



**GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESPECIALIDAD EN HORTOFRUTICULTURA Y JARDINERÍA**

TRABAJO TÉCNICO

**ESTUDIO DE LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS PARA
EVALUAR LA VIABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE
HORTALIZAS BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS EN UNA
ZONA TROPICAL DEL ECUADOR**

Autor: Emilio Arredondo Navarro

Directora: María Teresa Lao Arenas

Codirector: John Eloy Franco Rodríguez

Almería, Septiembre de 2018

Agradecimientos

A mis padres, a mi hermana y a toda mi familia, gracias a ellos soy quien soy y sólo les puedo expresar mi sincero agradecimiento por apoyarme durante la etapa académica. Dedico este logro también a mi novia Andrea Orellana, quien ha estado a mi lado en la última etapa de mi carrera, dándome su apoyo incondicional cada día.

A la Dra. María Teresa Lao Arenas, directora de este proyecto, por haber sido mi guía durante la redacción y al Dr. John Eloy Franco Rodríguez, codirector del proyecto, por haberme concedido su ayuda cada vez que la necesité y por el buen trato y amabilidad recibido por parte de ambos.

A todos mis compañeros de carrera y docentes, de la Universidad de Almería y de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, que me brindaron su ayuda durante la etapa académica.

Gracias a todos los que de una u otra forma, me habéis ayudado a ser lo que hoy soy.

Resumen

La agricultura es uno de los ejes principales sobre los que se desenvuelve la economía de Ecuador. Al ser ésta una actividad fundamental tanto en el ámbito económico como en la seguridad alimentaria, se vuelve crucial conocer las características agroclimáticas de las zonas de alto potencial agrícola, especialmente para la horticultura.

El crecimiento de la población es un factor que obliga al sector agrícola a incrementar el volumen de producción de alimentos por lo que el cultivo de hortalizas bajo condiciones protegidas ofrece una alternativa muy clara para los pequeños y medianos agricultores por la gran variedad de productos que se pueden cultivar y por la oportunidad de obtener una producción de forma constante durante la mayor parte del año, lo cual permite una mayor seguridad en la comercialización.

Ecuador se divide en tres grandes regiones geográficas: Costa, Sierra y Oriente. El 86% de la superficie dedicada a la horticultura se concentra en la Sierra, el 13% en la Costa y sólo el 1% en el Oriente. En el presente Trabajo Técnico se ha realizado un estudio de las características del clima, agua y suelos de una zona perteneciente a la región costera con la finalidad de que se tenga en consideración dicha información a la hora de llevar a cabo la planificación de cultivos y el diseño de estructuras de protección para la producción de hortalizas.



ÍNDICE GENERAL

1. MEMORIA DESCRIPTIVA.	20
1.1. Importancia del Trabajo Técnico.....	20
1.2. Interés del Trabajo Técnico.	20
1.3. Objetivos del Trabajo Técnico.	20
1.4. Ecuador: descripción general.....	21
1.4.1. Geografía.....	21
1.4.2. Población.....	23
1.4.3. Agricultura en Ecuador.	24
1.5. Zona de Planificación 8 del Ecuador.....	25
1.5.1. Ubicación.	25
1.5.2. División territorial.....	26
1.5.3. Población.....	27
1.5.4. Geografía.....	27
1.5.5. Condiciones edafoclimáticas.....	28
1.5.6. Agricultura en la zona.	28
1.5.7. Situación socioeconómica de la zona.....	29
1.6. Desarrollo de la horticultura protegida en el trópico.....	31
1.7. Factores climáticos en la Zona de Planificación 8.	34
1.7.1. Radiación.....	35
1.7.2. Temperatura.	36
1.7.3. Pluviometría.....	36
1.7.4. Humedad.....	37
1.7.5. Viento.....	38
1.8. Características de los suelos en Ecuador y en la zona de estudio.....	38
1.9. Calidad de las aguas de riego.	39
1.9.1. Recursos hídricos.	40
2. FASES DE REALIZACIÓN Y CRONOGRAMA ASOCIADO.	43
2.1. Fases de realización.	43
2.2. Cronograma asociado.	45
3. ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.....	48
3.1. Clasificación climática. Índices termopluviométricos.....	48



3.2. Factores edáficos: caracterización de suelos.	48
3.2.1. Parámetros de calidad.	48
3.3. Agua de riego: parámetros de calidad.	49
4. ESPECIFICACIONES GENERALES Y ADMINISTRATIVAS.	52
5. MEDICIONES.....	57
5.1. Estudio de clima.	57
5.1.1. Datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.	57
5.1.2. Radiación.	57
5.1.3. Termometría.....	58
5.1.4. Pluviometría.....	58
5.1.5. Humedad relativa.....	59
5.1.6. Viento.....	60
5.1.7. Índices termopluviométricos.....	60
5.2. Estudio del agua.....	61
5.2.1. Dureza.....	61
5.2.2. Carbonato sódico residual (CSR).....	62
5.2.3. Relación de adsorción de sodio (SAR).	62
5.2.4. Clasificación en función de las Normas Riverside.	62
5.2.5. Índice de Scott o coeficiente alcalinométrico.	64
5.3. Estudio de suelo.....	64
5.3.1. pH.....	65
5.3.2. Textura.	65
5.3.3. Conductividad eléctrica.	66
5.3.4. Materia orgánica.	66
5.3.5. Fósforo.	66
5.3.6. Potasio.....	66
5.3.7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	67
5.3.8. Porcentaje de saturación por bases.	67
6. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA.	69
6.1. Ubicación de las estaciones meteorológicas.....	69
6.2. Ubicación de los puntos de muestreo de agua.	70
6.3. Ubicación de los puntos de muestreo de suelo.	71
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	73



7.1. Estudio de clima.	73
7.1.1. Radiación.	73
7.1.2. Termometría.	76
7.1.3. Pluviometría.	82
7.1.4. Humedad relativa.	97
7.1.5. Viento.	102
7.1.6. Índices termopluviométricos.	108
7.2. Estudio de agua.	111
7.2.1. Dureza.	112
7.2.2. Carbonato sódico residual (CSR).	112
7.2.3. Relación de adsorción de sodio (SAR).	113
7.2.4. Clasificación en función de las Normas Riverside.	113
7.2.5. Índice de Scott o coeficiente alcalinométrico.	114
7.3. Estudio de suelo.	115
7.3.1. pH.	116
7.3.2. Textura.	116
7.3.3. Conductividad eléctrica.	118
7.3.4. Materia orgánica.	118
7.3.5. Fósforo.	119
7.3.6. Potasio.	120
7.3.7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).	120
7.3.8. Porcentaje de saturación por bases.	122
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS.	124
9. BIBLIOGRAFÍA.	126
10. ANEXOS.	133



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa físico de Ecuador.....	22
Figura 2. Crecimiento de las principales ciudades del Ecuador.....	23
Figura 3. Relación Urbano – Rural.....	23
Figura 4. Localización y Delimitación de la Zona de Planificación 8.....	26
Figura 5. División territorial de la Zona de Planificación 8.....	27
Figura 6. Porcentaje de personas que han recibido capacitación en el uso y manejo de agroquímicos.....	30
Figura 7. Corrientes provenientes del Océano Pacífico.....	35
Figura 8. Suelos aluviales en la Costa del Ecuador.....	39
Figura 9. Consumo de agua en Ecuador.....	40
Figura 10. Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego.....	50
Figura 11. Diagrama estadounidense de clases texturales.....	65
Figura 12. Ubicación y distancia de las estaciones meteorológicas.....	69
Figura 13. Ubicación del lugar en el que fueron tomadas las muestras de agua.....	70
Figura 14. Ubicación del lugar en el que fueron tomadas las muestras de suelo.....	71
Figura 15. Comparación de la distribución de radiación a lo largo del día en el periodo de enero a junio de 2016.....	73
Figura 16. Comparación de la distribución de radiación a lo largo del día en el periodo de febrero a marzo y de mayo a septiembre de 2017.....	73
Figura 17. Radiación solar máxima absoluta diaria y media diaria ($W m^{-2} día^{-1}$) recogida en la estación meteorológica Santa Elena en el año 2016.....	75
Figura 18. Radiación solar máxima absoluta diaria y media diaria ($W m^{-2} día^{-1}$) recogida en la estación meteorológica Santa Elena en el año 2017.....	75
Figura 19. Resumen mensual de temperaturas de la estación meteorológica El Progreso – Guayas.....	77
Figura 20. Resumen mensual de temperaturas de la estación meteorológica Aeropuerto de Guayaquil.....	78
Figura 21. Resumen mensual de temperaturas de la estación meteorológica Santa Elena.....	80



Figura 22. Precipitación máxima en 24 h ($L m^{-2}$) recogida en la estación El Progreso – Guayas.....	82
Figura 23. Precipitación media diaria ($L m^{-2}$) recogida en la estación El Progreso – Guayas.....	83
Figura 24. Precipitación media mensual y máxima mensual ($L m^{-2}$) recogida en la estación El Progreso – Guayas.....	84
Figura 25. Días con precipitación superior a 1, 10 y 30 $L m^{-2}$ en función de los datos de la estación El Progreso – Guayas.....	85
Figura 26. Precipitación media diaria ($L m^{-2}$) recogida en la estación Aeropuerto de Guayaquil.....	86
Figura 27. Precipitación máxima en 24 h ($L m^{-2}$) recogida en la estación Aeropuerto de Guayaquil.....	87
Figura 28. Precipitación media mensual y máxima mensual ($L m^{-2}$) recogida en la estación Aeropuerto de Guayaquil.....	88
Figura 29. Precipitación histórica anual ($L m^{-2}$) recogida en la estación Aeropuerto de Guayaquil.....	89
Figura 30. Días con precipitación superior a 1, 10 y 30 $L m^{-2}$ en función de los datos de la estación Aeropuerto de Guayaquil.....	90
Figura 31. Precipitación media diaria ($L m^{-2}$) recogida en la estación Santa Elena.....	92
Figura 32. Precipitación máxima en 24 h ($L m^{-2}$) recogida en la estación Santa Elena.....	92
Figura 33. Precipitación media mensual y máxima mensual ($L m^{-2}$) recogida en la estación Santa Elena.....	93
Figura 34. Días con precipitaciones superiores a 1, 10 y 30 $L m^{-2}$ en función de los datos de la estación Santa Elena.....	94
Figura 35. Precipitación media anual, máxima mensual y máxima en 24 h ($L m^{-2}$) para las 3 estaciones meteorológicas estudiadas.....	96
Figura 36. N° de días con precipitación superior a 1, 10 y 30 $L m^{-2}$ en cada una de las estaciones meteorológicas estudiadas.....	96
Figura 37. Resumen mensual de datos de humedad (%) obtenidos de la estación meteorológica El Progreso - Guayas.....	98
Figura 38. Resumen mensual de datos de humedad (%) obtenidos de la estación meteorológica Santa Elena.....	99



Figura 39. Resumen mensual de datos de humedad (%) obtenidos de la estación Aeropuerto de Guayaquil.....	101
Figura 40. Velocidad media y máxima del viento (Km h^{-1}) en la estación Aeropuerto de Guayaquil.....	103
Figura 41. Rosa de los vientos elaborada a partir de la frecuencia de dirección de viento en la estación Aeropuerto de Guayaquil.....	104
Figura 42. Rosa de los vientos sobre el mapa de Ecuador.....	105
Figura 43. Estero salado junto a la desembocadura del río Guayas.....	105
Figura 44. Velocidad media y máxima (Km h^{-1}) en la estación El Progreso – Guayas.....	106
Figura 45. Diagrama ombrotérmico de la estación El Progreso – Guayas.....	108
Figura 46. Diagrama ombrotérmico de la estación Aeropuerto de Guayaquil.....	109
Figura 47. Diagrama ombrotérmico de la estación Santa Elena.....	110
Figura 48. Clasificación de las muestras de suelo según la clasificación estadounidense.....	117
Figura 49. Radiación solar máxima diaria (W m^{-2}) en el mes de enero de 2016.....	133
Figura 50. Radiación solar máxima diaria (W m^{-2}) en el mes de febrero de 2016.....	133
Figura 51. Radiación solar máxima diaria (W m^{-2}) en el mes de marzo de 2016.....	134
Figura 52. Radiación solar máxima diaria (W m^{-2}) en el mes de abril de 2016.....	134
Figura 53. Radiación solar máxima diaria (W m^{-2}) en el mes de mayo de 2016.....	135
Figura 54. Radiación solar máxima diaria (W m^{-2}) en el mes de junio de 2016.....	135
Figura 55. Radiación solar máxima diaria (W m^{-2}) en el mes de febrero de 2017.....	136
Figura 56. Radiación solar máxima diaria (W m^{-2}) en el mes de marzo de 2017.....	136
Figura 57. Radiación solar máxima diaria (W m^{-2}) en el mes de mayo de 2017.....	137
Figura 58. Radiación solar máxima diaria (W m^{-2}) en el mes de junio de 2017.....	137
Figura 59. Radiación solar máxima diaria (W m^{-2}) en el mes de julio de 2017.....	138
Figura 60. Radiación solar máxima diaria (W m^{-2}) en el mes de agosto de 2017.....	138
Figura 61. Radiación solar máxima diaria (W m^{-2}) en el mes de septiembre de 2017.....	139
Figura 62. Radiación promedio por hora (W m^{-2}) en el mes de enero de 2016.....	140



Figura 63. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de febrero de 2016.....	140
Figura 64. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de marzo de 2016.....	140
Figura 65. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de abril de 2016.....	141
Figura 66. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de mayo de 2016.....	141
Figura 67. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de junio de 2016.....	141
Figura 68. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de febrero de 2017.....	142
Figura 69. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de marzo de 2017.....	142
Figura 70. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de mayo de 2017.....	142
Figura 71. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de junio de 2017.....	143
Figura 72. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de julio de 2017.....	143
Figura 73. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de agosto de 2017.....	143
Figura 74. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de septiembre de 2017.....	144



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales hortalizas cultivadas, superficie (ha) y producción (tn año ⁻¹).....	25
Tabla 2. Cantones y Parroquias de la Zona de Planificación 8 del Ecuador.....	26
Tabla 3. UPA y superficie ocupada.....	28
Tabla 4. Participación en la producción por el tipo de agricultor.....	29
Tabla 5. Principales cultivos.....	29
Tabla 6. Área de invernaderos (invernaderos de plástico, túneles elevados), pequeños túneles bajos e invernaderos de vidrio en países de América.....	32
Tabla 7. Radiación directa y difusa en Guayaquil (kWh m ⁻² año ⁻¹).....	35
Tabla 8. Registro histórico de temperatura media (°C).....	36
Tabla 9. Registro histórico de pluviosidad (L m ⁻²).....	37
Tabla 10. Registro histórico de la pluviosidad máxima en 24 horas (L m ⁻²).....	37
Tabla 11. Registro histórico del número de días con precipitación.....	37
Tabla 12. Registro histórico de humedad media en%.....	37
Tabla 13. Registro histórico de la dirección predominante del viento en rumbos.....	38
Tabla 14. Registro histórico de la velocidad media y velocidad máxima absoluta del viento (m s ⁻¹).....	38
Tabla 15. Recursos hídricos de Ecuador.....	41
Tabla 16. Fases de realización del Trabajo Fin de Grado.....	43
Tabla 17. Cronograma de actividades del Trabajo Fin de Grado.....	45
Tabla 18. Criterios de clasificación del clima según los índices termopluviométricos.....	48
Tabla 19. Estaciones meteorológicas utilizadas en el presente estudio.....	57
Tabla 20. Estaciones meteorológicas utilizadas para el estudio de termometría de la zona.....	58



Tabla 21. Estaciones meteorológicas utilizadas para el estudio de pluviometría de la zona.....	59
Tabla 22. Estaciones meteorológicas utilizadas para el estudio de humedad relativa de la zona.....	59
Tabla 23. Estaciones meteorológicas utilizadas para el estudio de viento de la zona.....	60
Tabla 24. Valoración de la calidad del agua en función de su dureza.....	62
Tabla 25. Valoración de la calidad del agua en función del CSR.....	62
Tabla 26. Valoración de la calidad del agua en función de las Normas Riverside.....	63
Tabla 27. Valoración de la calidad del agua en función del índice de Scott.....	64
Tabla 28. Cultivo y lugar en el que fueron tomadas las muestras de suelo.....	64
Tabla 29. Clasificación del suelo en función del pH.....	65
Tabla 30. Clasificación del suelo en función de la CE.....	66
Tabla 31. Clasificación del suelo en función del % en materia orgánica.....	66
Tabla 32. Clasificación del suelo en función del nivel en fósforo.....	66
Tabla 33. Clasificación del suelo en función del nivel en potasio.....	66
Tabla 34. Clasificación del suelo en función de la capacidad de intercambio catiónico.....	67
Tabla 35. Clasificación del suelo en función del % de saturación por bases.....	67
Tabla 36. Lugares en los que fueron tomadas las muestras de agua.....	70
Tabla 37. Lugares en los que fueron tomadas las muestras de suelo.....	71
Tabla 38. Radiación solar máxima absoluta diaria y media diaria ($W m^{-2} día^{-1}$) recogida en la estación meteorológica Santa Elena en los años 2016 y 2017.....	74
Tabla 39. Variables de temperatura ($^{\circ}C$) de la estación meteorológica El Progreso – Guayas.....	76
Tabla 40. Variables de temperatura ($^{\circ}C$) de la estación meteorológica Aeropuerto de Guayaquil.....	77



Tabla 41. Variables de temperatura (°C) de la estación meteorológica Santa Elena.....	79
Tabla 42. Valores medios anuales de las diferentes variables de temperatura (°C) según la estación meteorológica.....	80
Tabla 43. Temperatura de germinación y crecimiento (°C) de las principales hortalizas.....	81
Tabla 44. Precipitación media diaria y máxima en 24 horas (L m ⁻²) recogida en la estación El Progreso – Guayas.....	82
Tabla 45. Precipitación media mensual y máxima mensual (L m ⁻²) recogida en la estación El Progreso – Guayas.....	83
Tabla 46. Días con precipitaciones superiores a 1, 10 y 30 L m ⁻² en función de los datos de la estación El Progreso – Guayas.....	84
Tabla 47. Precipitación media diaria (L m ⁻²) recogida en la estación Aeropuerto de Guayaquil.....	86
Tabla 48. Precipitación máxima en 24 horas (L m ⁻²) recogida en la estación Aeropuerto de Guayaquil.....	87
Tabla 49. Precipitación media mensual y máxima mensual (L m ⁻²) recogida en la estación Aeropuerto de Guayaquil.....	88
Tabla 50. Días con precipitaciones superiores a 1, 10 y 30 L m ⁻² en función de los datos de la estación Aeropuerto de Guayaquil.....	90
Tabla 51. Precipitación media diaria y máxima en 24 horas (L m ⁻²) recogida en la estación Santa Elena.....	91
Tabla 52. Precipitación media mensual y máxima mensual (L m ⁻²) recogida en la estación Santa Elena.....	93
Tabla 53. Días con precipitaciones superiores a 1, 10 y 30 L m ⁻² en función de los datos de la estación Santa Elena.....	94
Tabla 54. Resumen de datos pluviométricos expresados en L m ⁻² , para las diferentes estaciones meteorológicas.....	95
Tabla 55. Variables de humedad (%) de la estación meteorológica El Progreso – Guayas.....	97
Tabla 56. Variables de humedad (%) de la estación meteorológica Santa Elena.....	98



Tabla 57. Variables de humedad (%) de la estación meteorológica Aeropuerto de Guayaquil.....	100
Tabla 58. Resumen de datos de humedad (%) para las estaciones de El Progreso – Guayas y Santa Elena.....	101
Tabla 59. Resumen de datos de humedad (%) para la estación Aeropuerto de Guayaquil.....	102
Tabla 60. Velocidad media y máxima del viento (Km h^{-1}).....	102
Tabla 61. Dirección predominante del viento.....	103
Tabla 62. Frecuencia de dirección del viento.....	104
Tabla 63. Velocidad media y máxima del viento (Km h^{-1}).....	106
Tabla 64. Dirección predominante del viento.....	107
Tabla 65. Índices termopluviométricos.....	108
Tabla 66. Resultados obtenidos para las distintas muestras de agua analizadas.....	111
Tabla 67. Resultados de la valoración del agua en función de la dureza.....	112
Tabla 68. Resultados de la valoración del agua en función del CSR.....	112
Tabla 69. Cálculo de la relación de adsorción del sodio (SAR).....	113
Tabla 70. Resultados de la valoración del agua según el criterio Riverside.....	113
Tabla 71. Resultados de la valoración del agua según el Índice de Scott.....	114
Tabla 72. Resultados obtenidos para las distintas muestras de suelo analizadas.....	115
Tabla 73. Resultados de la valoración del suelo en función del pH.....	116
Tabla 74. Resultados de la valoración del suelo en función de la textura.....	116
Tabla 75. Resultados de la valoración del suelo en función de la conductividad eléctrica.....	118
Tabla 76. Resultados de la valoración del suelo en función del % de materia orgánica.....	118
Tabla 77. Resultados de la valoración del suelo en función del nivel de fósforo.....	119
Tabla 78. Resultados de la valoración del suelo en función de su nivel de potasio.....	120



Tabla 79. Resultados de la valoración del suelo en función de la capacidad de intercambio catiónico.....120

Tabla 80. Resultados de la valoración del suelo en función del % de saturación por bases.....122



1. MEMORIA DESCRIPTIVA



1. MEMORIA DESCRIPTIVA.

1.1. Importancia del Trabajo Técnico.

El sector agrícola ecuatoriano es y continuará siendo muy importante para la economía nacional, no solo por su aporte al Producto Interno Bruto (7%), sino también por su fuerte encadenamiento con otros sectores.

La realidad actual encuentra que Ecuador, en casi todos los rubros agrícolas, exhibe bajos rendimientos, bajo control de plagas y enfermedades, altas pérdidas en postcosecha, deficiente calidad de los productos y altos costos de producción. Esta situación, determina una notoria desventaja competitiva frente a otros países, por lo cual, con la actual estructura productiva no es posible que Ecuador pueda garantizar su soberanía alimentaria y responder a los crecientes condicionamientos de los mercados respecto a la calidad e inocuidad de los alimentos de origen vegetal que produce.

Por lo expuesto, el presente Trabajo Técnico es de gran relevancia para la agricultura de la zona estudiada ya que contribuye al aporte de información que constituirá la base para la producción. Factores de diversa índole (políticos, económicos, sociales, entre otros), son responsables del retraso productivo. La inversión en investigación agrícola, transferencia del conocimiento generado y capacitación de productores, usualmente ha sido insuficiente, a pesar de que son de vital importancia para constituir la base que induce los incrementos productivos.

1.2. Interés del Trabajo Técnico.

La integración de los mercados a nivel global, determina que la producción agrícola nacional deba mejorar en todos los aspectos, a fin de afrontar la competencia con otros países no sólo en el ámbito internacional (exportaciones), sino también en el nacional (importaciones). La agricultura ecuatoriana debe ser capaz de obtener producciones en los volúmenes que demande el mercado nacional e internacional, con los más altos estándares de calidad, con una adecuada continuidad de la oferta y a costos competitivos con otros países.

1.3. Objetivos del Trabajo Técnico.

El objetivo principal de este Trabajo Técnico ha sido estudiar las condiciones agroclimáticas como base del desarrollo de los sistemas hortícolas bajo condiciones protegidas de la Zona de Planificación 8 del Ecuador, la cual incluye los cantones de Guayaquil, Samborondón y Durán.



Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Estudiar las condiciones climáticas para establecer infraestructuras de producción hortícola en la zona.
2. Verificar las características de los suelos de la zona para el desarrollo de la producción hortícola.
3. Analizar las características del agua de la zona para el desarrollo de la producción hortícola.

1.4. Ecuador: descripción general.

1.4.1. Geografía.

Ecuador es un país ubicado en América del Sur. Limita al norte con Colombia, al sur y al este con Perú y al oeste con el Océano Pacífico. La parte continental está ubicada entre los paralelos 01° 30' N y 03° 23.5' S y los meridianos 75° 12' W y 81° 00' W. Al territorio nacional le atraviesa la línea ecuatorial, precisamente 22 Km al norte de la ciudad de Quito, que es su capital. La Cordillera de los Andes atraviesa al Ecuador de norte a sur, dividiendo al territorio continental en tres regiones naturales que son (INOCAR, 2012):

- **Región interandina o sierra**, ubicada entre las cordilleras Occidental y Central, las mismas que se unen entre sí cada cierto tramo, formando altos valles en donde se asientan los núcleos humanos a una altura media de 2.500 m.s.n.m.
- **Región oriental o amazónica**, se encuentra al este de la cordillera Central hasta los límites con Perú. La región se divide en Alto Oriente y Bajo Oriente, el primero es más habitado por tener un clima benigno, en cambio en el Bajo Oriente, predomina la selva virgen con abundantes bosques y junglas, además se encuentran zonas pantanosas, sobre todo cerca de los grandes ríos que la atraviesan.
- **Región litoral o costa**, desde la cordillera Occidental hasta la costa bañada por el Océano Pacífico. Está constituida por densas llanuras muy aptas para la agricultura, terrenos anegadizos (sobre todo en época de lluvias), salitres y manglares. Dentro de ésta se encuentra la Zona de Planificación 8 del Ecuador, compuesta por los cantones de Guayaquil, Samborondón y Durán, los cuales serán el objeto de estudio del presente Trabajo Técnico.

Cabe indicar que Ecuador tiene como cuarta región a la Región Insular o islas Galápagos y como una quinta región el territorio en el cual se tiene presencia en el continente Antártico. El país está dividido en provincias que, a su vez, se dividen en cantones y parroquias. Las provincias en las cuales se divide el territorio se distribuyen de la siguiente forma:

- **Región litoral:** El Oro, Esmeraldas, Guayas, Los Ríos, Manabí, Santo Domingo y Santa Elena.
- **Región interandina:** Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Pichincha y Tungurahua.
- **Región oriental:** Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, Sucumbios y Zamora Chinchi.
- **Región insular:** Galápagos.

En cuanto a superficie se refiere, el país cuenta con las siguientes extensiones: continental 262.826 Km² y región insular 7.844 Km², totalizando una extensión territorial de 270.670 Km² (Ecuador & Perú, 1998). En la figura 1 se pueden visualizar las 3 principales regiones del Ecuador: Costa (a la izquierda), Sierra (centro) y Oriente (a la derecha).

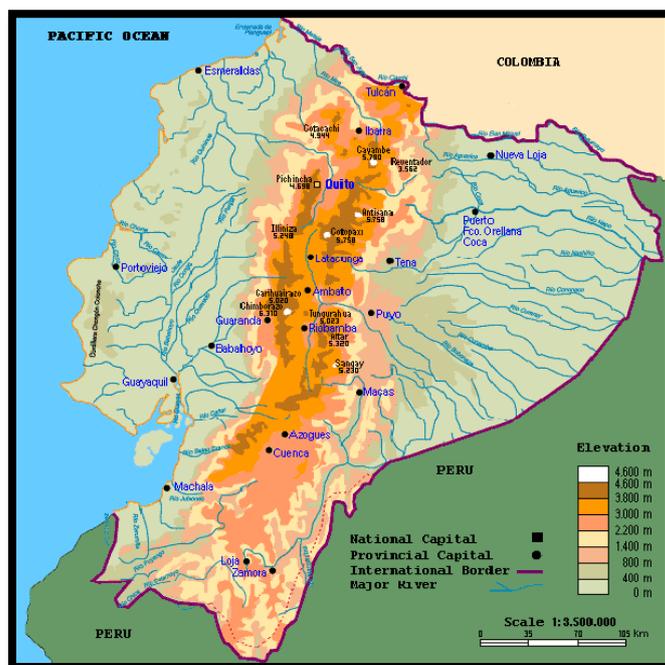


Figura 1. Mapa físico de Ecuador (Centro de mapas de Ecuador, 2018).

En el Ecuador se encuentran los principales afluentes del Río Amazonas, como resultado de esto, es el país que tiene la más alta concentración de ríos por superficie en el mundo. La mayoría de los ríos y arroyos del país nacen en la cordillera de los Andes, y discurren hacia el oeste al Océano Pacífico y hacia el este al río Amazonas. Generalmente los ríos son estrechos en las tierras altas, y se vuelven más anchos a medida que alcanzan las cotas más bajas de la Costa y del Oriente (Secretaría Nacional del Agua del Ecuador, 2009).



Destacan los ríos Putumayo, Napo y Cunambo, con una longitud total de 1.575, 1.130 y 960 Km de recorrido respectivamente (Wikipedia, 2018), incluyendo también los tramos que discurren por otros países.

1.4.2. Población.

Según el Censo de Población del 2010, Ecuador tiene una población total de 14,5 millones de personas. Ello representa el 0,2% de la población mundial y el 2% de la población de América Latina y muestra una densidad poblacional de 52 personas por km². La población del Ecuador se encuentra prácticamente dividida en porcentajes iguales entre Sierra y Costa. Un porcentaje mínimo de alrededor del 5% está ubicado en la Amazonía.

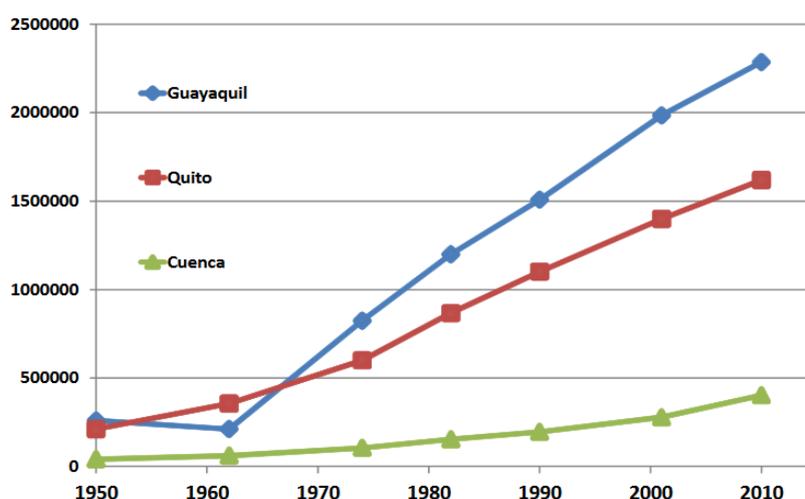


Figura 2. Crecimiento de las principales ciudades del Ecuador (ECUADOR - CEPAL).

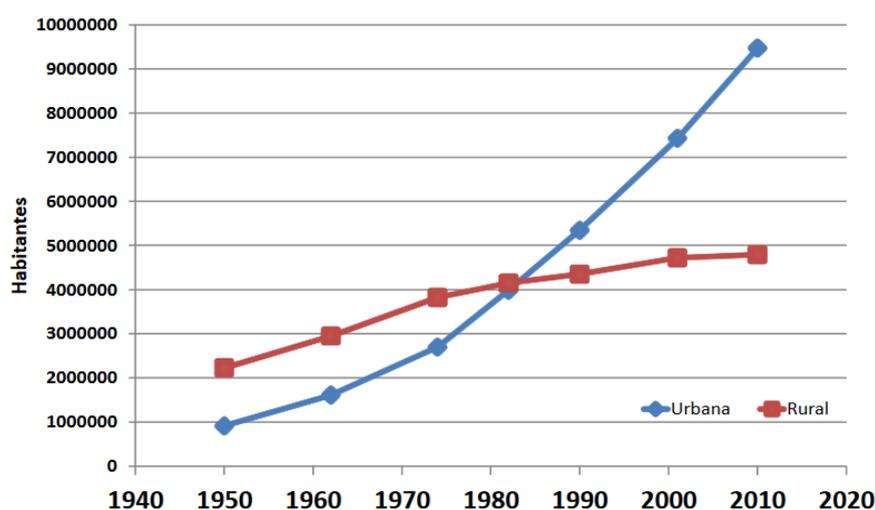


Figura 3. Relación Urbano – Rural (ECUADOR - CEPAL).



1.4.3. Agricultura en Ecuador.

El sector agrícola es uno de los ejes principales sobre los que se desenvuelve la economía del país. Es una actividad fundamental tanto en el ámbito económico como en la seguridad alimentaria y se vuelve crucial conocer su evolución a lo largo de los años, con el objetivo de observar el comportamiento de la producción y su sostenibilidad en el tiempo.

Del 40% de la población ecuatoriana que reside en el área rural, las dos terceras partes conforman hogares de productores agropecuarios y viven en las propias Unidades de Producción Agropecuaria, de tal manera que, algo más del 25% de la población ecuatoriana se estima vinculada a la actividad agropecuaria, ciertamente, el 62% de la población rural ocupada trabaja en agricultura (INEC; MAGAP; PROYECTO SICA, 2002).

En el año 2014 el Producto Interior Bruto (PIB) Agrícola se ubica en los 5,018 mil millones de dólares (a precios constantes del 2007) y aporta el 85% al total del PIB Agropecuario y el 7% al PIB total (Monteros Guerrero, Sumba Lusero y Salvador Sarauz, 2014).

Durante el primer trimestre del año 2017, el PIB del sector agropecuario presentó un aumento trimestral de 2.2% y 1.9% de manera anual. Mientras que el PIB Anual Agropecuario del año 2016 bajó en 0.8% al compararlo con el año anterior y su aporte fue del 7.6% al PIB Nacional (Boletín Agrícola Integral - Nacional, 2017).

La superficie agrícola abarca aproximadamente el 14% del total de la superficie total del país (Alcívar, 2011). Los cultivos permanentes representan el 26,70% de la superficie con labor agropecuaria, siendo la caña de azúcar, banano y palma africana los cultivos de mayor producción a nivel nacional (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2016).

Otro de los sectores más importantes en el país es el florícola. Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, en el año 2016 se registraron cerca de 8.500 ha de superficie, principalmente de los cultivos de rosa, gypsophila y clavel, que ocupan el 72% del total de superficie plantada con flores.

En la actualidad en Ecuador, se dedican alrededor de 30.000 ha al cultivo de hortalizas. Siendo las provincias productoras: Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo y Azuay, en la sierra y Manabí, Guayas y El Oro en la costa. Cabe destacar que la mayor parte de la producción hortícola se realiza al aire libre (Salcedo, 2015). La superficie hortícola bajo invernadero es mínima, existiendo alrededor de 300 ha en todo el país.



Tabla 1. Principales hortalizas cultivadas, superficie (ha) y producción (tn año⁻¹) (Suquilanda, 2003).

Hortaliza	Superficie	Producción
Cebolla colorada	7.920	42.042
Tomate riñón	7.560	89.866
Cebolla blanca	4.230	-
Sandía	3.860	50.642
Melón	3.430	35.984
Zanahoria amarilla	2.800	22.274

La horticultura en Ecuador ha experimentado un gran crecimiento en las últimas 3 décadas, debido a que los hábitos alimenticios de la población han cambiado positivamente hacia un mayor consumo de hortalizas en su dieta diaria y a las exportaciones de algunas hortalizas. La actividad hortícola en el país es muy variada, tanto por sus particulares sistemas de producción primaria, como por la formación estructural de las cadenas agroalimentarias en el país.

En la región interandina o sierra del Ecuador, se concentra el 86% de la producción de hortalizas, debido tanto a sus condiciones edáficas, climáticas y sociales, como por las técnicas y sistemas de producción aplicados. El cultivo y la producción de hortalizas se encuentra en manos de pequeños y medianos agricultores, presentando una gran diversidad de productos, lo cual permite una mayor seguridad en la comercialización (FAO, La Horticultura y Fruticultura en el Ecuador). Sin embargo, se caracterizan por su baja productividad (2 kg m⁻² para el tomate) relacionado con lluvias excesivas en el período de diciembre a abril, por ello, surge interés en la producción de cultivos protegidos para mejorar la calidad y el suministro de manera continua al mercado especialmente en la zona de la costa.

1.5. Zona de Planificación 8 del Ecuador.

Los cantones de Guayaquil, Samborondón y Durán comprenden la Zona de Planificación 8 del Ecuador, en la cual se desarrolla el presente Trabajo Técnico.

1.5.1. Ubicación.

Está ubicada en el cuadrante suroccidental del territorio ecuatoriano, en la región Costa, dentro de la provincia del Guayas. Limita con las provincias Santa Elena, Los Ríos, Azuay y El Oro; y, dentro del Guayas, con los cantones, Playas, Isidro Ayora, Nobol, Daule, Salitre, Yaguachi, Naranjal y Balao. La Zona 8 comprende un área de forma poligonal irregular con 4.691,59 km² de superficie, que representa aproximadamente el 25,14% de la provincia del Guayas y el 1,9% del territorio nacional (SENPLADES, 2015).

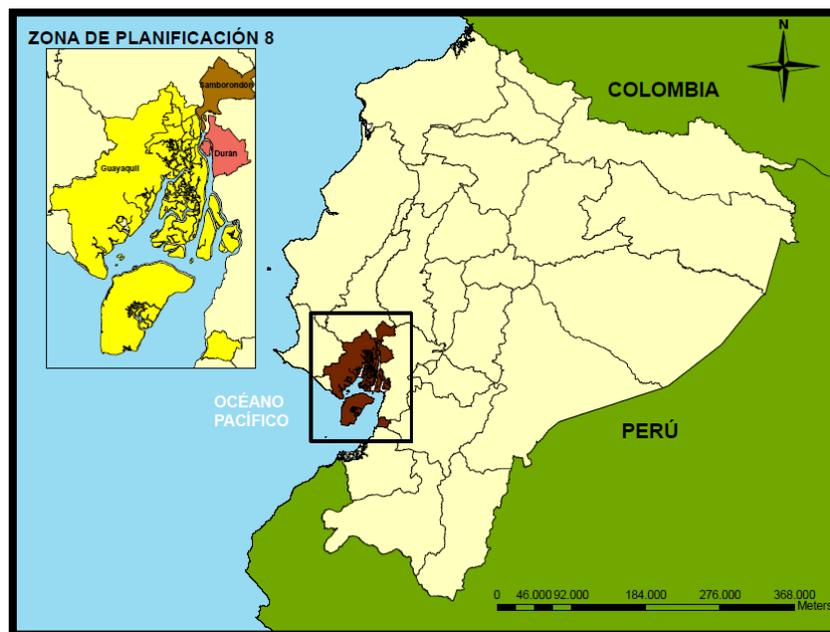


Figura 4. Localización y Delimitación de la Zona de Planificación 8 (SENPLADES, 2015).

1.5.2. División territorial.

Los tres cantones de la zona tienen seis parroquias rurales como se muestra en la Tabla 2, cuya ubicación se detalla en la figura 5. Cabe mencionar que las cabeceras cantonales son las ciudades de Guayaquil, Samborombón y Durán.

Tabla 2. Cantones y Parroquias de la Zona de Planificación 8 del Ecuador.

Cantón	Parroquias rurales
Guayaquil	Juan Gómez Rendón / El Progreso
	El Morro
	Posorja
	Puná
	Tenguel
Samborombón	Tarifa
Durán	-

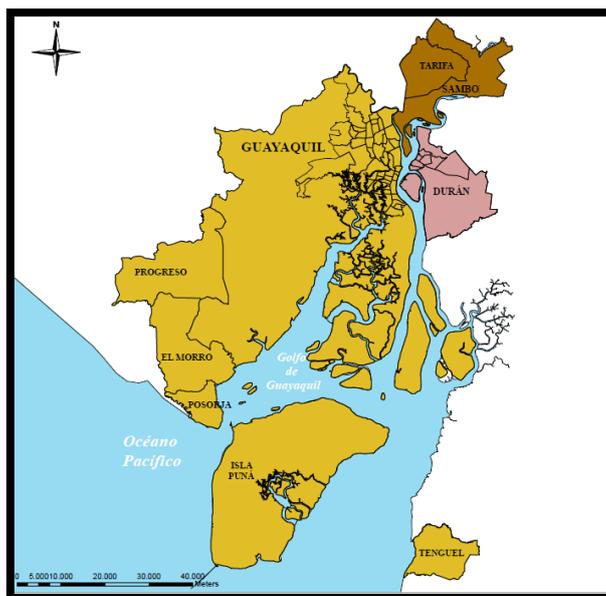


Figura 5. División territorial de la Zona de Planificación 8 (SENPLADES, 2015).

