables Meteorológicas Estación Ciudadela

| REGISTRO MENSUAL | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mes | **Lluvia Acum [mm]** | **Temp Prom [°c]** | **Temp Máx [°c]** | **Temp Min [°c]** | **Hum Prom [%]** | **Rad Máx Prom [W/m$^2$]** |
| enero | 102.34 | 24.9 | 28.4 | 21.8 | 77.9 | 812 |
| febrero | 49.53 | 25.1 | 28.6 | 22.3 | 76.8 | 842 |
| marzo | 152.87 | 25.0 | 28.0 | 22.3 | 80.9 | 836 |
| abril | 170.64 | 24.8 | 28.1 | 22.2 | 83.7 | 843 |
| mayo | 78.37 | 24.8 | 28.3 | 22.2 | 82.6 | 813 |
| junio | 67.53 | 24.3 | 28.2 | 21.2 | 79.7 | 750 |
| julio | 99.26 | 24.2 | 28.5 | 20.7 | 77.6 | 785 |
| agosto | 142.14 | 24.0 | 28.6 | 20.4 | 79.1 | 793 |
| septiembre | 62.94 | 24.2 | 28.6 | 20.5 | 76.7 | 827 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| octubre | 167.79 | 23.3 | 27.5 | 20.3 | 82.1 | 795 |
| noviembre | 64 | 23.7 | 27.3 | 20.7 | 80.9 | 712 |
| diciembre | 80.04 | 24.0 | 27.7 | 21.1 | 79.4 | 774 |

### 3.3.4. Resultados estación Floridablanca

La concentración máxima permitida del contaminante ozono ($O_3$) en el aire en el territorio nacional, de acuerdo a la norma para un tiempo de exposición de 8 horas equivalente a 100 µg/$m^3$. Monitorear este contaminante requiere de equipos analizadores automáticos ya que solo a través de estos es posible obtener resultados de concentración horarios.

Con los datos horarios de la concentración de $O_3$, se convierten a condiciones de referencia y se realizar el cálculo de los promedios móviles de 8 horas, por ejemplo el promedio móvil de las 4 p.m. se calcula del promedio de las concentraciones registradas entre las 9 a.m. y las 4 p.m. del mismo día, el de las 5:00 p.m. de los registros desde las 10 a.m. a las 5 p.m.; de igual manera se debe tener en cuenta el criterio de representatividad temporal del 75% de los datos, es decir un mínimo de 6 concentraciones horarias válidas. Y son estos valores de promedio móvil los comparados con la norma nacional para períodos de tiempo iguales a 8 horas.

La concentración de ozono para el año 2019 (barras) con la norma de 8 horas que equivale a 100 µg/$m^3$ se representa en la figura 4.

Las concentraciones de Ozono de manera trimestral se registraron en los siguientes rangos:

- Primer trimestre entre 7 µg/$m^3$ y 103 µg/$m^3$.
- Segundo trimestre entre 7 µg/$m^3$ y 87 µg/$m^3$.
- Tercer trimestre entre 8 µg/$m^3$ y 75 µg/$m^3$.
- Cuarto trimestre entre 2 µg/$m^3$ y 78 µg/$m^3$.

Durante el 2019 se presentaron (2) excedencias a la norma el día 26 de febrero de 2019 por valor

de concentración 100.85 µg/$m^3$ y 102.85 µg/$m^3$ a las 5 p.m. y 6 p.m. respectivamente.

