

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

VARIACIONES DE LAS CONCENTRACIONES DE ESPECIES INORGÁNICAS DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO DEL RÍO MILAGRO, EN EL CANTÓN MILAGRO, EN FUNCIÓN DE LA PLUVIOSIDAD

**TÉSIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
MAGÍSTER EN AMBIENTAL**

DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ
ing.dianarml@gmail.com

DIRECTOR: DR. DAVID VINICIO CARRERA VILLACRÉS
dvcarrera@espe.edu.ec

Quito, Marzo 2016

DECLARACIÓN

Yo Diana Rosa Morocho López declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Diana Rosa Morocho López, bajo mi supervisión.

Dr. DAVID V. CARRERA. V.

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

En el siguiente trabajo de investigación, se ha necesitado la colaboración de distintas personas, a las cuales se nombra a continuación y agradecemos por su importante intervención, ya sea metodológica o moralmente en el mismo.

A los señores ingenieros David Carrera y Ana Balarezo por su magnífica dirección tutorial y desenvolvimiento metodológico.

A los señores ingenieros Paulina Guevara, Oswaldo Padilla, Lizbeth Tamayo, y al Químico Miguel Taco, por su valiosa orientación científica.

Al Centro de Investigación y Control Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional, por la proporción de los reactivos necesarios para la investigación.

Al Laboratorio Docente de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la EPN y el Laboratorio Ambiental de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por la prestación de sus instalaciones y equipo en la ejecución de los análisis.

A mis padres, por el apoyo económico y moral que nunca ha faltado en cualquier proyecto y meta que me he trazado.

A mis hermanos y amigos, por su colaboración y soporte moral cuando lo he necesitado.

A todas estas personas, unos cordiales e infinitos agradecimientos, por su ayuda a la conclusión de este trabajo investigativo, que demuestra y hace realidad mi pensamiento sobre “LA COLABORACIÓN Y SOLIDARIDAD ACORTAN EL TIEMPO Y LAS DISTANCIAS PARA LLEGAR A CUMPLIR UNA META”.

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación, que demuestra el nivel de aprendizaje y desenvolvimiento, no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional de mis padres. A ellos debo lo que soy ahora, mi educación y valores. He logrado mejorar, por la absoluta comprensión y ánimo que me han ofrecido hasta ahora, y sin dudar que será así por siempre.

Dedico este trabajo a mi familia, a mis padres por todo el tiempo y esfuerzo que dedicaron a instruirme y desarrollarme como persona intelectual y emotiva. También se lo dedico a las personas, que siempre me acompañan en las alegrías y desavenencias, impulsándome a romper con todos mis miedos y barreras; los grandes y verdaderos amigos, que serán parte de mi vida.

A todas aquellas personas que deciden empezar un nuevo reto para crecer de manera profesional y personal, porque con esfuerzo se consigue lo que se busca.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN	1
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
1.3 ALCANCE	4
1.4 HIPOTESIS	4
CAPÍTULO 2	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN EL ECUADOR	6
2.1.1 GENERALIDADES	6
2.1.2 CUENCAS HIDROGRÁFICAS DENTRO DEL ECUADOR	6
2.2 EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE MANEJO DE CUENCAS	7
2.3 LEGISLACION RELACIONADA CON EL MANEJO DE CUENCAS	8
2.4 LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO	9
2.5 ASPECTOS FÍSICOS DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO DE ESTUDIO .	10
2.5.1 GEOLOGÍA	10
2.5.2 COBERTURA Y USO DE SUELO	11
2.5.3 HIDROLOGÍA Y CLIMA	11
2.5.4 RIESGOS GEOFÍSICOS	12
2.6 ASPECTOS BIÓTICOS DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO DE ESTUDIO	12

2.7	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO DE ESTUDIO.....	13
2.8	PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y USO ACTUAL DEL SUELO DEL SISTEMA HIDROGRAFICO DE ESTUDIO	14
2.9	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA.....	14
CAPITULO 3		17
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		17
3.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FACTORES METEOROLÓGICOS	17
3.1.1	RELLENO Y VALIDACIÓN DE DATOS.....	20
3.2	CALCULO DE CAUDALES	21
3.3	IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	22
3.4	MUESTREO EN CAMPO.....	25
3.5	ANALISIS FISICO-QUIMICO DE MUESTRAS DE AGUA EN LABORATORIO	26
3.6	PROCESAMIENTO DE DATOS DE MUESTREO	27
3.7	IDENTIFICACION DE VARIABLES/CATEGORIAS A UTILIZAR EN EL PROCESO.....	28
CAPITULO 4		29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		29
4.1	BALANCE HIDRICO DEL SISTEMA HIDROLÓGICO DEL RÍO MILAGRO 29	
4.1.1	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA	29
4.1.2	DATOS CLIMATOLÓGICOS	30
4.1.3	CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN MEDIA.....	37
4.1.4	CÁLCULO DE LA EVAPORACIÓN	42
4.1.5	CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	42
4.1.6	CLIMOGRAMA.....	44
4.2	CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS AGUAS	46

4.2.1	CONCENTRACIONES INORGÁNICAS	50
4.2.1.1	FUERZA IÓNICA.....	57
4.2.2	CONCENTRACIONES ORGÁNICAS.....	62
4.3	ANÁLISIS MULTIVARIADO DE COMPONENTES PRINCIPALES DE LAS CONCENTRACIONES INORGÁNICAS	66
4.3.1	SELECCIÓN DEL NÚMERO DE COMPONENTES	66
4.3.2	INTERPRETACIÓN DE LOS COMPONENTES	66
4.3.3	ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES INORGÁNICAS	67
4.4	VARIACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES INORGÁNICAS EN RELACIÓN A LA PLUVIOSIDAD.....	70
4.5	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO CON RELACIÓN A LA NORMATIVA VIGENTE	77
4.6	MAPAS DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CONCENTRACIONES	86
CAPITULO 5		94
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....		94
5.1	PROPUESTA DE GESTIÓN DEL USO DEL AGUA PARA RIEGO	94
5.2	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	96
5.2.1	PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE IMPACTOS.....	97
5.2.2	PROGRAMA DE CAPACITACIÓN.....	101
5.2.3	PROGRAMA DE RELACIONES COMUNITARIAS	102
5.3	MARCO POLÍTICO	103
5.3.1	CONSTITUCIÓN DEL 2008.....	103
5.3.2	ACUERDO MINISTERIAL DEL AMBIENTE 068	104
5.3.3	CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMIA Y DESCENTRALIZACION.....	106
5.3.4	LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDROS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA.....	107
CONCLUSIONES.....		109

BIBLIOGRAFIA 114
ANEXOS 123

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 2.1 ANALISIS DE VALORES DE K_c	15
CUADRO 2.2 ANALISIS DE VALORES DE K_f	15
CUADRO 2.3 ANALISIS DE VALORES DE D_d	16
CUADRO 3.1 CURVAS PARA DETERMINAR EL NUMERO DE ESTACIONES	18
CUADRO 3.2 ESTACIONES METEOROLOGICAS PARA EL ESTUDIO DEL SISTEMA HIDROGRAFICO DEL RÍO MILAGRO	19
CUADRO 3.3 UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO .	24
CUADRO 3.4 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y SU NORMATIVA	26
CUADRO 4.1 PARÁMETROS PARA LA VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO	30
CUADRO 4.2 PROCESO DE CÁLCULO POR REGRESIÓN LINEAL PARA PRECIPITACIÓN	32
CUADRO 4.3 VALORES DE PRECIPITACIÓN OBTENIDOS POR MÉTODO DE LA RAZÓN NORMAL EN ESTACIÓN M1096	34
CUADRO 4.4 PRUEBA DE RACHAS – REGRESIÓN LINEAL (PRECIPITACIÓN)	305
CUADRO 4.5 PRUEBA DE RACHAS – RAZÓN NORMAL (PRECIPITACIÓN)	325
CUADRO 4.6 VALORES DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL POR ESTACIÓN	327
CUADRO 4.7 CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN – THIESSEN	328
CUADRO 4.8 CALCULO DE PRECIPITACION – ISOYETAS	329
CUADRO 4.9 CARACTERÍSTICAS Y APLICABILIDAD DE LOS MÉTODOS DE CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN MEDIA	329
CUADRO 4.10 ANÁLISIS DEL RESULTADO DE PRECIPITACIÓN ENTRE ESTACIONES	40
CUADRO 4.11 VALORES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN MENSUAL	43
CUADRO 4.12 VALORES OBTENIDOS EN SEPTIEMBRE – 2015	47
CUADRO 4.13 VALORES OBTENIDOS EN DICIEMBRE – 2015	48
CUADRO 4.14 VALORES OBTENIDOS EN MARZO – 2016	49