1.5.3. Población.

La población se distribuye de la siguiente manera: Guayaquil 90,10%, Durán 7,89% y Samborombón 2,01% (SENPLADES, s.f). Según los datos del Censo del 2010 de Población y Vivienda (INEC, 2010), el 97% de los habitantes reside en áreas urbanas, mientras que el 3% está en el sector rural. En relación con la distribución por cantones, en Guayaquil viven 2.350.915 habitantes, en Durán 235.769 y en Samborombón 67.590. La población zonal representa aproximadamente el 73% de la provincia del Guayas y el 18,3% del total nacional.

1.5.4. Geografía.

El territorio tiene tres componentes físicos: continental, hídrico superficial e insular costero. En el primero predominan las superficies planas, con ciertas áreas onduladas que tienen elevaciones de poca altura; el segundo comprende los grandes cuerpos hídricos, tanto fluviales como marítimos; y el tercero forma parte de un sistema de estuario integrado por islas e islotes, de las cuales Puná es la de mayor tamaño (SENPLADES, 2015). Existe una relación directa con ecosistemas como el golfo de Guayaquil y la cordillera Chongón – Colonche, e indirecta con las estribaciones de la Cordillera de los Andes.

Se pueden identificar en la zona varias unidades paisajísticas tales como ríos, mar, manglares, áreas colindadas y llanuras. Las características bióticas y abióticas de estos ecosistemas tienen una gran influencia sobre la gran variedad de flora y fauna existente en el territorio.



1.5.5. Condiciones edafoclimáticas.

La zona tiene un clima tropical megatérmico que puede ser húmedo en la parte más oriental, hasta seco y semiárido en la parte occidental (SENPLADES, 2015). Por lo general, predomina el clima tropical húmedo, cuyas características principales son (Pourrut, 1983):

- Precipitaciones totales anuales entre 1.000 y 2.000 L m⁻², concentradas en un periodo único, que va de diciembre a mayo, siendo el clima seco el resto del año. Por tanto, existen dos estaciones: la seca entre mayo y diciembre; y la lluviosa de diciembre hasta mayo, aproximadamente.
- Temperatura media anual de 24°C.
- La humedad relativa es ampliamente variable y está comprendida entre 50 y 90%, con valores superiores al 80% durante la estación lluviosa.
- Los vientos son más intensos en la estación seca, principalmente entre julio y octubre.
- Vegetación densa en la que predominan los árboles de hoja perenne.

En general, existen en la zona suelos fértiles con una gran vocación productiva, desde arenosos hasta franco-arcillosos (SENPLADES, 2015), que en gran parte permiten el desarrollo de cultivos agrícolas.

Existen varias cuencas hídricas en el territorio, la más importante es la Cuenca del Río Guayas, seguida por el Río Daule y Babahoyo, sus afluentes. Otro de los grandes ríos de la zona es el Tenguel, que permite disponer de agua para los cultivos agrícolas y para varios usos por parte de la población; también existen numerosos estuarios y riachuelos estacionales en varias áreas de la zona.

1.5.6. Agricultura en la zona.

La actividad agrícola en la zona tiene un bajo peso con respecto al contexto provincial y nacional. En el año 2000 se registraron 11.765 UPA (Unidades Productivas Agrícolas), las cuales abarcaban una superficie total de 257.000 ha, que representaban el 19% a escala provincial y el 2,1% a escala nacional (SENPLADES, 2015). El 49% de las UPA se concentraban en Guayaquil y el 44% en Samborondón, mientras que en Durán sólo corresponden el 7% (INEC, 2000).

Tabla 3. UPA y superficie ocupada (INEC, 2000).

Cantón	Total	
	UPAs	hectáreas
Total Guayas	65.292	1.315.023
Total Zona 8	11.765	257.000
Guayaquil	5.773	209.153
Durán	796	16.067
Samborondón	5.196	31.780



Según señala el autor Navarro-Rodríguez (2015), el mayor aporte a la producción lo realiza el gran productor con extensiones mayores a las 100 ha con una participación del 40% sobre la producción total; el mediano productor tiene una extensión cultivable entre 50 y 100 ha y una participación del 30% en el volumen total y, finalmente, los pequeños agricultores, con superficies menores a las 50 ha que aportan aproximadamente el 30% del total cultivado.

Tabla 4. Participación en la producción por el tipo de agricultor (Navarro Rodríguez, 2015).

Tipo de Agricultor	Área Sembrada (ha)	Participación en la producción (%)
Pequeño	Menos de 50	30
Mediano	50 - 100	30
Grande	Más de 100	40

Los principales cultivos de la zona son arroz, cacao, banano y frutales como el mango, naranjo, entre otros. El principal productor de arroz es Samborondón, donde se concentra el 66% de la producción de la zona, pero cabe destacar que uno de los factores que limita este cultivo es el bajo grado de tecnificación que tienen las plantaciones de la zona. Por otro lado, el cultivo de cacao y banano se localiza mayoritariamente en Guayaquil, con el 92% de la producción. Destaca la parroquia rural de Tenguel, dentro del cantón Guayaquil, donde se encuentran la mayor parte de plantaciones de banano de la zona (SENPLADES, 2015).

Tabla 5. Principales cultivos (SENPLADES, 2015).

Cantón	Cultivos principales						Total Superficie
	Superficie anual (ha)						
Total Guayas	Arroz	Banano	Cacao	Maíz	Hortalizas	Frutales	Superficie
Total Zona 8	2.500	3.030	5.350	470	245	1.995	13.590
Guayaquil	16.000	0	0	0	0	25	16.025
Durán	5.800	300	400	100	10	0	6.610
Samborondón	24.300	330	5.750	570	255	2.020	36.225

1.5.7. Situación socioeconómica de la zona.

Para la mayor parte de la población rural de la zona, la agricultura ha sido y es el mayor medio de sustento de vida que tienen, pero aun así, presenta numerosos problemas:

- Acaparamiento de tierras por parte de grandes empresarios que aprovechan su capital de inversión y se adueñan de la mayor parte de las tierras, con la consecuente explotación de los agricultores.
- Tenencia de tierras de forma ilegal, en la que se involucran gran parte de los pequeños propietarios.

- Alto uso de agroquímicos en las actividades agrícolas y agroindustriales. Según el Informe Ambiental en la Agricultura (INEC, 2016), sólo 2 de cada 10 personas productoras que utilizan agroquímicos han recibido algún tipo de capacitación técnica sobre su manejo, precauciones y uso.

■ Capacitadas ■ No capacitadas

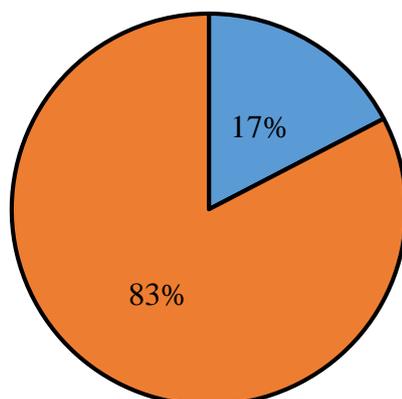


Figura 6. Porcentaje de personas que han recibido capacitación en el uso y manejo de agroquímicos (INEC, 2016).

- Gran cantidad de intermediarios en la comercialización de los productos agrícolas, con la consecuente disminución de los precios pagados a los productores.
- Falta de centros de acopio para la producción, los cuales cumplen la función de reunir la producción de pequeños productores para que puedan competir en cantidad y calidad en los mercados de los grandes centros urbanos. La Zona 8 dispone sólo del 5% de instalaciones dentro del total provincial (INEC; MAGAP; PROYECTO SICA, 2002).
- Falta de agua para el riego: las parroquias rurales Juan Gómez Rendón y Posorja, poseen llanuras y superficies colinadas que tienen vocación para la agricultura y ganadería, pero no son utilizadas en su totalidad debido a la falta de acceso al agua para riego.

Todos estos factores afectan fuertemente a la calidad de vida de la población rural, que en su mayoría vive en condiciones de pobreza. Según el Informe de Resultados de la Encuesta de Condiciones de Vida (INEC, 2015), en el año 2014, la pobreza por consumo en el área rural fue de 47,3%. En el periodo 1998 y 2006 la pobreza rural cae un 7,8% en términos relativos mientras que para el último periodo estudiado, 2006 – 2014, ésta se reduce en un mayor nivel del 23,1%. Con respecto al área urbana, mientras el periodo 1998 – 2006 registró una reducción de pobreza equivalente a 13,3%, en el periodo 2006 – 2014 ésta reducción fue de 37,7%.



1.6. Desarrollo de la horticultura protegida en el trópico.

El cultivo en invernadero permite la obtención de primicias, la producción fuera de estación y el cultivo de ciertas especies vegetales donde, por cuestiones climáticas, resulta prácticamente imposible cultivarlas a campo, gracias a que se cuenta con un ambiente más o menos controlado (De Pedro, 2015).

A pesar de la antigüedad de la actividad agrícola, sólo en las últimas décadas se han utilizado sistemas de información y control automático para optimizar la calidad y la productividad de las cosechas. En particular, desde los años 60 se han estudiado estrategias de control para optimizar la producción de cultivos bajo invernadero y se han planteado modelos dinámicos que permiten predecir el comportamiento del clima dentro del invernadero (Ruiz-Palacios y Cotrino-Badillo, 2010).

La producción de cultivos hortícolas genera altos rendimientos económicos por unidad de superficie, ofreciendo perspectivas prometedoras en base a los ingresos, especialmente para los pequeños agricultores y en áreas donde la tierra es escasa. Además, la horticultura intensiva puede contribuir a la reducción de la pobreza ofreciendo oportunidades de empleo bien pagado debido a la alta demanda de mano de obra (Llenderal, 2017).

La técnica del cultivo protegido ha tenido un gran desarrollo a nivel mundial principalmente en las cuatro últimas décadas, con un crecimiento estimado de 20% anual desde 1980 (Cobos y López, 1998). De acuerdo con el Boletín Tecnológico SIC (Banco de Patentes SIC, 2014) sobre Tecnologías relacionadas con invernaderos para flores, en 2014 se reportaba en el mundo, una extensión estimada de 949.000 ha de cultivo bajo invernadero, la mayor extensión ubicada en países asiáticos con un 73%, seguido de Europa con un 18%, un 6% en países como Marruecos, Turquía, Argelia, Egipto y Túnez y por último Estados Unidos y Latinoamérica con un 0,52% y 2,3% respectivamente.

En lo que respecta a la superficie invernada en climas tropicales la información es limitada. De acuerdo con De Pedro (2015), los países que presentan un desarrollo tecnológico de estructuras protegidas en condiciones tropicales son: India, Indonesia, Israel, México, Colombia, Costa Rica y Venezuela.



Tabla 6. Área de invernaderos (invernaderos de plástico, túneles elevados), pequeños túneles bajos e invernaderos de vidrio en países de América (Jaimez, Costa, Araque, Palha, y Salazar, 2015).

AÑO	Superficie (ha)			
	Invernaderos de plástico y túneles elevados	Pequeños túneles (plástico)	Invernaderos de vidrio	
	2004	Periodo 2007 – 2011*	2007	2007
USA	9.250	-	15.000	1.000
Canadá	600	1.597	-	803
Colombia	-	8.000	-	-
Cuba y México	110 y 4.000	11.700	4.200	525
Ecuador	2.700	-	-	-
Brasil	-	8.000	-	-
Argentina	-	3.400	-	-
Rep. Dominicana	200	-	-	-
Costa Rica	-	687	-	-

*Los censos en este periodo son para diferentes años dependiendo de cada país y la disponibilidad de datos.

La evolución de las estructuras en estos países ha ido desde madera y ventilación natural, hasta las estructuras actuales metálicas de producción industrial, con gran variedad de equipos de climatización (De Pedro, 2015).

Actualmente, cabe destacar que el bambú ha ganado importancia como material de construcción, sobre todo en regiones tropicales. En el caso de México, existe una incertidumbre sobre su capacidad para resistir las cargas de trabajo y su durabilidad, situación que deriva en el no reconocimiento legal como un material de construcción seguro (Marco, Magdalena, Agustín y Gerardo, 2016). No obstante, en países como: Perú, Ecuador y Colombia es un material bastante utilizado, además, han desarrollado grandes mejoras en las técnicas de construcción con bambú. Una de las principales razones de su uso como material de construcción estructural es su larga duración, similar a la madera, pero más flexible y liviana (Álvarez-Castilla, 2012).

La especie *Guadua angustifolia*, es el bambú más grande y rentable de los registrados en el trópico. Esta especie la encontramos principalmente en Colombia, Ecuador y Venezuela, también se encuentra en otras zonas, como la Amazonía, la Orinoquía, y otros países de Centro América (Martínez, Guevara, Rodríguez, Ríos y Restrepo, 2005).

Estas estructuras son cubiertas principalmente con películas de plástico de polietileno de 0,1 y 0,2 mm, estabilizado con protección ultravioleta (UV), aunque también se pueden encontrar coberturas de paneles de vidrio de red de 2-3 mm de espesor (Shamshiri e Ismail, 2013).



Una de las alternativas que se está comenzando a desarrollar en zonas tropicales es el uso de plásticos antitérmicos, también conocidos como “plásticos fríos” debido a que la radiación infrarroja cercana (800–2500 nm) (NIR) es poco absorbida por las plantas y provoca el incremento de la temperatura dentro del invernadero. Los plásticos fríos, son materiales fotoselectivos que, gracias al uso de aditivos, bloquean la NIR, evitando de esta manera el sobrecalentamiento diurno del invernadero (De Pedro, 2015).

Hemming et al. (2006) obtuvieron resultados donde se demuestra que es posible una reducción de hasta el 25,7% de la radiación NIR, con tan sólo una reducción de la radiación fotosintéticamente activa o PAR del 8.7%.

El principal objetivo del invernadero en climas cálidos, es proteger a los cultivos de la radiación solar, lluvias excesivas, déficit hídrico, así como de plagas y enfermedades, de tal manera que se pueda controlar el microclima mediante el mantenimiento de la temperatura y humedad relativa adecuadas (Vásquez, González, Briceño y Jaimez, 2010). Sin embargo, en los climas fríos, el invernadero se utiliza con el objetivo de aislar al cultivo de las bajas temperaturas y de esta forma poder mantener condiciones óptimas (temperatura y HR) de desarrollo (Hernández y Parra, 2006).

En las regiones de clima cálido la temperatura en el interior del invernadero se encuentra por encima de la temperatura exterior y de las máximas permitidas para un crecimiento y desarrollo normal del cultivo en su interior, lo que limita el uso del invernadero (Tesi, 2001) afectando negativamente la producción intensiva de vegetales (Tinôco et al., 2002). Por ello, es necesario eliminar el exceso de temperatura o al menos buscar medios para prevenir su incremento, así como conocer las especies que se adapten mejor a elevadas temperaturas.

En regiones tropicales existen diferentes técnicas que pueden ser utilizadas para la climatización del invernadero: ventilación natural, ventilación forzada, sombreo, refrigeración por evaporación de agua (si la HR lo permite) (Sánchez-Guerrero, Alonso, Lorenzo y Medrano, 2010). La mayoría de estas técnicas suelen ser manejadas por un sistema de control ambiental muy simple y clásico, que consiste en sensores, tanto internos como externos, que monitorean todas las variables ambientales importantes que afectan el crecimiento del cultivo (Shamshiri y Ismail, 2013).

De las técnicas mencionadas anteriormente, una de las más importantes y utilizadas en los invernaderos de regiones tropicales es la ventilación natural, cuya principal ventaja es la reducción de costos de operación de un invernadero ya que no requiere de energía adicional para su funcionamiento (Baptista, Baley y Meneses, 2001), se utiliza principalmente para la reducción de temperatura y de la HR dentro del invernadero (Shamshiri y Ismail, 2013). Para que la ventilación natural sea eficiente es importante tener en cuenta el uso de ventanas laterales y cenitales, tener una superficie de ventilación entre el 20 y el 35% de la superficie de suelo cubierta, así como orientar el invernadero de forma que las ventanas se sitúen perpendicularmente a los vientos predominantes de la zona (Valera, Molina y Álvarez, 2008).



En las ventanas se usan mallas anti-insectos para evitar daños al cultivo por plagas, éstas deben tener una porosidad superior al 40% para no disminuir en exceso la ventilación natural, o bien compensar la reducción de la renovación de aire mediante un incremento de la superficie de ventanas (De Pedro, 2015).

Dentro de las técnicas de sombreo destacan dos principalmente: el encalado, que consiste en sombrear la cubierta del invernadero con una solución de agua y CaCO_3 , y el uso de mallas de sombreo que, según De Pedro (2015), permiten una disminución de la temperatura de 3 a 4°C, mientras que el encalado reduce la temperatura de 4,6 a 3,3°C.

1.7. Factores climáticos en la Zona de Planificación 8.

Sin duda alguna el clima tiene una acción decisiva sobre el mundo mineral, vegetal y animal: meteorización de las rocas, erosión de los suelos, distribución geográfica de la flora, fauna y asentamientos humanos, entre otras. Por estas razones, desde tiempos remotos, el clima ha sido una constante preocupación para el hombre (Gómez, 1983).

En Ecuador, el estudio del clima es fundamental ya que es uno de los países con mayor variedad climática a nivel mundial debido principalmente a su ubicación y topografía. Los principales factores que influyen en sus condiciones climáticas son (Pourrut, 1983):

1. La latitud: el país está ubicado sobre el ecuador geográfico.
2. El conjunto relieve – altitud: la altura de los Andes desempeña un papel muy importante en la generación y desplazamiento de masas de aire local o regional.
3. La presencia del Océano Pacífico y sus corrientes marinas también genera masas de aire con diferentes características de temperatura y humedad.

El conjunto de todos estos factores dan como resultado una amplia gama de subclimas, microclimas y topoclimas.

La Zona de Planificación 8 tiene un clima tropical megatérmico, predominando el de tipo húmedo. En áreas minoritarias se registra el semiárido, seco y semihúmedo. Está influenciado por las corrientes marino-costeras de Humboldt y de El Niño (o de Panamá), a lo que se adiciona el aporte de humedad procedente del Océano Pacífico (SENPLADES, 2015).

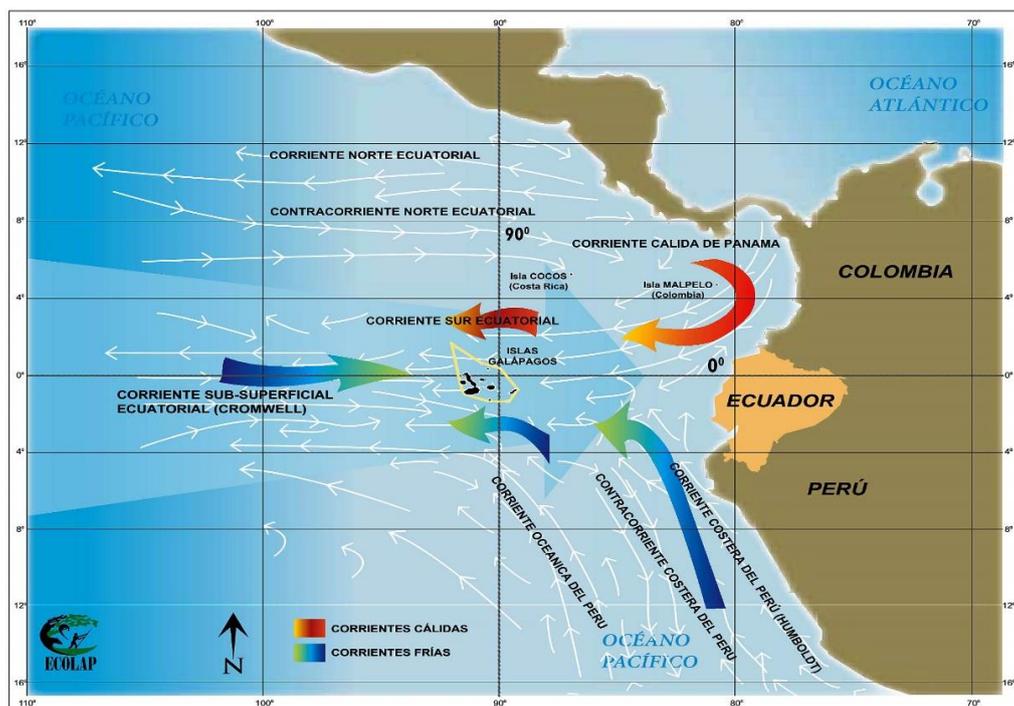


Figura 7. Corrientes provenientes del Océano Pacífico (Molina, 2017).

1.7.1. Radiación.

La radiación solar recibida en la superficie del suelo en un plano horizontal corresponde a la radiación que llega directamente del sol (componente directa) según una dirección dada por su posición (azimut y altura) y a la radiación difusa una vez que ha atravesado la atmósfera (componente difusa) que llega en todas las direcciones (Salcedo, 2015).

La radiación solar global (RG) representa la suma de la radiación directa y difusa en la gama de longitud de onda 300–3000 nm. Incluso en días despejados la radiación difusa contribuye entre un 10% y 30% (Jones, 1983). La radiación fotosintéticamente activa (PAR) se encuentra en el intervalo de longitud de onda entre 400-700 nm (Gaastra, 1959).

En la tabla 7 se recogen los valores de radiación directa y difusa en la ciudad de Guayaquil. Los datos corresponden a la media de los últimos 22 años (1995 – 2017):

Tabla 7. Radiación directa y difusa en Guayaquil ($\text{kWh m}^{-2} \text{año}^{-1}$) (NASA, 2018).

Radiación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Directa	3,4	3,3	3,8	4,0	3,8	3,6	3,2	3,5	3,5	3,1	3,7	3,9	3,6
Difusa	2,2	2,3	2,3	2,2	2,0	1,9	1,9	2,1	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
Global	5,6	5,6	6,1	6,2	5,8	5,5	5,1	5,6	5,8	5,4	5,9	6,1	5,7



1.7.2. Temperatura.

La temperatura es una variable fundamental para casi cualquier situación y proceso. Para distinguir el clima según las temperaturas medias anuales del Ecuador, existe la siguiente clasificación (Pourrut, 1983):

- *Megatérmico*: temperaturas medias superiores a 22°C.
- *Mesotérmico*: temperaturas medias entre 12 y 22°C.
- *Frío*: para temperaturas medias inferiores a 12°C.

En la zona de planificación 8 el clima es de tipo megatérmico húmedo y la temperatura promedio del aire varía entre 20°C y 31°C, con valores extremos entre febrero y abril, y mínimos entre agosto o septiembre (SENPLADES, 2015). En la tabla 8 se muestran los promedios de temperatura para el periodo de 1962 a 2012 recogidos por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en la estación meteorológica Aeropuerto de Guayaquil.

Tabla 8. Registro histórico de temperatura media (°C) (INAMHI, 1962 - 2012).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Prom	26,3	26,3	26,8	26,8	26,1	24,7	23,5	23,8	24,1	24,3	24,8	26	25,3

1.7.3. Pluviometría.

Según la clasificación climática de Pourrut (1983) en Ecuador, se pueden distinguir entre los siguientes subclimas, según la cantidad anual de precipitaciones:

- *Árido a semi – árido*: inferiores a 500 L m⁻² anuales.
- *Seco a semi – húmedo*: entre 500 y 1000 L m⁻² anuales.
- *Húmedo*: entre 1000 y 2000 L m⁻² anuales.
- *Muy húmedo*: superiores a 2000 L m⁻² anuales.

En la Zona 8 del Ecuador hay dos estaciones climáticas bien definidas, seca y lluviosa; la primera entre diciembre y abril, y la segunda entre mayo y noviembre/diciembre (verano), en correspondencia con el calentamiento estacional del océano circundante a la Costa y a la migración sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (Hernández y Zambrano, 2007).

Dichos periodos son modificados aperiódicamente por la influencia de los eventos anómalos denominados La Niña y El Niño. La precipitación promedio está comprendida entre 500 y 2000 L m⁻² anuales, con valores máximos entre los meses de febrero y abril (SENPLADES, 2015). En las tablas 9, 10 y 11 se muestran los valores promedio de pluviosidad recogidos por el INAMHI en la estación meteorológica Aeropuerto de Guayaquil durante el periodo de 1962 a 2012.



Tabla 9. Registro histórico de pluviosidad ($L m^{-2}$) (INAMHI, 1962 - 2012).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom	Total
Prom	199,5	287,1	289,7	184,5	55,3	21,7	7,8	0,5	1,2	2,9	14,1	42,9	92,1	1104,3
Máx	701,3	753,3	911,3	1137,6	621,7	629,9	292,5	18,2	18,9	99,6	556,2	833,3	352,6	4230,7

Tabla 10. Registro histórico de la pluviosidad máxima en 24 horas ($L m^{-2}$) (INAMHI, 1962 - 2012).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Prom	54,5	62,8	69,4	55,6	23,2	7,9	3,0	0,4	1,1	1,8	4,7	16,3
Máx	125,3	138,4	168,2	224,7	164,4	124,7	64,2	12,2	18,1	47,0	169,2	185,7

Tabla 11. Registro histórico del número de días con precipitación (INAMHI, 1962 - 2012).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Prom	18	20	20	16	9	4	2	1	2	2	3	7	9
Máx	30	29	30	29	27	23	22	7	13	11	28	29	19
Mín	4	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3

1.7.4. Humedad.

La humedad puede ser el factor ambiental más difícil de controlar en los cultivos bajo invernadero, incluso teniendo equipos de control ambiental sofisticados. Los niveles de humedad fluctúan con el cambio de la temperatura del aire y, además, las plantas transpiran y agregan vapor de agua al ambiente constantemente. El aire húmedo contribuye directamente a los problemas, como enfermedades de las raíces y las hojas, secado lento del sustrato, estrés de las plantas, pérdida de calidad, pérdida de producción, entre otras (Peery, 2017).

En la Zona 8 la humedad relativa es ampliamente variable y está comprendida entre 50 y 90%, con valores superiores al 80% durante la estación lluviosa (SENPLADES, 2015). En la tabla 12 se muestran los valores promedio de humedad media recogidos por el INAMHI en la estación meteorológica Aeropuerto de Guayaquil durante el periodo de 1962 a 2012.

Tabla 12. Registro histórico de humedad media en % (INAMHI, 1962 - 2012).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Prom	74	79	77	76	74	75	75	73	72	72	70	69	74
Máx	86	87	86	88	84	82	81	78	77	77	82	86	80
Mín	60	68	61	65	66	68	61	67	65	64	60	57	66



1.7.5. Viento.

El viento es un factor muy importante para el agricultor, siendo el responsable directo o circunstancial de las características climatológicas de una zona o región. Es producido por la circulación del aire que se calienta en la superficie de la tierra (García de Pedraza, 1963). Las corrientes calientes como la del Ecuador hacen que el aire ascienda y las corrientes frías hacen que el aire descienda.

Las dos características fundamentales del viento son: dirección y velocidad. Dirección del viento es el punto del horizonte desde donde sopla, no el punto hacia donde va. Para designar la dirección de los distintos vientos se recurre a los puntos cardinales: N (norte), S (sur), E (este), W (oeste) y a sus rumbos intermedios. La velocidad del viento es el espacio que recorre por unidad de tiempo. La unidad más común para medir este parámetro es el $m s^{-1}$ o $km h^{-1}$ (García de Pedraza, 1963).

En la Zona 8 la intensidad de los vientos es mayor durante la estación seca, principalmente entre los meses de julio y octubre (SENPLADES, 2015). En la tabla 13 se observan las direcciones predominantes del viento y en la tabla 14 se muestran los valores promedio de velocidad del viento y máximas absolutas. Dichos datos han sido recogidos por el INAMHI en la estación meteorológica Aeropuerto de Guayaquil durante el periodo de 1962 a 2012.

Tabla 13. Registro histórico de la dirección predominante del viento en rumbos (INAMHI, 1962 - 2012).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Prom	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SSW	SW	SSW	SW	SW	SW	SW

Tabla 14. Registro histórico de la velocidad media y velocidad máxima absoluta del viento ($m s^{-1}$) (INAMHI, 1962 - 2012).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Media	2,8	2,3	2,6	2,8	3,2	3,6	4	4,1	4,2	4,1	3,9	3,6	3,4
Max Abs	30	27	28	36	30	35	29	29	31	31	36	30	30

1.8. Características de los suelos en Ecuador y en la zona de estudio.

En general, los suelos del Ecuador se encuentran entre los más diversos de la Tierra. De acuerdo a sus componentes, estos se agrupan en: suelos aluviales (zonas cercanas a los ríos, fácilmente inundables), suelos sobre cenizas volcánicas y suelos sobre otros materiales (rocas antiguas). Los suelos de la Costa y del Oriente son más aptos para el cultivo. Esto se debe a que durante milenios, los nutrientes de los terrenos serranos por la erosión hídrica, han ido depositándose en las llanuras aluviales de la Costa y del Oriente. En la Costa, los suelos

son de gran fertilidad debido principalmente a la presencia de suelos andosoles (formados sobre cenizas y vidrios volcánicos) y molisoles (gran concentración de materia orgánica y nutrientes) (Castillo, 2017).



Figura 8. Suelos aluviales en la Costa del Ecuador (González Artieda, 2010).

En la Zona 8 los suelos van desde arenosos hasta franco–arcillosos, que en gran parte permiten el desarrollo de cultivos agrícolas, gracias a su calidad y a la disponibilidad del recurso agua. Los suelos deltaicos han sido transportados y depositados por el conjunto de canales que conectan el estuario del río Guayas con el golfo de Guayaquil. Los aluviales que existen en la cuenca de drenaje del río Guayas han sido transportados y depositados a todo lo largo y ancho de la zona plana y amplia que constituye la plataforma formada por los cantones Daule y Babahoyo (SENPLADES, 2015).

1.9. Calidad de las aguas de riego.

El agua es esencial para aprovechar el potencial de la tierra al máximo, así como para permitir que las plantas utilicen plenamente los demás factores de producción que elevan los rendimientos. Una buena gestión del agua (unida a una gestión adecuada del suelo) contribuye a asegurar una producción mejor. Es por esto que el riego es una actividad básica e imprescindible en la agricultura.

La Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) ejerce la rectoría nacional en la gestión y administración de este recurso en Ecuador. Según el Informe Técnico que realizaron sobre Línea base para el monitoreo de la calidad de agua de riego en la Demarcación Hidrográfica del Guayas (2010), la mayor parte del consumo del agua en Ecuador, se destina al riego, estimándose su uso en un 81% del consumo total. Por este motivo es de suma importancia determinar la calidad del agua que se utiliza en los distintos cultivos. El agua para riego debe mantener características físicas, químicas y microbiológicas que no alteren el desarrollo de las plantas ni se vean afectados por contaminación química, por residuos de la producción

industrial de químicos, metalurgia, escurrimiento de pesticidas de tierras agrícolas u otros, que incidan en la calidad de los productos agrícolas de consumo humano.

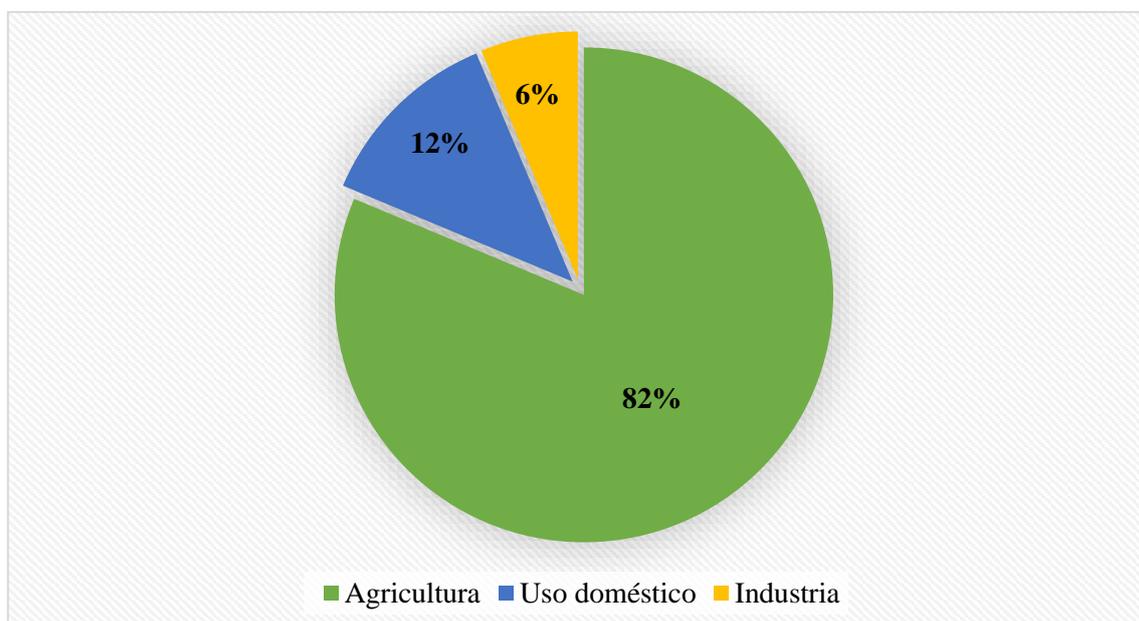


Figura 9. Consumo de agua en Ecuador. Elaboración propia a partir de datos de (SENAGUA, 2010).

1.9.1. Recursos hídricos.

En el Informe Regional de América del Sur, Centroamérica y Caribe realizado por la FAO (2015), se indica que la cantidad de agua disponible en todos los sistemas hidrográficos del país, es de $432 \text{ km}^3 \text{ año}^{-1}$. El país tiene 31 sistemas hidrográficos de los cuales 24 pertenecen a la vertiente del Pacífico, con una superficie total de 124.644 km^2 (49%) y 7 a la vertiente del Amazonas con una superficie de 131.726 km^2 (51%). Estos sistemas hidrográficos a la vez se encuentran divididos en 79 cuencas hidrográficas: 72 cuencas pertenecen a la vertiente del Océano Pacífico, de las cuales una parte pertenece a áreas costaneras con 123.216 km^2 (48%) y otra parte pertenece a los territorios Insulares aledaños cubriendo 1.428 km^2 (1%). Estas cuencas contienen el 88% de la población. Siete cuencas pertenecen a la vertiente del Amazonas con 131.726 km^2 (51%) y el 12% de la población.

El Ecuador no recibe en su territorio prácticamente ningún aporte hídrico de los ríos de los países limítrofes, Colombia y Perú. Aunque existen cuencas deficitarias, en diferentes zonas y en algunas épocas del año, el balance hídrico global del país es muy positivo (FAO, 2015).



Tabla 15. Recursos hídricos de Ecuador (FAO, 2015).

Tipo de agua	Volumen ($10^9 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$)
Agua superficial producida al interno del país	432
Agua subterránea producida al interno del país	134
Recursos hídricos internos renovables totales	442,4
Recursos hídricos internos renovables totales per cápita	27.403 ($\text{m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ año}^{-1}$)
Agua superficial: que entra al país	0
Agua superficial que sale del país a otros países	163,8
Agua superficial renovable total	432
Agua subterránea renovable total	134
Recursos hídricos renovables totales	442,4
Recursos hídricos renovables totales per cápita	27.403($\text{m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ año}^{-1}$)
Capacidad total de presas	7.692 (106 m^3)

En la Zona 8, así como en toda la región litoral del país, el río Guayas constituye el sistema fluvial más importante, con un caudal promedio que varía entre $230 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en la época seca y $1.500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en la época húmeda (Tapia, 2012). Está conformado por los aportes de los ríos Daule y Babahoyo, y desemboca en el golfo de Guayaquil. El mayor aporte procede del río Babahoyo, que representa entre el 60 y 66% del caudal del río Guayas (SENPLADES, 2015).

Existen dos embalses de gran importancia en la zona: Chongón y El Azúcar. El embalse Chongón tiene una capacidad hídrica máxima de $280 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ y contribuye con un área de influencia estimada para riego en las zonas de Chongón con un área de 2.000 ha, en Daular con 2.500 ha y en Cerecita con 2.200 ha, en las cuales, pocos dueños de estas superficies tienen implementadas redes de abastecimiento para riego de sus cultivos (Suárez López, 2015).

El embalse El Azúcar es pieza fundamental para la irrigación de 6.000 ha de tierra fértil, como fuente para consumo humano y para la pesca, ya que la comunidad del Azúcar realiza las labores que consisten en la captura de: Guanchiche, Dica, Tilapia y langosta de agua dulce, que se encuentran en dicho embalse (SENAGUA, 1998).



2. FASES DE REALIZACIÓN Y CRONOGRAMA ASOCIADO



2. FASES DE REALIZACIÓN Y CRONOGRAMA ASOCIADO.

2.1. Fases de realización.

La realización del presente Trabajo Fin de Grado se ha llevado a cabo mediante la planificación descrita en la tabla 16:

Tabla 16. Fases de realización del Trabajo Fin de Grado.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Búsqueda de información bibliográfica	Esta actividad se ha desarrollado de forma constante durante todo el proceso, utilizando para ello bases de datos como Scopus, Redalyc, Ebsco, FAOSTAT y Google Académico, así como páginas web relacionadas.
Recopilación de datos climáticos, análisis de agua y suelo	Se han recopilado datos climáticos diarios de 3 estaciones meteorológicas lo más cercanas posible al área de estudio, así como datos de análisis de agua y suelos. Los datos meteorológicos han sido facilitados por el Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología (INAMHI); los análisis de agua fueron proporcionados por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) y los análisis de suelo son pertenecientes a un laboratorio agrícola de análisis de suelos de la ciudad de Guayaquil.
Procesado de datos	Los datos climáticos han sido procesados con el programa Microsoft Excel en función de cada parámetro y el tipo de datos. Por otro lado, se hicieron los cálculos correspondientes para la verificación de las características y calidad de los análisis de agua y suelo.
Redacción del Trabajo Fin de Grado	El proceso de redacción del Trabajo Fin de Grado ha conllevado un gran esfuerzo para procesar datos, conjuntar ideas y actividades interrelacionadas con el fin de alcanzar el objetivo propuesto.
Elaboración de resultados y discusión.	Se han elaborado tablas y gráficos con los resúmenes de las principales variables de cada parámetro climático estudiado y se



<p>Conclusión y recomendaciones técnicas</p>	<p>ha hecho una explicación y discusión contrastada con otros estudios similares.</p> <p>Se han calculado los índices correspondientes para verificar la calidad y características de los análisis de agua y suelo.</p> <p>Como conclusión, se ha realizado una exposición clara y directa de las características de la zona estudiada y si es o no viable el cultivo de hortalizas bajo condiciones protegidas.</p>
<p>Redacción y entrega del Anteproyecto</p>	<p>El anteproyecto se ha redactado en la plantilla establecida y disponible en la página web Oficial del Título, con cuatro páginas y, de forma obligatoria, con la siguiente estructura:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción. 2. Objetivos. 3. Documentos del TFG. 4. Fases de desarrollo. 5. Metodología. 6. Competencias integradas en el proyecto. 7. Referencias bibliográficas. <p>Se ha entregado de forma telemática mediante la plataforma de Trabajo Fin de Estudios de la Universidad de Almería el día 30 de Mayo de 2018.</p>
<p>Revisión final del Trabajo Fin de Grado y entrega</p>	<p>Se ha hecho una revisión de forma general con la ayuda de la Directora María Teresa Lao Arenas y el Codirector John Eloy Franco Rodríguez y su posterior discusión y modificación de los puntos acordados. Posteriormente se ha llevado a cabo la entrega en físico y digital del Trabajo Fin de Grado.</p>
<p>Defensa del Trabajo Fin de Grado</p>	<p>La defensa se regulará según los criterios del Art.5.4 de la Normativa General de TFG de la UAL. Esta defensa se realizará por el estudiante mediante la exposición oral de su contenido de forma abreviada durante un tiempo que durará entre 20 y 40 minutos. La fecha para la defensa vendrá dada entre los días 15 y 29 de Septiembre de 2018.</p>



2.2. Cronograma asociado.

El cronograma de actividades que se ha llevado a cabo durante la realización del Trabajo Fin de Grado se recoge en la tabla 17:

Tabla 17. Cronograma de actividades del Trabajo Fin de Grado.