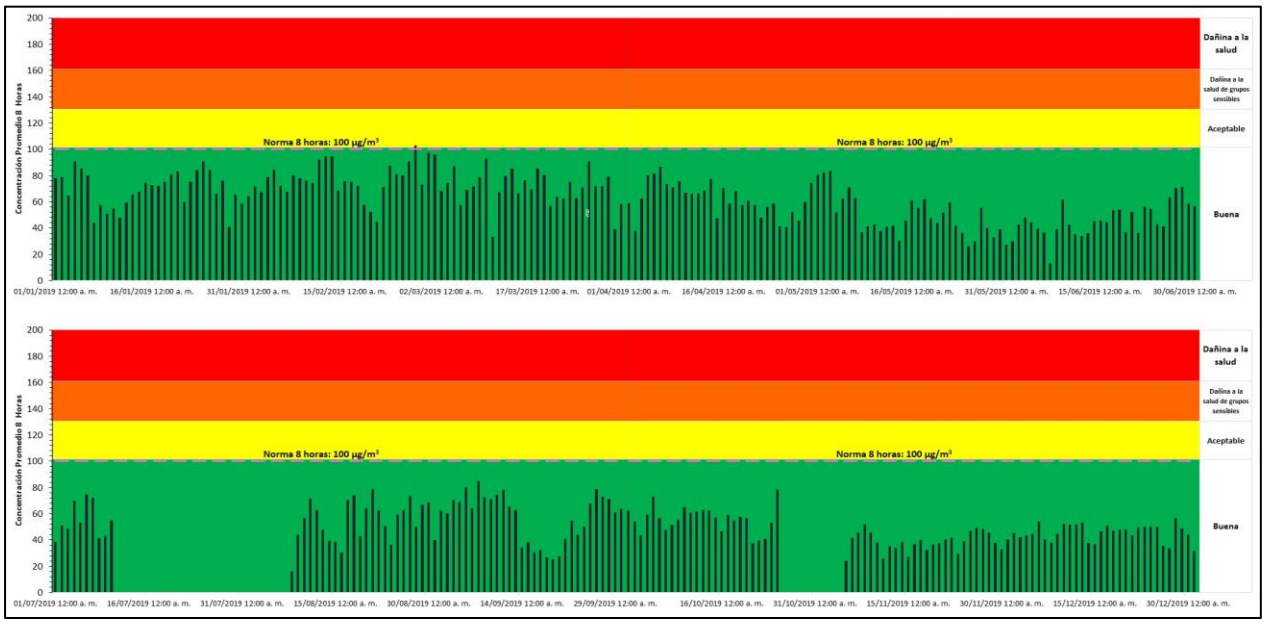


*Gráfico 113.* Comparación de concentración promedio 8 horas de Ozono con la norma

El periodo en el que se presentó mayor nivel de concentración fue del 12 de febrero al 01 de marzo de 2019 entre las 4:00 p.m. y las 6:00 p.m., ya que para estas horas se ha calculado la concentración utilizando la media móvil del conjunto de datos registrados entre las 10:00 a.m. y las 6:00 p.m. horas en las cuales se presentan mayor radiación solar.

El índice de calidad del aire se calcula a partir de la media móvil de 8 horas para el contaminante ozono a condiciones de referencia, es decir que para un día se determinan 24 valores del ICA, para efecto de resumir la calidad del aire se escogió el valor máximo diario del ICA y se relacionó en la tabla 9, donde muestra que el estado de la calidad del aire en la zona de influencia de la estación Florida durante el 2019 fue *buena*.