CUADRO 4.15 ANALISIS SOBRE LA PRESENCIA DE IONES EN EL SISTEMA HIDROGRÁFICO	68
CUADRO 4.16 VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y FUERZA IÓNICA – NOVIEMBRE 2012.....	70
CUADRO 4.17 VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y FUERZA IÓNICA – JUNIO 2013	71
CUADRO 4.18 VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y FUERZA IÓNICA – SEPTIEMBRE 2015.....	72
CUADRO 4.19 VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y FUERZA IÓNICA – DICIEMBRE 2015	72
CUADRO 4.20 VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y FUERZA IÓNICA – MARZO 2016.....	73
CUADRO 4.21 CLASIFICACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL EN FUNCIÓN DEL VALOR DE DQO.....	75
CUADRO 4.22 VALORES DE SDTv Y DQO - SEPTIEMBRE 2015	75
CUADRO 4.23 VALORES DE SDTv Y DQO - DICIEMBRE 2015.....	76
CUADRO 4.24 VALORES DE SDTv Y DQO - MARZO 2016.....	77
CUADRO 4.25 COMPONENTES PRINCIPALES - NOVIEMBRE 2012.....	79
CUADRO 4.26 COMPONENTES PRINCIPALES - JUNIO 2013	80
CUADRO 4.27 COMPONENTES PRINCIPALES - SEPTIEMBRE 2015.....	81
CUADRO 4.28 COMPONENTES PRINCIPALES - DICIEMBRE 2015	81
CUADRO 4.29 COMPONENTES PRINCIPALES - MARZO 2016	82
CUADRO 4.30 VALORES DE PRECIPITACIÓN Y CONCENTRACIONES INORGÁNICAS TOTALES.....	83
CUADRO 4.31 RESUMEN DE LOS DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN	88
CUADRO 4.32 PARÁMETROS DE LOS NIVELES DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO.....	90
CUADRO 4.33 EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESPECTO A RIEGO - NOVIEMBRE 2012.....	92
CUADRO 4.34 EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESPECTO A RIEGO - JUNIO 2013.....	93

CUADRO 4.35 EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESPECTO A RIEGO - SEPTIEMBRE 2015	95
CUADRO 4.36 EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESPECTO A RIEGO - DICIEMBRE 2015	96
CUADRO 4.37 EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESPECTO A RIEGO - MARZO 2016	97
CUADRO 5.1: PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE IMPACTOS ...	99
CUADRO 5.2: PROGRAMA DE CAPACITACIÓN	102
CUADRO 5.3: PROGRAMA DE RELACIONES COMUNITARIAS.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 UBICACION GEOGRAFICA DEL CANTON MILAGRO.....	10
FIGURA 2.2 MAPA GEOLÓGICO DEL CANTON MILAGRO	11
FIGURA 3.1 CANTIDAD MINIMA DE ESTACIONES PARA DETERMINAR PRECIPITACION MEDIA ANUAL	18
FIGURA 3.2 MAPA DE UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS	20
FIGURA 3.3 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	25
FIGURA 4.1 MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES INORGÁNICAS - NOVIEMBRE 2012	87
FIGURA 4.2 MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES INORGÁNICAS - JUNIO 2013	88
FIGURA 4.3 MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES INORGÁNICAS – SEPTIEMBRE 2015	91
FIGURA 4.4 MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES INORGÁNICAS - DICIEMBRE 2015	92
FIGURA 4.5 MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES INORGÁNICAS - MARZO 2016	93

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO 4.1 DIAGRAMAS DE DISPERSION PARA EL RELLENO DE DATOS DE LA ESTACION M0037 POR REGRESION LINEAL PARA PRECIPITACION	31
GRAFICO 4.2 CURVA DE DOBLE MASA - REGRESION LINEAL (PRECIPITACION).....	316
GRAFICO 4.3 CURVA DE DOBLE MASA – RAZON NORMAL (PRECIPITACIÓN)	316
GRAFICO 4.4 PRECIPITACION DURANTE 53 AÑOS EN M0037	41
GRAFICO 4.5 PRECIPITACIÓN MENSUAL AL AÑO DURANTE 53 AÑOS.....	41
GRAFICO 4.6 EVAPORACIÓN POTENCIAL MENSUAL AL AÑO	42
GRAFICO 4.7 CLIMOGRAMA 1963 – 1984 (M0037)	45
GRAFICO 4.8 CLIMOGRAMA 1985 – 2014 (M0037)	45
GRAFICO 4.9 CONCENTRACIONES INORGÁNICAS - NOVIEMBRE 2012	51
GRAFICO 4.10 CONCENTRACIONES INORGÁNICAS - JUNIO 2013.....	52
GRAFICO 4.11 CONCENTRACIONES INORGANICAS - SEPTIEMBRE 2015...	53
GRAFICO 4.12 CONCENTRACIONES INORGANICAS - DICIEMBRE 2015.....	54
GRAFICO 4.13 CONCENTRACIONES INORGANICAS - MARZO 2016.....	55
GRAFICO 4.14 CONCENTRACIONES Y PRECIPITACIONES SEGÚN LOS MESES DE MUESTREO	72
GRAFICO 4.15 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PRECIPITACIÓN vs. CONCENTRACIONES - NOVIEMBRE 2012	74
GRAFICO 4.16 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PRECIPITACIÓN vs. CONCENTRACIONES - JUNIO 2013	74
GRAFICO 4.17 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PRECIPITACIÓN vs. CONCENTRACIONES - SEPTIEMBRE 2015.....	75
GRAFICO 4.18 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PRECIPITACIÓN vs. CONCENTRACIONES - DICIEMBRE 2015.....	75
GRAFICO 4.19 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PRECIPITACIÓN vs. CONCENTRACIONES - MARZO 2016.....	76

SIMBOLOGÍAS Y SIGLAS

APHA	American Public Health Association
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
INAMHI	Instituto Nacional De Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca de Ecuador
MAE	Ministerio del Ambiente de Ecuador
OMM	Organización Meteorológica Mundial
SENPLADES	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (México)
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario
Ca ²⁺	Ión Calcio
Mg ²⁺	Ión Magnesio
Na ⁺	Ión Sodio
K ⁺	Ión Potasio
CO ₃ ²⁻	Ión Carbonato
HCO ₃ ⁻	Ión Bicarbonato
Cl ⁻	Ión Cloruro
SO ₄ ²⁻	Ión Sulfato
NO ₃ ⁻	Ión Nitrato
PO ₄ ³⁻	Ión Fosfato
CE	Conductividad Eléctrica
SDT	Sólidos Disueltos Totales
SDTv	Sólidos Disueltos Totales Volátiles
SS	Sólidos Sedimentables
ST	Sólidos Totales

RESUMEN

En esta investigación se determinaron los principales componentes inorgánicos presentes en el recurso hídrico del sistema hidrográfico del río Milagro y su variación de concentración, en función de la pluviosidad en distintas épocas del año. Los períodos considerados fueron los años 2012, 2013, 2015 y 2016.

Se determinó el mejor método estadístico para el relleno de datos meteorológicos a partir de los métodos de Regresión lineal y el Método de la Razón-Normal, y los datos se validaron mediante la prueba de rachas y curvas de doble masa; con los resultados del relleno de datos se calculó la precipitación media mensual y anual dentro del cantón Milagro empleando los métodos aritmético, polígonos de Thiessen e Isoyetas.