Actividad	Fecha de realización (año 2018)					
	10 Mar – 30 Abr	1 – 31 May	1 – 30 Jun	1 Jul – 31 Ago	1 – 10 Sep	15 – 29 Sep
Búsqueda de información bibliográfica	X	X				
Recopilación de datos climáticos, análisis de agua y suelo		X				
Procesado de datos			X			
Redacción del Trabajo Fin de Grado			X	X		
Elaboración de resultados y discusión. Conclusión y recomendaciones técnicas				X		
Revisión final del Trabajo Fin de Grado y entrega				X	X	
Defensa del Trabajo Fin de Grado						X



El horario de trabajo llevado a cabo para la elaboración del Trabajo Fin de Grado ha sido de 10:00 a 13:00 en días laborables, añadiendo un mínimo de 6 horas durante los fines de semana.

Las competencias adquiridas durante la realización del Trabajo Fin de Grado con referencia a las que constan en las enseñanzas de la titulación son las siguientes:

- **E – CA02:** Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de: Las bases de la producción vegetal, los sistemas de producción, de protección y de explotación.
- **E – TFG:** Capacidad para realizar un ejercicio original individualmente y presentar y defender el mismo ante un tribunal universitario.
- **CTH.01:** Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de: Tecnología de la Producción Hortofrutícola: Bases y tecnología de la propagación y producción hortícola, frutícola y ornamental. Control de calidad de productos hortofrutícolas. Comercialización. Genética y mejora vegetal.
- **CTH.06:** Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios de: Ecosistemas y biodiversidad; Medio físico y cambio climático. Análisis, gestión y Planes de Ordenación Territorial. Principios de paisajismo. Herramientas específicas de diseño y expresión gráfica; Desarrollo práctico de estudios de impacto ambiental; Proyectos de restauración ambiental y paisajística; Proyectos y Planes de mantenimiento de zonas verdes; Proyectos de desarrollo. Instrumentos para la Ordenación del territorio y del paisaje.
- **E – CB04:** Conocimientos básicos de la química general, química orgánica e inorgánica y sus aplicaciones en la ingeniería.



3. ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS



3. ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.

3.1. Clasificación climática. Índices termopluviométricos.

Tabla 18. Criterios de clasificación del clima según los índices termopluviométricos (Rivas Sáenz, 2009).

I. Lang		I. Martonne	
II	Clima	Im	Clima
0 - 20	Desierto	> 60	Per - húmedo
20 - 40	Árido	60 - 30	Húmedo
40 - 60	Húmedo de estepa y sabana	30 - 20	Sub - húmedo
60 - 100	Húmedo de bosque claro	20 - 15	Semiárido (mediterráneo)
100 - 160	Húmedo de grandes bosques	15 - 5	Árido (estepario)
> 160	Per - húmedo con prados y tundras	5 - 0	Árido extremo
I. Cereceda - Revenga		C. Emberger	
Icr	Clima	Q	Clima
0 - 2	Húmedo	> 90	Húmedo
2 - 3,0	Semiárido	90 - 50	Subhúmedo
3 - 6,0	Árido	50 - 30	Semiárido
> 6	Sub - desértico	30 - 0	Árido

3.2. Factores edáficos: caracterización de suelos.

El suelo es un elemento ambiental bastante complejo formado por una gran variedad de minerales y de seres vivos, adoptando formas muy variadas. Principalmente su origen se debe a dos procesos básicos, es decir, pueden ser formados por la alteración de la roca madre en contacto con las condiciones atmosféricas, o también puede provenir de la acumulación de materiales en zonas bajas que ya habían sido en cierta forma alterados en lugares más elevados (Garrido-Valero, 1994).

3.2.1. Parámetros de calidad.

La calidad del suelo abarca los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo y sus interacciones. Por ello, para realizar un buen análisis de suelo, es necesario medir todos los parámetros (USDA, 1999).

Según Garrido-Valero (1994), en su informe sobre interpretación y análisis de suelos, los principales parámetros que hemos de tener en cuenta a la hora de examinar un suelo son los siguientes:



Parámetros químicos:

- *pH*: mide el grado de acidez de un suelo, es decir, la concentración de hidrogeniones (H^+) que existen en el suelo.
- *Conductividad eléctrica* (C.E.): es una medida indirecta de la cantidad de sales que contiene un suelo.
- *Materia orgánica* (M.O.): es la cantidad de restos orgánicos que se encuentran alterados y pueden aumentar el contenido en nutrientes del suelo.
- *Caliza total*: viene dada según el% de carbonato cálcico ($CaCO_3$) presente en el suelo.
- *Caliza activa*: se refiere a las partículas finas de carbonatos ($< 5\mu m$), muy activas químicamente y que pueden interferir en el desarrollo normal de las plantas (Andrades y Martínez, 2014).
- *Capacidad de intercambio catiónico* (C.I.C.): esta capacidad permite retener los elementos necesarios para nutrir a las plantas.
- *Contenido en cationes y aniones*.
- *Contenido en Nitrógeno, Fósforo y Potasio*.

Parámetros físicos:

- *Elementos gruesos*: corresponden a la fracción de tierra mayor de 2 mm.
- *Textura*: la composición granulométrica de un suelo se da en porcentaje de las diferentes fracciones que lo componen.
- *Capacidad de campo*: se define como la cantidad de agua que puede retener éste a drenaje libre.

3.3. Agua de riego: parámetros de calidad.

La importancia de la gestión de la calidad del agua en agricultura proviene de dos perspectivas interrelacionadas: 1) La sustentabilidad de la producción de cultivos requiere un cierto estándar mínimo de calidad del agua y 2) Que las actividades agrícolas no causen deterioro de la calidad del agua con impactos sobre los subsecuentes usos del agua para otros propósitos (FAO, 2000).

Existen diferentes parámetros de calidad del agua para clasificarla en función de su aptitud para el riego de los cultivos (Rubio-Ramos, 2011):

- *Dureza*: indica la cantidad de los iones divalentes de Ca^{2+} y Mg^{2+} en el agua.
- *Carbonato sódico residual* (CSR): indica la peligrosidad del Na^+ una vez que han reaccionado los cationes de Ca^{2+} y Mg^{2+} con los aniones de CO_3^{2-} y HCO_3^{2-} .
- *Índice de Scott*: define la altura de agua expresada en pulgadas, que al evaporarse, dejaría en el suelo en un espesor de cuatro pies, una cantidad de sales suficiente para convertirlo en un medio perjudicial. Se calcula a partir del valor que alcanza la relación: $Na^+ - 0,65 Cl^-$, expresando sus componentes en $mg L^{-1}$.

- *Relación de adsorción de sodio (S.A.R):* con este índice se evalúa el riesgo de alcalinización con la consecuente pérdida de permeabilidad del suelo. Se calcula a partir de las concentraciones de Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} .
- *Normas Riverside:* mediante los datos de C.E. y S.A.R. se establece la clasificación del agua según las Normas Riverside, que es un método fundamental para definir su calidad (Infoagro, 2018) y para establecer los peligros de salinidad y sodicidad respectivamente.

La combinación de estos índices, C.E. y S.A.R., permite establecer diferentes tipos de aguas, quedando identificada cada una de ellas por las iniciales de cada uno de los índices y un subíndice numérico, que varía entre 1 y 6. A medida que aumenta el valor de los subíndices, disminuye la calidad del agua para riego (Pérez-Sánchez, 2012).

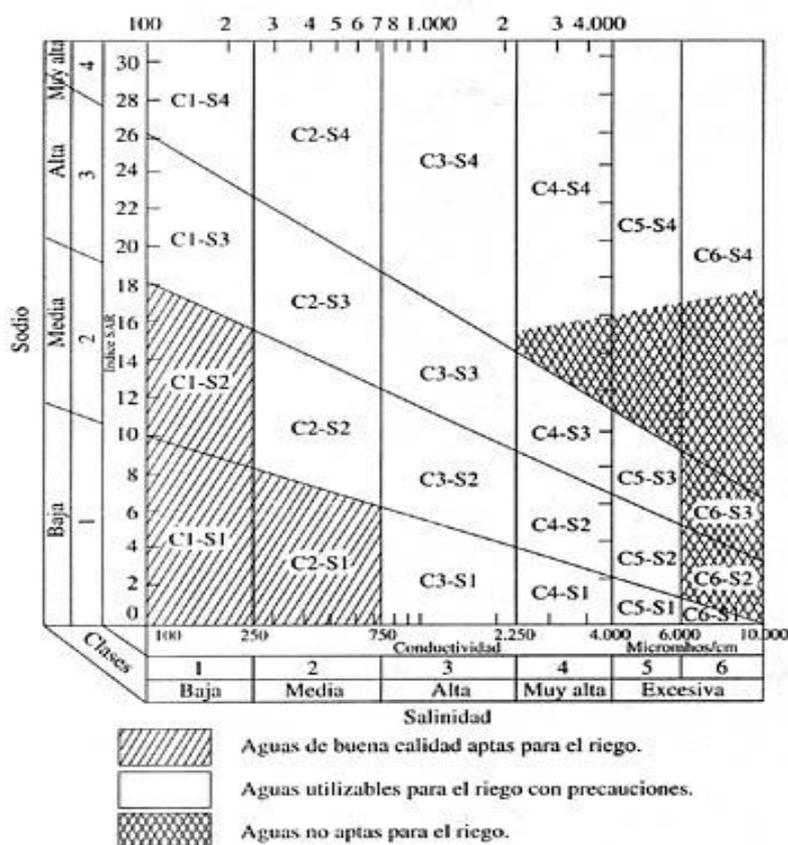


Figura 10. Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego (Blasco y de la Rubia, 1973).



4. ESPECIFICACIONES GENERALES Y ADMINISTRATIVAS



4. ESPECIFICACIONES GENERALES Y ADMINISTRATIVAS.

El presente Trabajo Técnico se rige conforme a la Resolución Técnica N° 0037 emitida el 06 de Abril de 2015, denominada Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para Hortalizas y Verduras (MAGAP y Agrocalidad). Entre los artículos de mayor relevancia se destacan los siguientes:

Artículo 7. Selección del terreno.

- a) El productor deberá establecer un análisis de riesgos, identificando y evaluando los peligros reales y/o potenciales existentes dentro del proceso productivo. Principalmente relacionados con: la inocuidad del producto, la contaminación ambiental y la salud de las personas.
- b) Se debe actualizar el análisis de los riesgos, cuando existan nuevos lotes sembrados que muestren una amenaza para: el mantenimiento de la inocuidad alimentaria, el ambiente y la seguridad de los trabajadores.
- c) No podrán emplearse terrenos que se dedicaron a actividades industriales que implicaron la incorporación de contaminantes químicos al suelo; ni aquellos predios donde se han detectado riesgos no controlables, que podrían representar un peligro para la inocuidad del producto, para el ambiente, o la salud humana.
- d) Frecuentemente se deberá realizar un análisis de suelo completo (físico y químico), en laboratorios adecuados. En caso de sospechar la existencia de microorganismos patógenos en el suelo, se recomienda realizar un análisis microbiológico.
- e) Se deben planificar técnicas de cultivo que reduzcan la posibilidad de erosión del suelo, como por ejemplo: mantenimiento de cobertura del suelo, surcado en contra la pendiente, terrazas, canales de drenaje, siembras de abonos verdes, rotación de cultivos, incorporación de materia orgánica, entre otros.
- f) Se debe verificar la disponibilidad y accesibilidad de agua de calidad al terreno.
- g) Se recomienda identificar la información edafológica y climática existente de la zona:
 - De suelo: tipos, capacidad de infiltración, pendiente, profundidad, textura, fertilidad natural, pH.
 - De clima: altitud, temperatura, precipitación, luminosidad, vientos, fuente, calidad y caudal de agua.

Artículo 8. Requerimientos ambientales del cultivo.

- a) Se deben considerar los requerimientos ambientales específicos dependiendo de las especies de hortalizas y/o verduras a producir, ya sea como monocultivo o en sistemas



asociados. Especialmente los siguientes parámetros: temperatura, precipitación, vientos, luminosidad, altitud, humedad, entre otros.

b) Se debe mantener registros de estos requerimientos ambientales y actualizarlos permanentemente.

Artículo 9. Preparación del suelo.

a) El terreno seleccionado debe poseer suelos aptos y que presenten equilibrio en sus características para un mayor aprovechamiento en la producción de hortalizas y verduras.

b) Se recomienda realizar las labores pre – culturales (arado, rastra, subsolado, nivelación) en los terrenos que lo ameriten.

c) Se recomienda realizar labores de aireación, solarización y aplicación de microorganismos benéficos al suelo.

d) En caso de requerir un tratamiento químico para reducir las poblaciones de patógenos del suelo, se recomienda realizar las aplicaciones en base a la recomendación del profesional técnico, respetando el tiempo de espera previo al establecimiento del cultivo.

Artículo 14. Calidad del agua de riego.

a) Se deben identificar las fuentes del agua utilizadas en la zona donde se realizará el cultivo.

b) Se debe evaluar el riesgo potencial del sistema de distribución de agua, verificando su calidad microbiológica y química, e identificar acciones correctivas para prevenir o reducir al mínimo la contaminación.

c) Se deben realizar análisis químico, físico y microbiológico del agua que se utiliza. La frecuencia dependerá de las fuentes de donde proviene el agua y de la evaluación de los riesgos de contaminación. Estos análisis deben ser realizados en laboratorios adecuados al menos una vez al año.

d) En caso de detectar agua contaminada, se deben tomar acciones correctivas a fin de garantizar que el agua sea idónea para su uso en agricultura.

e) Se debe realizar el mantenimiento oportuno y continuo del sistema de riego, de acuerdo al criterio técnico del fabricante.

f) Se recomienda realizar una planificación de la cantidad de agua requerida para la producción, considerando factores como: especie, estado fenológico, factores climáticos, tipo de suelo, sistema de riego, entre otros. A fin de precautelar la eficiencia en el uso del recurso.

g) No se deben utilizar sin previo tratamiento, aguas residuales para riego.



h) Se recomienda prestar especial atención a la calidad del agua en las siguientes situaciones:

- Riego con técnicas de distribución del agua que exponen directamente el agua a la parte comestible del alimento.
- Riego de hortalizas y/o verduras con características físicas tales como hojas y superficies rugosas que facilitan la acumulación del agua.
- Riego de hortalizas y/o verduras que recibirán poco o ningún tratamiento de lavado poscosecha antes del envasado.

i) Se debe llevar un registro del consumo de agua de riego.

Artículo 36. Protección del ambiente.

a) Se debe cumplir con las normas establecidas en la legislación ambiental vigente en lo que se refiere a prevenir, mitigar y minimizar los impactos negativos sobre el ambiente que pueda originarse debido a la actividad agrícola que se desarrolla.

b) Se debe aprovechar eficientemente los recursos naturales, reduciendo al mínimo el impacto ambiental, por medio de técnicas que promuevan la conservación y protección de la flora y fauna circundantes.

c) Identificar antes, durante y después de la producción los impactos reales y potenciales con la finalidad de prevenir, mitigar, reducir o eliminar sus consecuencias ambientales significativas.

d) Establecer y documentar los métodos de identificación y análisis de impactos ambientales; así como las correcciones y acciones realizadas para su control y mantener bajo lo establecido por la legislación ambiental vigente.

e) Se recomienda establecer franjas de biodiversidad asociados con el cultivo, sembrando árboles o arbustos que atraigan insectos benéficos que ayudan a controlar las plagas.

f) Identificar las zonas que no son aptas para la agricultura, las mismas deben ser reforestadas y consideradas como zonas de protección.

g) Identificar las fuentes de agua que tienen usos compartidos, especialmente en áreas de pasturas o en instalaciones de producción animal, y tomar las medidas del caso para contrarrestar el riesgo de contaminación.

h) Definir un lugar para recolectar, clasificar y almacenar los residuos, mientras se acopian para su disposición definitiva, el cual quedará aislado y distante de residencias de personas, evitando riesgos de contaminación en la población.



- i) Desarrollar un plan de manejo de desechos mediante la utilización de envases adecuados con su respectiva señalización para separar los desechos orgánicos de los inorgánicos.



5. MEDICIONES



5. MEDICIONES.

5.1. Estudio de clima.

5.1.1. Datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

La fase inicial ha consistido en una recopilación exhaustiva de los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) de Ecuador, sobre las estaciones meteorológicas más representativas de la zona de planificación 8, tanto por su proximidad a dicha zona de estudio como por la amplitud de las series de datos que proporcionan.

A continuación se indican las estaciones meteorológicas que se han utilizado para realizar el estudio climático de la zona:

Tabla 19. Estaciones meteorológicas utilizadas en el presente estudio.

Código	Denominación	Coordenadas		Altitud (m)	Tipo
		Latitud	Longitud		
M0175	El Progreso – Guayas	2° 24' 0'' S	80° 22' 0'' W	6	Completa
MA2V	Aeropuerto José Joaquín de Olmedo	2° 9.2' 0'' S	79° 53' 0'' W	5	Completa
M1170	Santa Elena	2° 14' 6'' S	80° 52' 30.3'' W	44	Parcial

Las razones que han motivado la elección de las citadas estaciones han sido las siguientes:

- Se encuentran dentro del área de estudio, a excepción de la estación meteorológica Santa Elena.
- La altitud de todas ellas es semejante a la altitud media de la zona de estudio.
- La estación El Progreso – Guayas y Aeropuerto de Guayaquil se han seleccionado por ser las que disponen de datos climatológicos completos y son las únicas que se encuentran dentro de la zona de estudio, siendo necesarias para el desarrollo del presente Trabajo Técnico.

5.1.2. Radiación.

Para el estudio de la radiación se han usado los datos recogidos por la estación meteorológica M1170 Santa Elena, por ser la única estación cercana a la zona de estudio de la que se disponen datos de radiación solar.

Los datos disponibles corresponden a los años 2016 y 2017, para los siguientes meses:



- 2016: enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio.
- 2017: febrero, marzo, mayo, junio, julio, agosto y septiembre.

Las variables de radiación solar calculadas son las siguientes:

- Radiación máxima absoluta diaria en $W m^{-2} día^{-1}$.
- Radiación media diaria en $W m^{-2} día^{-1}$.
- Promedios de radiación por hora en $W m^{-2}$.

5.1.3. Termometría.

Las estaciones consideradas para la caracterización de la zona desde el punto de vista termométrico son las indicadas en el apartado anterior:

Tabla 20. Estaciones meteorológicas utilizadas para el estudio de termometría de la zona.

Estación	Coordenadas		Altitud (m)	Periodo de años con datos de termometría
	Latitud	Longitud		
El Progreso – Guayas	2° 24' 0'' S	80° 22' 0'' W	6	1999 – 2009
Aeropuerto José Joaquín de Olmedo	2° 9.2' 0'' S	79° 53' 0'' W	5	1962 – 2012
Santa Elena	2° 14' 6'' S	80° 52' 30.3'' W	44	2005 – 2015

Dentro del resumen de los datos climáticos más representativos, las variables recogidas son:

- Temperatura máxima absoluta.
- Temperatura media de las máximas.
- Temperatura media de las medias.
- Temperatura media de las mínimas.
- Temperatura mínima absoluta.

5.1.4. Pluviometría.

Al igual que para la obtención de los datos termométricos, los datos pluviométricos se han extraído de las tres estaciones indicadas en la tabla 21:



Tabla 21. Estaciones meteorológicas utilizadas para el estudio de pluviometría de la zona.

Estación	Coordenadas		Altitud (m)	Periodo de años con datos de pluviometría
	Latitud	Longitud		
El Progreso – Guayas	2° 24' 0'' S	80° 22' 0'' W	6	1981 – 2009
Aeropuerto José Joaquín de Olmedo	2° 9.2' 0'' S	79° 53' 0'' W	5	1962 – 2017
Santa Elena	2° 14' 6'' S	80° 52' 30.3'' W	44	2005 – 2015

Los datos de pluviometría procedentes del INAMHI han sido procesados y se han elaborado las siguientes variables para representar la pluviometría de la zona:

- Precipitación máxima en 24 horas.
- Precipitación máxima mensual.
- Precipitación media mensual.
- Precipitación media diaria.
- Días con precipitación superior a 1 L m⁻².
- Días con precipitación superior a 10 L m⁻².
- Días con precipitación superior a 30 L m⁻².

5.1.5. Humedad relativa.

Para el estudio de la humedad relativa se han procesado los datos de estaciones meteorológicas recogidas en la tabla 22:

Tabla 22. Estaciones meteorológicas utilizadas para el estudio de humedad relativa de la zona.

Estación	Coordenadas		Altitud (m)	Periodo de años con datos de humedad
	Latitud	Longitud		
El Progreso – Guayas	2° 24' 0'' S	80° 22' 0'' W	6	1999 – 2009
Aeropuerto José Joaquín de Olmedo	2° 9.2' 0'' S	79° 53' 0'' W	5	1962 – 2012
Santa Elena	2° 14' 6'' S	80° 52' 30.3'' W	44	2005 – 2015

Las variables de humedad relativa estudiadas han sido distintas en cada estación meteorológica debido al tipo de datos disponibles de cada estación:

Para la estación El Progreso – Guayas y Santa Elena (datos diarios):

- Humedad máxima absoluta.



- Humedad media de las máximas.
- Humedad media de las medias.
- Humedad media de las mínimas.
- Humedad mínima absoluta.

Para la estación Aeropuerto de Guayaquil (datos mensuales):

- Humedad máxima media.
- Humedad media.
- Humedad mínima media.

5.1.6. Viento.

Para el estudio del viento se han procesado los datos de las siguientes estaciones meteorológicas:

Tabla 23. Estaciones meteorológicas utilizadas para el estudio de viento de la zona.

Estación	Coordenadas		Altitud (m)	Periodo de años con datos de viento
	Latitud	Longitud		
El Progreso – Guayas	2° 24' 0'' S	80° 22' 0'' W	6	1999 – 2009
Aeropuerto José Joaquín de Olmedo	2° 9.2' 0'' S	79° 53' 0'' W	5	1977 – 2012

Las variables estudiadas son las siguientes:

- Velocidad del viento:
 - o Velocidad máxima.
 - o Velocidad media.
- Dirección del viento:
 - o Dirección predominante.
 - o Frecuencia de direcciones.

5.1.7. Índices termopluiométricos.

Para caracterizar el clima de la zona se han incluido clasificaciones basadas en el índice de pluviosidad de Lang (Il), índice de aridez de Martonne (Im), índice de Dantin Cereceda – Revenga (Icr) y cociente pluviométrico de Emberger (Q), cuyas expresiones son respectivamente las siguientes:

$$Il = \frac{P}{Tm} \quad Im = \frac{P}{Tm+10} \quad Icr = \frac{100 \times Tm}{P} \quad Q = \frac{100 \times P}{Mi^2 - mi^2}$$



En las cuales P representa la precipitación media anual en $L m^{-2}$, T_m la temperatura media de medias anual en $^{\circ}C$, M_i las media de temperaturas máximas del mes más cálido y m_i la media de temperaturas mínimas del mes más frío en $^{\circ}C$.

Se han calculado los índices mencionados para cada estación meteorológica y caracterizado el clima según los criterios de clasificación de cada índice.

Posteriormente se ha realizado el diagrama ombrotérmico de Gausson usando los datos de temperatura y precipitación de cada una de las estaciones meteorológicas. Este tipo de diagrama permite identificar el período seco en el cual la precipitación es inferior a dos veces la temperatura media. Para su representación, en el eje X se ponen los doce meses del año y en un eje Y secundario se pone en un lado las precipitaciones medias mensuales (en $L m^{-2}$) y en el otro las temperaturas medias mensuales ($^{\circ}C$). Se debe considerar que la escala de precipitaciones debe ser el doble que la de temperaturas. Esto es, por cada $^{\circ}C$ en temperatura se toman 2 $L m^{-2}$ de precipitación. Así a un valor de $20^{\circ}C$ le corresponde en la misma línea el valor de 40 $L m^{-2}$.

5.2. Estudio del agua.

Las muestras de agua fueron tomadas en el mes de septiembre de 2007 por el equipo técnico de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA). La mayoría de ellas son pertenecientes a la Zona de Planificación 8.

El objetivo ha sido hacer una clasificación de las aguas utilizadas para riego en la zona, usando criterios del US Salinity Laboratory (1951) de Riverside, también según el C.S.R., índice de Scott o coeficiente alcalinométrico y dureza expresada en grados hidrotimétricos Franceses.

5.2.1. Dureza.

Se hizo una clasificación de las aguas de riego según su dureza expresada en grados hidrotimétricos Franceses ($^{\circ}F$):

$$\text{Dureza} = \frac{\text{Ca}^{2+} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \cdot 2.5 + \text{Mg}^{2+} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \cdot 4.12}{10}$$



Tabla 24. Valoración de la calidad del agua en función de su dureza (ACOR: Servicio Agronómico, s.f.).

Valoración	Grados hidrotimétricos franceses
Agua muy dulce	< 7
Agua dulce	7 - 14
Agua medianamente dulce	14 - 22
Agua medianamente dura	22 - 32
Agua dura	32 - 54
Agua muy dura	> 54

5.2.2. Carbonato sódico residual (CSR).

Para el cálculo de este parámetro fue empleada la siguiente fórmula:

$$CSR = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

Tabla 25. Valoración de la calidad del agua en función del CSR (ACOR: Servicio Agronómico, s.f.).

CSR (meq L ⁻¹)	Valoración
< 1,25	Aguas recomendadas para el riego
1,25 - 2,5	Aguas poco recomendables para el riego
> 2,5	Aguas no recomendables para el riego

5.2.3. Relación de adsorción de sodio (SAR).

El estudio de este parámetro fue llevado a cabo mediante la siguiente ecuación:

$$SAR = \frac{Na^+ \left(\frac{meq}{L}\right)}{\sqrt{\frac{1}{2} \cdot \left(Ca^{2+} \left(\frac{meq}{L}\right) + Mg^{2+} \left(\frac{meq}{L}\right) \right)}}$$

5.2.4. Clasificación en función de las Normas Riverside.

Teniendo en cuenta los valores de C.E. y la S.A.R. obtenidos, se ha realizado la clasificación del agua en función de su calidad según las Normas Riverside.



Tabla 26. Valoración de la calidad del agua en función de las Normas Riverside (Blasco y de la Rubia, 1973).

TIPOS	CALIDAD Y NORMAS DE USO
C ₁	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.
C ₂	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C ₃	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C ₄	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C ₅	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
C ₆	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S ₁	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S ₂	Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario
S ₃	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S ₄	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.



5.2.5. Índice de Scott o coeficiente alcalinométrico.

Se ha realizado el cálculo de este parámetro diferenciando los siguientes casos, 1^{er} caso: $Cl^- \geq Na^+$ (K_1); 2^o caso: $Cl^- < Na^+ \leq (Cl^- + SO_4^{2-})$ (K_2); 3^{er} caso: $Na^+ > (Cl^- + SO_4^{2-})$ (K_3) (Rodríguez y Martínez, 2005).

Nota: concentraciones en $mg L^{-1}$.

- Para K_1 : $\frac{2040}{Cl^-}$
- Para K_2 : $\frac{6620}{2.6Cl^- + Na^+}$
- Para K_3 : $\frac{662}{Na^+ - 0.32Cl^- - 0.43SO_4^{2-}}$

Tabla 27. Valoración de la calidad del agua en función del índice de Scott (ACOR: Servicio Agronómico, s.f.).

Calidad del agua	Valores del Índice de Scott
Buena	> 18
Tolerable	18 - 6
Mediocre	6 - 1,2
Mala	< 2

5.3. Estudio de suelo.

Las muestras de suelo fueron extraídas y analizadas por un laboratorio de análisis de suelos en la ciudad de Guayaquil. La mayoría de ellas son pertenecientes a la Zona de Planificación 8. Las muestras 7, 8 y 9 pertenecen a un mismo suelo pero han sido extraídas a 25, 35 y 45 cm de profundidad respectivamente.

Tabla 28. Cultivo y lugar en el que fueron tomadas las muestras de suelo.

Muestra	Cultivo	Lugar
1	Arroz	Samborondón
2	Plátano	Cerecita
3	Sin Cultivo	Limoncito
4	Pimiento	Isidro Ayora
5	Pimiento	Isidro Ayora
6	Sin Cultivo	San Isidro
7	Cacao / Café	Comuna Limoncito
8	Cacao / Café	Comuna Limoncito
9	Cacao / Café	Comuna Limoncito

Se han caracterizado las muestras de suelo en función de su pH, textura, conductividad eléctrica, % de materia orgánica, fósforo, potasio, capacidad de intercambio catiónico y en función de las bases de intercambio.

5.3.1. pH.

Tabla 29. Clasificación del suelo en función del pH (ACOR: Servicio Agronómico, s.f.).

pH	Clasificación
< 5,5	Muy ácido
5,6 - 6,5	Ácido
6,6 - 7,5	Neutro
7,6 - 8,5	Básico
> 8,6	Alcalino

5.3.2. Textura.

Para la clasificación del suelo según la textura, se ha utilizado el% de arena, limo y arcilla de cada muestra para, posteriormente, se han clasificado según el diagrama textural que se muestra en la figura 11.

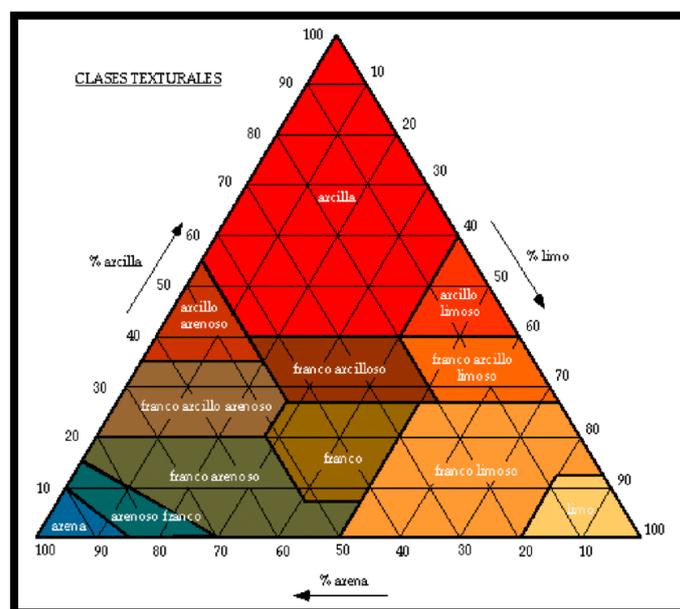


Figura 11. Diagrama estadounidense de clases texturales (Katz, 2017).



5.3.3. Conductividad eléctrica.

Para la clasificación del suelo según la conductividad eléctrica se han tenido en cuenta los valores en dS m^{-1} .

Tabla 30. Clasificación del suelo en función de la CE (ACOR: Servicio Agronómico, s.f.).

CE (dS m^{-1})	Clasificación
< 2	No salino
2 – 4	Ligeramente salino
4 – 8	Salino
> 8	Muy salino

5.3.4. Materia orgánica.

Tabla 31. Clasificación del suelo en función del % en materia orgánica (ACOR: Servicio Agronómico, s.f.).

M.O. (%)	Clasificación
< 1,2	Muy bajo
1,2 - 1,7	Bajo
1,7 - 2,2	Normal
2,2 - 3	Alto
> 3	Muy alto

5.3.5. Fósforo.

Tabla 32. Clasificación del suelo en función del nivel en fósforo (ACOR: Servicio Agronómico, s.f.).

P (ppm)	Clasificación
< 20	Bajo
21 - 30	Normal
> 31	Alto

5.3.6. Potasio.

Tabla 33. Clasificación del suelo en función del nivel en potasio (ACOR: Servicio Agronómico, s.f.).

K (ppm)	Clasificación
< 175	Bajo
176 - 330	Normal
> 331	Alto



5.3.7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Tabla 34. Clasificación del suelo en función de la capacidad de intercambio catiónico (Garrido-Valero, 1994).

CIC Total (meq / 100 g)	Clasificación
0 – 10	Muy bajo
10 – 20	Bajo
20 – 35	Medio
35 – 45	Medio alto
> 45	Alto

5.3.8. Porcentaje de saturación por bases.

Para el cálculo de este parámetro se ha tenido en cuenta la siguiente expresión, cuyos valores vienen dados en meq / 100 g:

$$V(\%) = \frac{Ca + Mg + Na + K}{C.I.C. total} \times 100$$

Tabla 35. Clasificación del suelo en función del % de saturación por bases (Garrido-Valero, 1994).

Saturación por bases (%)	Clasificación
< 50	Suelo muy ácido
50 - 90	Suelo medio
> 90	Suelo saturado en bases



6. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA.

6. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA.

6.1. Ubicación de las estaciones meteorológicas.

A continuación se muestra un mapa con la ubicación y la distancia exacta de las 3 estaciones meteorológicas de las cuales se han tomado los datos:

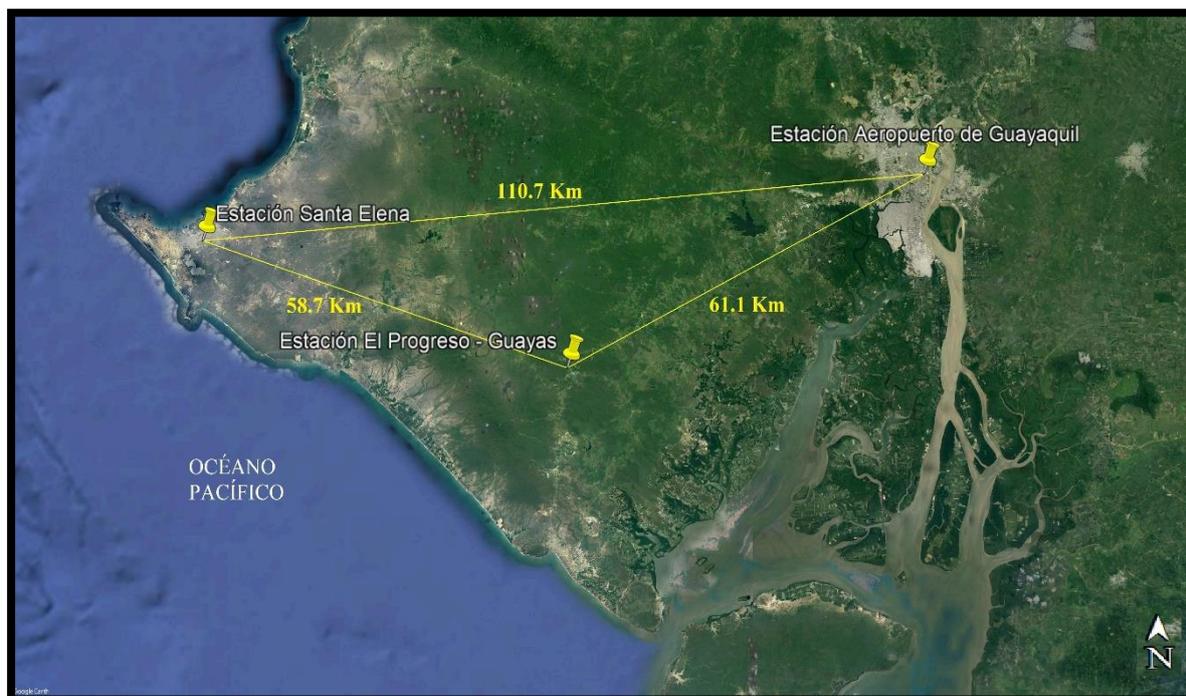


Figura 12. Ubicación y distancia de las estaciones meteorológicas (Escala 1:650.000).

Distancia:

- Santa Elena – El Progreso: 58,7 Km.
- Santa Elena – Aeropuerto de Guayaquil: 110,7 Km.
- El Progreso – Aeropuerto de Guayaquil: 61,1 Km.

6.2. Ubicación de los puntos de muestreo de agua.

Las muestras de agua que se han usado en la caracterización de las aguas de la zona de estudio pertenecen a las ubicaciones marcadas en la figura 13:

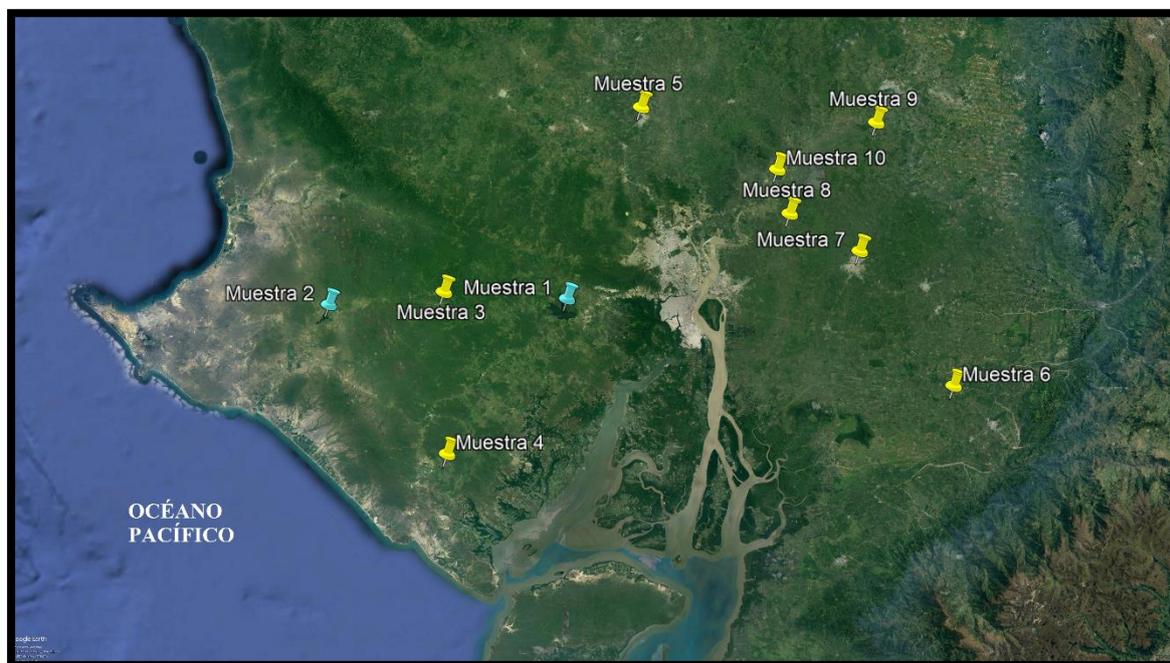


Figura 13. Ubicación del lugar en el que fueron tomadas las muestras de agua (Escala 1:650.000).