Tabla 44. Índice de Calidad del Aire Florida

| ICA 8H | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| enero | 37 | 37 | 30 | 43 | 40 | 38 | 21 | 27 | 24 | 26 | 23 | 28 | 31 | 32 | 35 | 34 | 34 | 36 | 38 | 39 | 28 | 36 | 40 | 43 | 40 | 31 | 36 | 19 | 31 | 28 | 30 |
| febrero | 34 | 32 | 37 | 40 | 34 | 32 | 38 | 37 | 36 | 35 | 43 | 45 | 45 | 32 | 36 | 36 | 34 | 27 | 25 | 21 | 34 | 41 | 38 | 38 | 43 | 49 | 34 | 46 | | | |
| marzo | 45 | 32 | 35 | 41 | 27 | 33 | 34 | 37 | 44 | 16 | 32 | 37 | 40 | 31 | 36 | 33 | 40 | 38 | 27 | 30 | 29 | 35 | 30 | 33 | 43 | 34 | 34 | 37 | 18 | 28 | 33 |
| abril | 28 | 18 | 29 | 38 | 38 | 41 | 35 | 33 | 36 | 32 | 31 | 31 | 32 | 36 | 22 | 33 | 28 | 32 | 27 | 29 | 27 | 23 | 26 | 28 | 19 | 19 | 25 | 22 | 28 | 35 | |
| mayo | 38 | 39 | 39 | 24 | 29 | 33 | 30 | 17 | 19 | 20 | 18 | 19 | 20 | 14 | 22 | 29 | 26 | 29 | 22 | 21 | 25 | 28 | 20 | 17 | 12 | 14 | 26 | 19 | 15 | 18 | 13 |
| junio | 14 | 20 | 23 | 21 | 19 | 17 | 6 | 18 | 29 | 20 | 16 | 16 | 17 | 21 | 22 | 21 | 25 | 26 | 17 | 25 | 17 | 27 | 26 | 20 | 19 | 30 | 33 | 34 | 28 | | |
| julio | 18 | 24 | 23 | 33 | 25 | 35 | 34 | 19 | 20 | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| agosto | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 8 | 21 | 27 | 34 | 30 | 23 | 19 | 18 | 14 | 33 | 35 | 20 | 30 | 37 | 29 | 24 | 17 | 28 | 30 | 35 | 24 | 32 | 32 | 19 |
| septiembre | 29 | 28 | 33 | 33 | 38 | 30 | 40 | 34 | 34 | 35 | 37 | 31 | 30 | 16 | 18 | 15 | 15 | 13 | 12 | 13 | 19 | 26 | 21 | 24 | 32 | 37 | 34 | 34 | 29 | 30 | |
| octubre | 29 | 26 | 20 | 28 | 34 | 27 | 22 | 24 | 26 | 31 | 29 | 29 | 30 | 30 | 27 | 22 | 28 | 26 | 27 | 27 | 18 | 19 | 19 | 25 | 37 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| noviembre | ND | ND | ND | ND | 11 | 20 | 22 | 24 | 22 | 18 | 12 | 17 | 16 | 18 | 13 | 17 | 19 | 15 | 17 | 18 | 19 | 20 | 14 | 18 | 22 | 23 | 23 | 22 | 18 | 16 | |
| diciembre | 19 | 21 | 20 | 21 | 21 | 25 | 19 | 18 | 21 | 25 | 24 | 24 | 25 | 18 | 17 | 22 | 24 | 22 | 23 | 23 | 20 | 23 | 24 | 24 | 24 | 17 | 16 | 27 | 23 | 21 | 15 |

*ND: Datos no registrados

### 3.3.5. Resultados Meteorológicos Estación Florida

Como se mencionó en la sección 2.3, las condiciones climatológicas influyen considerable en la presencia de contaminantes atmosféricos y los efectos que estos pueden tener. El viento, la radiación solar y la temperatura alteran la dispersión de contaminantes y la realización de determinadas reacciones químicas, es decir el viento contribuye a dispersar los contaminantes, disminuyendo así su concentración, a la vez que el aumento de temperatura acelera ciertas reacciones.

El ozono alcanza sus niveles más altos en los días más calurosos y soleados del año. Cuando las temperaturas son altas, la luz del sol es fuerte y los vientos son débiles, el ozono puede aumentar a niveles más nocivos para la salud.

En la figura 5, se ilustra el comportamiento del ozono (concentración promedio móvil 8 horas máximo diario representado con la línea color azul) frente a las variaciones de la radiación solar (máxima diaria representado con línea color amarillo) y las precipitaciones (lluvia acumulada diaria representada con las barras color negro). De la cual se puede apreciar dos cosas, la primera, la

relación de proporcionalidad entre la radiación solar y la concentración del contaminante ozono troposférico, lo que comprueba que a mayor radiación y mayor ozono en la atmósfera, y dos la disminución del nivel del ozono en presencia de la precipitación, es decir el efecto de remoción por lluvia.