Para la determinación de los componentes orgánicos e inorgánicos se realizó análisis de parámetros en campo y de otros en gabinete, en las épocas de estudio y con los datos obtenidos se realizó mapas de distribución de las concentraciones dentro de la cuenca hidrográfica en estudio.

La concentración de los iones predominantes, como el calcio y bicarbonato, no presentaron variación considerable durante todas las épocas de análisis, y en la época de invierno las concentraciones totales inorgánicas fue menor con respecto a los valores en época de verano, afirmando que el incremento de caudales permite la disolución de las especies inorgánicas. De los parámetros orgánicos, la medición de la DQO, se obtuvo que los recursos hídricos del sistema hidrográfico del río Milagro dentro del cantón Milagro, aún posee una buena calidad, de acuerdo los parámetros establecidos por la normativa que evalúa la calidad de las aguas de cuerpos naturales.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo analiza las concentraciones inorgánicas presentadas en el sistema hidrográfico del río Milagro dentro del cantón Milagro en cinco épocas de estudio para determinar su variación debido a la presencia de las precipitaciones.

Los datos meteorológicos provinieron de la base nacional provista por el INAMHI luego de su control de calidad para uso público, de ahí se realizó los rellenos de las bases de datos conforme recomienda la OMM, siendo también validados para su uso en la investigación.

Los análisis de laboratorio fueron realizados bajo los parámetros de normativas internacionales regentes para el caso del estudio de agua, pasando por un proceso de validación de resultados para su posterior uso en los diversos cálculos.

El estudio se lo ha dividido en cinco capítulos, en el capítulo I se encuentra la formulación del problema, los objetivos con los cuales se pretende resolverlo y el alcance del estudio.

En el capítulo II se encuentra la base teórica para la comprensión e interpretación del área de estudio.

El capítulo III se describe la metodología utilizada en la obtención de los datos y su tratamiento estadístico, las necesidades analíticas del método y los objetivos de validación de cada resultado.

El capítulo IV se presenta los resultados representados en cuadros, figuras y mapas de distribución, con sus respectivas discusiones

En el capítulo V se describe las conclusiones que se llega con el tema de estudio planteado y recomendaciones que se las puede desarrollar o resolver como otro tema de investigación.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso imprescindible para la vida y permite el desarrollo económico de la sociedad, por consiguiente, es necesario analizar la calidad del agua que se origina en las cuencas hidrográficas, y así definir las características de éste recurso para evaluar sus condiciones y afección al ambiente que utiliza el agua en distintas actividades como consumo humano, riego, pesca y recreación. El análisis de los componentes inorgánicos de las masas de agua en los ríos permite conocer las concentraciones que se encuentran en éstas, y así entender las condiciones y la relación que existe entre las condiciones climáticas, suelos y principales cultivos (Carrera & Pérez, 2013)

Según la FAO (2016), el cambio climático afecta de manera directa a los recursos agua y suelo, de tal manera que se compromete la productividad de los cultivos debido a los cambios en las precipitaciones y temperatura, que convergen en la modificación de la evapotranspiración que concluyen en el cambio de función de un ecosistema.

De acuerdo a la Secretaría Nacional del Agua del Ecuador (SENAGUA, 2009), el Ecuador posee 79 cuencas hidrográficas que sirven para consumo humano a través de su potabilización y además cubren áreas de producción agrícola que no sólo se aprovecha como consumo interno, sino que son de gran importancia para el desarrollo económico y la sustentabilidad ambiental.

En el Ecuador se ha establecido la codificación de las cuencas, determinando el curso del río principal y siguiendo su curso hasta la desembocadura, donde el nivel 1 generalmente es la desembocadura del río al mar, y aguas arriba hasta identificar

una nueva confluencia, la nomenclatura va ascendiendo (SENAGUA, 2009); por lo que el sistema hidrográfico del río Milagro es considerado por la SENAGUA (2009) como de nivel 4, siendo parte de la cuenca del Río Guayas, y ésta pertenece al nivel 2 siendo una de las más grandes del Ecuador con un área de 32.891,38 km² que representa el 12,83% del total del territorio ecuatoriano y alberga alrededor de 3'700.000 habitantes de tal manera que cubre una de las áreas de mayor crecimiento demográfico y económico dentro de la provincia del Guayas, donde se encuentra el cantón Milagro que representa el 4,69% de la población (INEC, 2010).

El 90,75% de la superficie del cantón Milagro está dedicado a la actividad agrícola, por lo que el principal objetivo del sistema hidrográfico del río Milagro es servir como sistema de riego público de cultivos, según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Milagro (P.D.O.T. Milagro, 2013). La obtención de datos sobre las concentraciones de especies orgánicas e inorgánicas en el recurso agua y el conocimiento de los factores que afectan su variabilidad durante distintas épocas del año permitirá gestionar un plan de manejo del recurso hídrico de tal forma que minimice las afecciones por presencia excesiva de elementos nocivos que afectan el recurso suelo y cultivos.

De acuerdo a las mediciones de los parámetros físico-químicos de la cuenca en tres épocas del año como lluvia intensa, estiaje y un periodo intermedio entre ellas, realizados en esta investigación, se obtuvo como resultado la ubicación geográfica de puntos críticos de altas concentraciones identificando los lugares y el tipo de elemento que afectan la calidad del agua y estimar su presencia en el suelo. Se definió también la época con mayor repercusión en el incremento de las concentraciones en las aguas del sistema hidrográfico debido a los factores meteorológicos de la zona, con lo que se determinó la época favorable para el uso del recurso agua en las actividades de riego minimizando el riesgo de afección negativa a la calidad del suelo y los cultivos.

Estos resultados permitieron ejecutar el análisis correspondiente para identificar el estado actual del recurso agua y suelo, así prever el desarrollo de las actividades como consumo humano y riego bajo parámetros que no perjudiquen la calidad de

los recursos naturales y poder cumplir con el objetivo de sustentabilidad que se plantea para el cambio de la Matriz Productiva impulsada por el gobierno en el componente de la agroproductividad; además plasmar la política de adaptación y mitigación al cambio climático que plantea el desarrollo de estrategias para mitigar los efectos del sector agrícola y eficiencia del uso del recurso agua, establecido como una de las estrategias ambientales para el desarrollo humano. (Albán, Martínez-Alier, & Vallejo, 2007).

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las condiciones que influyen en las variaciones de las concentraciones de especies inorgánicas en función de la precipitación intensa y escasa, en el sistema hidrográfico perteneciente al cantón Milagro.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recopilar información meteorológica para estudios estadísticos desde el año 1921.
- Monitorear la concentración de iones Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- , DQO, y sólidos totales en el sistema hidrográfico del río Milagro dentro del cantón Milagro en lluvias intensas, estiaje y un periodo intermedio entre las estaciones extremas.
- Analizar estadísticamente el tipo de relación entre la concentración de especies inorgánicas de las aguas del sistema hidrográfico, la precipitación, temperatura del aire y evaporación.
- Aplicar la técnica estadística de Análisis Multivariado de Componentes Principales, para reducir al menor número posible las variables, con el objeto de dimensionar de mejor manera la distribución de los elementos predominantes.
- Elaborar mapas de distribución espacial de concentraciones de las especies inorgánicas en el sistema hidrográfico que atraviesa el cantón Milagro.

- Determinar la calidad de las aguas del sistema hidrográfico estudiado desde el punto de vista agrícola y ambiental.
- Proponer posibles medidas de mitigación que permitan minimizar la contaminación en puntos críticos, identificados en los mapas de distribución espacial.