Los puntos señalados en color azul pertenecen a los dos embalses más importantes para riego en la zona: Chongón y El Azúcar.

Tabla 36. Lugares en los que fueron tomadas las muestras de agua.

	Lugar
Muestra 1	Embalse Chongón
Muestra 2	Embalse El Azúcar
Muestra 3	Canal Chongón - El Azúcar
Muestra 4	Embalse Cola Playas
Muestra 5	Río Daule (Daule)
Muestra 6	Río Cañar (Manuel J.Calle)
Muestra 7	Río Milagro (Milagro)
Muestra 8	Río Chimbo (Yaguachi)
Muestra 9	Río Jujan (Jujan)
Muestra 10	Río Babahoyo (Samborondón)

6.3. Ubicación de los puntos de muestreo de suelo.

En la figura 14 se encuentran marcadas las ubicaciones donde han sido tomadas las muestras de suelo para su posterior análisis físico – químico en un laboratorio:



Figura 14. Ubicación del lugar en el que fueron tomadas las muestras de suelo (Escala 1:650.000).

Tabla 37. Lugares en los que fueron tomadas las muestras de suelo.

	Lugar
Muestra 1	Samborondón
Muestra 2	Cerecita
Muestra 3	Limoncito
Muestra 4	Isidro Ayora
Muestra 5	Isidro Ayora
Muestra 6	San Isidro
Muestra 7	Comuna Limoncito
Muestra 8	Comuna Limoncito
Muestra 9	Comuna Limoncito



7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

7.1. Estudio de clima.

7.1.1. Radiación.

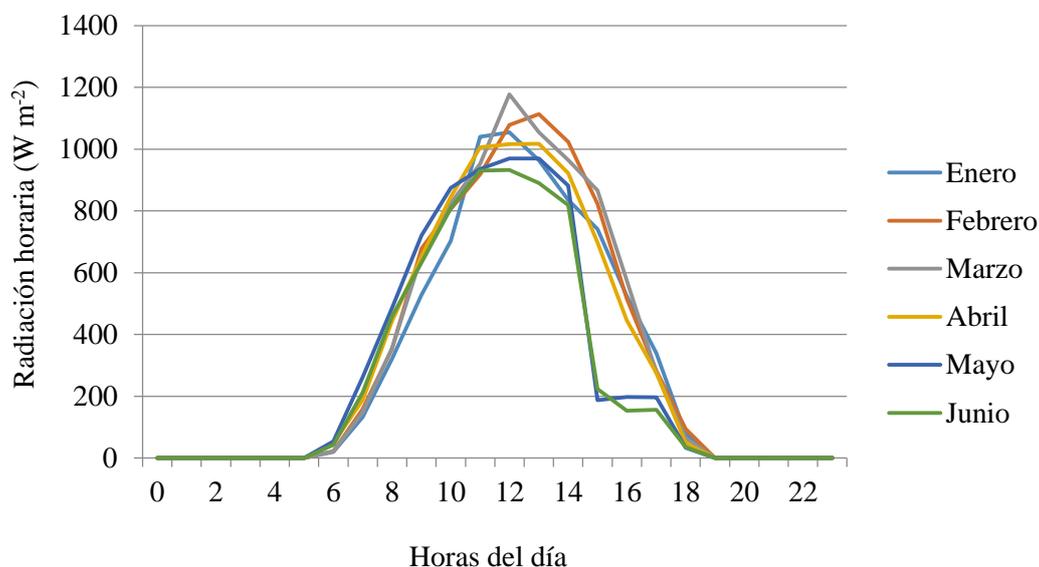


Figura 15. Comparación de la distribución de radiación a lo largo del día en el periodo de enero a junio de 2016. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

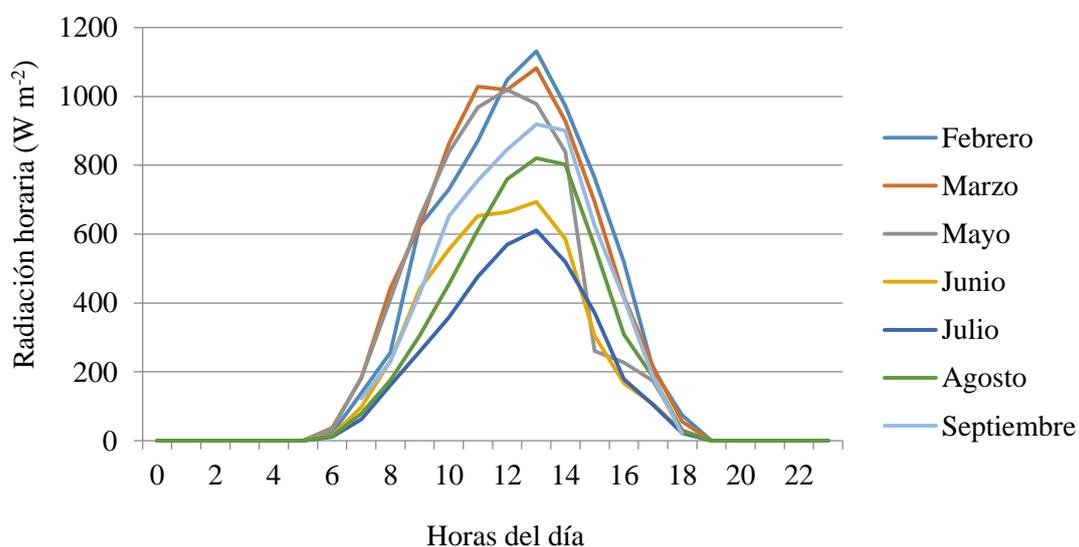


Figura 16. Comparación de la distribución de radiación a lo largo del día en el periodo de febrero a marzo y de mayo a septiembre de 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).



Como se puede observar en la figura 15, cuyos datos pertenecen al año 2016, el mes con el máximo de radiación solar es marzo, en el cual se alcanzan radiaciones de hasta $1177 \text{ W m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Por el contrario, el mes en el que se da el mínimo de radiación máxima es junio, no superando los $932 \text{ W m}^{-2} \text{ h}^{-1}$.

Por otro lado, en la figura 16, correspondiente al año 2017, el máximo de radiación se alcanza en el mes de febrero, seguido del mes de marzo, con valores de hasta 1131 y $1082 \text{ W m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ respectivamente. Mientras que el mes de junio la radiación máxima no supera el valor de $610 \text{ W m}^{-2} \text{ h}^{-1}$.

Tabla 38. Radiación solar máxima absoluta diaria y media diaria ($\text{W m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) recogida en la estación meteorológica Santa Elena en los años 2016 y 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

		$\text{W m}^{-2} \text{ día}^{-1}$	
		Radiación máxima absoluta diaria	Radiación media diaria
2016	Enero	9270	4676
	Febrero	10171	4993
	Marzo	10025	5281
	Abril	8656	5247
	Mayo	7659	5315
	Junio	7940	4868
2017	Febrero	9856	4374
	Marzo	10373	4485
	Mayo	8009	4532
	Junio	8189	2779
	Julio	7828	2368
	Agosto	8520	3201
	Septiembre	8839	3855

Como se puede verificar en la tabla anterior, en los últimos 2 años, se han alcanzado radiaciones solares diarias de hasta $10373 \text{ W m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ en febrero de 2017. Los meses de febrero y marzo (de los años 2016 y 2017) son los que han presentado los más altos valores de radiación solar diaria. El mínimo de radiación máxima absoluta diaria se da en mayo de 2016 con un valor de $7659 \text{ W m}^{-2} \text{ día}^{-1}$.

El valor promedio más alto de radiación solar diaria se da en el mes de mayo de 2016 con $5315 \text{ W m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, mientras que el valor más bajo lo encontramos en julio de 2017 con $2368 \text{ W m}^{-2} \text{ día}^{-1}$.

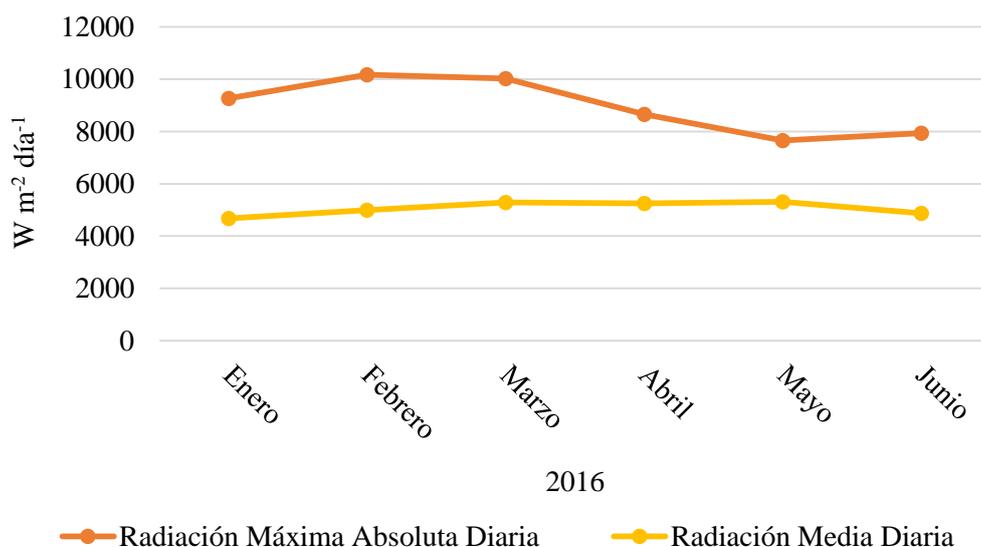


Figura 17. Radiación solar máxima absoluta diaria y media diaria ($W m^{-2} día^{-1}$) recogida en la estación meteorológica Santa Elena en el año 2016. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

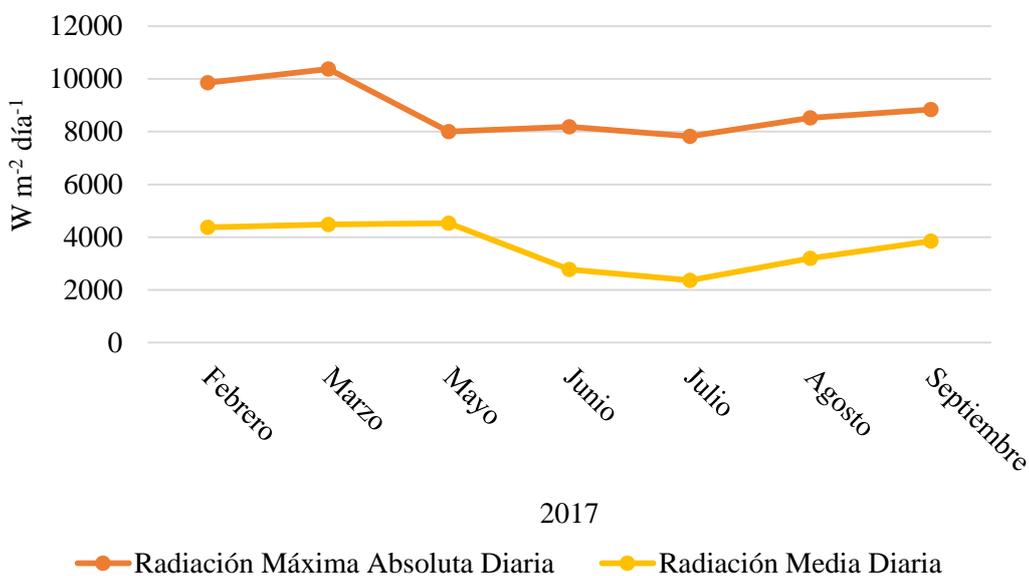


Figura 18. Radiación solar máxima absoluta diaria y media diaria ($W m^{-2} día^{-1}$) recogida en la estación meteorológica Santa Elena en el año 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).



7.1.2. Termometría.

7.1.2.1. Estación El Progreso – Guayas.

Tabla 39. Variables de temperatura (°C) de la estación meteorológica El Progreso – Guayas. Elaboración propia a partir de (INAMHI, 1999 - 2009).

		T ^a Max Abs	T ^a Media de max	T ^a Media	T ^a Media de min	T ^a Min Abs
PERIODO 1999 - 2009	Enero	36,6	31,7	25,9	20,1	9,0
	Febrero	34,0	30,6	26,2	21,7	18,2
	Marzo	34,3	31,1	25,8	20,6	7,4
	Abril	34,8	31,7	26,9	22,0	18,0
	Mayo	35,1	30,7	25,8	20,8	17,5
	Junio	33,5	29,0	24,1	19,3	13,0
	Julio	33,0	28,1	23,5	18,9	14,0
	Agosto	33,6	28,8	23,8	18,8	15,0
	Septiembre	33,2	29,3	24,2	19,1	16,4
	Octubre	33,7	29,2	24,4	19,5	15,5
	Noviembre	34,5	30,5	24,8	19,2	10,8
	Diciembre	35,5	31,3	26,1	20,8	16,0

Análisis de datos.

- *Temperatura máxima absoluta:* el valor máximo se alcanza en el mes de enero con 36,6°C y el valor mínimo se presenta en el mes de julio con 33,0°C. La diferencia es de 3,6°C.
- *Temperatura media de máximas:* el valor máximo se alcanza en los meses de enero y abril con 31,7°C y el valor mínimo se presenta en el mes de julio con 28,1°C. La diferencia es de 3,6°C.
- *Temperatura media:* el valor máximo se alcanza en el mes de abril con 26,9°C y el valor mínimo se presenta en el mes de julio con 23,5°C. La diferencia es de 3,4°C.
- *Temperatura media de mínimas:* el valor máximo se alcanza en el mes de abril con 22,0°C y el valor mínimo se presenta en el mes de agosto con 18,8°C. La diferencia es de 3,2°C.
- *Temperatura mínima absoluta:* el valor máximo se alcanza en el mes de febrero con 18,2°C y el valor mínimo se presenta en el mes de marzo con 7,4°C. La diferencia es de 10,8°C.

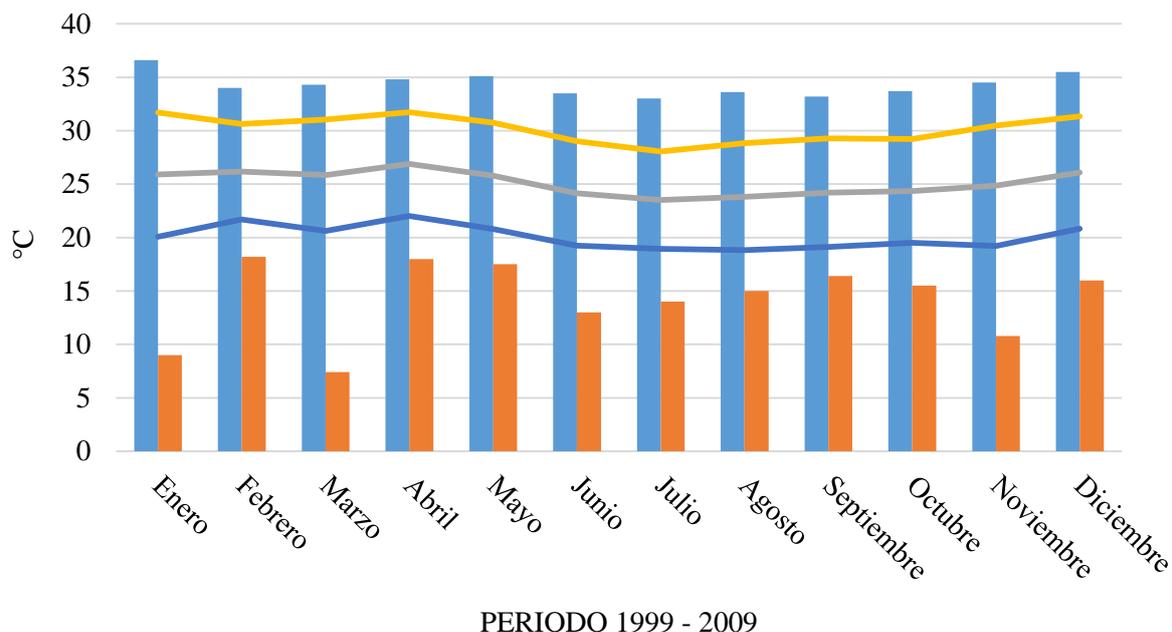


Figura 19. Resumen mensual de temperaturas de la estación meteorológica El Progreso – Guayas. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1999 - 2009).

7.1.2.2. Estación Aeropuerto de Guayaquil.

Tabla 40. Variables de temperatura (°C) de la estación meteorológica Aeropuerto de Guayaquil. Elaboración propia a partir de (INAMHI, 1962 - 2012).

		Tª Max Abs	Tª Media de max	Tª Media	Tª Media de min	Tª Min Abs
PERIODO 1962 - 2012	Enero	37,2	34,4	26,3	21,3	18,0
	Febrero	36,1	33,7	26,3	21,7	19,2
	Marzo	37,3	34,2	26,8	22,1	20,2
	Abril	36,6	34,2	26,8	21,9	19,4
	Mayo	35,9	33,5	26,1	21,0	18,6
	Junio	35,0	32,6	24,7	20,0	16,5
	Julio	34,1	32,1	23,5	19,2	17,0
	Agosto	34,7	32,4	23,8	18,9	16,5
	Septiembre	35,1	33,0	24,1	19,3	17,2
	Octubre	35,1	33,3	24,3	19,7	17,7
	Noviembre	35,4	33,8	24,8	19,9	17,1
	Diciembre	37,0	34,6	26,0	20,7	18,8



Análisis de datos.

- *Temperatura máxima absoluta*: el valor máximo se alcanza en el mes de marzo con 37,3°C y el valor mínimo se presenta en el mes de julio con 34,1°C. La diferencia es de 3,2°C.
- *Temperatura media de máximas*: el valor máximo se alcanza en el mes de diciembre con 34,6°C y el valor mínimo se presenta en el mes de julio con 32,1°C. La diferencia es de 2,5°C.
- *Temperatura media*: el valor máximo se alcanza en los meses de marzo y abril con 26,8°C y el valor mínimo se presenta en el mes de julio con 23,5°C. La diferencia es de 3,3°C.
- *Temperatura media de mínimas*: el valor máximo se alcanza en el mes de marzo con 22,1°C y el valor mínimo se presenta en el mes de agosto con 18,9°C. La diferencia es de 3,2°C.
- *Temperatura mínima absoluta*: el valor máximo se alcanza en el mes de marzo con 20,2°C y el valor mínimo se presenta en los meses de julio y agosto con 16,5°C. La diferencia es de 3,7°C.

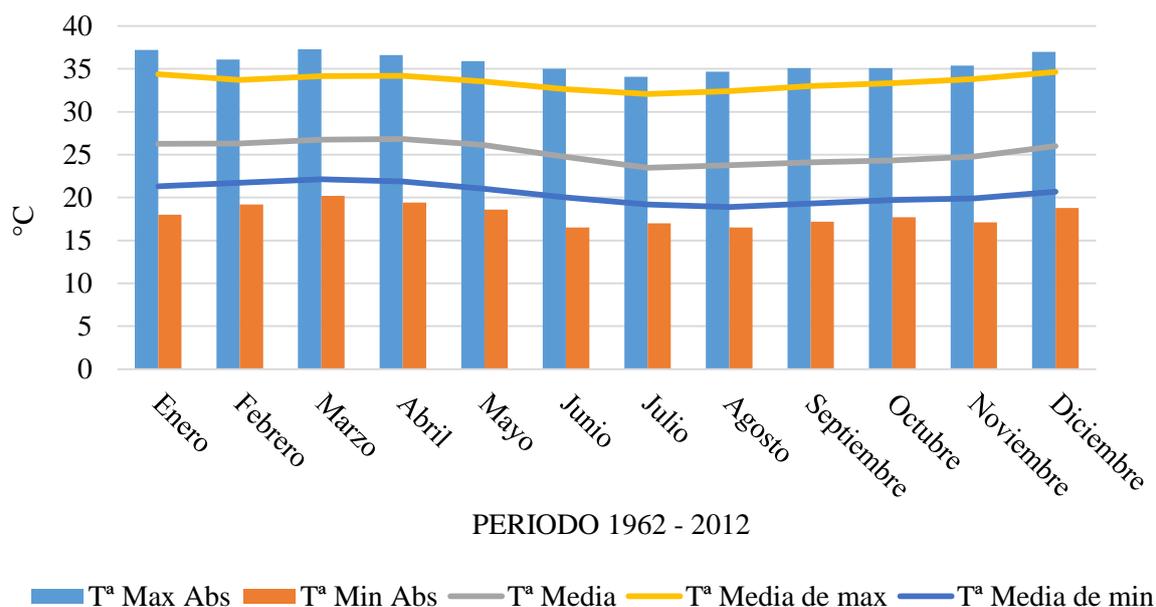


Figura 20. Resumen mensual de temperaturas de la estación meteorológica Aeropuerto de Guayaquil. Elaboración propia a partir de (INAMHI, 1962 - 2012).



7.1.2.3. Estación Santa Elena.

Tabla 41. Variables de temperatura (°C) de la estación meteorológica Santa Elena. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2005 - 2015).

		T ^a Max Abs	T ^a Media de max	T ^a Media	T ^a Media de min	T ^a Min Abs
PERIODO 2005 - 2015	Enero	33,0	29,8	25,7	21,6	16,0
	Febrero	39,4	30,6	26,6	22,6	14,8
	Marzo	33,6	31,0	26,7	22,5	13,5
	Abril	35,2	30,9	26,5	22,1	16,0
	Mayo	33,5	29,0	25,2	21,5	17,0
	Junio	33,5	28,1	24,3	20,6	13,0
	Julio	31,0	26,7	23,2	19,6	13,0
	Agosto	30,5	25,6	22,5	19,5	13,0
	Septiembre	30,0	25,9	22,5	19,2	15,5
	Octubre	35,4	25,2	22,1	19,1	13,5
	Noviembre	29,8	26,0	22,9	19,7	15,0
	Diciembre	36,0	28,0	24,4	20,8	14,5

Análisis de datos.

- *Temperatura máxima absoluta:* el valor máximo se alcanza en el mes de febrero con 39,4°C y el valor mínimo se presenta en el mes de noviembre con 29,8°C. La diferencia es de 9,6°C.
- *Temperatura media de máximas:* el valor máximo se alcanza en el mes de marzo con 31,0°C y el valor mínimo se presenta en el mes de octubre con 25,2°C. La diferencia es de 5,8°C.
- *Temperatura media:* el valor máximo se alcanza en el mes de marzo con 26,7°C y el valor mínimo se presenta en el mes de octubre con 22,1°C. La diferencia es de 4,6°C.
- *Temperatura media de mínimas:* el valor máximo se alcanza en el mes de febrero con 22,6°C y el valor mínimo se presenta en el mes de octubre con 19,1°C. La diferencia es de 3,5°C.
- *Temperatura mínima absoluta:* el valor máximo se alcanza en el mes de mayo con 17,0°C y el valor mínimo se presenta en los meses de junio, julio y agosto con 13,0°C. La diferencia es de 4,0°C.

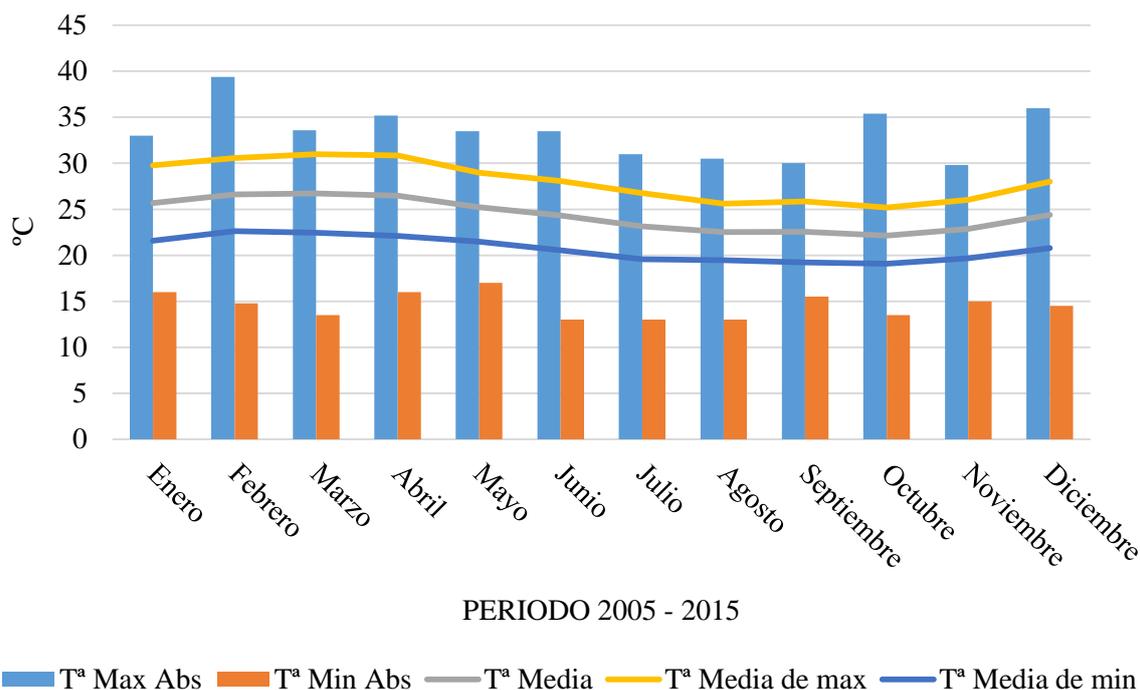


Figura 21. Resumen mensual de temperaturas de la estación meteorológica Santa Elena. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2005 - 2015).

7.1.2.4. Resumen de datos termométricos.

Una vez elaborados los datos proporcionados por el INAMHI, se hace necesario tener una visión global de los valores de temperatura de la zona estudiada, para diferenciar zonas según sus características climatológicas.

A continuación figura en la tabla 41 el resumen con los valores anuales de las diferentes variables de temperatura (°C) en las estaciones meteorológicas analizadas.

Tabla 42. Valores medios anuales de las diferentes variables de temperatura (°C) según la estación meteorológica.

VARIABLES	ESTACIÓN		
	El Progreso - Guayas	Aeropuerto de Guayaquil	Santa Elena
Tª Max Abs	34,3	35,8	33,4
Tª Media de max	30,2	33,5	28,1
Tª Media	25,1	25,3	24,4
Tª Media de min	20,1	20,5	20,7
Tª Min Abs	14,2	18,0	14,6

Se observa que los valores son muy similares en las tres estaciones, presentando la estación del Aeropuerto de Guayaquil unas temperaturas máximas absolutas, media de



máximas y mínima absoluta por encima de los valores medios de las estaciones de El Progreso y Santa Elena.

La oscilación entre la media de temperaturas máximas y mínimas es de 10,1°C en la estación “El Progreso – Guayas”, 13°C en la estación Aeropuerto de Guayaquil y 7,4°C en la estación Santa Elena.

A continuación se presenta una tabla cuyo contenido indica la temperatura óptima admisible de germinación y crecimiento para las principales hortalizas:

Tabla 43. Temperatura de germinación y crecimiento (°C) de las principales hortalizas (INATEC, 2017).

	Temperatura (°C)		
	Germinación	Crecimiento	
		Óptimo	Tolerable
Apio	15 – 20	15 – 20	5 – 23
Cebolla	15 – 20	15 – 20	8 – 25
Cebollín	15 – 20	15 – 20	4 – 30
Lechuga	15 – 22	15 – 20	8 – 25
Zanahoria	15 – 25	15 – 22	3 – 27
Brócoli	15 – 30	18 – 20	5 – 25
Repollo	15 – 30	15 – 25	3 – 25
Soya	20 – 30	20 – 25	4 – 42
Tomate	24 – 30	20 – 25	5 – 35
Pepino	25 – 30	23 – 28	8 – 35
Sandía	25 – 30	25 – 30	10 – 35
Melón	28 – 30	22 – 30	10 – 35

La temperatura media de las 3 estaciones meteorológicas está entorno a los 25°C por lo que se encuentra dentro de los rangos de temperatura que requieren las hortalizas mencionadas en la tabla 43.

La temperatura media de máximas sobrepasa los 30°C en las estaciones de El Progreso – Guayas y Aeropuerto de Guayaquil, mientras que se mantiene un poco por debajo de este valor en Santa Elena (28,1°C), por tanto, podrían existir problemas ocasionados por el exceso de temperatura en algunas hortalizas como apio, cebolla, lechuga, zanahoria, entre otras, mientras que algunos cultivos como tomate, pepino, sandía o melón no tendrían apenas problemas, ya que toleran rangos de temperatura más extremos.



Por otro lado, la temperatura media de mínimas se encuentra en torno a los 20°C en las 3 estaciones meteorológicas, por lo que ninguna de las hortalizas mencionadas en la tabla 43 tendría problemas ocasionados por temperaturas mínimas.

7.1.3. Pluviometría.

7.1.3.1. Estación El Progreso – Guayas.

Tabla 44. Precipitación media diaria y máxima en 24 horas ($L m^{-2}$) recogida en la estación El Progreso – Guayas. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1999 - 2009).

		Precipitación media diaria	Precipitación máxima en 24 h
PERIODO 1999 - 2009	Enero	2,225	71,1
	Febrero	4,210	91,3
	Marzo	5,807	112,3
	Abril	1,899	49,2
	Mayo	0,160	7,0
	Junio	0,029	2,0
	Julio	0,009	1,0
	Agosto	0,004	0,5
	Septiembre	0,059	10,2
	Octubre	0,003	0,4
	Noviembre	0,068	3,5
	Diciembre	0,227	17,0

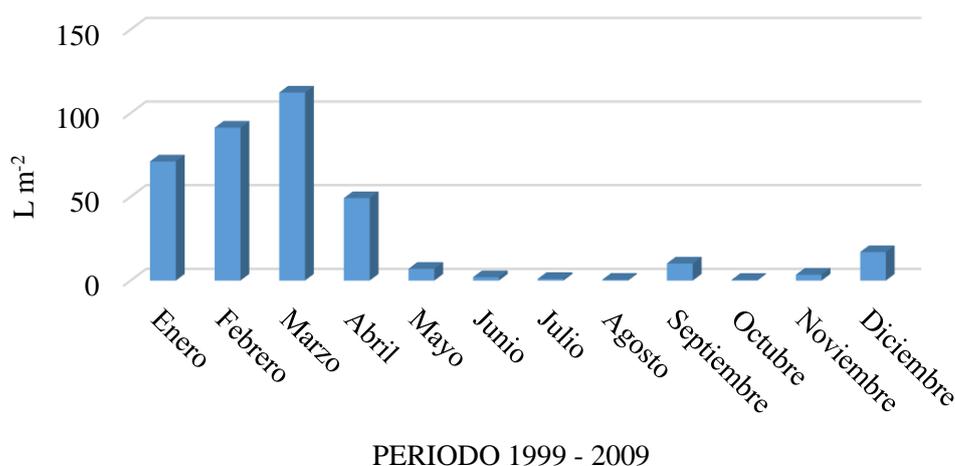


Figura 22. Precipitación máxima en 24 h ($L m^{-2}$) recogida en la estación El Progreso – Guayas. Elaboración propia a partir de (INAMHI, 1999 - 2009).

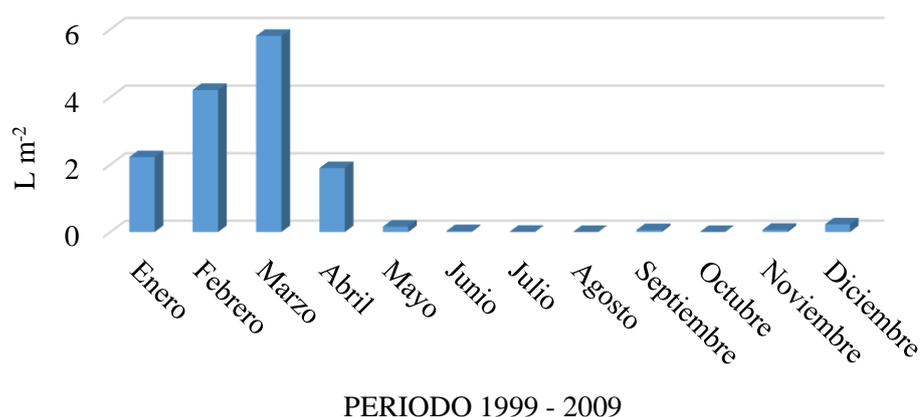


Figura 23. Precipitación media diaria ($L m^{-2}$) recogida en la estación El Progreso – Guayas. Elaboración propia a partir de (INAMHI, 1999 - 2009).

Tabla 45. Precipitación media mensual y máxima mensual ($L m^{-2}$) recogida en la estación El Progreso – Guayas. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1981 - 2009).

		Precipitación media mensual	Precipitación máxima mensual
PERIODO 1981 - 2009	Enero	106,5	699,7
	Febrero	170,3	686,2
	Marzo	165,2	518,2
	Abril	108,9	576,5
	Mayo	8,3	75,0
	Junio	32,4	556,0
	Julio	9,5	164,4
	Agosto	0,2	1,3
	Septiembre	0,7	7,3
	Octubre	1,1	17,1
	Noviembre	14,5	233,2
	Diciembre	42,1	514,2

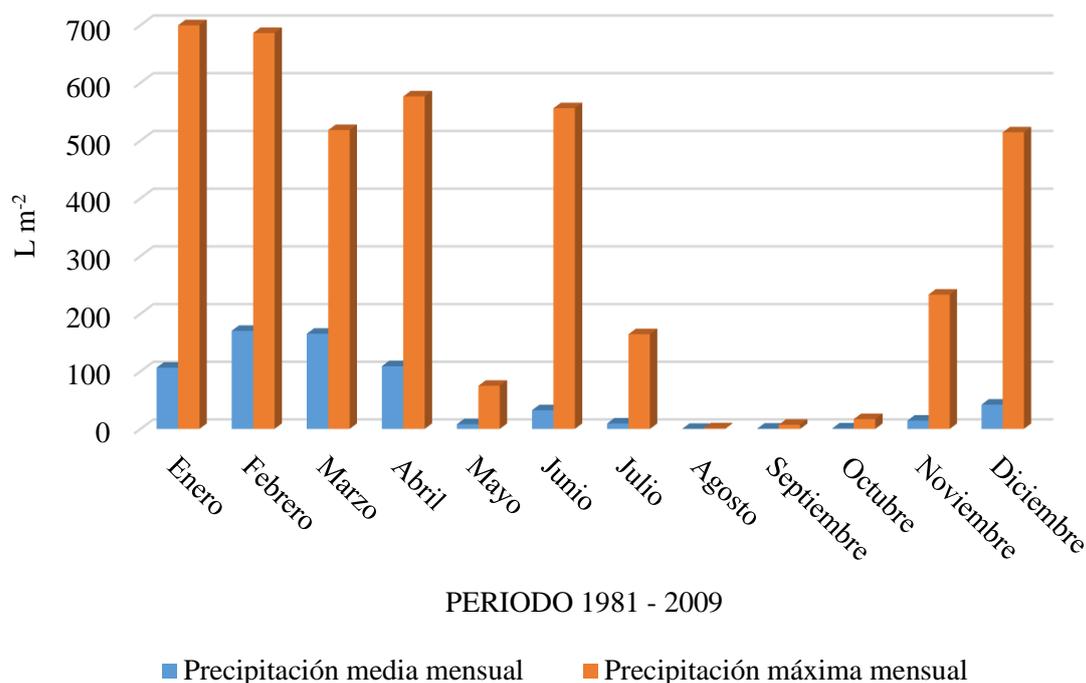


Figura 24. Precipitación media mensual y máxima mensual ($L m^{-2}$) recogida en la estación El Progreso – Guayas. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1981 - 2009).

Tabla 46. Días con precipitaciones superiores a 1, 10 y 30 $L m^{-2}$ en función de los datos de la estación El Progreso – Guayas. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1999 - 2009).

		Nº días con precipitación > 1 $L m^{-2}$	Nº días con precipitación > 10 $L m^{-2}$	Nº días con precipitación > 30 $L m^{-2}$
PERIODO 1999 - 2009	Enero	5,67	1,67	0,33
	Febrero	8,25	3,38	0,63
	Marzo	11,00	4,43	1,71
	Abril	5,14	1,57	0,14
	Mayo	1,22	0,00	0,00
	Junio	0,44	0,00	0,00
	Julio	0,00	0,00	0,00
	Agosto	0,00	0,00	0,00
	Septiembre	0,25	0,13	0,00
	Octubre	0,00	0,00	0,00
	Noviembre	0,25	0,00	0,00
	Diciembre	1,00	0,29	0,00
	ANUAL	33,23	11,45	2,82

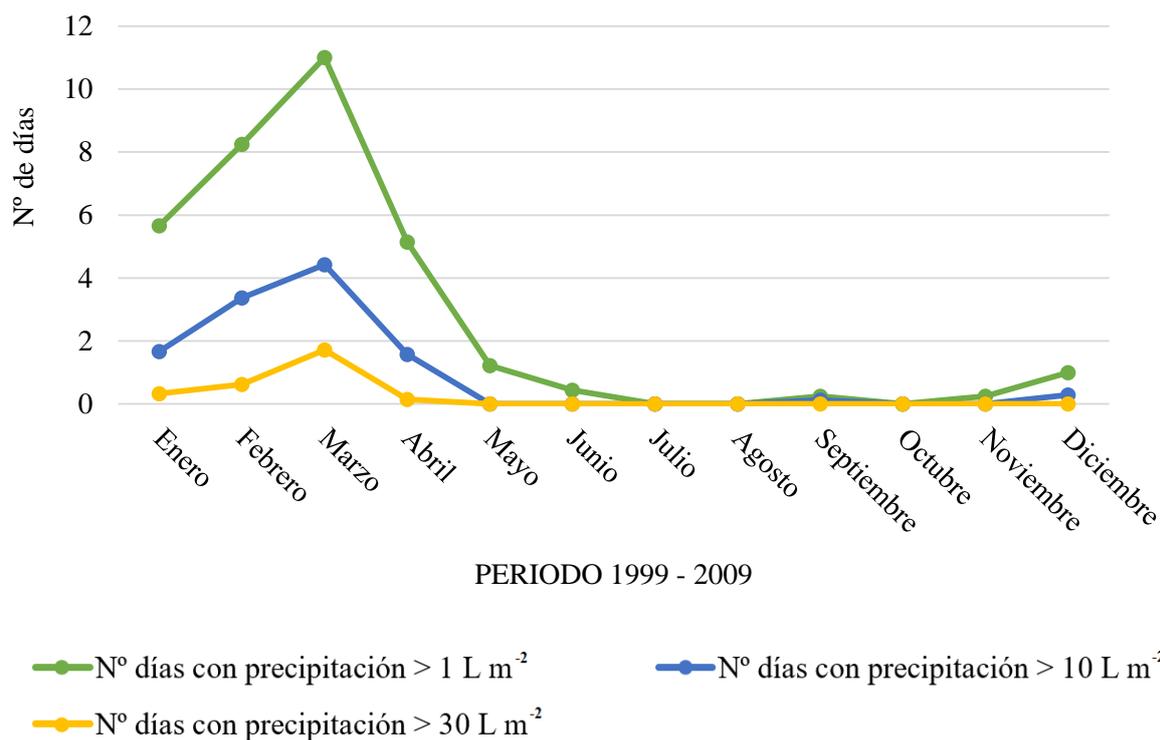


Figura 25. Días con precipitación superior a 1, 10 y 30 L m⁻² en función de los datos de la estación El Progreso – Guayas. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1999 - 2009).