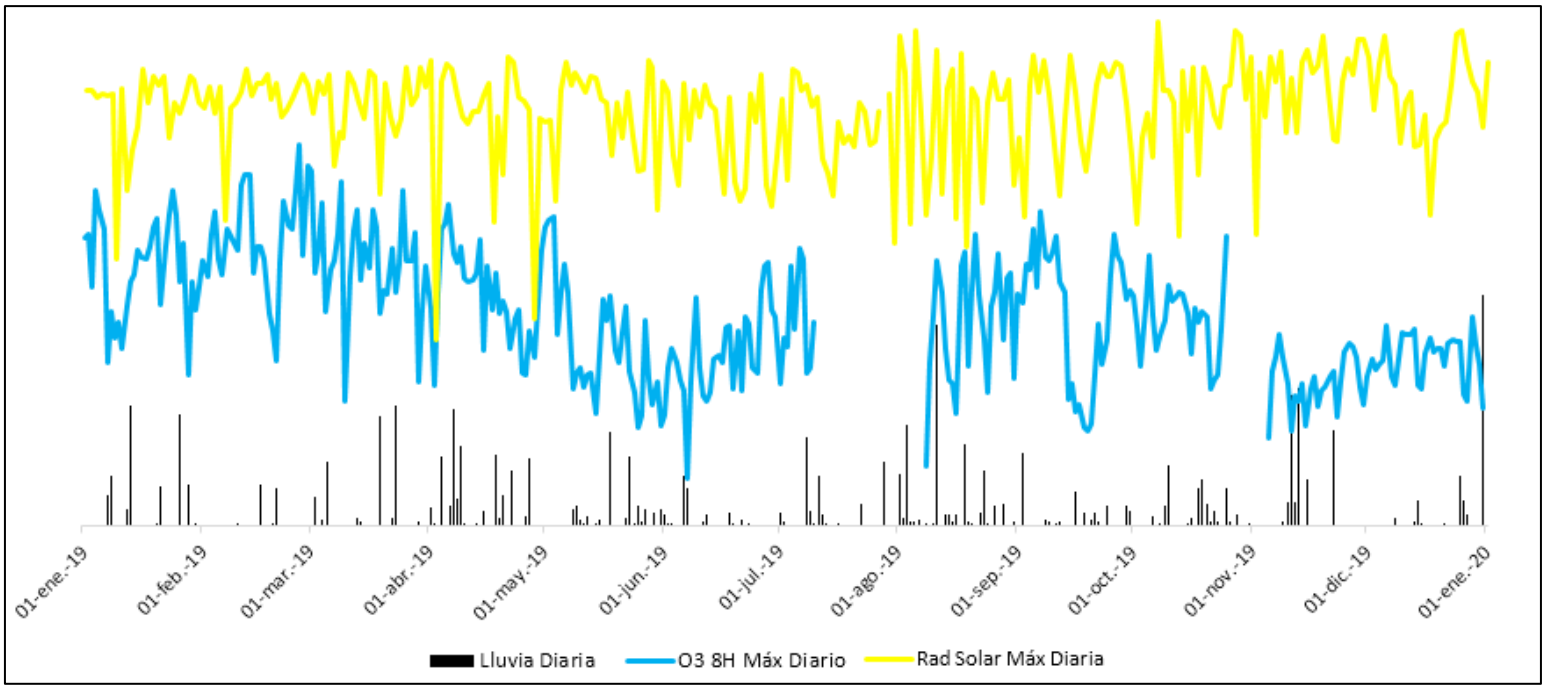


Gráfico 114. Relación del contaminante de O3 por radiación solar y por lluvia

En la figura 6 se presenta la velocidad y dirección del viento registrada en la estación Florida, para el año 2019 los vientos se desplazaron predominantemente con velocidades entre 0.4 m/s y 1.8 m/s con un 56% de representatividad. Y con una dirección del viento predominante desde el nornoroeste con 13% de representatividad, seguidos por calmas con un 21.5% de representatividad.