1.3 ALCANCE

Para el presente trabajo de investigación se tomó como referencia de partida los estudios en la tesis “Índices de Salinidad de las Aguas de Riego del cantón Milagro, Guayas, Ecuador” (Pérez, 2015) y los resultados y análisis presentados en la publicación del artículo “Salinidad, Fosfatos, Nitratos y Problemas de Infiltración en las Aguas de Milagro, Ecuador”. (Carrera & Pérez, 2013) , estudio que fue realizado en puntos donde se originan los ríos en la parte alta hacia la desembocadura en la parte baja del sistema hidrográfico del río Milagro, y se analizaron parámetros físicos y químicos como pH, conductividad eléctrica (CE), cationes, aniones, fosfatos y nitratos en época de lluvias y estiaje entre los años 2012 y 2013, permitiendo conocer que las condiciones de las aguas de la cuenca mencionada poseen una variación de alrededor de seis veces las concentraciones medidas en cada una de las épocas estudiadas; lo que planteó la interrogante de las causas por las cuales se presenta esta variación y la necesidad de analizarlas. Además, se analizó y se relacionó los parámetros físicos y químicos de las aguas que conforman el sistema hidrográfico del río Milagro dentro del cantón Milagro con la precipitación mediante gráficos de dispersión que muestran la variabilidad de las concentraciones en función del tiempo.

1.4 HIPOTESIS

La existencia de concentración inorgánica es variable en los recursos hídricos del cantón Milagro de acuerdo a la presencia de precipitaciones, debido a que la suma de las concentraciones medida en invierno se reduce en casi la mitad con respecto

al valor presentado en verano, lo cual determina que la época más propensa a sufrir salinidad son los meses donde existe mínima presencia de lluvias.

Los cationes y aniones predominantes mantienen prevalencia en todas las épocas muestreadas como resultado de la composición química de la geología del sistema hidrográfico.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN EL ECUADOR

2.1.1 GENERALIDADES

La cuenca hidrográfica se define como “un área definida topográficamente, drenada por un curso de agua o sistema conectado de cursos de agua, tal que todo el caudal efluente es descargado a través de una salida simple” (Monsalve Sáenz, 1999).

La respuesta hidrológica de una cuenca depende de sus características físicas, lo cual está en función de la morfología de la red de drenaje, el tipo de suelo y la cobertura vegetal (Nania, 2003).

La SENAGUA (2009) considera a la cuenca hidrográfica como la unidad territorial más adecuada para realizar la gestión de los recursos naturales y en particular los recursos hídricos; mientras que la Ley de Recursos Hídricos considera a la cuenca hidrográfica como la unidad territorial dentro del cual existe poblaciones, infraestructura, áreas de conservación y zonas productivas. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014)

2.1.2 CUENCAS HIDROGRÁFICAS DENTRO DEL ECUADOR

Según se detalla en el Plan del Buen Vivir 2013-2017, el Ecuador posee una alta disponibilidad hídrica con 20.700 m³/hab/año, proveniente de las dos vertientes hidrográficas que son la del Pacífico y la de la Amazonía; de donde la vertiente del Pacífico permite una dotación de alrededor de 5.200 m³/hab/año. El 88% de la población depende de la vertiente del Pacífico para consumo humano, producción agrícola e industrial (SENPLADES, 2013).

En el Ecuador se ha considerado que el área total de su territorio se divide en dos vertientes principales compuesta por 72 cuencas que drenan hacia el Pacífico y 7 cuencas hacia el Amazonas. Para el desarrollo de la demarcación de cuencas se ha delimitado a los sistemas de drenaje desde las uniones de los ríos o su punto de desembocadura y se los ha codificado considerando un Sistema Jerárquico en función del área drenada; por lo que se ha establecido 2 unidades hidrográficas de Nivel 1, 4 unidades hidrográficas de Nivel 2, 18 unidades hidrográficas de Nivel 3, 123 unidades hidrográficas de nivel 4 y 734 unidades hidrográficas de Nivel 5. El objetivo de la delimitación y codificación de los sistemas hidrográficos es constituir una base para el manejo, planificación y gestión de los recursos naturales pertenecientes al área del sistema (SENAGUA, 2009).

2.2 EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE MANEJO DE CUENCAS

“El manejo de cuencas es el proceso complejo que le da orden a un conjunto de acciones dentro de la Cuenca Hidrológica Superficial (Hidrográfica) o Cuenca Hidrológica Subterránea, encaminado a lograr un desarrollo social y económico sostenibles en el tiempo, además de la protección del medioambiente” (González Piedra, 2000).

El agua es un recurso necesario para los procesos biológicos así como para las técnicas de desarrollo social, haciendo que se vuelva indispensable asegurar el desarrollo ecosistémico asociado a los servicios hidrológicos en referencia a mantener la sustentabilidad. Por tanto para trabajar en cuencas hidrográficas de manera adaptativa se debe reconocer el carácter indispensable del manejo adecuado del agua en cualquier proceso de desarrollo social, que la cuenca hidrológica es una unidad integradora de los procesos humano-bio-fisicoquímicos de los socioecosistemas, y que su estructura jerárquica permita un monitoreo eficiente (Maass Moreno, 2015).

Dourojeanni A. (2011) manifiesta que el problema del recurso hídrico no es la disminución de su volumen, sino la velocidad y cantidad con la que se requiere

reusar el agua, ya que ésta supera la capacidad natural del sistema de proveerla; razón por la cual las cuencas no necesitan ser manejadas sino las intervenciones de los seres humanos. Es así que recomienda que para una buena gestión del agua se debe intervenir los siguientes puntos: el Marco Legal, Institucionalidad pública para la gestión del agua y el ordenamiento territorial, organización y compromiso de los usuarios del agua en la gestión del agua, y la acción de actores externos con capacidad de intervención en la cuenca.

A medida que la humanidad conoce la implicación del cuidado de los recursos naturales se va implementando medidas que permitan la conservación de los recursos naturales de manera que permitan establecer un desarrollo sostenible y garanticen su funcionalidad en las necesidades a futuro, desde la administración central legislando para regularizar las actividades que intervienen con los recursos del medio ambiente.

2.3 LEGISLACION RELACIONADA CON EL MANEJO DE CUENCAS

La Constitución Ecuatoriana (2008) establece en el capítulo II referente a los Derechos al Buen Vivir los artículos 12 y 13, donde se menciona lo siguiente:

“Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.”

“Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.”

El gobierno ecuatoriano establece la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, donde se declara al recurso agua como Sector Estratégico constituyendo un patrimonio nacional cuyo control exclusivo lo realiza el Estado. Determina además las competencias sobre la administración del recurso

hídrico así como su planificación, derechos relacionados con el recurso agua, garantías preventivas, obligaciones del estado, tarifas por el servicio, y sanciones y responsabilidades.

2.4 LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

De acuerdo a los datos proporcionados por el Plan de Desarrollo Territorial (Milagro, 2013), el cantón Milagro se encuentra ubicado en el sector centro-oeste de la provincia del Guayas, cuya ubicación geográfica está comprendida entre los puntos UTM:

Norte: 664624; 9782382

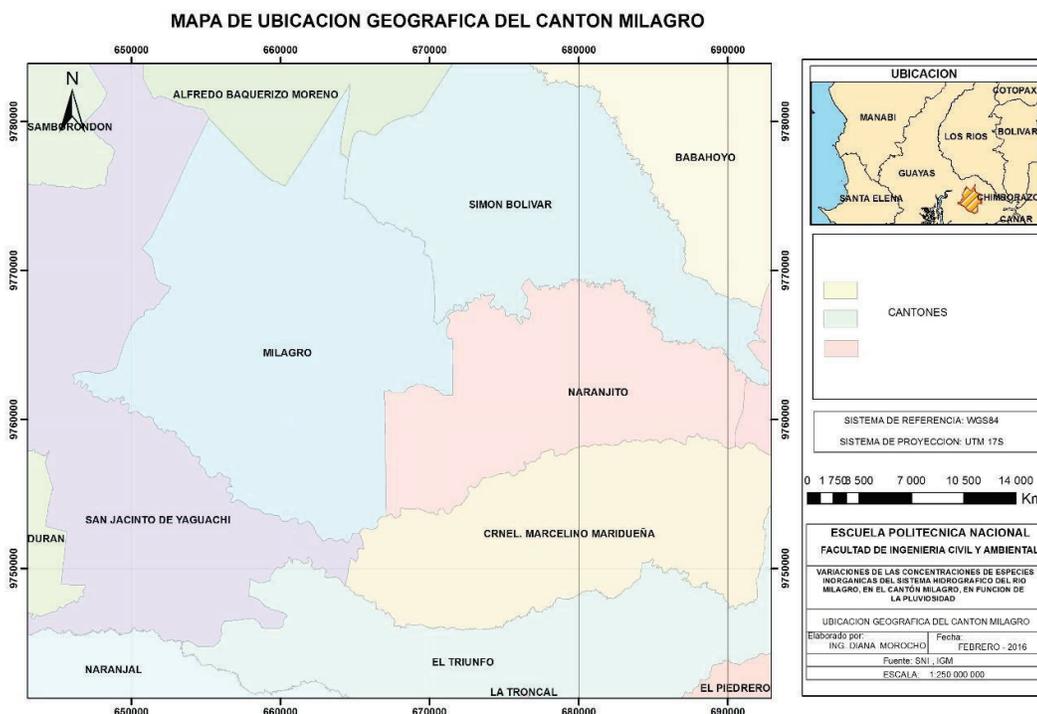
Sur: 664482; 9751713

Este: 671524; 9765234

Oeste: 646011; 9763042

La superficie del cantón Milagro es de 405,63 km², limita al norte con los cantones Alfredo Baquerizo Moreno (Juján) y Simón Bolívar; al sur con los cantones Yaguachi y Marcelino Maridueña; al este con los cantones Simón Bolívar y Naranjito; y al oeste con el cantón Yaguachi. En la Figura 2.1 se detalla la ubicación geográfica del cantón Milagro.

FIGURA 2.1 UBICACION GEOGRAFICA DEL CANTON MILAGRO



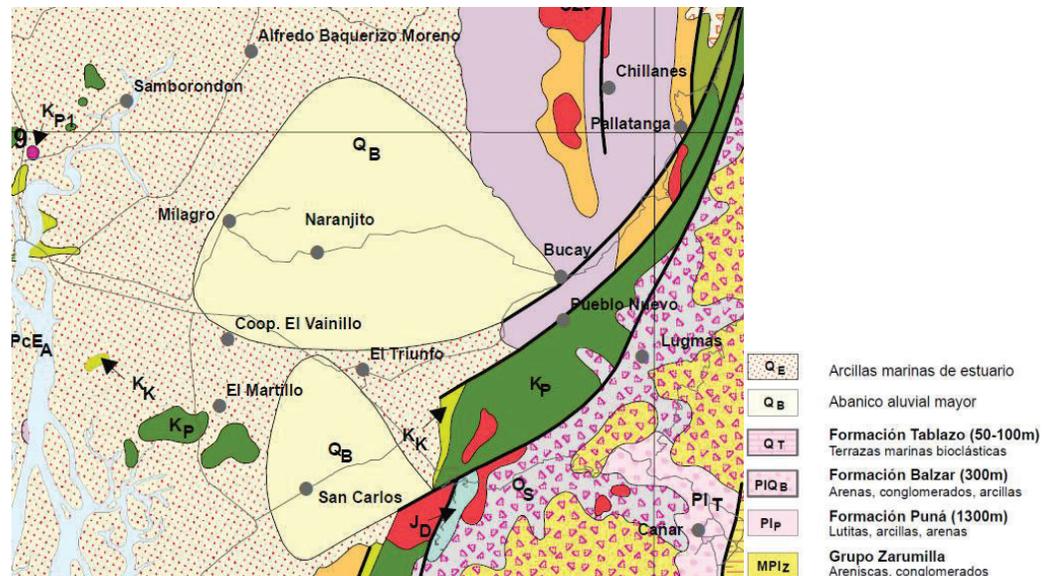
2.5 ASPECTOS FÍSICOS DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO DE ESTUDIO

2.5.1 GEOLOGÍA

La geología del cantón Milagro se relaciona con el pie occidental de la Cordillera de los Andes y la parte baja correspondiente a una zona de depósitos aluviales cuaternarios compuestos por arcillas, limos y arenas. Los bancos aluviales se encuentran ubicados a lo largo de los principales sistemas hídricos como el río Milagro, Chimbo, Venecia y los estuarios Carrizal, Chirijos, Galápagos, de los Monos, entre otros. El Piedemonte Andino da lugar a parcelas de cultivo de caña y otros. En la Figura 2.2 se puede visualizar la geología del cantón Milagro, donde la

parte occidental del cantón Milagro se ubica en Arcillas Marinas de Estuario (Q_E), mientras que la parte oriental en un Abanico Aluvial (Q_B), de la época del Cuaternario; sobre la Formación Cayo conformada por grauwuacas y lutitas (P.D.O.T. Milagro, 2013).

FIGURA 2.2 MAPA GEOLÓGICO DEL CANTON MILAGRO



FUENTE: SNI

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

2.5.2 COBERTURA Y USO DE SUELO

El uso predominante del suelo en el cantón Milagro es el cultivo, ya que un área de 37.874,47 ha se destina a esta actividad y representa el 93,99% del área total del cantón; el 4,22% del área contiene a la infraestructura y misceláneos, mientras que el 1,26% del área se dedica a cultivo de pasto, y por último el 0,54% representa la vegetación natural y cuerpos de agua (P.D.O.T. Milagro, 2013).

2.5.3 HIDROLOGÍA Y CLIMA

Debido a la composición geológica del cantón Milagro, las características de la unidad geológica de la edad Paleozoica y depósitos cuaternarios poseen diferentes grados de permeabilidad y fracturamiento, dando origen a la presencia de acuíferos

de variadas características. El acuífero se encuentra dentro de la depresión del sistema hidrográfico del río Guayas, con una superficie aflorante de 12.000 km² que la estación lluviosa permite recargar, también existen pozos con un caudal de más de 200 l/s (P.D.O.T. Milagro, 2013).

El cantón se encuentra ubicado en la zona de clima Tropical Megatérmico Húmedo, con temperaturas medias diarias de 25 a 27 °C y precipitaciones medias anuales de 1.100 a 1.800 mm. El número de días secos medios anuales varían desde 160 al oriente, hasta 190 al occidente. El número de días del periodo vegetativo favorable para la agricultura va de 120 al occidente hasta 15 al oriente, entre enero y mayo (P.D.O.T. Milagro, 2013).

2.5.4 RIESGOS GEOFÍSICOS

Las condiciones geológicas del suelo del cantón, lo vuelven vulnerable ante amenazas naturales de origen tectónico; así como la existencia de grandes acuíferos subterráneos, hacen que el suelo presente mayor inestabilidad propensos a hundimientos. El suelo del territorio por tener una pendiente relativamente baja, conlleva al riesgo de inundaciones en la estación lluviosa, de donde además los ríos de la región Andina depositan el material acarreado en los lechos planos que hace que el riesgo de inundación se incremente.

2.6 ASPECTOS BIÓTICOS DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO DE ESTUDIO

En la actualidad la flora y fauna original, prácticamente ha desaparecido, quedando pequeños remanentes donde yacían los cerros y lomas. Hoy se encuentra suelos llanos dedicados al extenso cultivo de caña de azúcar, algunos árboles pequeños de hojas deciduas y arbustos (P.D.O.T. Milagro, 2013).

La vegetación nativa ha sido reemplazada por cultivos de banano, cacao y caña de azúcar, pero existen ejemplares de árboles frutales como el mango, coco, tomates,

sandía, además de arroz, maíz y yuca; así como árboles de niguito, escoba, algarrobo, almendro y arbustos de saman, noni, croto (Benavides & Cedeño, 2011).

Con respecto a la fauna originaria en el sector es muy escasa, la zona urbana del cantón por la presencia del río Milagro donde existen descargas con gran cantidad de materia orgánica hace un sitio atractivo para aves carroñeras y cazadoras; también a lo largo del río Milagro se observa peces pequeños. Es visible la presencia de varias especies de aves como: gallinazo, jacana, garcilla blanca, garrapatero, martín pescador, gavilán, negro fino, palomita tierrera, pájaro brujo, chauí; negro matorralero, búho, homero del pacífico, perico celeste. Existen mamíferos como el ratón de campo, zarigüeyas de oreja negra, zorros comunes, conejo de monte y chivos silvestres. Debido a los cambios del uso del suelo, los anfibios como el sapito y sapo común han logrado adaptarse mientras que los reptiles prácticamente han desaparecido pero aún se encuentran iguanas y culebras X (Benavides & Cedeño, 2011).