Análisis de datos.

- *Precipitación media diaria:* el valor máximo se da en el mes de marzo con 5,81 L m⁻² mientras que el valor mínimo se presenta en el mes de octubre con un valor de 0,003 L m⁻². La diferencia es de 5,807 L m⁻².
- *Precipitación máxima en 24 h:* el valor máximo se da en el mes de marzo con 112,3 L m⁻² mientras que el valor mínimo se presenta en el mes de octubre con un valor de 0,4 L m⁻². La diferencia es de 111,9 L m⁻².
- *Precipitación media mensual:* el valor máximo se da en el mes de febrero con 170,3 L m⁻² mientras que el valor mínimo se presenta en el mes de agosto con un valor de 0,2 L m⁻². La diferencia es de 170,1 L m⁻².
- *Precipitación máxima mensual:* el valor máximo se da en el mes de enero con 699,7 L m⁻² mientras que el valor mínimo se presenta en el mes de agosto con un valor de 1,3 L m⁻². La diferencia es de 698,4 L m⁻².



7.1.3.2. Estación Aeropuerto de Guayaquil.

Tabla 47. Precipitación media diaria ($L m^{-2}$) recogida en la estación Aeropuerto de Guayaquil. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2008 - 2017).

		Precipitación media diaria
PERIODO 2008 - 2017	Enero	8,98
	Febrero	11,13
	Marzo	11,68
	Abril	6,95
	Mayo	2,27
	Junio	0,22
	Julio	0,05
	Agosto	0,003
	Septiembre	0,02
	Octubre	0,06
	Noviembre	0,02
	Diciembre	0,56

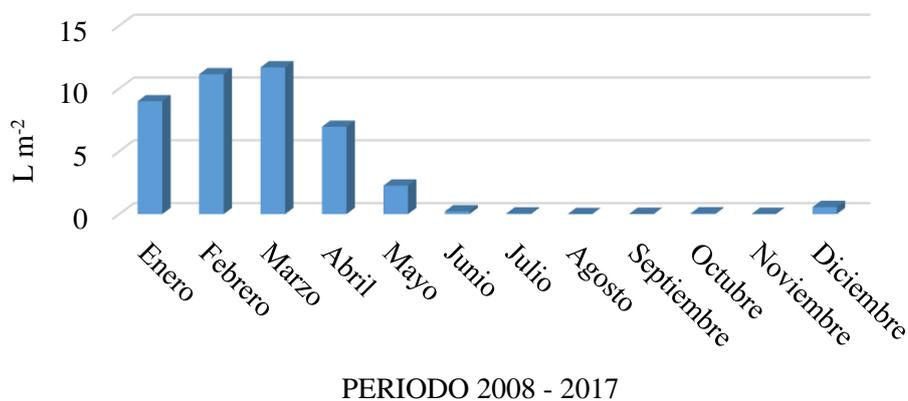


Figura 26. Precipitación media diaria ($L m^{-2}$) recogida en la estación Aeropuerto de Guayaquil. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2008 - 2017).



Tabla 48. Precipitación máxima en 24 horas ($L m^{-2}$) recogida en la estación Aeropuerto de Guayaquil. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1962 - 2017).

		Precipitación máxima en 24 h
PERIODO 1962 - 2017	Enero	125,3
	Febrero	138,4
	Marzo	168,2
	Abril	224,7
	Mayo	164,4
	Junio	124,7
	Julio	64,2
	Agosto	12,2
	Septiembre	18,1
	Octubre	47,0
	Noviembre	169,2
	Diciembre	185,7

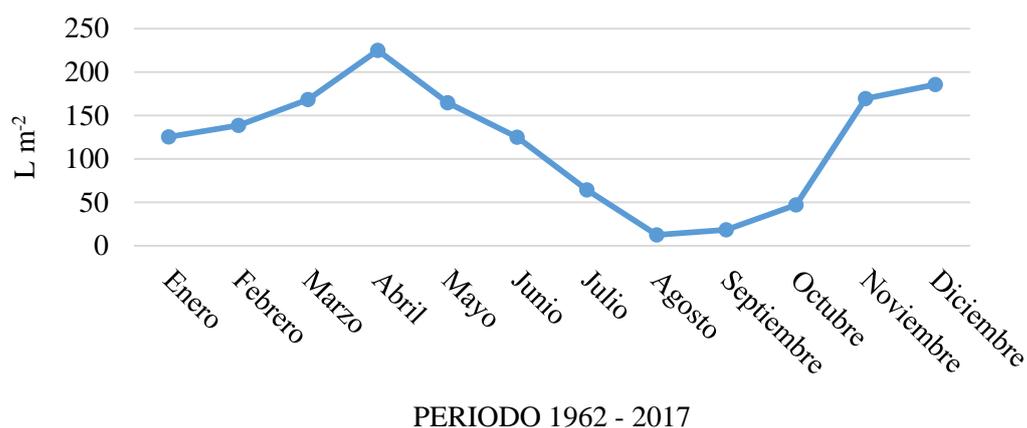


Figura 27. Precipitación máxima en 24 h ($L m^{-2}$) recogida en la estación Aeropuerto de Guayaquil. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1962 - 2017).



Tabla 49. Precipitación media mensual y máxima mensual ($L m^{-2}$) recogida en la estación Aeropuerto de Guayaquil. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1962 - 2017).

		Precipitación media mensual	Precipitación máxima mensual
PERIODO 1962 - 2017	Enero	203,9	701,3
	Febrero	282,7	753,3
	Marzo	297,5	911,3
	Abril	187,9	1137,6
	Mayo	58,9	621,7
	Junio	20,6	629,9
	Julio	7,1	292,5
	Agosto	0,5	18,2
	Septiembre	1,1	18,9
	Octubre	2,9	99,6
	Noviembre	12,9	556,2
	Diciembre	39,8	833,3

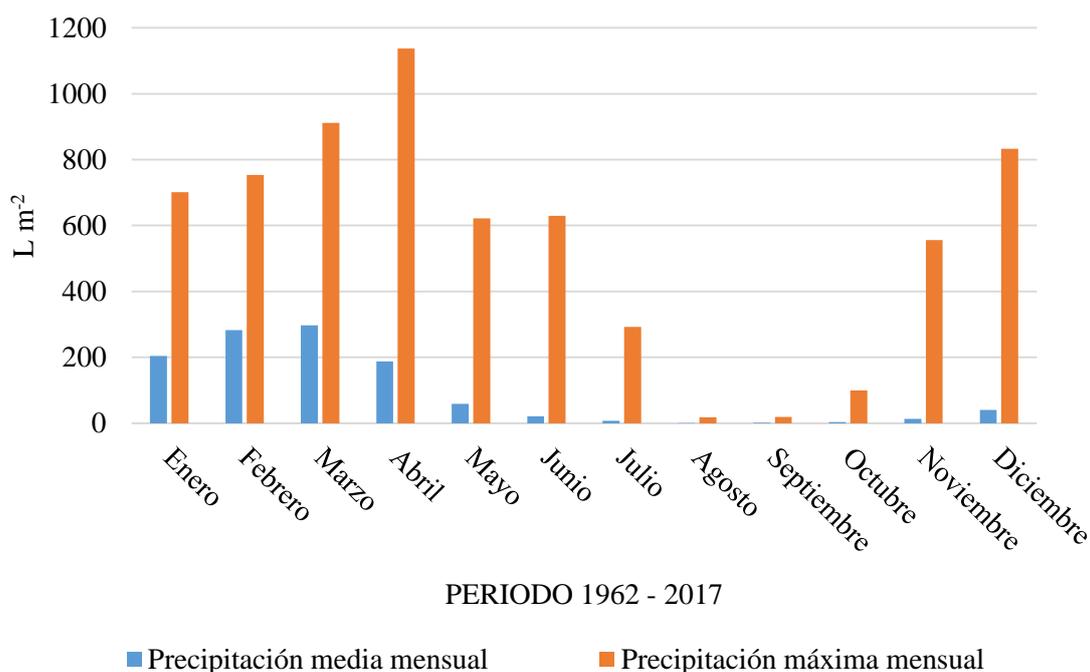


Figura 28. Precipitación media mensual y máxima mensual ($L m^{-2}$) recogida en la estación Aeropuerto de Guayaquil. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1962 - 2017).

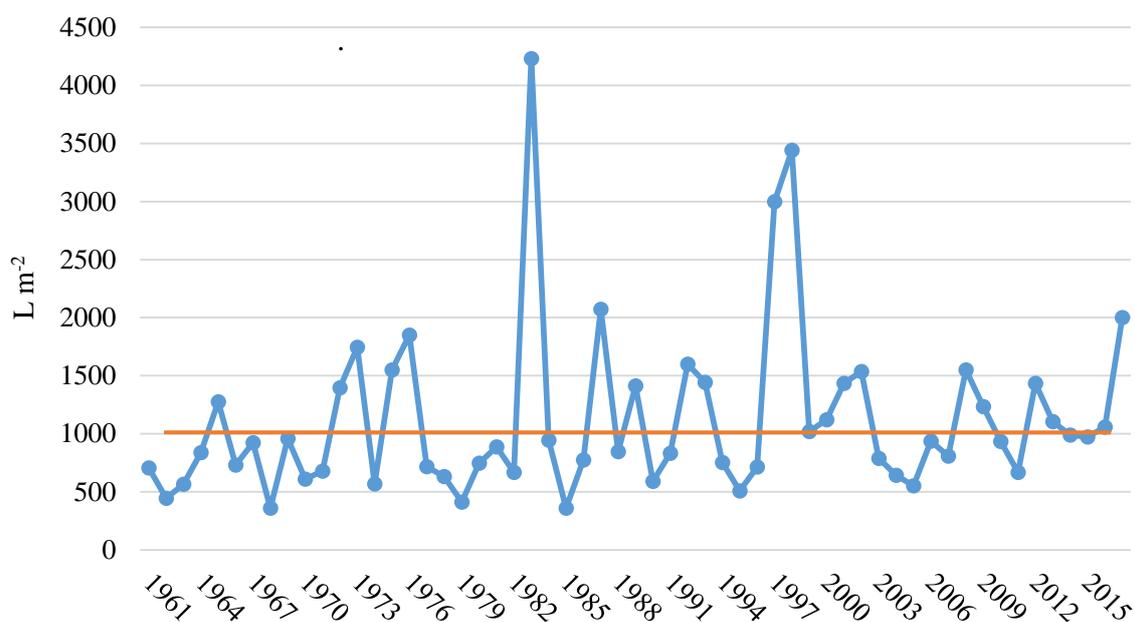


Figura 29. Precipitación histórica anual ($L m^{-2}$) recogida en la estación Aeropuerto de Guayaquil. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1962 - 2017).

En la figura 29 se han recogido los datos de precipitación anual de los últimos 56 años en la estación meteorológica Aeropuerto de Guayaquil. Se puede observar la gran variación que presenta la precipitación con valores que oscilan desde $359,7 L m^{-2}$ en el año 1968 a $4.230,7 L m^{-2}$ en 1983. Esto es debido a los fenómenos meteorológicos denominados El Niño y La Niña que provocan exceso de precipitación en el caso de El Niño y grandes sequías en el caso del fenómeno de la Niña.

Según Montealegre (2007) los fenómenos meteorológicos El Niño y la Niña, son la causa de la mayor señal de variabilidad climática en la franja tropical del Océano Pacífico, en la escala interanual. El Niño y su fase opuesta La Niña, corresponden, en términos generales, a la aparición de aguas superficiales relativamente más cálidas (El Niño) o más frías (La Niña) respecto a los valores de temperatura media en el Pacífico tropical central y oriental, frente a las costas del norte de Perú, Ecuador y sur de Colombia.



Tabla 50. Días con precipitaciones superiores a 1, 10 y 30 L m⁻² en función de los datos de la estación Aeropuerto de Guayaquil. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2008 - 2017).

		Nº días con precipitación > 1 L m ⁻²	Nº días con precipitación > 10 L m ⁻²	Nº días con precipitación > 30 L m ⁻²
PERIODO 2008 - 2017	Enero	14,9	7,1	2,4
	Febrero	16	7,6	3,2
	Marzo	15,4	8	3,6
	Abril	11,1	4,6	2
	Mayo	4,6	1,3	0,3
	Junio	1,5	0,1	0
	Julio	0,2	0	0
	Agosto	0	0	0
	Septiembre	0,2	0	0
	Octubre	0,5	0	0
	Noviembre	0,1	0	0
	Diciembre	2,1	0,6	0
	ANUAL	66,6	29,3	11,5

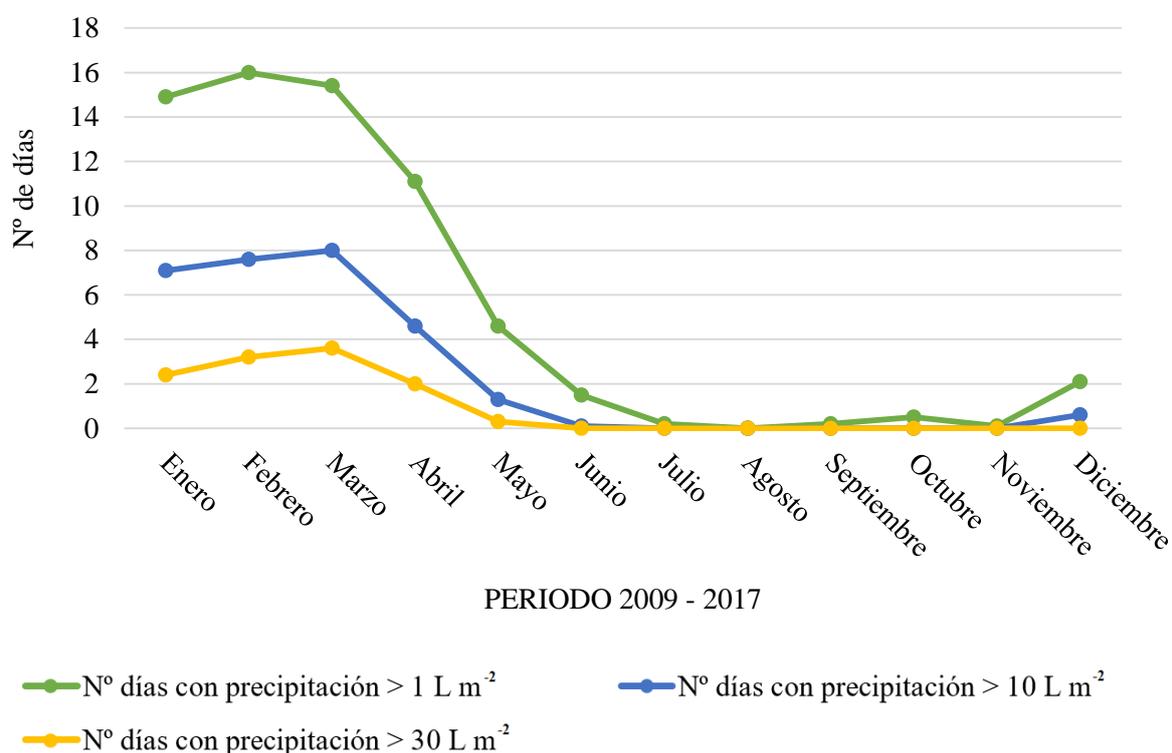


Figura 30. Días con precipitación superior a 1, 10 y 30 L m⁻² en función de los datos de la estación Aeropuerto de Guayaquil. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2008 - 2017).



Análisis de datos.

- *Precipitación media diaria*: el valor máximo se observa en el mes de marzo con 11,68 L m⁻² mientras que el valor mínimo se presenta en agosto con un valor de 0,003 L m⁻². La diferencia intermensual es de 11,677 L m⁻².
- *Precipitación máxima en 24 h*: el valor máximo se observa en el mes de abril con 224,7 L m⁻² mientras que el valor mínimo se presenta en agosto con un valor de 12,2 L m⁻². La diferencia es de 212,2 L m⁻².
- *Precipitación media mensual*: el valor máximo se observa en el mes de marzo con 297,5 L m⁻² mientras que el valor mínimo se presenta en agosto con un valor de 0,5 L m⁻². La diferencia es de 297,0 L m⁻².
- *Precipitación máxima mensual*: el valor máximo se observa en el mes de abril con 1137,6 L m⁻² mientras que el valor mínimo se presenta en agosto con un valor de 18,20 L m⁻². La diferencia es de 1119,4 L m⁻².

7.1.3.3. Estación Santa Elena.

Tabla 51. Precipitación media diaria y máxima en 24 horas (L m⁻²) recogida en la estación Santa Elena. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2005 - 2015).

		Precipitación media diaria	Precipitación máxima en 24 h
PERIODO 2005 – 2015	Enero	1,224	38,7
	Febrero	2,267	101,5
	Marzo	1,479	88,6
	Abril	0,360	17,4
	Mayo	0,053	5,3
	Junio	0,001	0,2
	Julio	0,023	1,8
	Agosto	0,014	1,1
	Septiembre	0,012	0,8
	Octubre	0,034	2,7
	Noviembre	0,040	4,0
	Diciembre	0,011	1,0

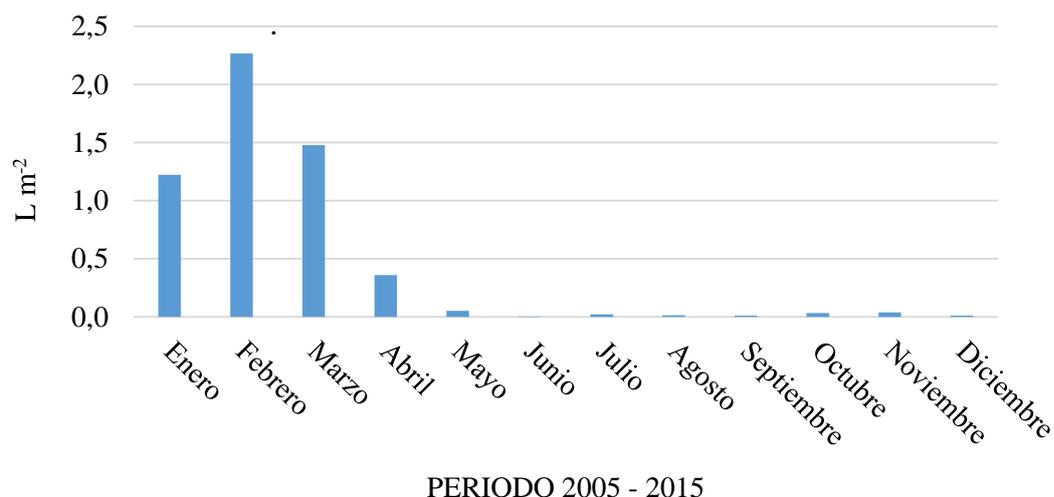


Figura 31. Precipitación media diaria ($L m^{-2}$) recogida en la estación Santa Elena. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2005 - 2015).

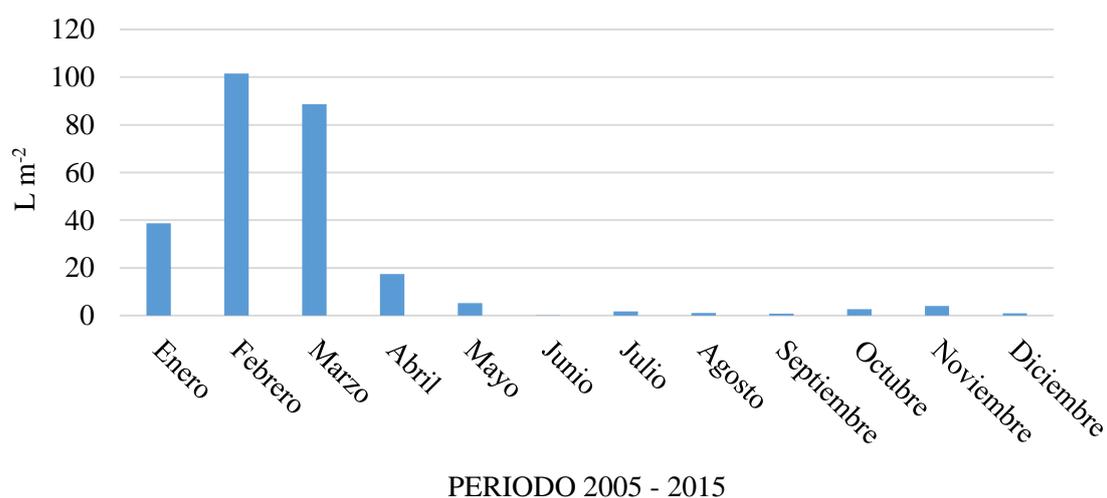


Figura 32. Precipitación máxima en 24 h ($L m^{-2}$) recogida en la estación Santa Elena. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2005 - 2015).



Tabla 52. Precipitación media mensual y máxima mensual ($L m^{-2}$) recogida en la estación Santa Elena. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2005 - 2015).

		Precipitación media mensual	Precipitación máxima mensual
PERIODO 2005 - 2015	Enero	37,6	105,7
	Febrero	64,3	214,0
	Marzo	45,9	176,8
	Abril	10,7	28,2
	Mayo	1,6	7,4
	Junio	0,03	0,2
	Julio	0,7	2,4
	Agosto	0,4	1,4
	Septiembre	0,4	0,8
	Octubre	1,1	2,7
	Noviembre	1,2	4,2
	Diciembre	0,3	1,5

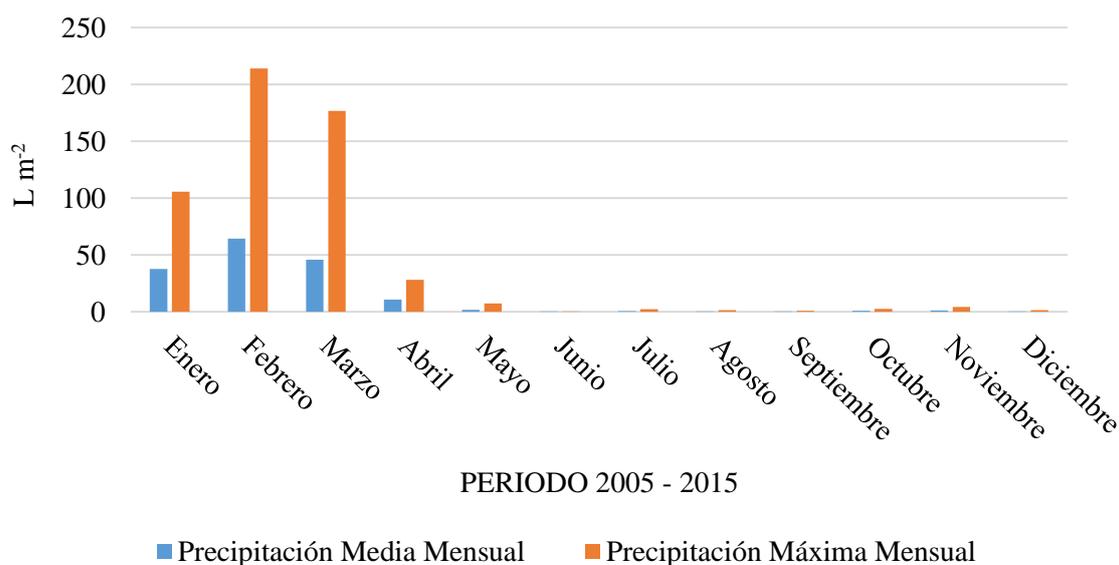


Figura 33. Precipitación media mensual y máxima mensual ($L m^{-2}$) recogida en la estación Santa Elena. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2005 - 2015).



Tabla 53. Días con precipitaciones superiores a 1, 10 y 30 L m⁻² en función de los datos de la estación Santa Elena. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2005 - 2015).

		Nº días con precipitación > 1 L m ⁻²	Nº días con precipitación > 10 L m ⁻²	Nº días con precipitación > 30 L m ⁻²
PERIODO 2005 - 2015	Enero	4,4	1,0	0,2
	Febrero	6,8	1,9	0,4
	Marzo	4,5	0,8	0,5
	Abril	2,0	0,1	0,0
	Mayo	0,4	0,0	0,0
	Junio	0,0	0,0	0,0
	Julio	0,1	0,0	0,0
	Agosto	0,1	0,0	0,0
	Septiembre	0,0	0,0	0,0
	Octubre	0,2	0,0	0,0
	Noviembre	0,2	0,0	0,0
	Diciembre	0,0	0,0	0,0
	ANUALES	18,79	4	1,10

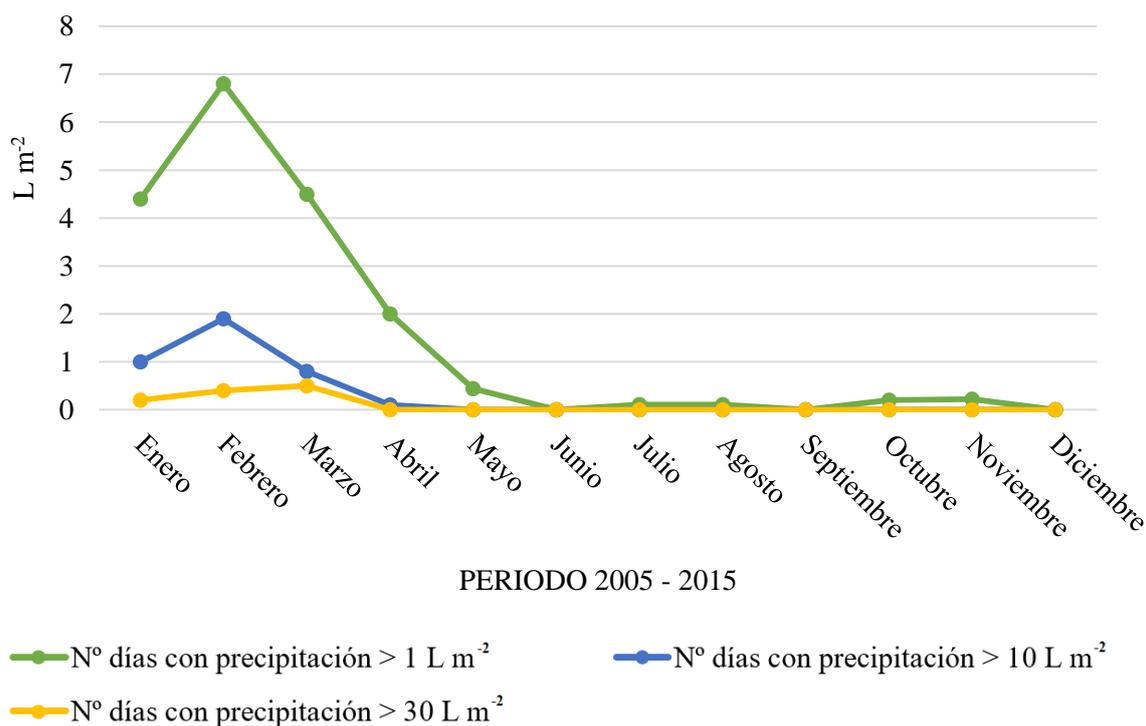


Figura 34. Días con precipitaciones superiores a 1, 10 y 30 L m⁻² en función de los datos de la estación Santa Elena. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2005 - 2015).



Análisis de datos.

- *Precipitación media diaria*: el valor máximo se observa en el mes de febrero con 2,267 L m⁻² mientras que el valor mínimo se presenta en junio con un valor de 0,001 L m⁻². La diferencia es de 2,266 L m⁻².
- *Precipitación máxima en 24 h*: el valor máximo se observa en el mes de febrero con 101,5 L m⁻² mientras que el valor mínimo se presenta en junio con un valor de 0,2 L m⁻². La diferencia es de 101,3 L m⁻².
- *Precipitación media mensual*: el valor máximo se observa en el mes de febrero con 64,3 L m⁻² mientras que el valor mínimo se presenta en junio con un valor de 0,03 L m⁻². La diferencia es de 64,27 L m⁻².
- *Precipitación máxima mensual*: el valor máximo se observa en el mes de febrero con 214,0 L m⁻² mientras que el valor mínimo se presenta en agosto con un valor de 0,2 L m⁻². La diferencia es de 213,8 L m⁻².

7.1.3.4. Resumen de datos pluviométricos.

Una vez procesados los datos proporcionados por el INAMHI, se hace necesario tener una visión global de la pluviometría de la zona estudiada, para diferenciar zonas según sus características pluviométricas.

A continuación se presenta una tabla resumen con los valores anuales de las diferentes variables pluviométricas en las tres estaciones analizadas.

Tabla 54. Resumen de datos pluviométricos expresados en L m⁻², para las diferentes estaciones meteorológicas.

	Aeropuerto de Guayaquil	El Progreso - Guayas	Santa Elena
Precipitación media anual	1115,9	659,6	164,2
Precipitación máxima en 24 h	224,7	112,3	101,5
Precipitación máxima mensual	1137,6	699,7	214,0
Días con precipitación superior a 1	67	33	19
Días con precipitación superior a 10	29	11	4
Días con precipitación superior a 30	11	3	1

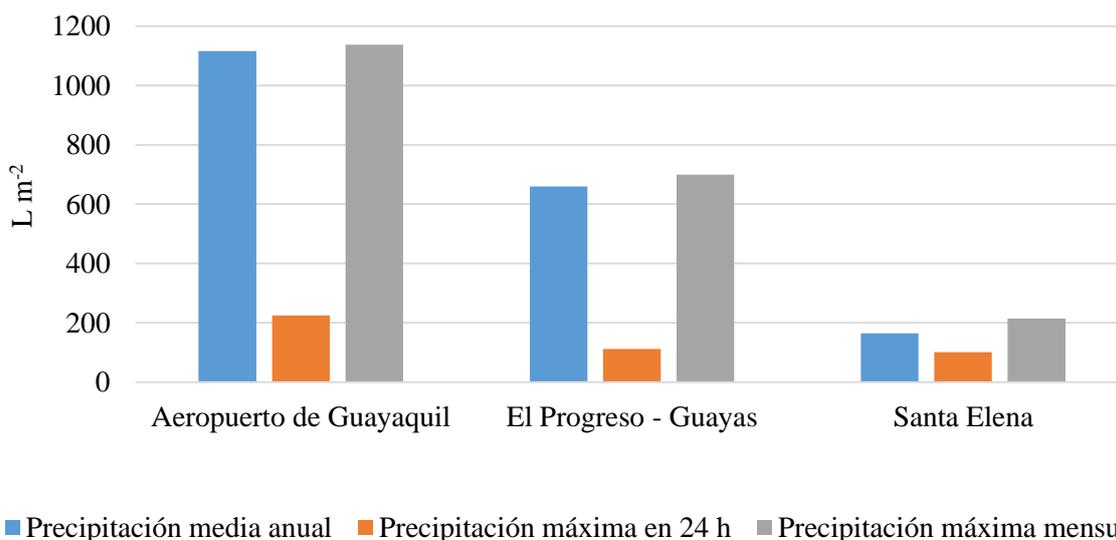


Figura 35. Precipitación media anual, máxima mensual y máxima en 24 h (L m⁻²) para las estaciones meteorológicas estudiadas.

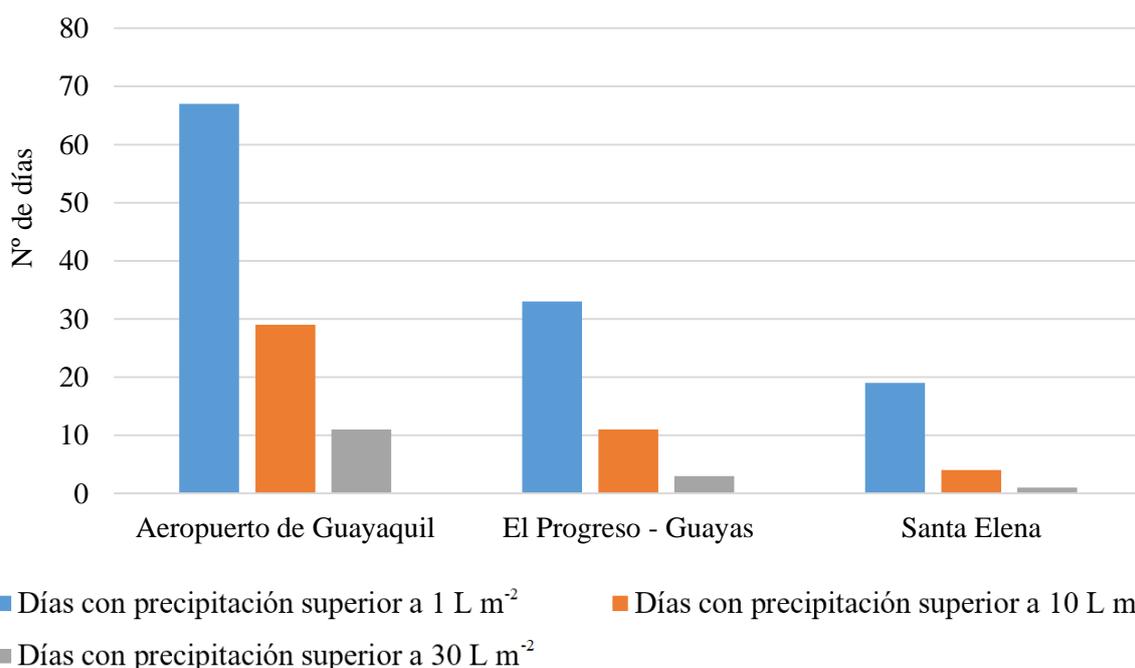


Figura 36. N° de días con precipitación superior a 1, 10 y 30 L m⁻² en cada una de las estaciones meteorológicas estudiadas.

Según se observa en la tabla y gráficos anteriores los valores de precipitación media anual, máxima en 24 h y máxima mensual de la estación del Aeropuerto de Guayaquil son bastante superiores a los de las dos estaciones restantes, siendo la estación Santa Elena la que tiene los valores más bajos, se puede observar como a medida que nos aproximamos a la costa del Pacífico, las precipitaciones van en constante disminución. Este mismo hecho se observa, por tanto, en el número de días con precipitación, que se va reduciendo a la mitad aproximadamente conforme nos acercamos a la costa.



7.1.4. Humedad relativa.

7.1.4.1. Estación El Progreso - Guayas.

Tabla 55. Variables de humedad (%) de la estación meteorológica El Progreso – Guayas. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1999 - 2009).

		HUMEDAD (%)				
		Max abs	Media de máximas	Media	Media de mínimas	Min abs
PERIODO 1999 - 2009	Enero	96,0	91,4	82,7	71,7	59,0
	Febrero	95,0	92,9	84,8	76,3	69,0
	Marzo	96,0	92,2	84,8	78,2	69,0
	Abril	97,0	93,5	84,5	77,3	69,0
	Mayo	96,0	92,4	83,1	75,8	66,0
	Junio	96,0	91,1	84,3	76,1	67,0
	Julio	98,0	90,4	83,1	76,1	68,0
	Agosto	95,0	92,2	81,9	73,2	67,0
	Septiembre	94,0	89,9	81,9	73,8	69,0
	Octubre	96,0	90,6	82,7	72,3	65,0
	Noviembre	96,0	90,1	82,0	72,0	62,0
	Diciembre	96,0	91,9	82,3	71,9	67,0

Análisis de datos.

- *Humedad máxima absoluta:* el valor máximo se alcanza en el mes de julio con 98,0% y el valor mínimo se presenta en septiembre con 94,0%. La diferencia es de 4,0%.
- *Humedad media de máximas:* el valor máximo se alcanza en el mes de abril con 93,5% y el valor mínimo se presenta en septiembre con 89,9%. La diferencia es de 3,6%.
- *Humedad media:* el valor máximo se alcanza en los meses de febrero y marzo con 84,8% y el valor mínimo se presenta en agosto y septiembre con 81,9%. La diferencia es de 2,9%.
- *Humedad media de mínimas:* el valor máximo se alcanza en el mes de marzo con 78,2% y el valor mínimo se presenta en enero con 71,7%. La diferencia es de 7,1%.
- *Humedad mínima absoluta:* el valor máximo se alcanza en los meses de febrero, marzo, abril y septiembre con 69,0% y el valor mínimo se presenta en enero con 59,0%. La diferencia es de 10,0%.

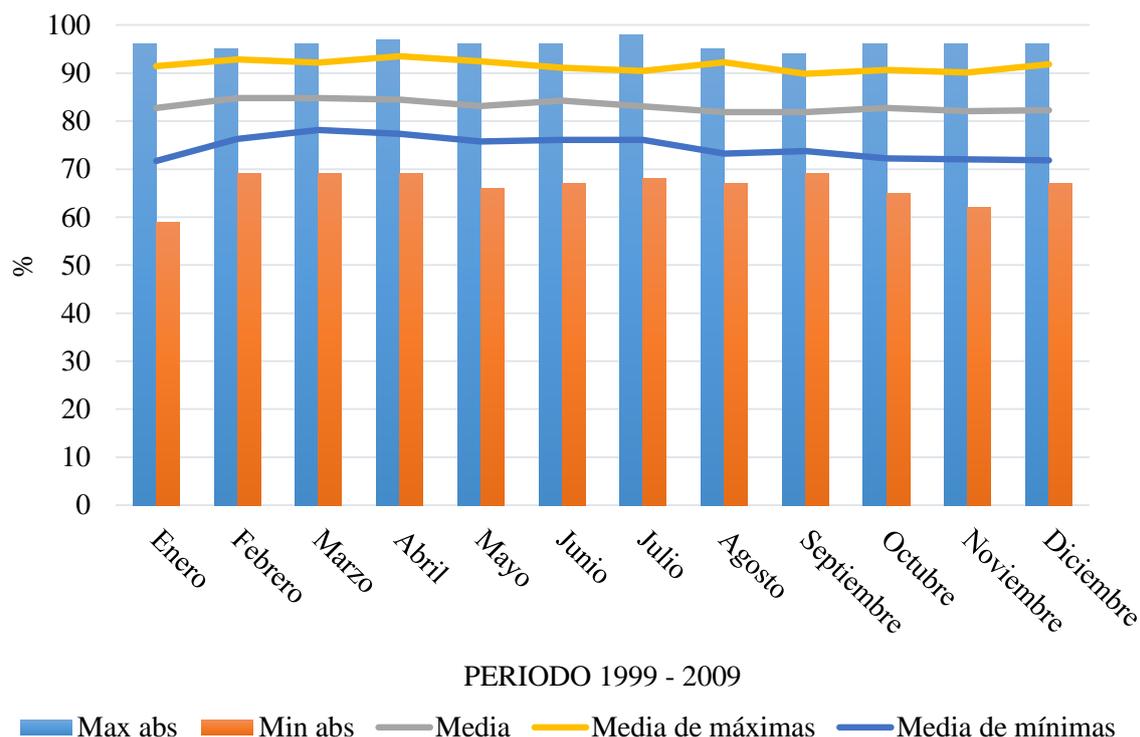


Figura 37. Resumen mensual de datos de humedad (%) obtenidos de la estación meteorológica El Progreso - Guayas. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1999 - 2009).

7.1.4.2. Estación Santa Elena.

Tabla 56. Variables de humedad (%) de la estación meteorológica Santa Elena. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2005 - 2015).