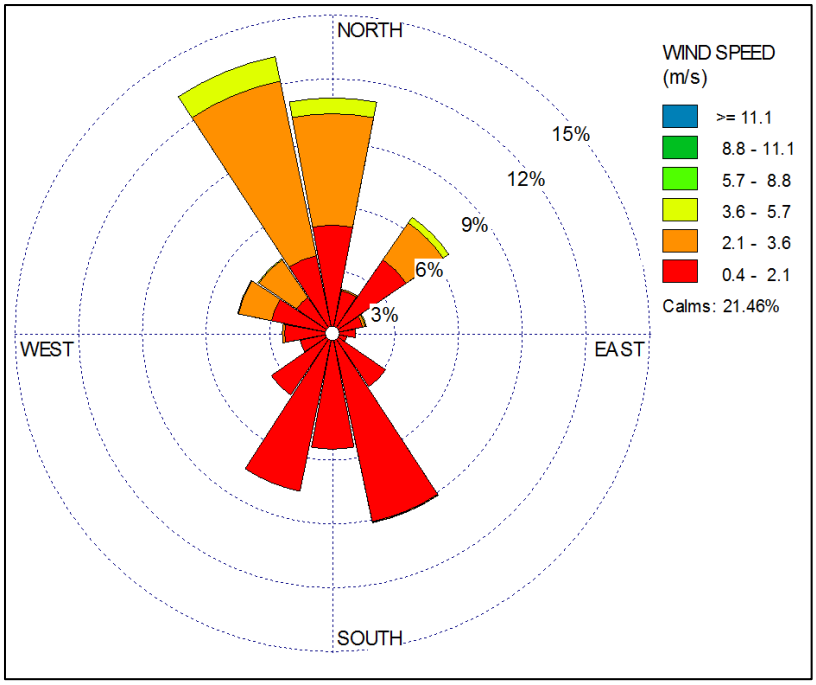


Gráfico 115. Velocidad y Dirección del Viento Estación Florida

El comportamiento de las variables como lluvia acumulada, temperatura promedio, máxima, mínima y humedad promedio para el año 2019 se relaciona en la tabla 10, en la que se puede apreciar que febrero y septiembre fueron los meses del año donde hubo más baja precipitación, mayor temperatura y menor humedad, es decir las condiciones favorables para tener mayor concentración de contaminantes en la atmósfera.

Tabla 45. Variables Meteorológicas Estación Florida

| REGISTRO MENSUAL | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mes | **Lluvia Acum [mm]** | **Temp Prom [°c]** | **Temp Máx [°c]** | **Temp Min [°c]** | **Hum Prom [%]** | **Rad Máx Prom [W/m$^2$]** |
| enero | 113.8 | 26.0 | 30.8 | 21.9 | 72.2 | 808 |
| febrero | 23.6 | 26.5 | 31.2 | 22.8 | 70.7 | 843 |
| marzo | 97 | 26.1 | 30.5 | 22.5 | 74.7 | 787 |
| abril | 161.6 | 25.5 | 30.4 | 21.9 | 78.5 | 799 |
| mayo | 83.2 | 25.6 | 30.6 | 22.2 | 77.6 | 740 |
| junio | 40.8 | 25.5 | 30.2 | 22.1 | 78.2 | 763 |
| julio | 77.2 | 25.2 | 30.4 | 21.6 | 77.1 | 809 |
| agosto | 172.0 | 24.8 | 30.4 | 21.3 | 80.1 | 854 |
| septiembre | 61.2 | 25.2 | 30.4 | 21.4 | 72.5 | 861 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| octubre | 81.3 | 24.6 | 29.4 | 21.6 | 75.9 | 846 |
| noviembre | 126.3 | 24.9 | 29.3 | 21.8 | 75.8 | 734 |
| diciembre | 97.8 | 25.2 | 29.7 | 21.9 | 75.6 | 761 |