2.7 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO DE ESTUDIO

De acuerdo a las estadísticas presentadas en el Plan de Desarrollo de la Provincia del Guayas (2013), el cantón Milagro cuenta con una población de 166.634 habitantes. El analfabetismo cubre alrededor del 50% de la población, mientras que el índice de nivel de instrucción más alto en la población bordea el 15%, entre instrucción primaria y secundaria. Se detalla también que en el cantón existen 44.752 viviendas, pero el 70,7% de la población presenta necesidades básicas insatisfechas. El cantón Milagro está ubicado en el tercer puesto, según el número de emigrantes dentro de la provincia del Guayas, cuya principal razón es la búsqueda de fuentes trabajo. Más de 94 mil habitantes no son aportantes al seguro por lo que dependen del servicio de salud pública.

2.8 PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y USO ACTUAL DEL SUELO DEL SISTEMA HIDROGRAFICO DE ESTUDIO

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Territorial, las principales actividades económicas realizadas en el cantón Milagro son las plantaciones de caña de azúcar, cacao, banano, etc., también se encuentran gran cantidad de viveros donde se cultiva variedad de plantas ornamentales. Dentro de la industria, se destaca a la Azucarera Valdez y Ecoelectric que se dedica a la producción de energía eléctrica a partir del bagazo de la caña de azúcar. Además se verifica una intensa actividad comercial formal e informal (P.D.O.T. Guayas, 2013).

El GADP del Guayas (2013) ha diseñado rutas turísticas que permitan desarrollar el potencial turístico de la provincia, dentro de este plan se considera al cantón Milagro como parte de la Ruta del Azúcar; considera además dentro de los atractivos turísticos del cantón a Las Cataratas y Venecia Central.

2.9 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

La delimitación de la cuenca se realiza de forma manual, tomando como criterios la divisoria topográfica o superficial que emplea las curvas de nivel en los lugares en donde se pueden trazar las perpendiculares a los puntos de máxima cota y con ayuda del software ArcGis 10.0.

Para poder caracterizar un sistema hidrográfico se calcula los parámetros morfométricos: Coeficiente de Forma de la Cuenca, Tiempos de Concentración, Pendiente Promedio, Densidad de Drenaje, Sinuosidad y Caudal de Retorno, y así se puede conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico, que a su vez son un indicativo del comportamiento y los efectos contaminantes, erosivos, de fertilidad y otros que se presentan en la cuenca. Para el presente trabajo se analizó las características de la cuenca conforme a los cuadros de valores de referencias establecidos por el Instituto Nacional de Ecología de México (INECC, 2004).

El índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad se determina mediante la Ecuación 2.1 (INECC, 2004).

$$Kc = \frac{P}{2 * \sqrt{\pi * A}} \quad (2.1)$$

De donde:

P: Perímetro de la cuenca (km)

A: Área de la cuenca (km²)

CUADRO 2.1 ANALISIS DE VALORES DE Kc

Kc	Clases de compacidad
-1,25	Redonda a oval redonda
1,25 - 1,50	De oval redonda a oval oblonga
1,50 - 1,75	De oval oblonga a rectangular oblonga

FUENTE: INE 2004

El factor forma se calculó en función de la Ecuación 2.2 (INECC, 2004), mientras que los valores resultantes se analizan conforme el Cuadro 2.2.

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (2.2)$$

De donde:

A: Área de la cuenca (km²)

L: Longitud recta del río (km)

CUADRO 2.2 ANALISIS DE VALORES DE Kf

Kf	Clases de Formas
0,01 – 0,18	Muy Poco Achatada
0,18 – 0,36	Ligeramente Achatada
0,36 – 0,54	Moderadamente Achatada

FUENTE: INE 2004

El valor de la densidad de drenaje se calcula por medio de la Ecuación 2.3 (INECC, 2004) y cuyo análisis se realiza en base al Cuadro 2.3.

$$Dd = \frac{\sum L_i}{A} \quad (2.3)$$

De donde:

ΣL : Longitud de todos los ríos afluentes de la cuenca (km)

A: Área de la cuenca (km²)

CUADRO 2.3 ANALISIS DE VALORES DE Dd

Dd	Clases
0,10 - 1,80	Baja
1,90 - 3,60	Moderada
3,70 - 5,60	Alta

FUENTE: INE 2004

La sinuosidad se calcula en base de la Ecuación 2.4 (Monsalve Sáenz, 1999).

$$Si = \frac{L}{Lt} \quad (2.4)$$

De donde:

L: Longitud del río principal (km)

Lt: Longitud del valle del río principal en línea curva (km)

CAPITULO 3

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

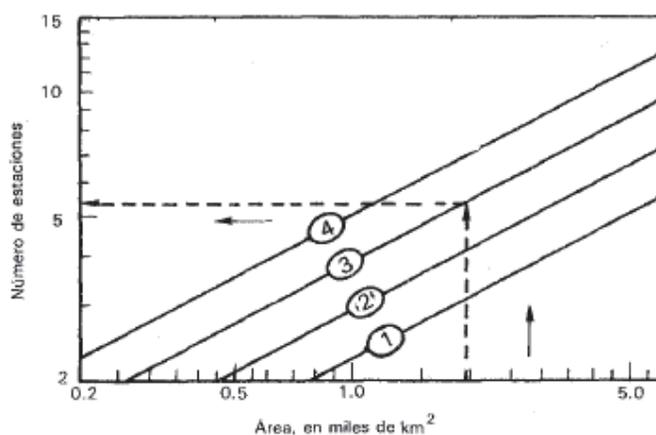
En el presente trabajo de investigación se realizó mediciones en campo, por lo que la investigación fue de tipo no experimental pues no existió un control de las variables, como fue el caso de las condiciones meteorológicas que se presentaron a lo largo de la cuenca de análisis. Se definió a este estudio como una investigación transversal, reduciendo el tiempo de estudio con la toma de 21 muestras de las aguas del sistema hidrográfico del río Milagro en tres estaciones del año que son lluvias intensas, estiaje y un periodo intermedio entre las estaciones extremas en los años 2015 y 2016. La investigación además fue de tipo descriptivo, al recopilar y analizar los factores meteorológicos como precipitación, temperatura y evaporación proveniente de la base de datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (Ávila Baray, 2006).

3.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FACTORES METEOROLÓGICOS

En el Ecuador, los parámetros meteorológicos para cualquier tipo de estudio se obtienen a través de la base de datos generada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI, estos datos son el resultado de la recopilación de mediciones procedentes de la red de estaciones climatológicas ubicadas sobre todo el territorio. El proceso de recopilación de datos para la entrega al usuario responde a dos controles de calidad en las oficinas del instituto, primero a nivel provincial y luego a nivel nacional, por lo que los datos proporcionados al usuario se entregan con un promedio de retraso de 2 años, según informa el personal de servicio al cliente. Para el presente estudio el INAMHI proporcionó datos desde el año 1989 hasta el 2013 completamente validados mientras que los datos desde el año 2014 solo han sido validados a nivel provincial.

Con el objeto de recopilar los datos que representen al área de estudio, se procedió a seleccionar las estaciones cercanas a zona de estudio que posean la mayor cantidad de datos tanto para optimizar el periodo de análisis como para minimizar la falta de valores en la base de datos, por consiguiente se partió de la recomendación realizada por la OMM y citada por Aparicio (2012) sobre la cantidad mínima de estaciones necesarias para calcular la precipitación media, conforme indica la Figura 3.1, donde se ingresa con el dato del área de la cuenca de estudio, dirigiéndose a las curvas 1, 2, 3 y 4, que a su vez relaciona los días de precipitación al año con el escurrimiento medio anual según el Cuadro 3.1, para posteriormente definir el número de estaciones mínimas.