		HUMEDAD (%)				
		Max abs	Media de máximas	Media	Media de mínimas	Min Abs
PERIODO 2005 - 2015	Enero	96,0	89,3	80,3	72,8	68,0
	Febrero	98,0	91,3	81,4	72,8	68,0
	Marzo	98,0	90,6	81,0	71,5	65,0
	Abril	93,0	87,7	78,3	71,1	67,0
	Mayo	93,0	87,8	81,3	75,0	70,0
	Junio	94,0	89,8	83,8	76,6	69,0
	Julio	96,0	91,1	84,5	77,2	70,0
	Agosto	95,0	91,1	84,9	78,1	73,0
	Septiembre	93,0	89,1	83,8	77,2	72,0
	Octubre	95,0	91,2	84,9	77,8	73,0
	Noviembre	93,0	89,9	82,8	76,9	74,0
	Diciembre	93,0	87,1	80,6	74,1	70,0



Análisis de datos.

- *Humedad máxima absoluta*: el valor máximo se alcanza en los meses de febrero y marzo con 98,0% y el valor mínimo se presenta en abril, mayo, septiembre, noviembre y diciembre con 93,0%. La diferencia es de 5,0%.
- *Humedad media de máximas*: el valor máximo se alcanza en el mes de febrero con 91,3% y el valor mínimo se presenta en diciembre con 87,1%. La diferencia es de 4,2%.
- *Humedad media*: el valor máximo se alcanza en los meses de agosto y octubre con 84,9% y el valor mínimo se presenta en abril con 78,3%. La diferencia es de 6,6%.
- *Humedad media de mínimas*: el valor máximo se alcanza en el mes de agosto con 78,1% y el valor mínimo se presenta en abril con 71,1%. La diferencia es de 7,0%.
- *Humedad mínima absoluta*: el valor máximo se alcanza en el mes de noviembre con 74,0% y el valor mínimo se presenta en marzo con 65,0%. La diferencia es de 9,0%.

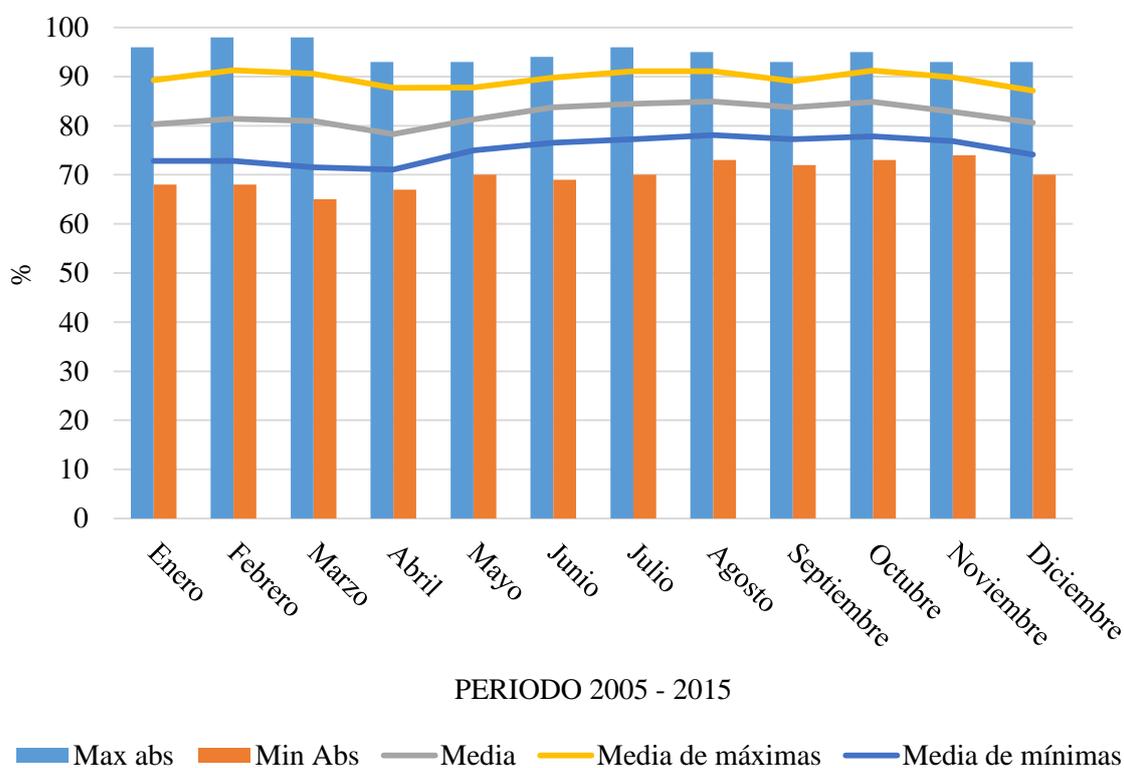


Figura 38. Resumen mensual de datos de humedad (%) obtenidos de la estación meteorológica Santa Elena. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2005 - 2015).



7.1.4.3. Estación Aeropuerto de Guayaquil.

Tabla 57. Variables de humedad (%) de la estación meteorológica Aeropuerto de Guayaquil. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1962 - 2012).

		HUMEDAD (%)		
		Máxima media	Media	Mínima media
PERIODO 1962 - 2012	Enero	86,0	74,1	60,0
	Febrero	87,0	79,1	68,0
	Marzo	86,0	77,3	61,0
	Abril	88,0	75,6	65,0
	Mayo	84,0	74,1	66,0
	Junio	82,0	75,2	68,0
	Julio	81,0	74,5	61,0
	Agosto	78,0	73,5	67,0
	Septiembre	77,0	72,1	65,0
	Octubre	77,0	71,9	64,0
	Noviembre	82,0	70,4	60,0
	Diciembre	86,0	69,0	57,0

Análisis de datos.

- *Humedad máxima media:* el valor máximo se alcanza en el mes de abril con 88,0% y el valor mínimo se observa en octubre con 77,0%. La diferencia es de 11,0%.
- *Humedad media:* el valor máximo se alcanza en el mes de febrero con 79,1% y el valor mínimo se observa en diciembre con 69,0%. La diferencia es de 4,2%.
- *Humedad mínima media:* el valor máximo se alcanza en los meses de febrero y junio con 68,0% y el valor mínimo se observa en diciembre con 57,0%. La diferencia es de 11,0%.

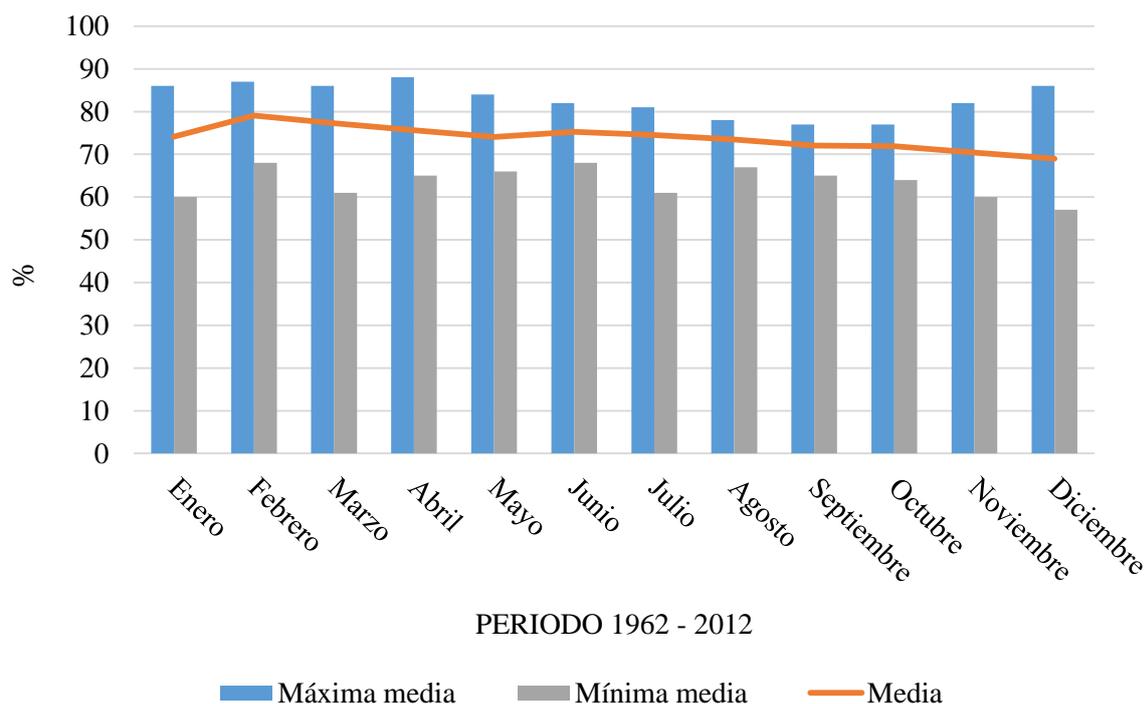


Figura 39. Resumen mensual de datos de humedad (%) obtenidos de la estación Aeropuerto de Guayaquil. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1962 - 2012).

7.1.4.4. Resumen de datos de humedad.

Una vez procesados los datos proporcionados por el INAMHI, se hace necesario tener una visión global de la humedad de la zona de estudio para identificar las diferentes condiciones según la zona.

A continuación se presentan en la tabla 58 los valores anuales de las diferentes variables climatológicas de humedad para las estaciones meteorológicas analizadas.

Tabla 58. Resumen de datos de humedad (%) para las estaciones de El Progreso – Guayas y Santa Elena.

	Estación	
	El Progreso - Guayas	Santa Elena
Máxima absoluta	98,0	98,0
Media de máximas	91,6	89,7
Media	83,2	82,3
Media de mínimas	74,5	75,1
Mínima absoluta	59,0	65,0



Para la estación Aeropuerto de Guayaquil se carecen de datos de humedad diarios, sólo existen datos mensuales, es decir, un dato medio por mes. Por consiguiente las variables de humedad calculadas se recogen en la tabla 59.

Tabla 59. Resumen de datos de humedad (%) para la estación Aeropuerto de Guayaquil.

Estación Aeropuerto de Guayaquil	
Máxima media	82,8
Media	73,9
Mínima media	63,5

Como se puede observar en las tablas 58 y 59, los valores de humedad en las estaciones de El Progreso – Guayas y Santa Elena son prácticamente similares, existiendo una variación de humedad de 17,1% y de 14,6% respectivamente. Por otro lado los valores medios de humedad en la estación Aeropuerto de Guayaquil varían con respecto a las estaciones de El Progreso –Guayas y Santa Elena, siendo esta variación de aproximadamente el 10%.

7.1.5. Viento.

7.1.5.1. Estación Aeropuerto de Guayaquil.

Tabla 60. Velocidad media y máxima del viento (Km h⁻¹). Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1977 - 2012).

		Velocidad media	Velocidad máxima
PERIODO 1977 – 2012	Enero	10,0	35,7
	Febrero	8,3	33,7
	Marzo	9,3	36,2
	Abril	10,0	35,9
	Mayo	11,5	35,3
	Junio	12,9	37,2
	Julio	14,2	38,8
	Agosto	14,8	41,1
	Septiembre	15,0	42,7
	Octubre	14,8	43,4
	Noviembre	14,2	42,4
	Diciembre	13,1	40,6

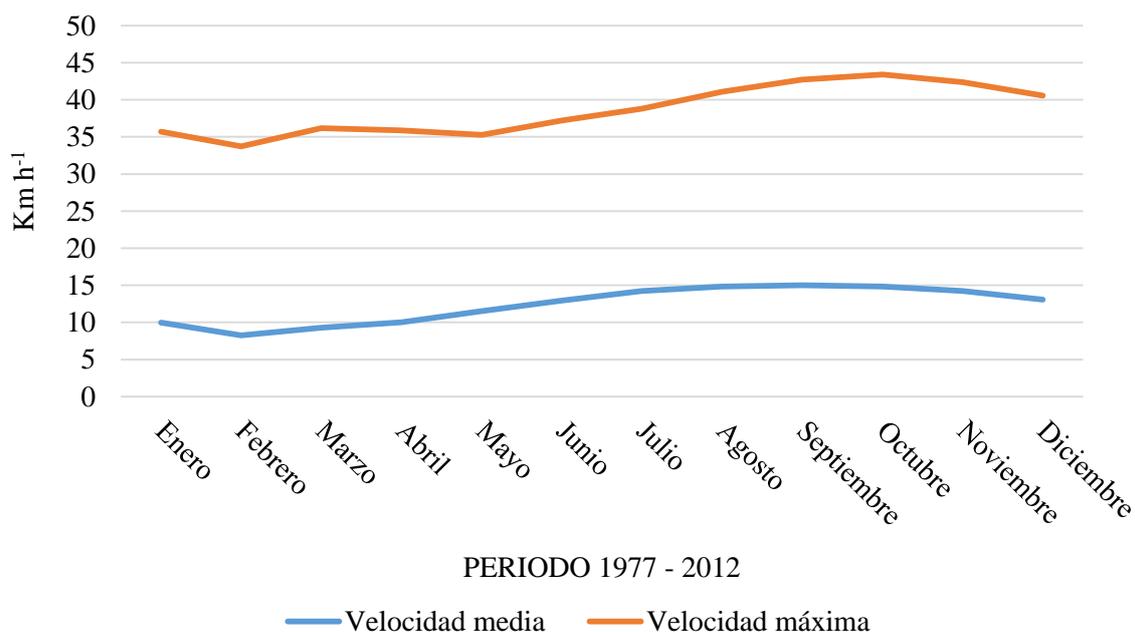


Figura 40. Velocidad media y máxima del viento (Km h⁻¹) en la estación Aeropuerto de Guayaquil. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1977 - 2012).

Como se puede observar en la tabla y el gráfico anterior, la velocidad media y máxima del viento experimenta un ligero aumento en los meses de mayo a noviembre. La velocidad media tiene un valor mínimo de 8,3 Km h⁻¹ en el mes de febrero mientras que alcanza el valor máximo en septiembre con 15 Km h⁻¹. Por otro lado, la velocidad máxima tiene un valor mínimo de 33,7 Km h⁻¹ en el mes de febrero mientras que alcanza su máximo en octubre con un valor de 43,4 Km h⁻¹.

Tabla 61. Dirección predominante del viento. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1977 - 2012).

		Dirección predominante
PERIODO 1977 - 2012	Enero	SW
	Febrero	SW
	Marzo	SW
	Abril	SW
	Mayo	SW
	Junio	SW
	Julio	SSW
	Agosto	SW
	Septiembre	SSW
	Octubre	SW
	Noviembre	SW
	Diciembre	SW

Tabla 62. Frecuencia de dirección del viento. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1977 - 2012).

Frecuencia de direcciones	
Dirección	Frecuencia (%)
N	2,8
NNE	4,3
NE	3,8
ENE	2,5
E	4,3
ESE	3,4
SE	4,8
SSE	5,2
S	6,4
SSW	21,5
SW	21,4
WSW	8
W	3,2
WNW	1,6
NW	1,4
NNW	1,6
CLM	3,8

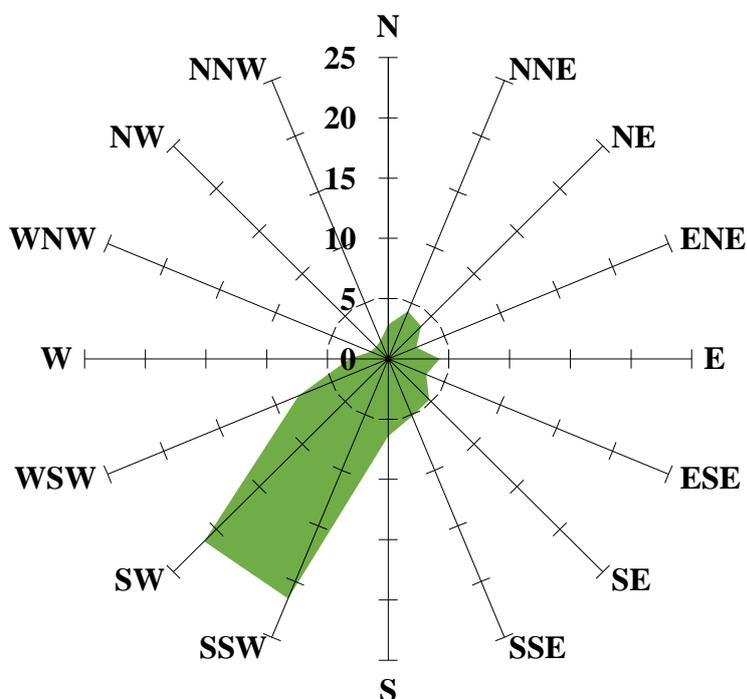


Figura 41. Rosa de los vientos elaborada a partir de la frecuencia de dirección de viento en la estación Aeropuerto de Guayaquil. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1977 - 2012).

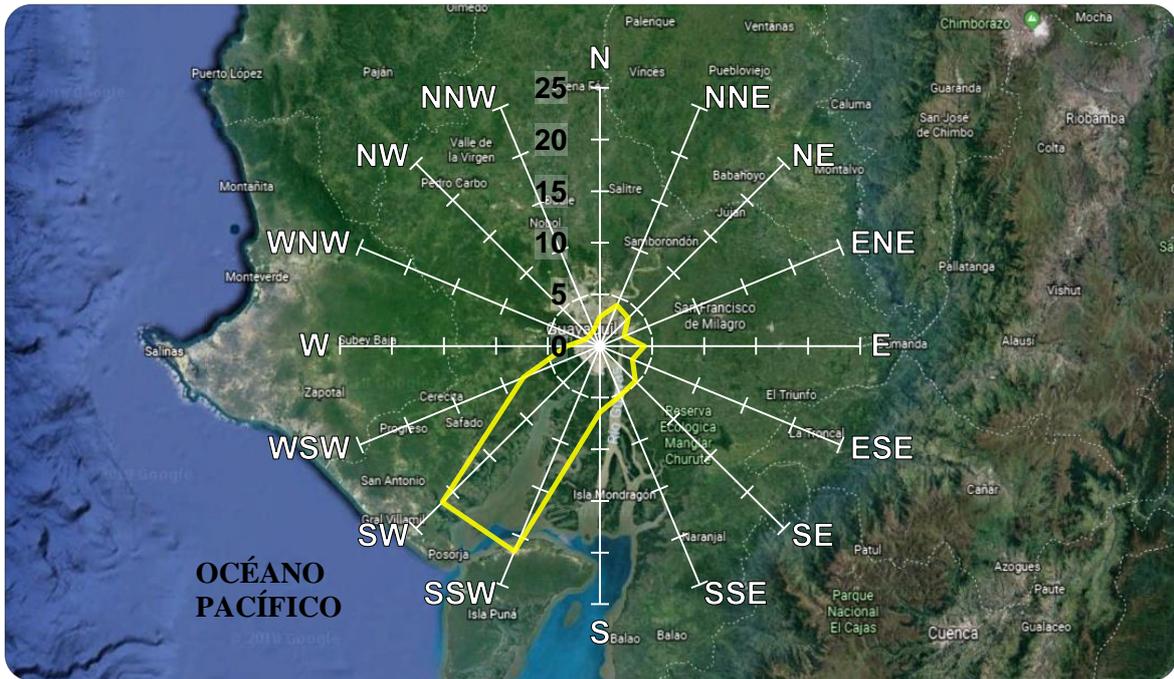


Figura 42. Rosa de los vientos sobre el mapa de Ecuador. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1977 - 2012).

En la figura 42 se puede observar que la dirección predominante del viento que entra a la ciudad de Guayaquil coincide con la forma exacta del Golfo de Guayaquil, compuesto por el estuario que forma la desembocadura del río Guayas en el este y el Estero Salado (brazo de mar) en el oeste.

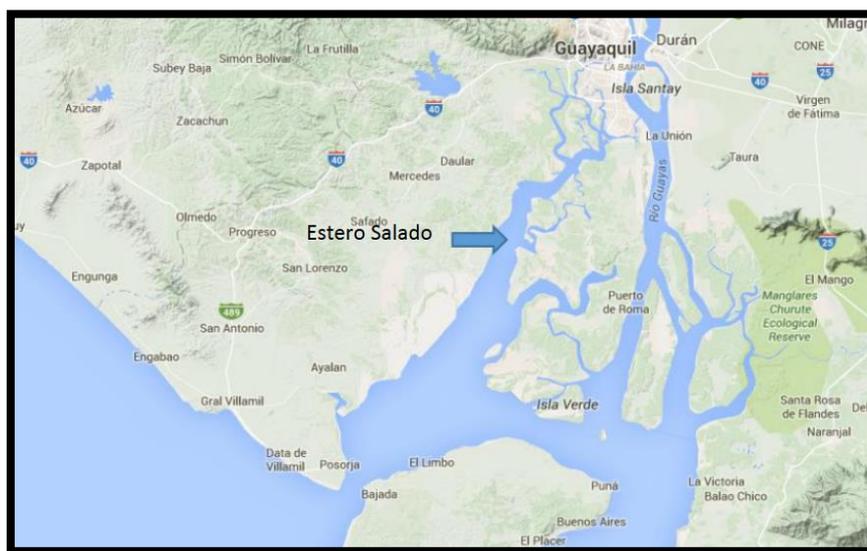


Figura 43. Estero Salado junto a la desembocadura del río Guayas (Castro, 2015).



7.1.5.2. Estación El Progreso – Guayas.

Tabla 63. Velocidad media y máxima del viento (Km h^{-1}). Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1999 - 2009).

		Velocidad media	Velocidad máxima
PERIODO 1999 - 2009	Enero	16,1	41,7
	Febrero	12,0	41,7
	Marzo	9,4	41,7
	Abril	9,9	41,7
	Mayo	9,6	41,7
	Junio	10,9	41,7
	Julio	11,1	41,7
	Agosto	9,1	41,7
	Septiembre	9,2	41,7
	Octubre	10,2	41,7
	Noviembre	9,4	41,7
	Diciembre	-	-

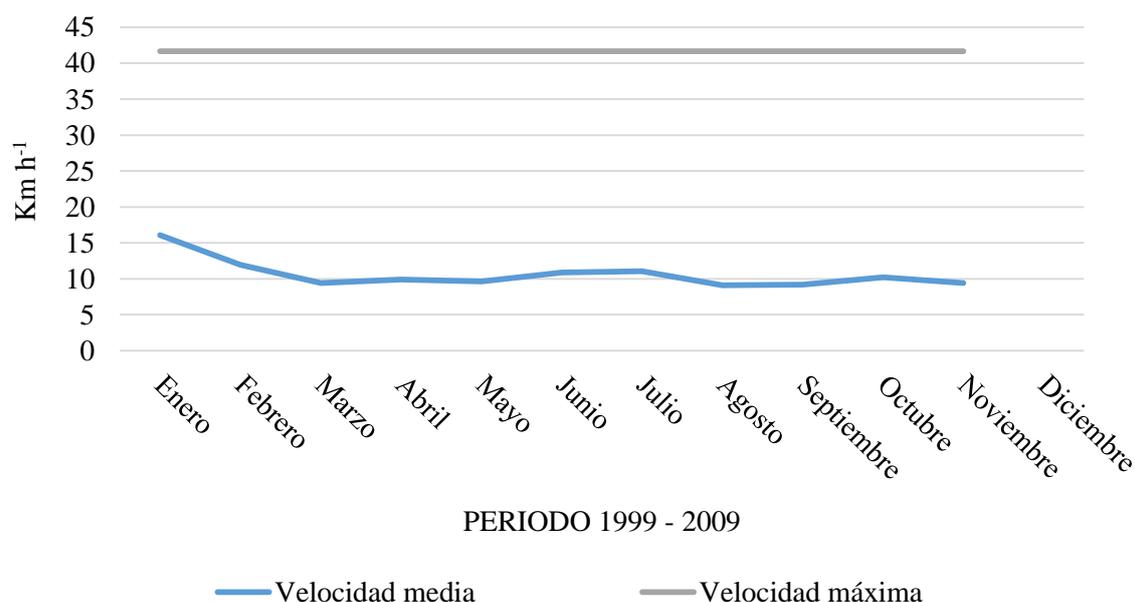


Figura 44. Velocidad media y máxima (Km h^{-1}) en la estación El Progreso – Guayas. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1999 - 2009).

En el gráfico anterior se puede observar como la velocidad media del viento es constante en la mayor parte del año, teniendo su valor máximo en el mes de enero con $16,1 \text{ Km h}^{-1}$ y su mínimo en agosto con un valor de $9,1 \text{ Km h}^{-1}$. Lo mismo ocurre con la velocidad máxima, que marca un solo valor de $41,7 \text{ Km h}^{-1}$ durante todo el año. Esto es debido a que la velocidad máxima del viento que es capaz de registrar la estación meteorológica es de $41,7 \text{ Km h}^{-1}$.



Tabla 64. Dirección predominante del viento. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 1999 - 2009).

		Dirección predominante
PERIODO 1999 - 2009	Enero	SW
	Febrero	SW
	Marzo	SW
	Abril	W
	Mayo	W
	Junio	W
	Julio	W
	Agosto	W
	Septiembre	W
	Octubre	W
	Noviembre	W
	Diciembre	W

7.1.5.3. Resumen de datos de viento.

En la estación del Aeropuerto de Guayaquil, el periodo más ventoso del año es el comprendido entre los meses de mayo a diciembre, con velocidades promedio del viento de 15 Km h⁻¹ y máximas de hasta 44 Km h⁻¹, alcanzando estos valores máximos en los meses de septiembre y octubre. El tiempo más calmado del año va desde los meses de diciembre a abril. El mes más calmado del año es febrero, con una velocidad promedio del viento de 8,3 Km h⁻¹.

La dirección predominante del viento es SW y SSW, con una frecuencia de dirección del 21,4% y 21,5% respectivamente, tal y como se observa en la figura 41 (rosa de los vientos).

Por otro lado en la estación de El Progreso – Guayas, se puede observar una velocidad media y máxima del viento constante durante la mayor parte del año. Esta velocidad media está entorno a los 10 Km h⁻¹ mientras que la velocidad máxima es capaz de alcanzar los 41,7 Km h⁻¹ durante todo el año. La dirección predominante del viento es W y SW.

7.1.6. Índices termopluviométricos.

Tabla 65. Índices termopluviométricos.

	El Progreso - Guayas	Aeropuerto de Guayaquil	Santa Elena
Precipitación media anual (L m ⁻²)	659,6	1115,9	164,2
Temperatura media anual (°C)	25,1	25,3	24,4
T ^a Media de máximas del mes más cálido (°C)	31,7	34,2	31,0
T ^a Media de mínimas del mes más frío (°C)	18,9	19,2	19,1
I. Lang	26,3	44,1	6,7
I. Martonne	18,8	31,6	4,8
I. Cereceda - Revenga	3,8	2,3	14,9
C. Emberger	101,8	139,3	27,5

7.1.6.1. Estación El Progreso – Guayas.

El índice de Lang tiene un valor de 26,3, el cual corresponde a una zona árida, coincidiendo con la clasificación de Cereceda - Revenga, que también indica que la zona es de tipo árido; según el índice de Martonne la zona es de tipo semiárida y, por otro lado, el coeficiente pluviométrico de Emberger nos indica que el clima de la zona es húmedo.

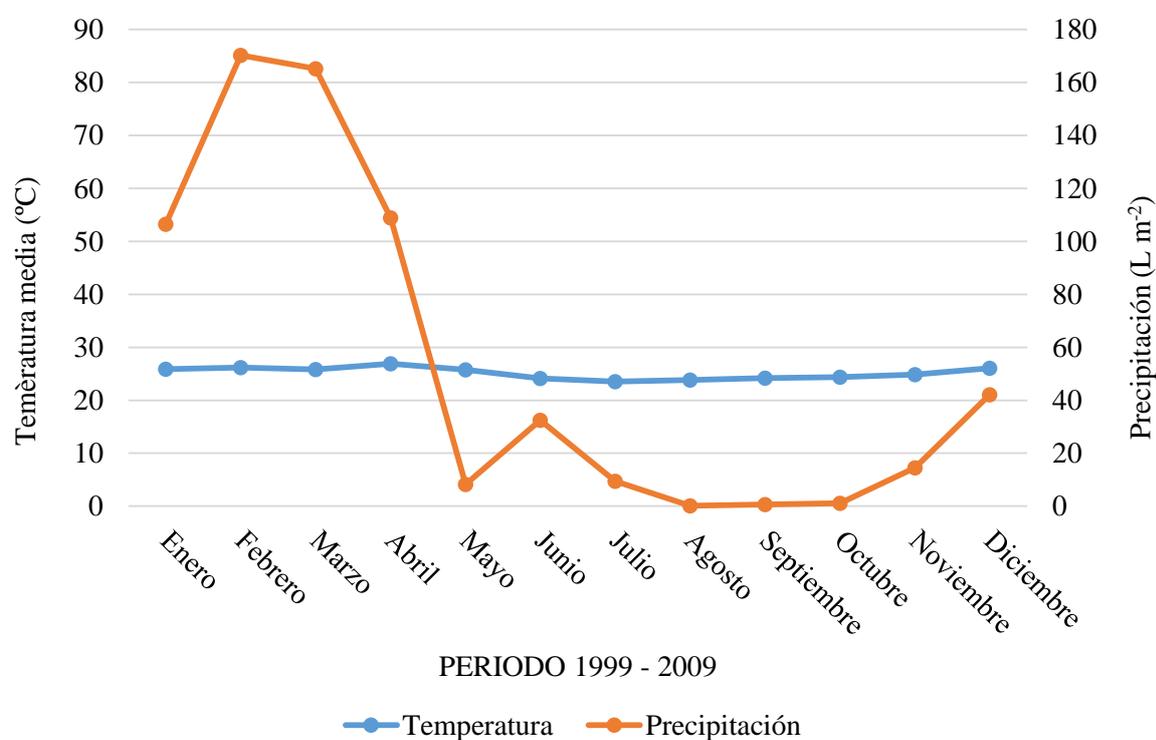


Figura 45. Diagrama ombrotérmico de la estación El Progreso – Guayas.

Según Gausson, un mes es seco es aquel que la precipitación es inferior al doble de la temperatura. Podemos comprobar que 8 de los 12 meses son secos o muy secos, en consecuencia, se produce una concentración de las lluvias en pocos meses, de enero a abril, alcanzando su valor máximo en el mes de febrero con $170,3 \text{ L m}^{-2}$. La temperatura media del mes más frío es de $23,5^{\circ}\text{C}$ y la del mes más cálido $26,1^{\circ}\text{C}$, por lo que la amplitud térmica anual es pequeña ($2,6^{\circ}\text{C}$). Esto es debido a que la zona está localizada muy cerca del ecuador, donde la temperatura tiende a ser constante todo el año, como se puede observar en el diagrama.

En la estación seca, con muy poca precipitación, la evaporación y la transpiración varían ampliamente con la temperatura. Por supuesto, el balance de agua es desfavorable para la vegetación durante el periodo de mayo a diciembre, donde la curva de la precipitación se encuentra por debajo de la temperatura. Lo que implica que un desarrollo hortícola debe de estar ligado al abastecimiento de agua y dotado de infraestructuras de riego.

7.1.6.2. Estación Aeropuerto de Guayaquil.

El índice de Lang tiene un valor de 44,1, el cual corresponde a una húmeda de estepa y sabana. Según el índice de Martonne, con un valor de 31,6, la zona es de tipo húmedo, coincidiendo con el coeficiente pluviométrico de Emberger que también indica que la zona es húmeda. En contraste con los índices anteriores, el índice de Cereceda – Revenga, con un valor de 2,3, indica que la zona es de tipo semiárida.

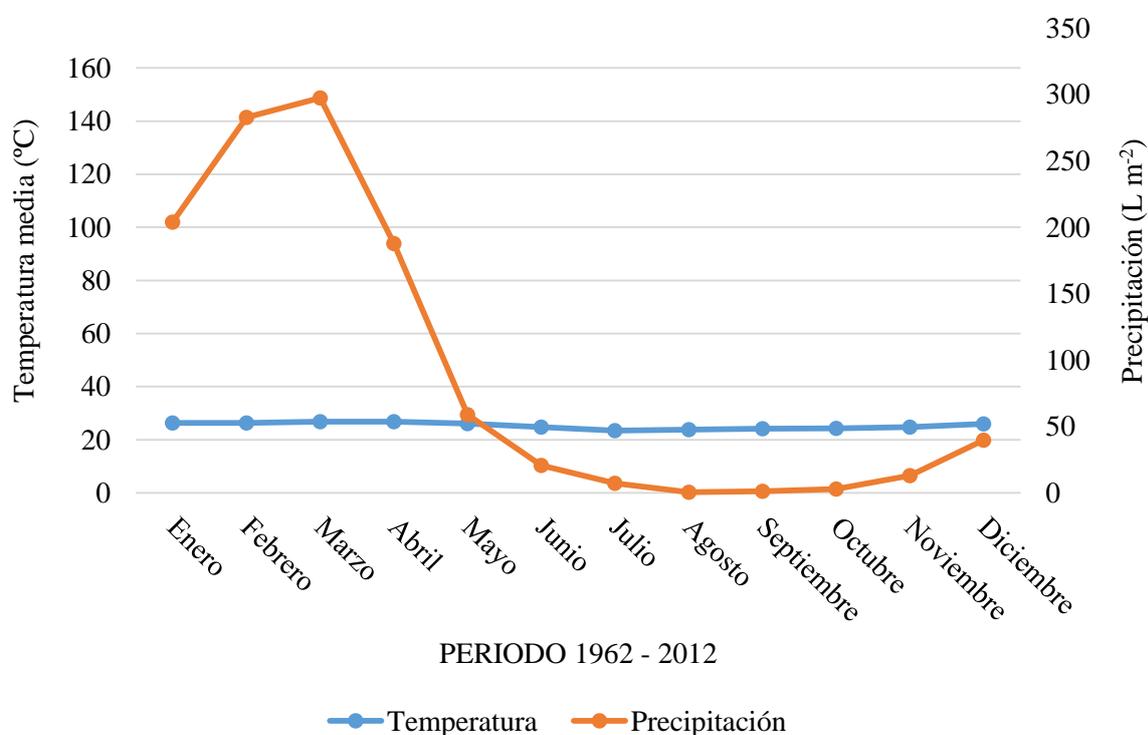


Figura 46. Diagrama ombrotérmico de la estación Aeropuerto de Guayaquil.



Observando los datos de la estación Aeropuerto de Guayaquil, se puede verificar que el periodo seco comienza en Junio y termina en Diciembre. Durante dicho periodo, el balance de agua para la vegetación es desfavorable, por lo que es necesario aplicar riego durante todo el periodo. Por otro lado, al igual que ocurre en la estación anterior, se produce una concentración de las lluvias en pocos meses, en concreto desde enero a mayo, llegando a alcanzar los $297,5 \text{ L m}^{-2}$ en el mes de marzo.

La temperatura media del mes más frío es de $23,5^{\circ}\text{C}$ y la del mes más cálido $26,8^{\circ}\text{C}$. La amplitud térmica anual es de $3,4^{\circ}\text{C}$. Se puede observar una temperatura constante durante todo el año.

7.1.6.3. Estación Santa Elena.

El índice de Lang tiene un valor de 6,7 correspondiendo este con una zona desértica, coincidiendo con los índices de Martonne, Cereceda – Revenga y con el coeficiente pluviométrico de Emberger, que respectivamente indican que la zona es de tipo árida extrema, sub – desértica y árida.

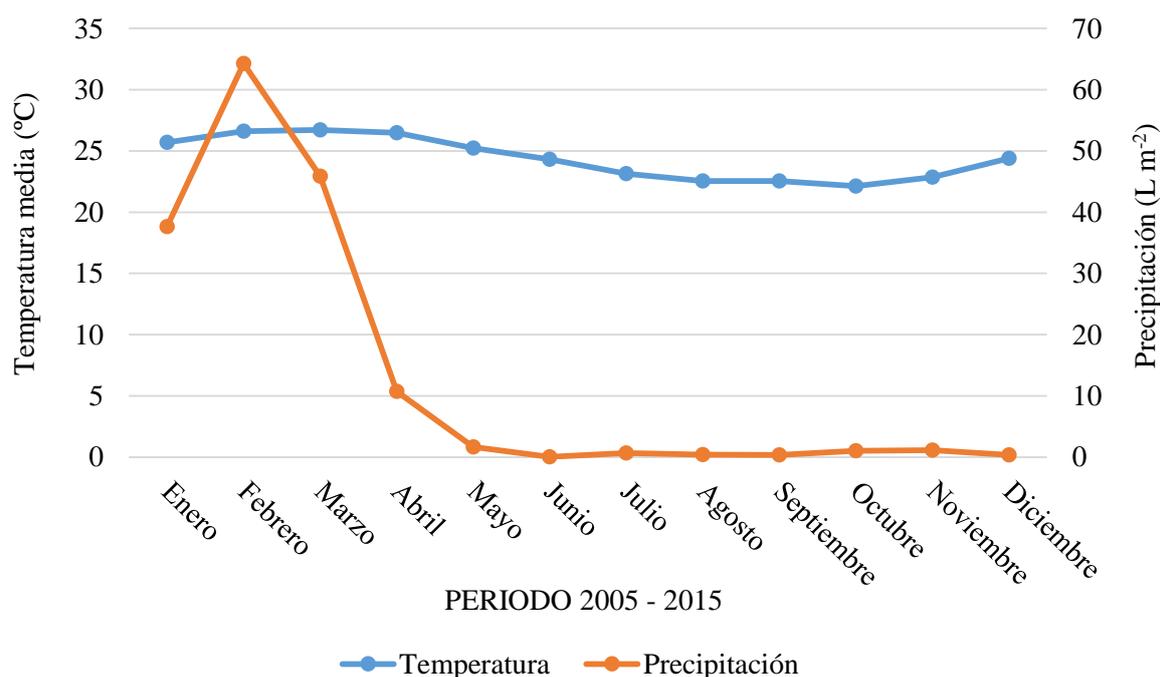


Figura 47. Diagrama ombrotérmico de la estación Santa Elena.

En el diagrama ombrotérmico de la estación Santa Elena se puede verificar que el periodo seco ocupa la mayor parte del año, sólo el mes de febrero se encuentra fuera de este periodo ya que se en este mes la precipitación alcanza el valor de $64,3 \text{ L m}^{-2}$, durante los meses de mayo a diciembre, la precipitación es prácticamente nula.



El balance de agua para la vegetación es desfavorable durante todo el periodo de marzo a enero. La temperatura media del mes más frío es de 22,1°C y la del mes más cálido 26,7°C. La amplitud térmica anual es de 4,6°C.

7.2. Estudio de agua.

Tabla 66. Resultados obtenidos para las distintas muestras de agua analizadas (SENAGUA, 2007).

	MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	pH a 25°C	7,6	7,3	6,8	7,4	7,2	7,8	7,6	7,7	7	7,8
dS m ⁻¹	CE	0,318	0,411	0,320	0,395	0,222	0,398	0,509	0,405	0,443	0,192
mg L ⁻¹	Sólidos Disueltos Totales	217	274	213	267	137	258	343	272	308	126
	Ca ²⁺	35	27	22	32	11	16	80	48	40	13
	Mg ²⁺	6	16	14	10	17	24	10	10	5	6
	Na ⁺	22	32	23	34	6	28	7	20	45	18
	K ⁺	0	1	0	2	0	0	0	0	2	0
	CO ₃ ²⁻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	HCO ₃ ⁻	128	148	120	144	7	140	200	148	180	56
	SO ₄ ⁼	12	34	20	25	11	30	26	26	22	15
	Cl ⁻	14	16	14	20	20	20	20	20	14	18
	Oxígeno Disuelto	8,8	8,7	9,6	9,3	8,7	7,1	4,1	808	3,8	7,6
	Alcalinidad como HCO ₃	207	240	194	233	117	227	324	240	292	91
	Dureza Total como CaCO ₃	112	136	112	120	100	140	160	160	80	56
	PO ₄	-	0,1	0,12	0,08	-	0,12	0,1	0,12	0,14	0,1
	Fe ²⁺	0,12	-	-	1,18	0,35	-	-	-	-	-
NO ₃	0,08	0,06	0,08	0,1	0,12	0,2	0,1	0,12	0,08	-	
NO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	



7.2.1. Dureza.

Tabla 67. Resultados de la valoración del agua en función de la dureza.