### 3.3.6. Análisis del Índice de Calidad del Aire

Para iniciar el cálculo del Índice de Calidad del Aire - ICA mensual de PM10 se determina el promedio mensual (promedio aritmético) de concentraciones horarias, se calcula del total de las concentraciones horarias válidas en el mes por estación y para $O_3$ se determina la concentración máxima de los promedios octohorario para cada mes.

El ICA se define en un rango de 0-500 y se calcula a partir de la ecuación definida en el artículo 21 de la Resolución 2254 de 2017 teniendo en cuenta los puntos de corte relacionados en la tabla No. 6 de esta misma norma.

Entre más alto sea el Índice de Calidad del Aire peor es el estado de la calidad del Aire. La tabla 11 relaciona el ICA de cada mes de las estaciones de ciudadela y florida.

Tabla 46. ICA Mensual para contaminantes Criterios PM10 y Ozono

| Estación | CIUDADELA | | | FLORIDA | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Contaminante | **PM10** | | | **$O_3$** | | |
| Mes | Concentración Promedio mensual - µg/m$^3$ | **ICA** | **Estado de la Calidad del Aire** | Concentración Máxima mensual - µg/m$^3$ | **ICA** | **Estado de la Calidad del Aire** |
| Enero | 41 | **38** | Buena | 90 | **42** | Buena |
| Febrero | 54 | **50** | Buena | 103 | **49** | Buena |
| Marzo | 51 | **47** | Buena | 96 | **45** | Buena |
| Abril | 35 | **32** | Buena | 87 | **41** | Buena |
| Mayo | 26 | **24** | Buena | 84 | **39** | Buena |
| Junio | 27 | **25** | Buena | 71 | **34** | Buena |
| Julio | 28 | **26** | Buena | 75 | **35** | Buena |
| Agosto | 32 | **30** | Buena | 79 | **37** | Buena |
| Septiembre | 27 | **25** | Buena | 85 | **40** | Buena |
| Octubre | 30 | **28** | Buena | 78 | **37** | Buena |
| Noviembre | 39 | **36** | Buena | 52 | **25** | Buena |
| Diciembre | 39 | **36** | Buena | 57 | **27** | Buena |

### 3.4. Conclusiones

- Para el año 2019, según los registros de los contaminantes de Ozono (O3) y Material Particulado menor a 10 micras (PM10) en las estaciones de Florida y Ciudadela, no suponen peligro para la salud, ya que las concentraciones por lo general no superan la norma (Resolución 2254 de 2017) pues solo se presentaron tres excedencias de PM10 y dos de Ozono.
- Las concentraciones más altas de los contaminantes Material particulado menor a 10 micras (PM10) y Ozono (O3) se presentaron durante los tres primeros meses del año, no obstante las concentraciones disminuyeron a partir del mes de abril manteniendo el Índice de Calidad del Aire menor a 41, indicando un Estado de la Calidad del Aire *Bueno* durante el año 2019 para el área de influencia de las estaciones de la CDMB.
- Se pudo evidenciar la relación de las concentraciones de los contaminantes con las condiciones meteorológicas de cada sitio lográndose evidenciar las mayores concentraciones en los periodos de menor precipitación como lo es el primer trimestre del año.
- Aunque el número de excedencias de la norma de calidad de aire no son representativos si son indicadores de alertas para que en el Área Metropolitana Bucaramanga se desarrollen políticas de prevención o campañas pedagógicas que puedan contrarrestar el aumento del Índice de Calidad de Aire en las épocas secas.