FIGURA 3.1 CANTIDAD MINIMA DE ESTACIONES PARA DETERMINAR PRECIPITACION MEDIA ANUAL



FUENTE: APARICIO, 2012

Con los datos de la cuenca de estudio y en función de la Figura 3.1 se determinó que el número mínimo de estaciones requeridas para el sistema hidrográfico de la cuenca del río Milagro fue de 3.

CUADRO 3.1 CURVAS PARA DETERMINAR EL NUMERO DE ESTACIONES

Esc. Medio Anual (cm/año)	Días de Tormenta por Año		
	< 30	30 - 45	> 45
> 15	Curva 1	Curva 2	Curva 3
≤ 15	Curva 2	Curva 3	Curva 4

FUENTE: APARICIO, 2012

Para el caso del sistema Hidrográfico del Río Milagro dentro del cantón Milagro, en base a las recomendaciones anteriores sobre el número mínimo de estaciones, se optó por el uso de tres estaciones debido a la ubicación geográfica y características climatológicas similares. La descripción se detalla en el Cuadro 3.2 así como su localización se visualiza en la Figura 3.2. Se solicitaron los datos meteorológicos de precipitación mensual media, humedad relativa media mensual y temperatura media mensual de las tres estaciones.

CUADRO 3.2 ESTACIONES METEOROLOGICAS PARA EL ESTUDIO DEL SISTEMA HIDROGRAFICO DEL RÍO MILAGRO

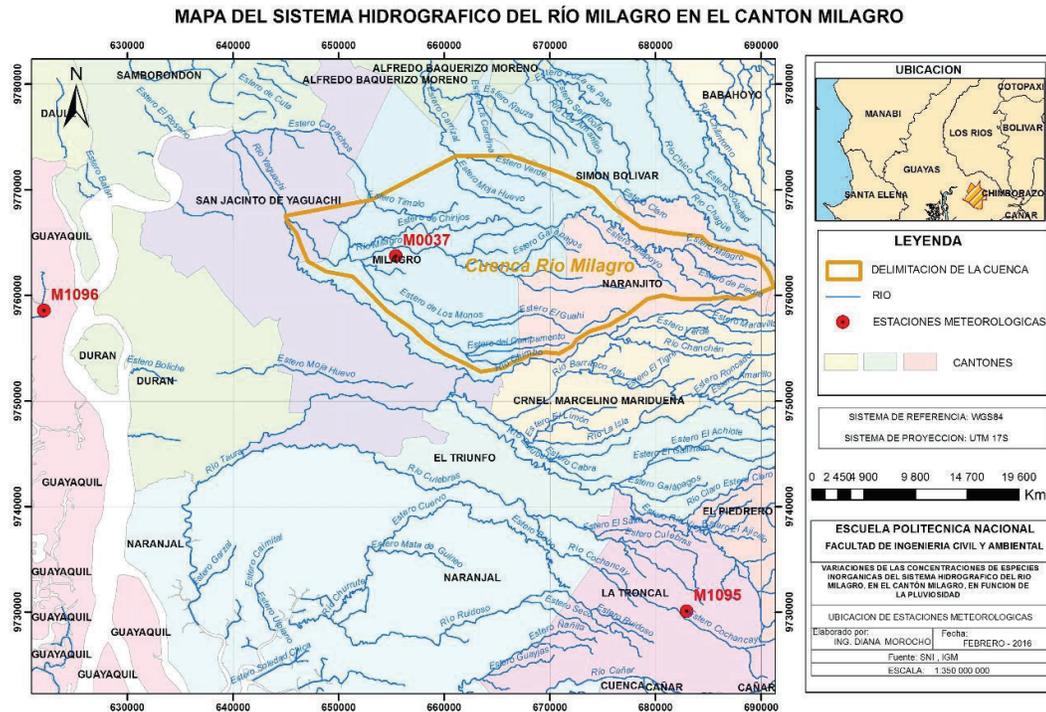
ESTACION				COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m)
NOMBRE		CODIGO	LONGITUD	LATITUD		
Milagro (Ingenio Valdez)		M0037	2° 8' 1" S	79° 36' 1" W		23
Ingenio Troncal)	Aztra (La	M1095	2° 26' 15" S	79° 21' 09" W		89
Guayaquil (Radio Sonda)	U. Estatal	M1096	2° 10' 50" S	79° 53' 59" W		6

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Los archivos digitales entregados por el INAMHI se transformaron a un formato que permitió la manipulación y organización de los datos en una hoja electrónica utilizando el software Excel. Se ordenó la información y se verificó la cantidad de datos existentes y datos faltantes por completar, de esa forma y entre las tres estaciones de estudio se detalló el periodo que se va a analizar de forma tal que la estación con datos más completas permita realizar el relleno de los valores faltantes en las estaciones restantes. De acuerdo a lo establecido por la OMM, las series de referencia darán buen resultado mientras mayor cantidad de datos posea para garantizar una buena relación climatológica entre las series de las zonas aledañas y permitir así la homogeneidad en los mismos, es por eso que recomienda como un periodo mínimo de análisis para precipitación de 30 años, mientras que para temperatura el periodo puede ser más corto (OMM-N°100, 2011). De acuerdo a lo anterior para el caso de la cuenca del sistema hidrográfico del río Milagro la estación base es la M0037 ubicada dentro del cantón Milagro, pues posee registros desde 1921 permitiendo utilizarla para el relleno de las estaciones M1095 y M1096,

garantizando la obtención de resultados lo más cercanos a la realidad.

FIGURA 3.2 MAPA DE UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS



FUENTE: INAMHI, SNI

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

3.1.1 RELLENO Y VALIDACIÓN DE DATOS

Para el relleno de datos faltantes de los parámetros meteorológicos a analizar se utilizó el método de Regresión Lineal y el de la Razón Normal, y para validar los resultados se empleó el método de la Curva de Doble Masa y la Prueba de Rachas, de tal forma se analizó cada uno de los resultados obtenidos y con ello se determinó el mejor método de relleno de datos faltantes garantizando su veracidad para el posterior uso en el estudio.

Los resultados del cálculo de los datos faltantes en los registros temporales de los factores meteorológicos se validaron por medio de dos metodologías, garantizando

su homogeneidad para la obtención de valores promedios. La primera metodología que se aplicó es la Prueba de Rachas, que parte de la hipótesis de que la tendencia de la secuencia de observaciones es fortuita, y el método de Curva de Doble Masa que representa la relación entre la serie propuesta y la de referencia por medio de un diagrama de dispersión de valores acumulados, la cual debe mantenerse constante a lo largo del tiempo (OMM-N°100, 2011).

3.2 CALCULO DE CAUDALES

La obtención del caudal se realizó por medio de dos métodos, el primer método es el Racional, que se aplica generalmente en cuencas con áreas menores a 5 km² y con una duración máxima de precipitación de 30 minutos, y aunque es un método simplificado (Chow, Maidment, & Mays, 1994), aún es recomendado por el INAMHI para el caso de Ecuador. (INAMHI, 2015)

$$Q_{TR} = \frac{C * I_{TR} * A}{3,6} \quad (3.1)$$

Dónde:

C: Coeficiente de escorrentía

I_{TR}: Intensidad de lluvias (mm/h)

A: Área de la cuenca (km²)

Conforme se indica en la Ecuación 3.1, se requiere de la información del coeficiente escorrentía que depende de factores como tipo de suelo, topografía y tipo de cubierta del área en análisis (MOP, 2003), mientras que para determinar la intensidad de lluvia se utiliza las fórmulas establecidas por el INAMHI que dependen de la zona de estudio y la duración de la lluvia.

El segundo método de cálculo de caudales se realizó mediante la fórmula matemática desarrollada por Sandoval y Aguilera (2014), donde “se asume que la precipitación media es el principal parámetro a considerar para evaluar la escorrentía de una cuenca; y se aplica en casos donde prima la ausencia de datos

sobre caudales pero se dispone de datos de precipitación, como ocurre en el Ecuador.