Nº muestra	Grados hidrotimétricos franceses (°F)	Tipo de agua
1	11,22	Agua dulce
2	13,34	Agua dulce
3	11,27	Agua dulce
4	12,12	Agua dulce
5	9,75	Agua dulce
6	13,89	Agua dulce
7	24,12	Agua medianamente dura
8	16,12	Agua medianamente dulce
9	12,06	Agua dulce
10	5,72	Agua muy dulce

*Nota: 1 °F = 10 mg L⁻¹

La dureza del agua de riego, es básicamente referida al contenido de Ca²⁺ en dicha agua. Estas muestras de agua no presentan problemas en cuanto a dureza, ya que son agua dulce en la mayoría de los casos, a excepción de la muestra 7 en la que el agua es medianamente dura con un valor de 24,12 °F.

7.2.2. Carbonato sódico residual (CSR).

Otro factor que nos indica la acción degradante del agua es el denominado carbonato sódico residual (CSR), cuyos resultados se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 68. Resultados de la valoración del agua en función del CSR.

Muestra	CSR (meq L ⁻¹)	Valoración
1	-0.15	Agua recomendada para riego
2	-0.24	Agua recomendada para riego
3	-0.29	Agua recomendada para riego
4	-0.06	Agua recomendada para riego
5	-1.83	Agua recomendada para riego
6	-0.48	Agua recomendada para riego
7	-1.54	Agua recomendada para riego
8	-0.80	Agua recomendada para riego
9	0.54	Agua recomendada para riego
10	-0.23	Agua recomendada para riego

En este caso todos los valores están por debajo de 1,25 meq L⁻¹ por lo que todas las muestras de agua analizadas son totalmente recomendables para riego.

7.2.3. Relación de adsorción de sodio (SAR).

Tabla 69. Cálculo de la relación de adsorción del sodio (SAR).

N° de muestra										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SAR	0,91	1,21	0,94	1,34	0,264	1,03	0,196	0,69	1,78	1,04

El SAR indica la posibilidad del Na⁺ para sustituir al Ca²⁺ y al Mg²⁺ en las bases de cambio del suelo, dando lugar a una dispersión de los agregados y a una pérdida de la estructura por lo que el suelo adquiere un aspecto pulverulento y amorfo, perdiendo rápidamente su permeabilidad y por lo tanto se deteriora su estructura física (SENAGUA, 1998).

De acuerdo a las normas del Riverside se señala el valor de 10 como máximo permisible. Los índices calculados para las muestras de agua estudiadas están entre 0,91 y 1,78 por lo que el SAR es bajo y las aguas se consideran aptas para el riego.

7.2.4. Clasificación en función de las Normas Riverside.

Tabla 70. Resultados de la valoración del agua según el criterio Riverside.

N° muestra	CE (micromhos cm ⁻¹)	SAR	Clasificación
1	318	0,91	C2 - S1
2	411	1,21	C2 - S1
3	320	0,94	C2 - S1
4	395	1,34	C2 - S1
5	222	0,264	C1 - S1
6	398	1,03	C2 - S1
7	509	0,196	C2 - S1
8	405	0,69	C2 - S1
9	443	1,78	C2 - S1
10	192	1,04	C1 - S1

Según las Normas Riverside que clasifican el agua por la peligrosidad salina y sódica, podemos ver que las muestras 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 9 estarían dentro de la clasificación C2 - S1,



lo que nos indica agua de salinidad media y con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos, aunque en ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad y al sodio.

Por otro lado, las muestras 5 y 10 se encuentran dentro de la clasificación C1 - S1, lo que indica que son de baja salinidad y tienen un bajo contenido en sodio, por lo que el agua es apta para el riego; podrían existir problemas sólo en suelos con baja permeabilidad o con cultivos sensibles al sodio.

7.2.5. Índice de Scott o coeficiente alcalinométrico.

Tabla 71. Resultados de la valoración del agua según el Índice de Scott.

Nº muestra	Caso	Valores del Índice de Scott	Calidad del agua
1	K ₂	95,7	Buena
2	K ₂	56,5	Buena
3	K ₂	83,0	Buena
4	K ₂	58,4	Buena
5	K ₂	248,9	Buena
6	K ₂	64,4	Buena
7	K ₁	291,4	Buena
8	K ₁	102,0	Buena
9	K ₂	47,6	Buena
10	K ₁	113,3	Buena

El agua también se clasificó según los valores del índice de Scott, cuyos valores se presentan en la tabla 71. Éste permite clasificar el agua basándose en la relación del Na⁺, con Cl⁻ y SO₄²⁻. Todas las muestras de agua analizadas tienen un valor de K superior a 18, por lo tanto, según la clasificación de Scott, todas ellas se consideran buenas para el riego.



7.3. Estudio de suelo.

Tabla 72. Resultados obtenidos para las distintas muestras de suelo analizadas (Laboratorio de Análisis Agrícola, 2018).

MUESTRA		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Arena	%	4	36	16	40	40	40	42	35	27
Limo		35	8	39	25	25	28	31	28	28
Arcilla		61	56	45	35	35	32	27	37	45
DA	gr/cm ³	1,1	1,3	1,1	1,3	1,3	1,4	1,2	1,2	1,2
pH	u.	6,9	6,5	6,1	6,1	6,0	6,7	7,2	7,2	7,2
CE 1:1	dS m ⁻¹	1,9	0,6	1,0	0,7	0,7	0,4	1,5	1,0	0,5
MO	%	1,9	3,6	4,2	3,0	2,6	2,0	7,2	4,2	0,6
N		0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,4	0,3	0,0
CIC	meq / 100 gr	59,6	39,8	47,4	35,0	34,5	37,0	28,2	31,6	39,0
Na		0,5	0,1	0,8	0,2	0,2	1,3	0,1	0,1	0,2
K (int)		0,5	0,7	1,7	0,2	0,2	0,2	1,1	0,6	0,6
Ca		18,0	31,4	34,6	16,0	15,0	26,3	18,8	22,9	25,0
Mg		14,4	6,7	7,6	5,5	4,8	8,9	8,0	6,9	12,5
P	ppm	19,0	11,7	42,8	9,0	7,0	77,5	14,7	8,5	0,8
Fe		540,0	75,0	48,0	90,0	86,0	81,5	43,6	75,0	73,2
Mn		107,0	10,4	9,9	37,0	35,0	3,0	15,4	6,5	2,4
Zn		4,3	2,6	4,6	2,7	2,5	1,7	3,0	1,9	1,5
Cu		8,2	1,6	2,4	0,4	0,3	1,3	2,6	3,0	1,7



7.3.1. pH.

Tabla 73. Resultados de la valoración del suelo en función del pH.

Nº muestra	pH	Clasificación
1	6,9	Neutro
2	6,5	Ácido
3	6,1	Ácido
4	6,1	Ácido
5	6,0	Ácido
6	6,7	Neutro
7	7,2	Neutro
8	7,2	Neutro
9	7,2	Neutro

El pH mide el grado de acidez de un suelo, es decir, la concentración de hidrogeniones (H^+) que existen en el suelo (Garrido-Valero, 1994). En la escala de valor máximo 14, el valor de un suelo neutro está entre 6,5 y 7,5, siendo ácidos todos aquellos que tengan valores inferiores a 6,5 y básicos todos aquellos que tienen valores superiores a 7,5.

Las muestras 2, 3, 4 y 5 se consideran ácidas aunque no presentan problemas ya que los valores de pH son cercanos al neutro. Estos valores se encuentran en el rango óptimo de absorción de nutrientes por las plantas. Por otro lado, el resto de muestras tienen un pH neutro.

7.3.2. Textura.

Tabla 74. Resultados de la valoración del suelo en función de la textura.

Nº muestra	Clasificación textural
1	Arcilloso
2	Arcilloso
3	Arcilloso
4	Franco - Arcilloso
5	Franco - Arcilloso
6	Franco - Arcilloso
7	Franco - Arcilloso / Franco
8	Franco - Arcilloso
9	Arcilloso

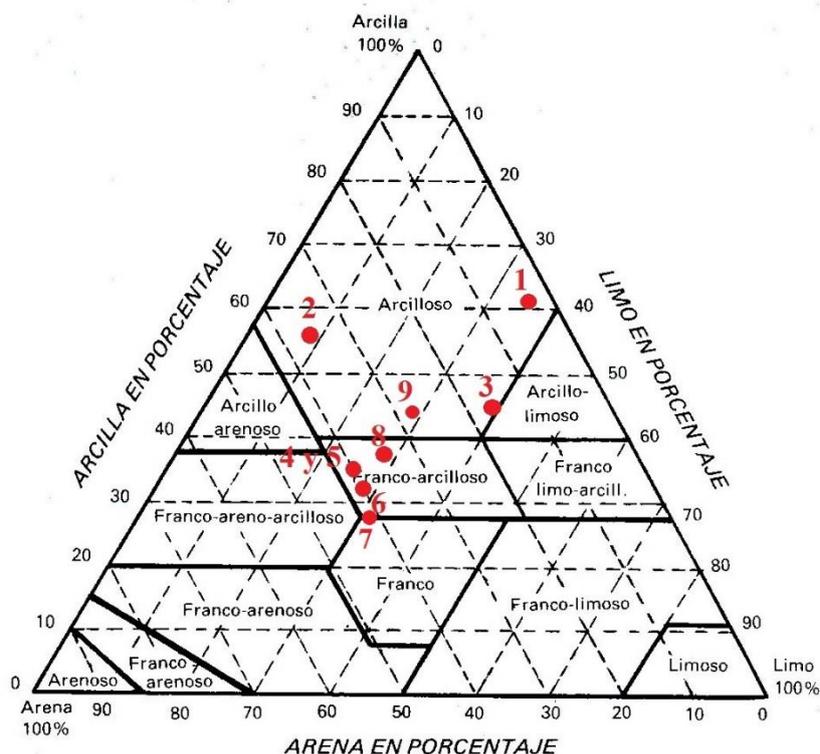


Figura 48. Clasificación de las muestras de suelo según la clasificación estadounidense.

Teniendo en cuenta los porcentajes de arena, limo y arcilla de cada muestra de suelo, se ha hecho una clasificación según el diagrama textural que aparece en la figura 48 y se han expresado sus resultados en la tabla 74. Como se puede observar el % de arcilla en la mayoría de suelos es elevado por lo que todos son de tipo arcilloso o franco-arcilloso, a excepción de la muestra 7 que es de tipo franco-arcilloso / franco.

Este tipo de suelos, también llamados suelos “pesados”, tienen partículas muy pequeñas con minúsculos espacios de poros o microporos y se caracterizan por tener baja permeabilidad al agua y elevada retención de agua y nutrientes (Grupo Sacsa, 2015), por lo que pueden tener problemas en determinados cultivos sensibles al encharcamiento como el cacao y beneficios para otros cultivos como el arroz.



7.3.3. Conductividad eléctrica.

Tabla 75. Resultados de la valoración del suelo en función de la conductividad eléctrica.

Nº muestra	CE (dS m ⁻¹)	Clasificación
1	1,90	No salino
2	0,58	No salino
3	0,98	No salino
4	0,70	No salino
5	0,65	No salino
6	0,40	No salino
7	1,47	No salino
8	0,96	No salino
9	0,45	No salino

La conductividad eléctrica (CE) es una medida indirecta de la cantidad de sales que contiene un suelo (Garrido-Valero, 1994). Todas las muestras de suelo analizadas tienen una CE por debajo de 2 dS m⁻¹, estando situados los valores entre 0,45 y 1,90 dS m⁻¹, por lo que no presentan problemas de salinidad y son totalmente aptos para la agricultura.

7.3.4. Materia orgánica.

Tabla 76. Resultados de la valoración del suelo en función del % de materia orgánica.

Nº muestra	M.O. (%)	Clasificación
1	1,9	Normal
2	3,6	Muy alto
3	4,2	Muy alto
4	3,0	Alto
5	2,6	Alto
6	2,0	Normal
7	7,2	Muy alto
8	4,2	Muy alto
9	0,6	Muy bajo

La materia orgánica expresa la cantidad de restos orgánicos que se encuentran alterados y que por lo tanto pueden dar lugar a aumentar el contenido en nutrientes del suelo (Garrido-Valero, 1994).

Las muestras 2, 3, 4, 5, 7 y 8 tienen altos y muy altos contenidos en materia orgánica (por encima del 3%), lo cual aporta numerosas ventajas al suelo: mejora la estructura coloidal (estabilidad de los agregados), mejora el drenaje, reduce el encharcamiento, aumenta la



temperatura del suelo, mejora la estabilidad del pH, reduce los efectos de la erosión y favorece el desarrollo de microorganismos del suelo.

Por otro lado, las muestras 1 y 6 tienen un % de materia orgánica dentro del rango normal, que varía entre 1,7 y 2,2%, mientras que la muestra 9, al haber sido extraída a una profundidad de 45 cm tiene un bajo contenido en materia orgánica.

7.3.5. Fósforo.

Tabla 77. Resultados de la valoración del suelo en función del nivel de fósforo.

Nº muestra	P (ppm) (Método Olsen)	Clasificación
1	19,0	Bajo
2	11,7	Bajo
3	42,8	Alto
4	9,0	Bajo
5	7,0	Bajo
6	77,5	Alto
7	14,7	Bajo
8	8,5	Bajo
9	0,8	Bajo

Los análisis de fósforo intentan imitar la extracción que hacen las plantas mediante la acción de ácidos. Se emplean ácidos más fuertes para la extracción de fósforo total y ácidos débiles para la extracción del fósforo activo. El fósforo activo es el fósforo que en teoría utilizan las plantas. Este es el fósforo que se encuentra en las sedes de intercambio y en la solución del suelo (Garrido-Valero, 1994).

La mayor parte de las muestras presentan bajos niveles de fósforo por lo que los cultivos pueden verse afectados por retrasos en el crecimiento y desarrollo, retraso de la floración y otros problemas generados por la deficiencia de fósforo. Las muestras 3 y 6 tienen un contenido en fósforo por encima de los valores normales. Una cantidad elevada de fósforo perjudica e interfiere en la absorción del calcio, cobre, hierro, magnesio y zinc (Andrades y Martínez, 2014).



7.3.6. Potasio.

Tabla 78. Resultados de la valoración del suelo en función de su nivel de potasio.

Nº muestra	K (ppm) int	Clasificación
1	195,5	Normal
2	273,7	Normal
3	664,7	Alto
4	78,2	Bajo
5	78,2	Bajo
6	78,2	Bajo
7	430,1	Alto
8	234,6	Normal
9	234,6	Normal

El potasio intercambiable es la forma disponible del potasio en el suelo, para que las plantas puedan extraerlo fácilmente. Esta fracción de potasio se encuentra absorbida en la superficie de las partículas de arcilla y materia orgánica en el suelo. Se encuentra en equilibrio con la solución del suelo y se desplaza rápidamente cuando las plantas absorben el potasio de la solución del suelo (Garrido-Valero, 1994).

Las muestras 1, 2, 8 y 9 tienen unos valores de potasio intercambiable dentro del rango normal. Las muestras 4, 5 y 6 tienen valores bajos en este elemento, por lo que existe riesgo de clorosis así como de restricción de crecimiento en las raíces de las plantas, particularmente en las raíces laterales. Por el contrario las muestras 3 y 7 tienen un alto nivel en este elemento y ello también podría ocasionar problemas como dificultar la absorción de calcio y magnesio o la absorción de otros microelementos como el Zn (García, 2018).

7.3.7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Tabla 79. Resultados de la valoración del suelo en función de la capacidad de intercambio catiónico.

Nº muestra	CIC Total (meq / 100 g)	Clasificación
1	59,6	Alto
2	39,8	Medio alto
3	47,4	Alto
4	35,0	Medio
5	34,5	Medio
6	37,0	Medio alto
7	28,2	Medio
8	31,6	Medio
9	39,0	Medio alto



La capacidad de intercambio catiónico (CIC) permite a un suelo retener los elementos necesarios para nutrir a las plantas (Garrido-Valero, 1994). Todas las muestras analizadas tienen, como mínimo, una CIC media, es decir ninguno presenta problemas de fertilidad. Las muestras 1, 2, 3, 6 y 9 tienen una CIC media alta y alta, esto quiere decir que son suelos ricos en nutrientes y, por lo tanto, aptos para la agricultura.

En las muestras 7, 8 y 9, extraídas de un mismo suelo a una profundidad de 25, 35 y 45 cm respectivamente, se puede observar un incremento de la capacidad de intercambio catiónico en la parte más profunda, esto es debido al tipo de arcilla. En la mayoría de suelos suele haber mezclas de diferentes tipos de arcillas y materia orgánica.

Según Garrido (1994) en su estudio sobre Interpretación de Análisis de Suelos algunas de estas arcillas tienen la posibilidad de adsorber nutrientes tanto en su superficie exterior como entre las láminas de mineral (esmectitas), mientras que otras por su estructura más pequeña y láminas más unidas sólo permiten hacerlo en su superficie (caolinitas), existiendo casos intermedios (illitas).



7.3.8. Porcentaje de saturación por bases.

Tabla 80. Resultados de la valoración del suelo en función del % de saturación por bases.

Nº muestra	Saturación por bases (%)	Clasificación
1	55,0	Suelo medio
2	96,3	Suelo saturado en bases
3	96,0	Suelo saturado en bases
4	62,6	Suelo medio
5	57,7	Suelo medio
6	98,4	Suelo saturado en bases
7	100,0	Suelo saturado en bases
8	95,9	Suelo saturado en bases
9	99,5	Suelo saturado en bases

El % de saturación por bases se refiere al porcentaje de cationes principales respecto al valor de la CIC e indica la cantidad de sedes para cationes intercambiables que hay en el suelo; cuanto mayor sea el grado de saturación más cationes tiene el suelo retenidos (Garrido-Valero, 1994).

La mayoría de las muestras tienen un % de saturación por bases superior al 90%, por lo que se considera que el suelo está saturado en bases, esto quiere decir que sus sedes de intercambio están siendo utilizadas. Por otro lado, las muestras 1, 4 y 5 tienen un % de saturación por bases entre el 55 y 62,6% y, por tanto, se consideran suelos medios en bases y su riqueza dependerá del valor de la CIC total.



8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS



8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS.

Atendiendo al estudio de clima, suelo y agua realizado, se considera que el régimen térmico es adecuado. Sin embargo, el régimen pluviométrico presenta, especialmente en la zona de Guayaquil, excesos durante los meses de lluvias, que aconsejan el desarrollo de estructuras de protección, y periodos secos en todas las zonas estudiadas, con lo que se hace imprescindible la generación de infraestructuras de riego. Los altos valores de humedad relativa y la baja velocidad del viento nos orientan hacia el desarrollo de estructuras bien ventiladas. Por otra parte, los suelos, aunque son pesados, presentan una buena fertilidad asociada a contenidos altos de materia orgánica y alta CIC. También se debe tener en cuenta que existen posibilidades de dotación de riego para garantizar un desarrollo hortícola en la zona de estudio, considerando los embalses existentes. Además, estas aguas presentan una excelente calidad.

Se recomienda proseguir los estudios en la zona sobre un desarrollo hortícola que pueda paliar los problemas actuales existentes asociados a la pobreza y la seguridad alimentaria, especialmente de los pequeños agricultores que constituyen el grupo humano más vulnerable.



9. BIBLIOGRAFÍA



9. BIBLIOGRAFÍA

- ACOR: Servicio Agronómico. (s.f.). Calidad Agronómica del agua de riego. Valoración por índices.
- Alcívar, B. (22 de Noviembre de 2011). Arroz, Banano, Cacao, Café, Papa, Producción Agrícola en el Ecuador. Ecuador.
- Álvarez Castilla, E. R. (2012). Comportamiento mecánico de las conexiones en los elementos de bambú para estructuras ligeras: el caso de las especies del trópico de Veracruz.
- Andrades, M., & Martínez, M. E. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Tercera edición. Universidad de La Rioja.
- Banco de Patentes SIC. (2014). Tecnologías relacionadas con invernaderos para flores.
- Baptista, F. J., Baley, B. J., & Meneses, J. F. (2001). Natural Ventilation of Greenhouses: Comparison of Measured and Predicted Ventilation Rates.
- Blasco y de la Rubia. (1973). Laboratorio de suelos IRYDA.
- (2017). Boletín Agrícola Integral - Nacional. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Coordinación General del Sistema de Información Nacional, Quito.
- Castillo, I. (2017). Suelos del Ecuador: Características, Tipos, Usos. Obtenido de lifeder: <https://www.lifeder.com/suelos-del-ecuador/>
- Castro, D. (Octubre de 2015). Principales Estuarios del Ecuador. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/283294802_Principales_Estuarios_del_Ecuador
- Centro de mapas de Ecuador. (Junio de 2018). Ecuador Explorer. Obtenido de <http://www.ecuadorexplorer.com/es/html/mapa-fisico-de-ecuador-2.html>
- Cobos, J., & López, J. (1998). Filmes plásticos como material de cubierta de invernadero. Tecnología de invernaderos II.
- De Pedro, L. (2015). Invernaderos en regiones tropicales y sub - tropicales. Balance energético, diseño y manejo del ambiente físico. Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias Agrarias, Santa Fe, Argentina.
- ECUADOR - CEPAL. (s.f.). Diagnóstico de la Estadística del Agua en Ecuador.
- Ecuador, G. d., & Perú, G. d. (1998). ACTA PRESIDENCIAL DE BRASILIA. Brasilia. Obtenido de <http://planbinacional.gob.ec/wp-content/uploads/2016/03/1-acuerdo-de-paz.pdf>



- FAO. (2000). Water quality management and control of water pollution. Water Reports 21. Proceedings of a Regional Workshop. Roma, Italia.
- FAO. (2015). Informe regional: América del Sur, Centroamérica y Caribe.
- FAO. (s.f.). La Horticultura y Fruticultura en el Ecuador.
- Gaastra, P. (1959). Photosynthesis of crop plants as influenced by light, carbon dioxide, temperature and estomatal diffusion resistance.
- García de Pedraza, L. (1963). Los vientos en agricultura. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Capacitación Agraria, Madrid.
- García, I. (2018). CANNA Research. Obtenido de http://www.canna.es/interacciones_entre_nutrientes.
- Garrido Valero, M. S. (1994). Interpretación de análisis de suelos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General de Estructuras Agrarias, Madrid.
- Gómez, N. (1983). El manejo del espacio en el Ecuador - Etapas Claves. Quito: Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica.
- González Artieda, A. (2010). 1er Taller Latinoamericano GLOBALSOILMAP. Río de Janeiro.
- Grupo Sacsa. (7 de Julio de 2015). SACSA. Obtenido de <http://www.gruposacsa.com.mx/caracteristicas-del-suelo-arcilloso/>
- Hemming, S. F., Kempkes, N., Braak, V. D., Dueck, T., & Marissen, N. (2006). Greenhouse cooling by NIR - reflection.
- Hernández y Zambrano. (2007). Inicio, duración y término de la estación lluviosa en cinco localidades de la costa ecuatoriana. En Acta Oceanográfica del Pacífico. Quito.
- Hernández, j. C., & Parra, J. P. (2006). Evolución de las estructuras de invernadero.
- INAMHI. (1962 - 2012). Estación meteorológica Aeropuerto de Guayaquil. Guayaquil.
- INAMHI. (1962 - 2017). Estación meteorológica Aeropuerto de Guayaquil. Guayaquil.
- INAMHI. (1977 - 2012). Estación meteorológica Aeropuerto de Guayaquil. Guayaquil.
- INAMHI. (1981 - 2009). Estación meteorológica El Progreso - Guayas. Guayaquil.
- INAMHI. (1999 - 2009). Estación meteorológica El Progreso - Guayas. Guayaquil.
- INAMHI. (2005 - 2015). Estación meteorológica Santa Elena. Santa Elena.



- INAMHI. (2016 - 2017). Estación meteorológica Santa Elena. Santa Elena.
- INAMHI. (2008 - 2017). Estación meteorológica Aeropuerto de Guayaquil. Guayaquil.
- INATEC. (2017). Manual del Protagonista: Hortalizas.
- INEC. (2000). Censo Nacional Agropecuario. Quito.
- INEC. (2010). Censo de Población y Vivienda.
- INEC. (2015). Informe de Resultados ECV 2013 - 2014. Quito.
- INEC. (2016). Información Ambiental en la Agricultura.
- INEC; MAGAP; PROYECTO SICA. (2002). III Censo Nacional Agropecuario. Quito.
- Infoagro. (18 de Junio de 2018). Diagnóstico de agua de riego. Water diagnosis. Obtenido de http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico_aguas.htm
- INOCAR. (2012). CAPÍTULO I: Información General de la República del Ecuador.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2016). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua - ESPAC 2016. Quito.
- Jaimez, R. E., Costa, M., Araque, O., Palha, M. G., & Salazar, R. (2015). Invernaderos en Venezuela: Situación actual y perspectivas de desarrollo.
- Jones, H. G. (1983). Radiation. En: Plants and microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University.
- Katz, M. (Junio de 2017). Researchgate. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-34-Clases-texturales_fig19_317277296
- Laboratorio de Análisis Agrícola. (2018). Guayaquil, Ecuador.
- Línea Verde. (s.f.). El Aire, Manual de Educación Ambiental IV.
- Llanderal, A. (2017). Estudio de métodos de diagnóstico y evaluación de los parámetros nutricionales en sistemas de cultivo hortícola intensivo como base para un manejo más sostenible de la fertirrigación. Tesis doctoral. Universidad de Almería, España.
- Marco, O. H., Magdalena, T. B., Agustín, H. H., & Gerardo, O. S. (2016). Aportaciones del laboratorio de estructuras de la Facultad de Arquitectura de la UNAM para la aplicación del bambú al diseño arquitectónico y estructural.
- Martínez, P. N., Guevara, C. A., Rodríguez, C., Ríos, C., & Restrepo, V. (2005). Procesos celulósicos con especies no madereras. Universidad del Quindío. Colombia: Elizcom.



- Molina, P. (21 de Enero de 2017). Las corrientes marinas del Ecuador. Obtenido de pmolina59: <https://pmolina59.blogspot.com/2017/01/las-corrientes-marinas-del-ecuador.html>
- Montealegre Bocanegra, J. E. (2007). Modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y la Niña en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá, Colombia.
- Monteros Guerrero, Sumba Lusero y Salvador Sarauz. (2014). Productividad Agrícola en el Ecuador. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información, Coordinación General del Sistema de Información Nacional, Quito.
- NASA. (08 de Junio de 2018). Surface meteorology and Solar Energy. Obtenido de https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=101088&lat=-2.351&submit=Submit&hgt=100&veg=17&sitelev=&email=&p=grid_id&p=exp_dif&p=avg_dnr&step=2&lon=-79.927
- Navarro Rodríguez, J. R. (2015). Rol e Importancia del Sector Agrícola Arrocerero en el Desarrollo Socio - Económico del Cantón Samborondón. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Económicas, Guayaquil.
- Peery, J. (12 de Septiembre de 2017). PROMIX. Obtenido de <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/como-influye-la-humedad-en-la-calidad-de-los-cultivos/>
- Pérez Sánchez, O. (2012). Evaluación del agua de riego. Anejo nº 6. Universidad de Almería.
- Pourrut, P. (1983). Los Climas del Ecuador - Fundamentos Explicativos. Quito.
- Rivas Sáenz, S. (2009). Sistema de clasificación bioclimática mundial. Obtenido de <file:///C:/Users/emili/Dropbox/TFG/ESTUDIO%20DE%20CLIMA/Otros%20C3%ADndices%20bioclim%C3%A1ticos.html>
- Rodríguez y Martínez. (2005). Clasificación de las aguas utilizada para riego en una arrocera del centro - sur de Corrientes. Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Agrarias, Corrientes, Argentina.
- Rubio Ramos, J. M. (2011). Transformación de secano a regadío de una finca de 12 ha en el T.M. de Dalías (Almería) con sistema de autoabastecimiento eléctrico mediante paneles solares fotovoltaicos para el cultivo de vid de mesa. Universidad de Almería, Almería.
- Ruiz Palacios, F., & Cotrino Badillo, C. (2010). Identificación de un modelo del clima en un invernadero mediante métodos por subespacios. Ingeniería e Investigación.



- SAGARPA. (s.f.). El suelo y la producción agropecuaria.
- Salcedo Rosales, G. A. (2015). Sistemas de protección en la región intertropical cálida de Ecuador. Evaluación mediante el cultivo de *Cucumis sativus*. Universidad de Almería, Almería, España.
- Sánchez - Guerrero, M. C., Alonso, J., Lorenzo, P., & Medrano, E. (2010). Manejo del clima en el invernadero mediterráneo. Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA).
- Secretaria Nacional del Agua del Ecuador. (2009). Delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador. Quito.
- SENAGUA. (1998). Informe del programa de vigilancia de la calidad del agua en la cuenca del Río Guayas y Península Santa Elena.
- SENAGUA. (2007). Línea base para el monitoreo de la calidad de agua de riego en la Demarcación Hidrográfica del Guayas.
- SENAGUA. (2010). Línea base para el monitoreo de la calidad de agua de riego en la Demarcación Hidrográfica del Guayas. Quito.
- SENPLADES. (2015). Agenda Zonal, Zona 8 - Guayaquil. Quito.
- SENPLADES. (s.f.). Zona de Planificación 8. Obtenido de <http://www.planificacion.gob.ec/zona-de-planificacion-8/>
- Shamshiri, R., & Ismail, W. I. (2013). A review of greenhouse climate control and automation systems in tropical regions.
- Suárez López, A. S. (2015). Análisis de la situación ambiental actual del embalse Chongón. Guayaquil, Ecuador.
- Suquilanda, M. (2003). Producción Orgánica de Hortaliza en Sierra Norte y Central del Ecuador.
- Tapia, J. C. (2012). Modelización Hidrológica de un Área Experimental en la Cuenca del Río Guayas en la Producción de Caudales y Sedimentos. La Plata, Argentina.
- Tesi, R. (2001). Medios de protección para la hortoflorofruticultura y el viverismo. Madrid: Mundi Prensa.
- Tinôco, I. F., Figueiredo, J. L., Santos, R. C., Paula, M. O., Vigoderis, R. B., & Puglisi, N. L. (2002). Evaluation of alternative materials used for pad making in the evaporative cooling system.



USDA. (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Instituto de Calidad de Suelos.

Valera, D., Molina, F., & Álvarez, A. (2008). Ahorro y eficiencia energética en invernaderos. Instituto para la diversificación y ahorro de energía, Madrid.

Vásquez, M., González, R., Briceño, L., & Jaimez, R. (2010). Bases para la construcción de invernaderos. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Venezuela.



10. ANEXOS

10. ANEXOS.

Anexo 1. Radiación solar máxima diaria ($W m^{-2}$) en los periodos de enero a junio de 2016, febrero a marzo de 2017 y mayo a septiembre de 2017.

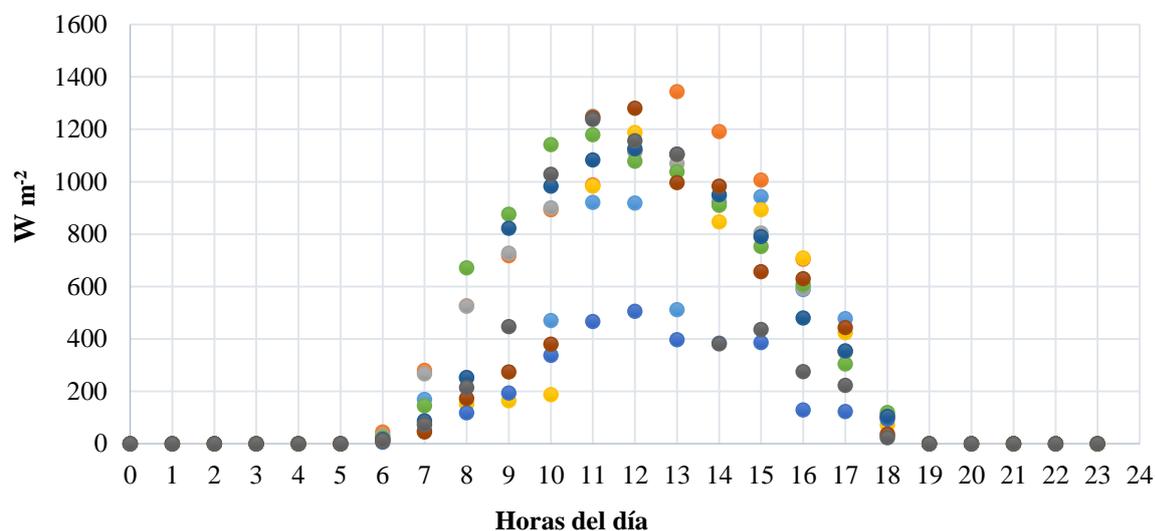


Figura 49. Radiación solar máxima diaria ($W m^{-2}$) en el mes de enero de 2016. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

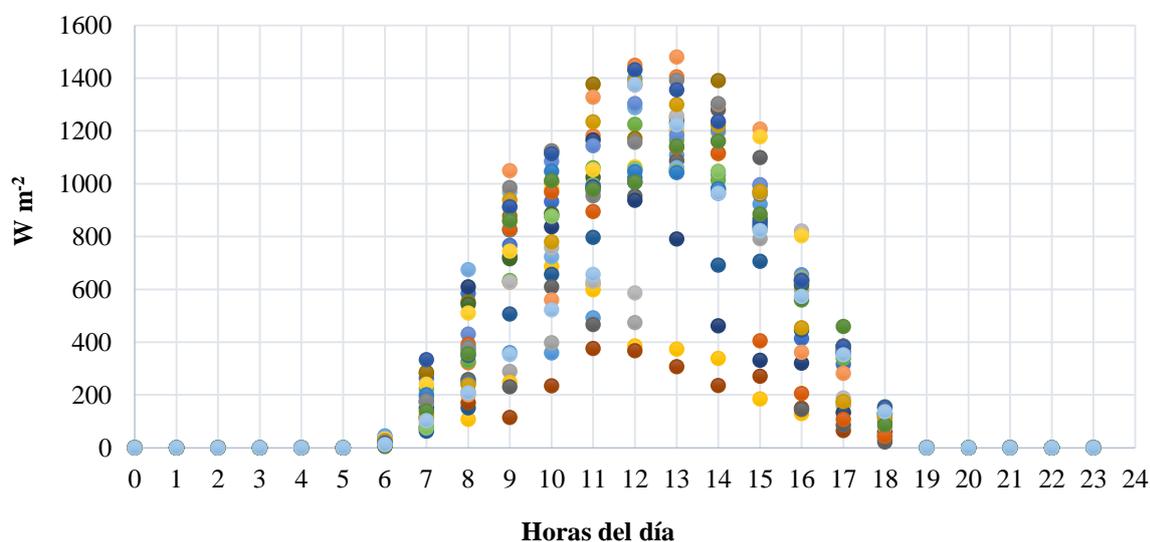


Figura 50. Radiación solar máxima diaria ($W m^{-2}$) en el mes de febrero de 2016. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

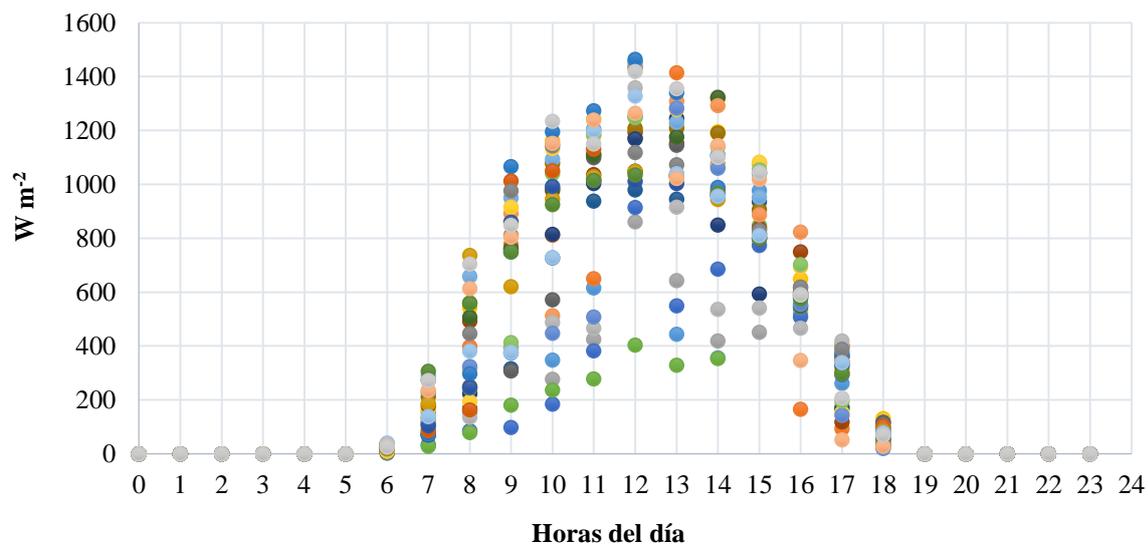


Figura 51. Radiación solar máxima diaria ($W m^{-2}$) en el mes de marzo de 2016. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

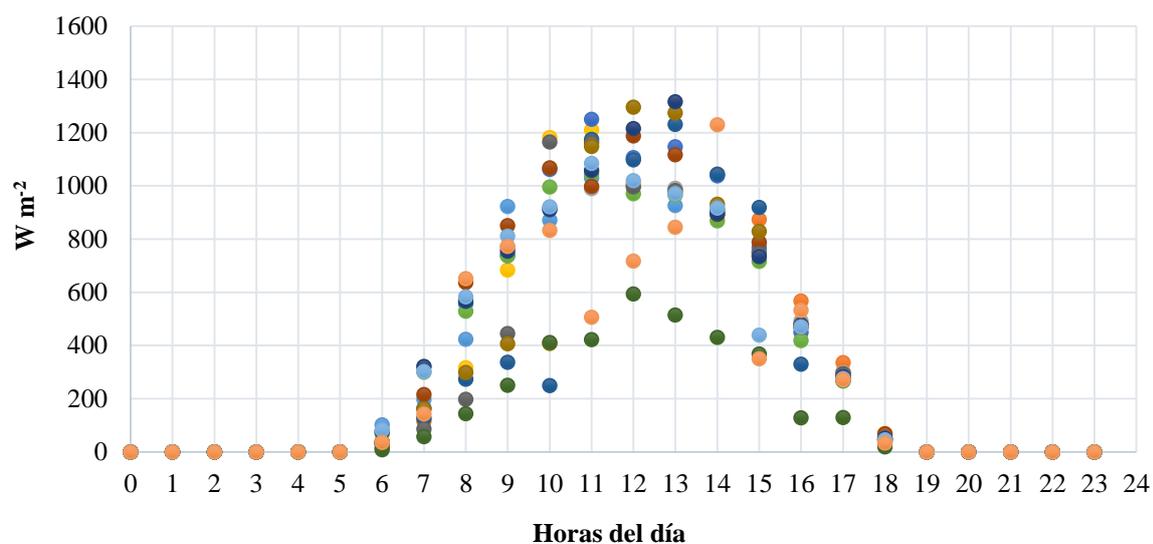


Figura 52. Radiación solar máxima diaria ($W m^{-2}$) en el mes de abril de 2016. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

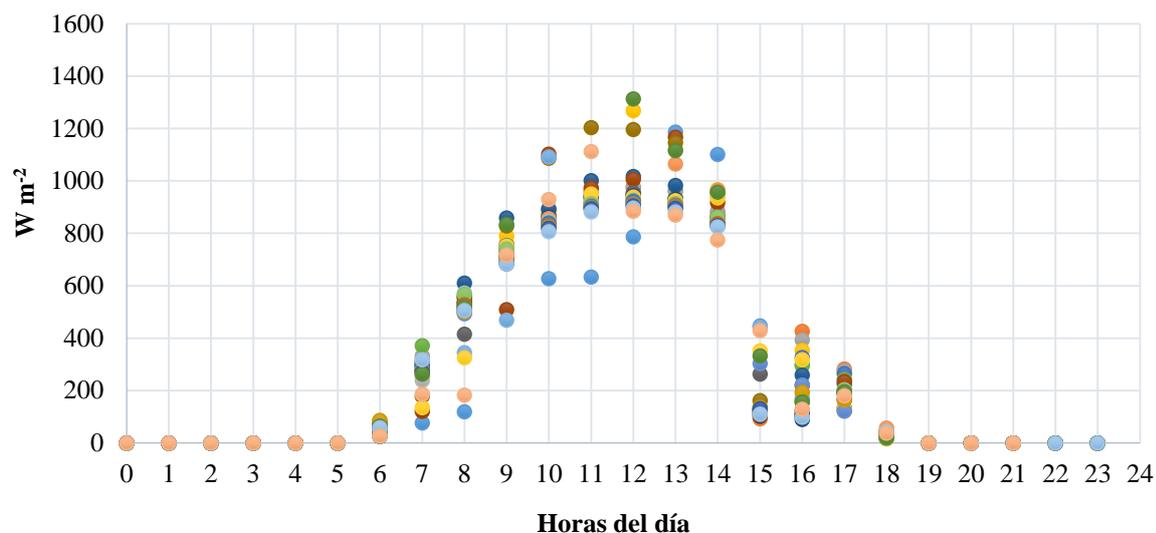


Figura 53. Radiación solar máxima diaria ($W m^{-2}$) en el mes de mayo de 2016. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

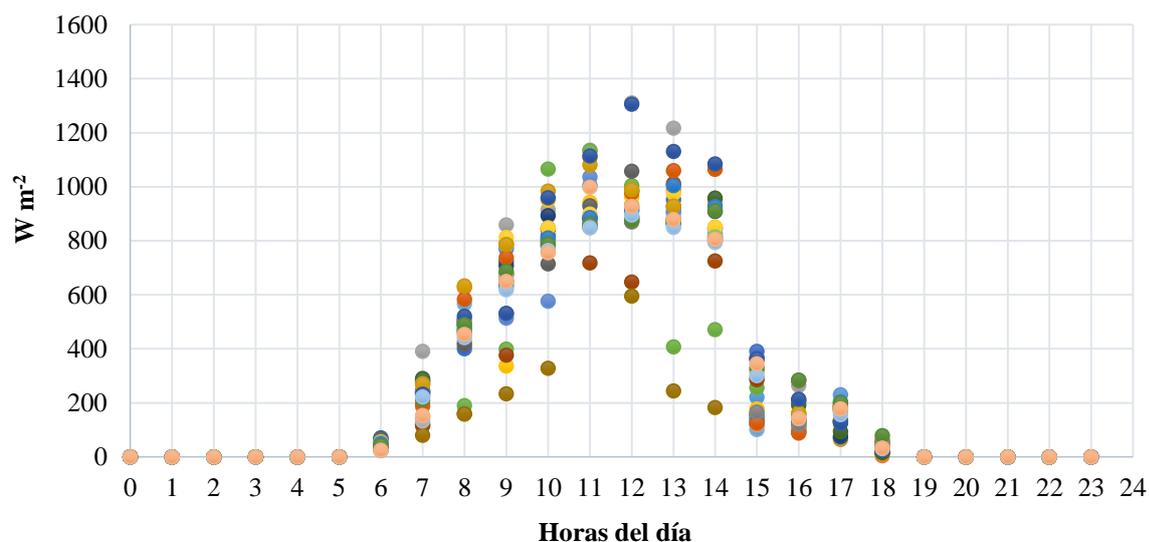


Figura 54. Radiación solar máxima diaria ($W m^{-2}$) en el mes de junio de 2016. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

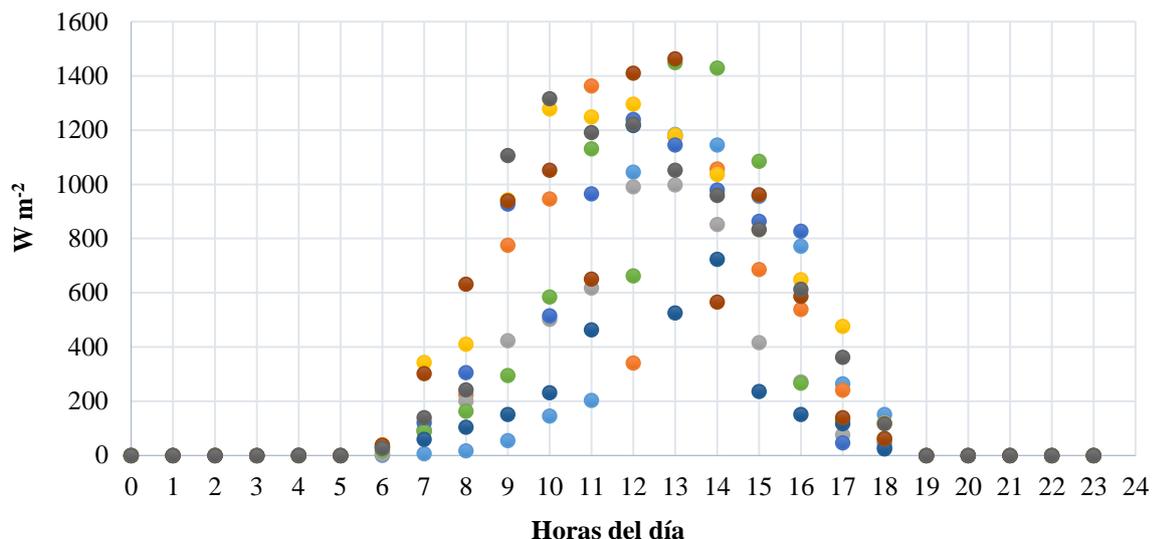


Figura 55. Radiación solar máxima diaria ($W m^{-2}$) en el mes de febrero de 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

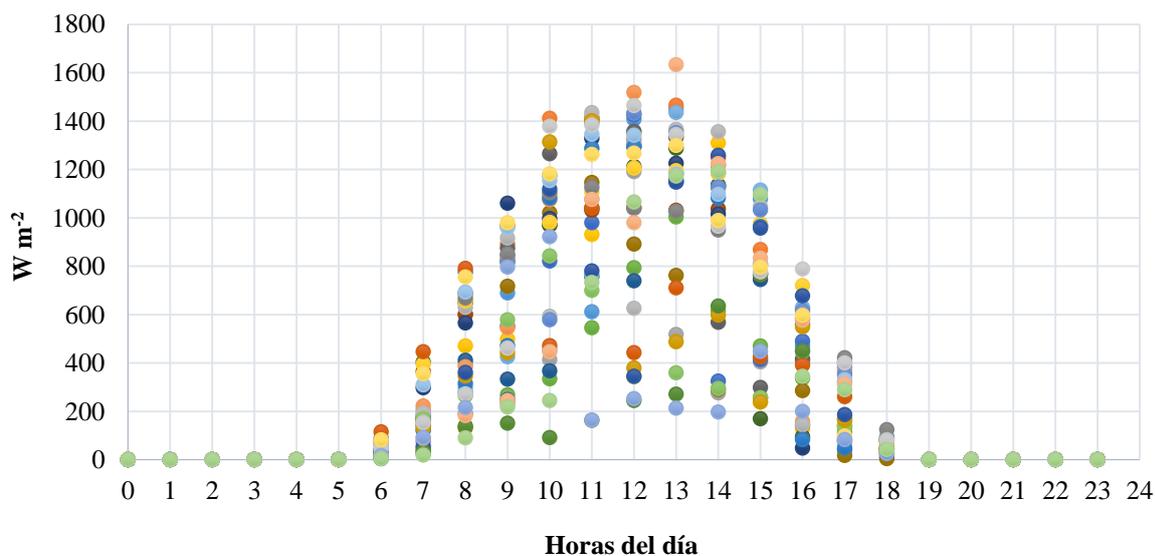


Figura 56. Radiación solar máxima diaria ($W m^{-2}$) en el mes de marzo de 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

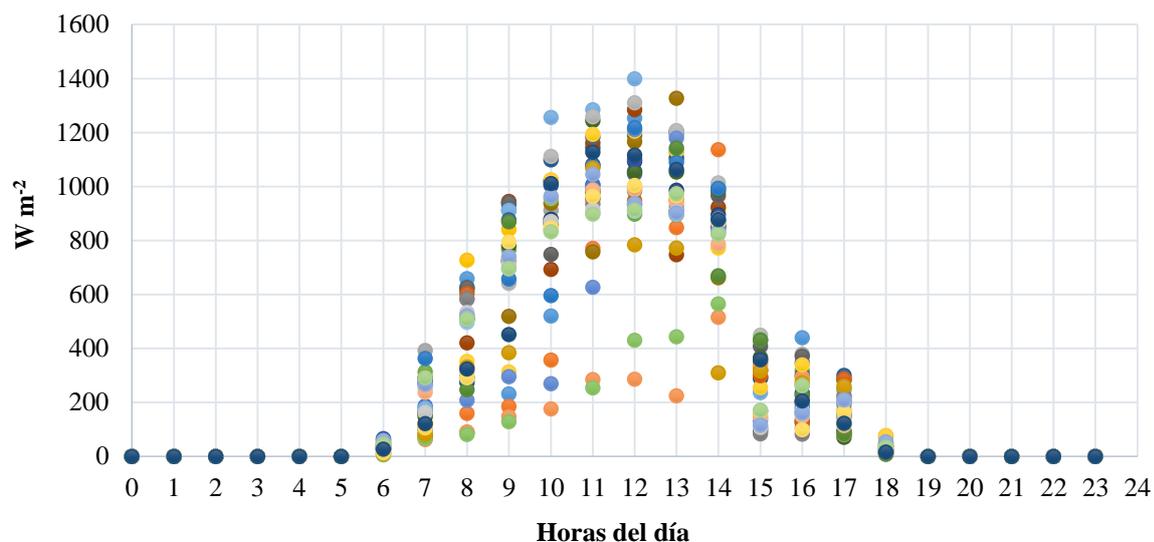


Figura 57. Radiación solar máxima diaria ($W m^{-2}$) en el mes de mayo de 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

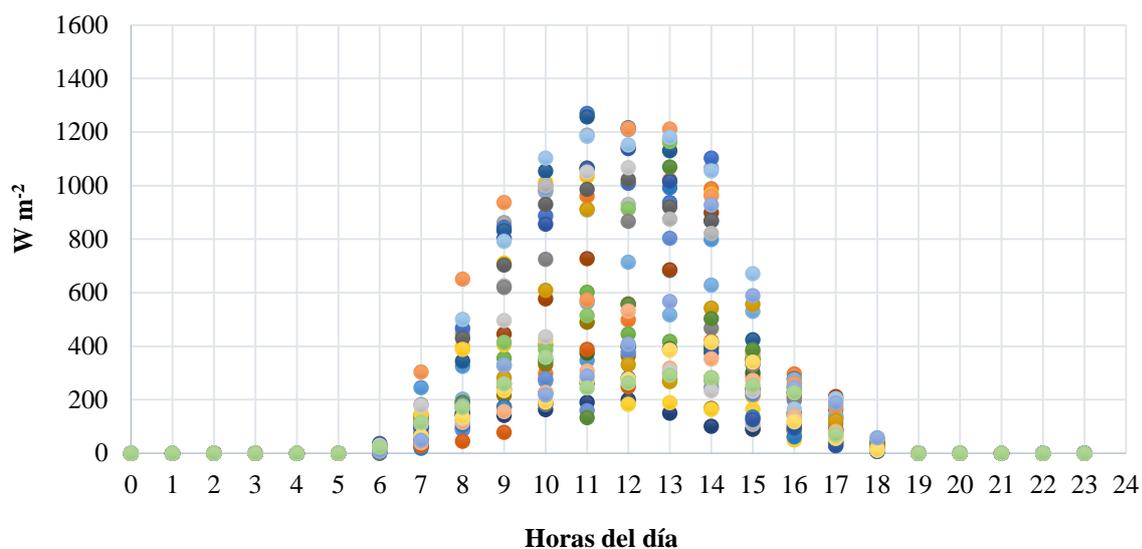


Figura 58. Radiación solar máxima diaria ($W m^{-2}$) en el mes de junio de 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

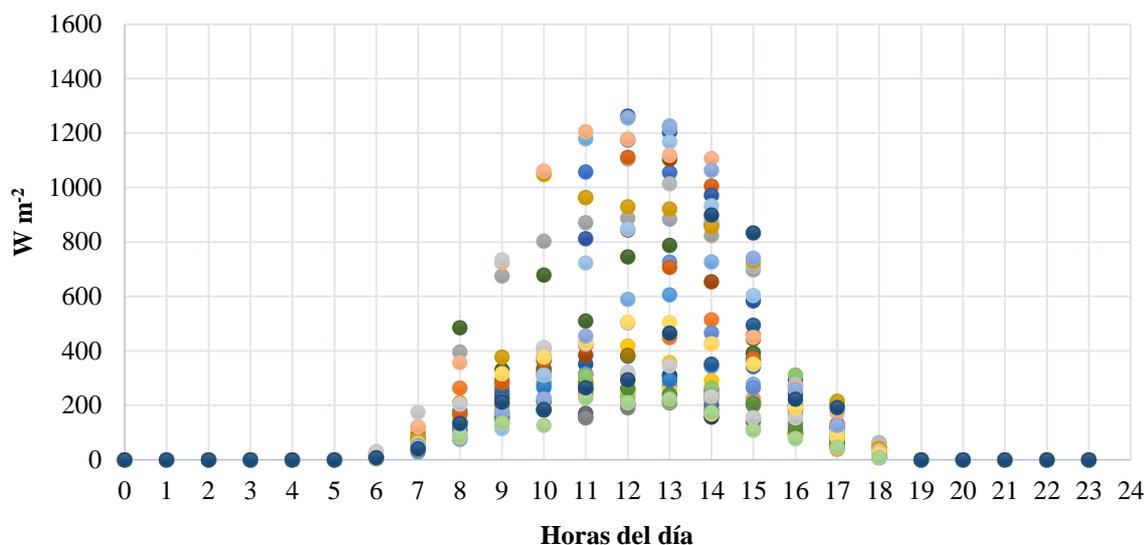


Figura 59. Radiación solar máxima diaria ($W m^{-2}$) en el mes de julio de 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

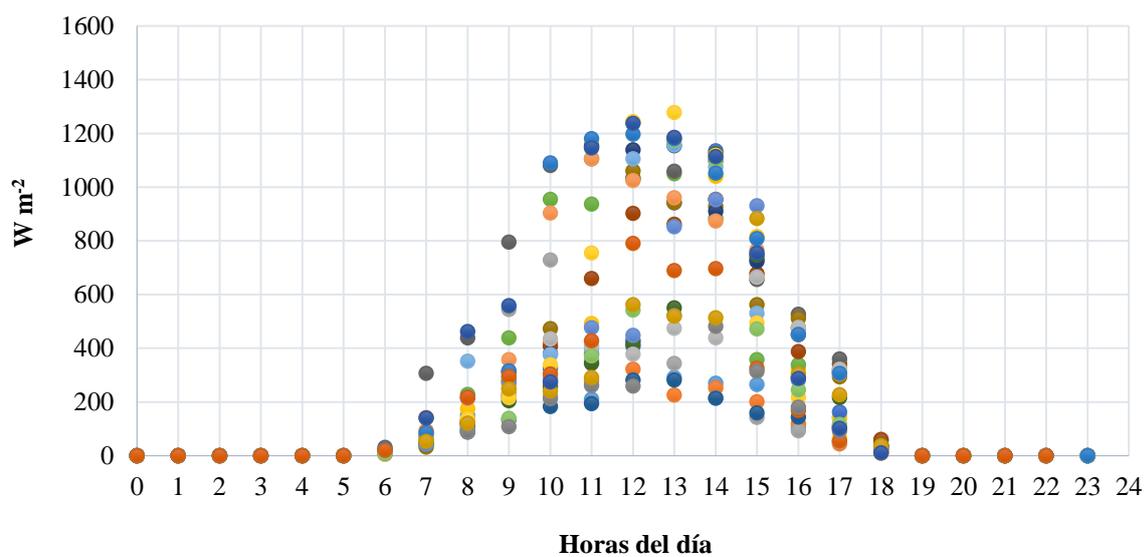


Figura 60. Radiación solar máxima diaria ($W m^{-2}$) en el mes de agosto de 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

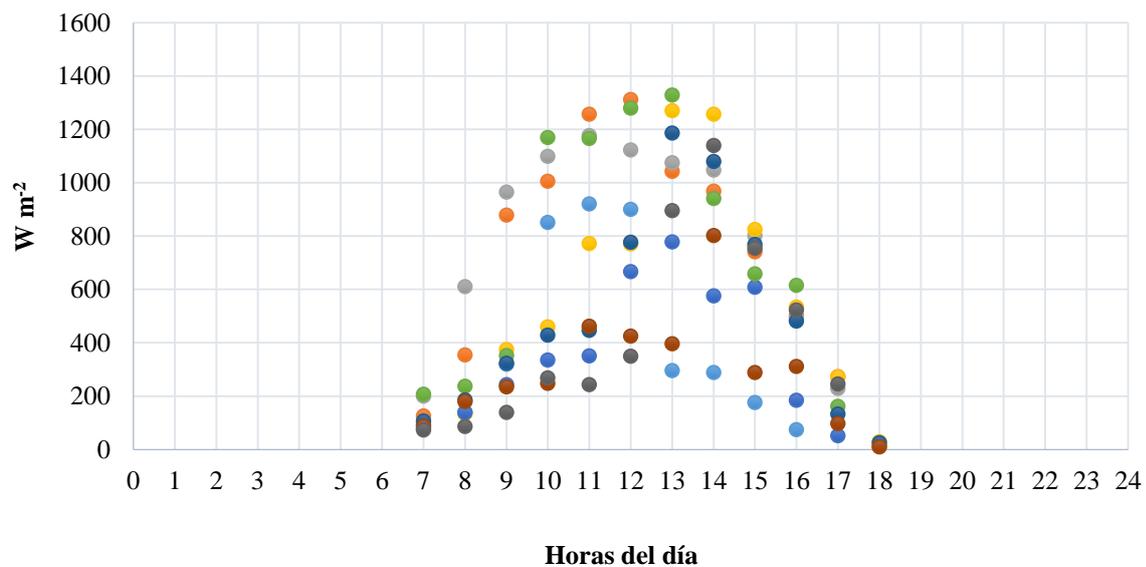


Figura 61. Radiación solar máxima diaria ($W m^{-2}$) en el mes de septiembre de 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).



Anexo 2. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en los periodos de enero a junio de 2016, febrero a marzo de 2017 y mayo a septiembre de 2017.

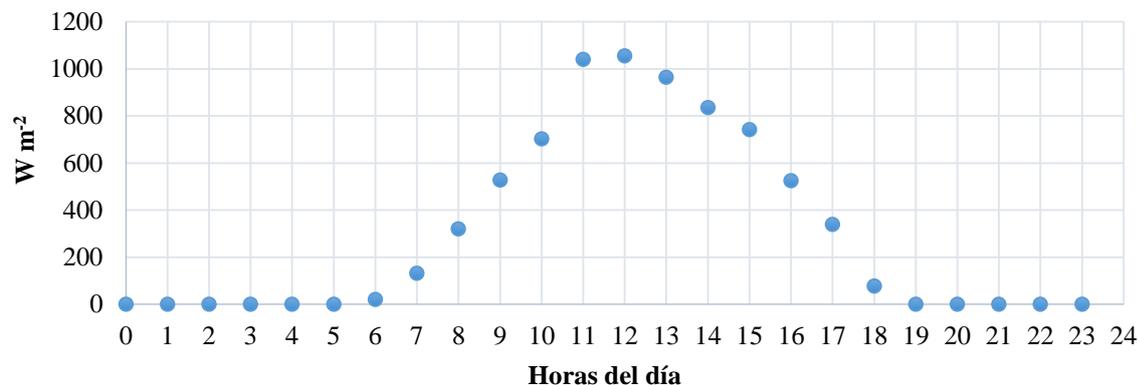


Figura 62. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de enero de 2016. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

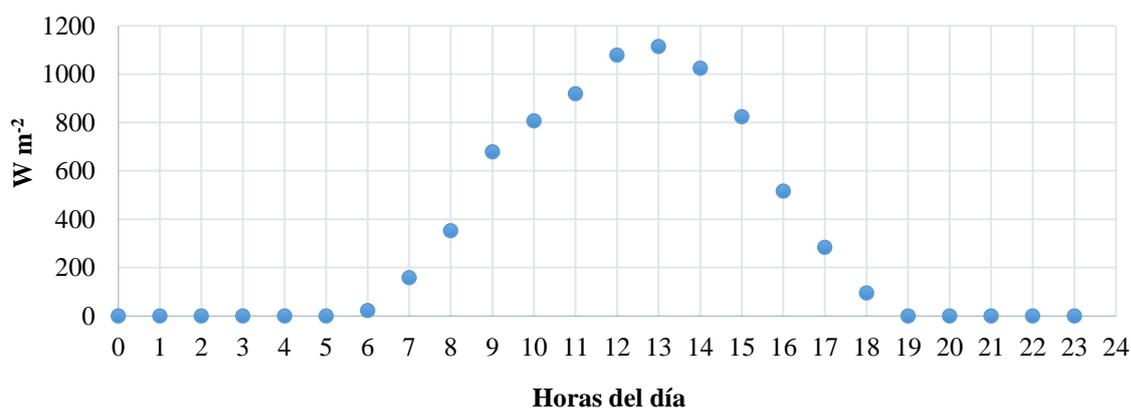


Figura 63. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de febrero de 2016. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

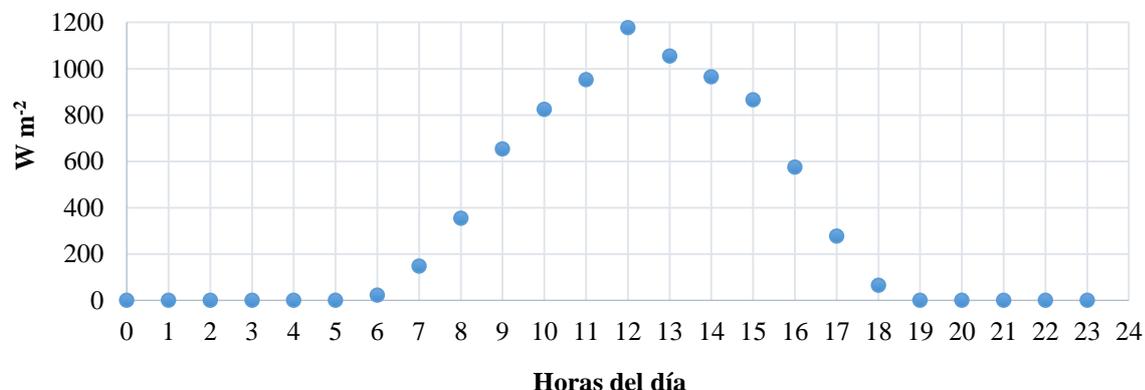


Figura 64. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de marzo de 2016. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

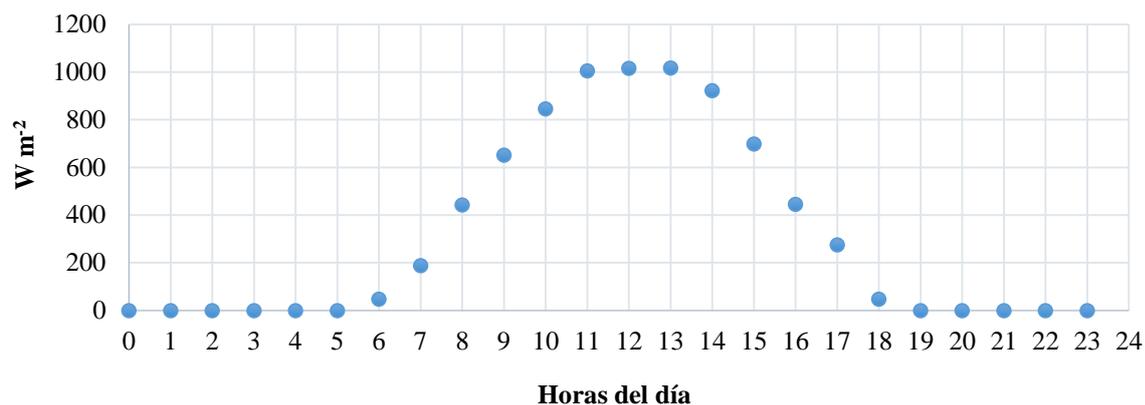


Figura 65. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de abril de 2016. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

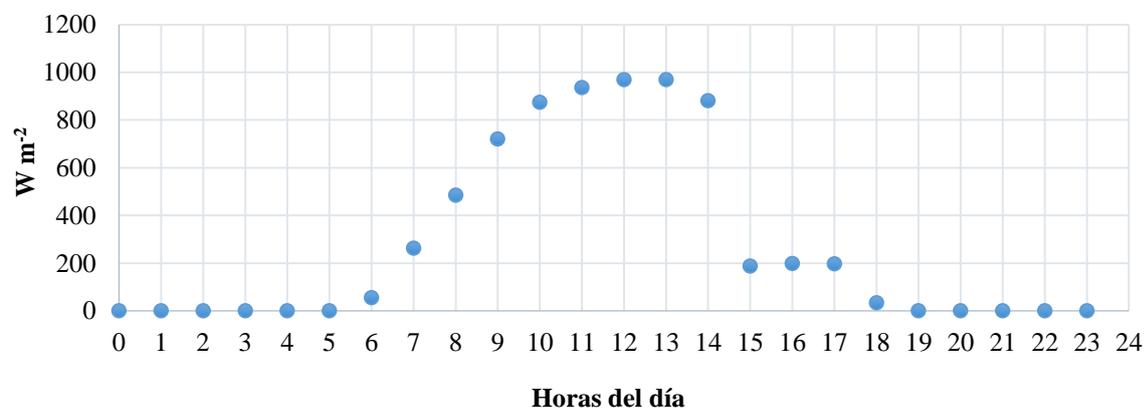


Figura 66. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de mayo de 2016. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

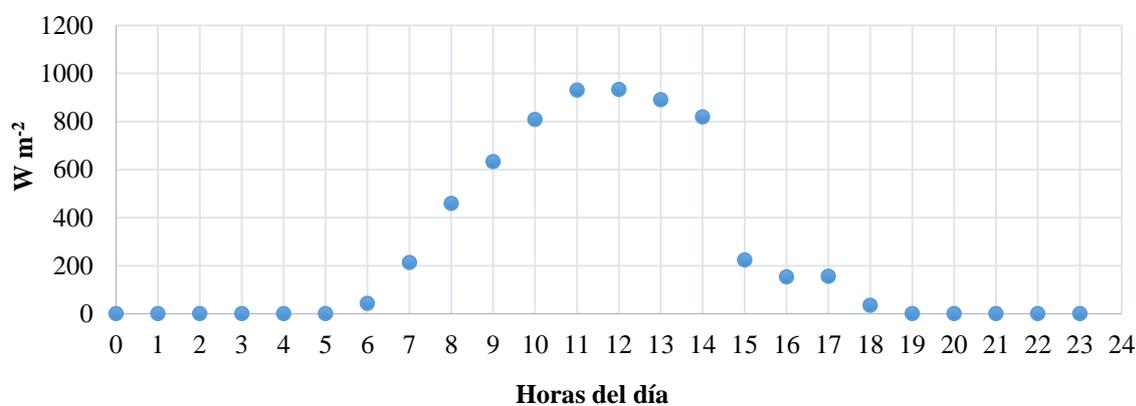


Figura 67. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de junio de 2016. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

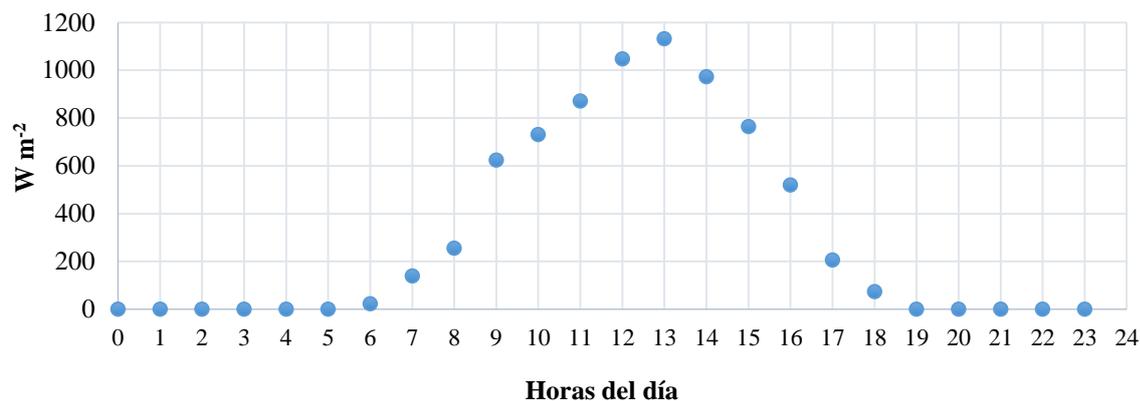


Figura 68. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de febrero de 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

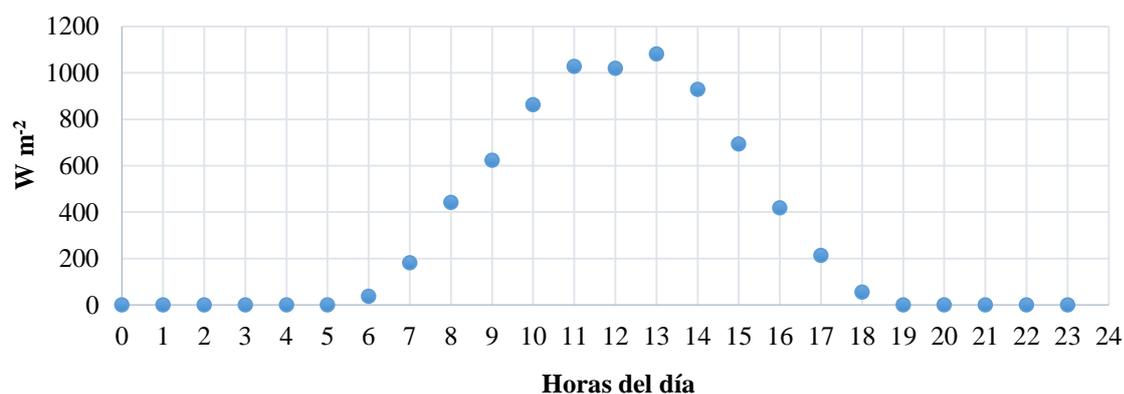


Figura 69. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de marzo de 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

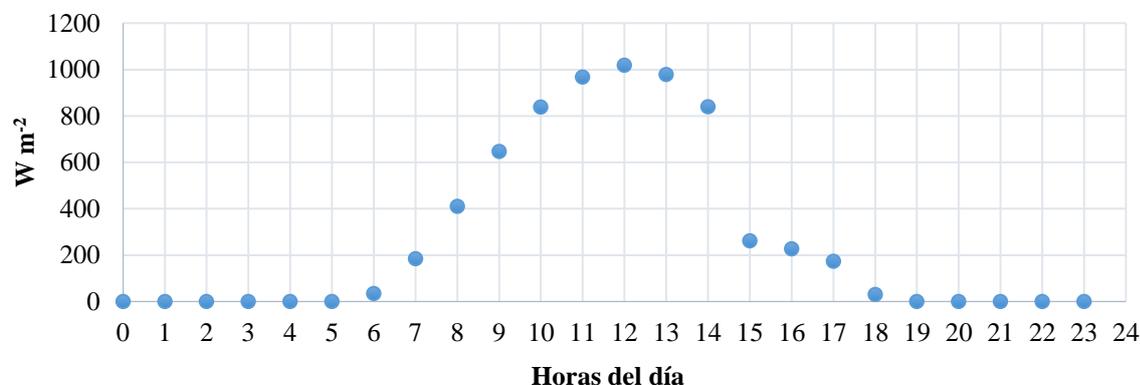


Figura 70. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de mayo de 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

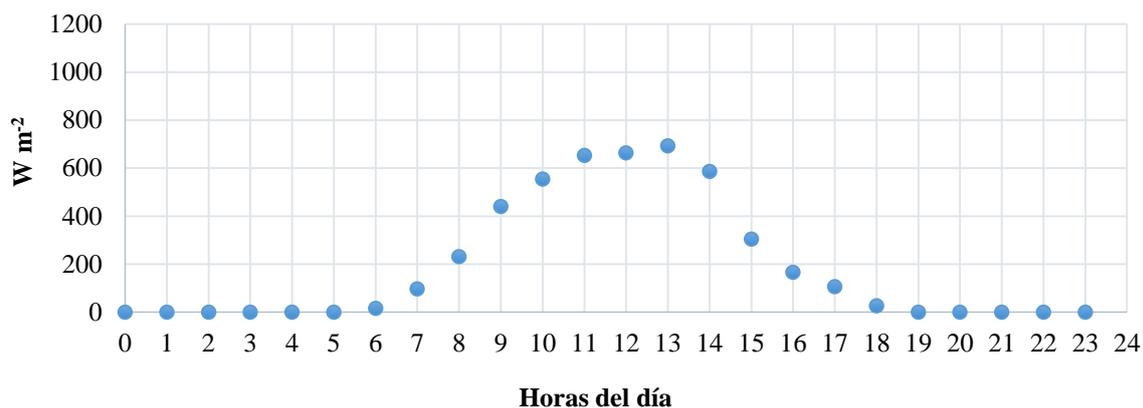


Figura 71. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de junio de 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

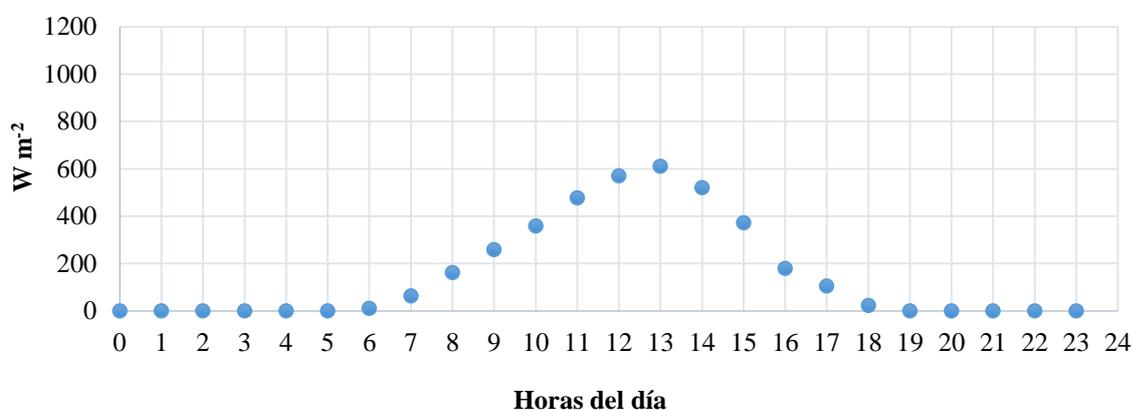


Figura 72. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de julio de 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

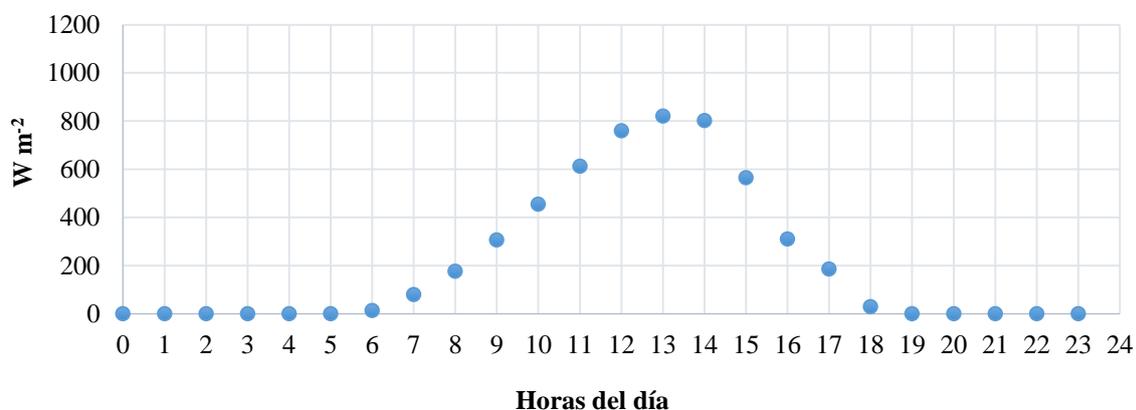


Figura 73. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de agosto de 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).

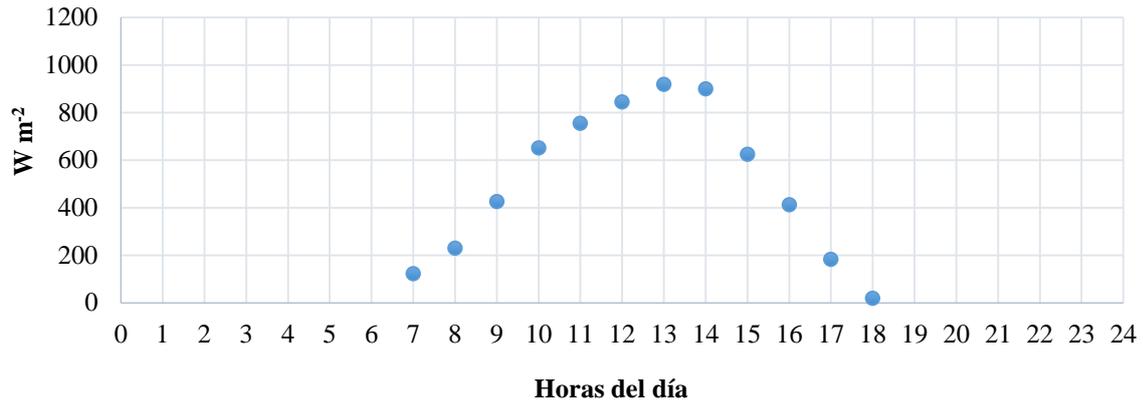


Figura 74. Radiación promedio por hora ($W m^{-2}$) en el mes de septiembre de 2017. Elaboración propia a partir de datos de (INAMHI, 2016 - 2017).