El desarrollo de la fórmula para determinar el Caudal Máximo (Ecuación 3.2) surge de una combinación de las ecuaciones de Voscresiensky, Zhelezniakov, G. Negovskaya, T. y Ovcharov, E., y Zhivotovsky; y considerando un equilibrio de masas. Este procedimiento fue validado mediante la comparación de resultados obtenidos con la fórmula propuesta y los obtenidos en el estudio realizado por Ríos, L. (2010) en 6 diferentes vertientes dentro del Ecuador, donde determinó los caudales medios y el coeficiente de esorrentía; la diferencia máxima entre los resultados fue del 6,4%, volviendo a la fórmula de Sandoval y Aguilera completamente aceptable.

$$Q_{MAX} = a * \frac{P * \sqrt{A}}{(1 + lgA)} * (0,5 \ln T - 0,7) \quad (3.2)$$

Dónde:

a: Coeficiente en función de la precipitación promedio anual

P: Precipitación Promedio Anual (mm)

A: Área de la cuenca (km²)

T: Periodo de Retorno (años)

El coeficiente “a” se determina mediante la Ecuación 3.3:

$$a = 0,644 - 0,08 * \ln P \quad (3.3)$$

Dónde:

P: Precipitación promedio anual (mm)

3.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Para determinar los puntos de muestreo en el área de estudio se tomó como punto de partida los resultados obtenidos en el estudio realizado por Pérez (2015) durante noviembre de 2012 y junio de 2013, analizando alrededor de 40 puntos desde las nacientes de los ríos al este del cantón Milagro y en los campos donde se

aprovecha el agua para riego. Dentro de éste conjunto de puntos y sus resultados se observaron lugares con grandes variaciones en sus valores de concentración en las distintas épocas de estudio, por lo cual se establecieron 21 puntos para el muestreo durante los años 2015 y 2016 en las épocas de mayor precipitación y de escasas de lluvias y una época intermedia, que permitió interpretar de mejor manera la variación de las concentraciones durante un año calendario de análisis.

La ubicación de los puntos de muestreo se definieron por medio de cartas geográficas digitales provistas por la página web del Sistema Nacional de Información al público (SNI, 2013), localizando los sistemas hidrográficos del río Belín, río Milagro, estero los Monos, estero Timálo y estero Carrizal, y adicionalmente los pozos dentro del cantón; mediante la aplicación del software ArcGis 10.1. En el Cuadro 3.3 se detallan los datos geográficos de los puntos de muestreo de la investigación realizada.

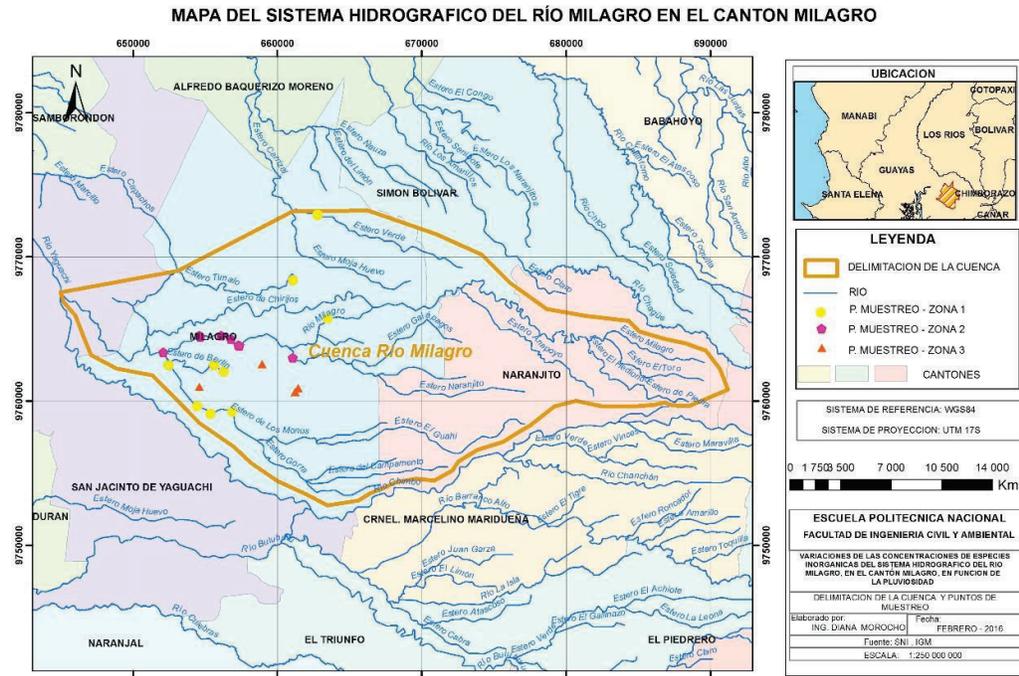
Los puntos fueron ordenados en tres grupos y de manera descendente de acuerdo a su elevación; al primer grupo pertenecen los sistemas hidrográficos como ríos y esteros que ingresan al cantón Milagro, en el segundo grupo se ubicaron los puntos de muestreo a lo largo del río Milagro, y el tercer grupo estuvo formado por los pozos ubicados dentro del cantón. En la Figura 3.2 se observa la ubicación de cada uno de los puntos de muestreo dentro del sistema hidrográfico del río Milagro.

CUADRO 3.3 UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

PUNTO	NOMBRE	COORDENADAS		COTA m.s.n.m.	
		ESTE	NORTE		
1	ESTEROS	Canal Estero el Carrizal	662777	9772900	36
2		Canal Estero el Timalo	661067	9768380	29
3	RIO LOS MONOS	Río Los Monos Cuenca Alta	656865	9759264	23
4		Río Los Monos Cuenca Media	655371	9759130	14
5		Río Los Monos Cuenca Baja	654434	9759636	27
6	ESTERO BELÍN	Estero Belín Cuenca Alta	656288	9762042	17
7		Estero Belín Cuenca Media	655613	9762476	18
8		Estero Belín Cuenca Baja	652468	9762500	25
9	RÍO MILAGRO	Estero Balneario Las Cataratas	663466	9765744	31
10		Río Milagro (Venecia Central)	661061	9763022	29
11		Río Milagro (Afluente Estero San Miguel)	657358	9763866	18
12		Río Milagro (Calle García Moreno)	657294	9763884	26
13		Río Milagro (Calle Luis Vargas Torres)	656774	9764334	22
14		Río Milagro (Calle 17 de Septiembre)	656090	9764560	30
15		Río Milagro (Camal Privado)	654637	9764470	21
16		Canal de Riego Ingenio Váldez	654583	9764568	21
17		Río Milagro (El Chobo)	652077	9763402	17
18	POZOS	Pozo Vivero (Recinto Banco de Arena)	658927	9762573	32
19		Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	661428	9760912	25
20		Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	661218	9760642	25
21		Pozo Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	654590	9760998	24

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

FIGURA 3.3 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO



FUENTE: SNI (2015)

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

3.4 MUESTREO EN CAMPO

Con la ubicación geográfica de cada uno de los puntos de muestreo, se procedió a la obtención de la muestra bajo los parámetros dictados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador INEN, en la Norma Técnica NTE INEN 2 176:1998; del cual se aplicó los indicativos para la obtención de muestras puntuales en superficie que define el tipo de recipiente, técnica de muestreo y conservación de la muestra.

La recomendación técnica según la norma NTE INEN 2 176:1998, menciona que el volumen mínimo a recolectar es de 0,5 litros, pero se extrae 2 litros de muestra por cada punto de muestreo depositados en recipientes herméticos de 1 litro limpios.

En la fuente hidrográfica, los lugares para la obtención de las muestras se determinaron por medio de su accesibilidad al punto de la fuente para el muestreo y de esa forma se mantuvo constante la ubicación en el desarrollo de los tres muestreos.

3.5 ANALISIS FISICO-QUIMICO DE MUESTRAS DE AGUA EN LABORATORIO

La determinación de los parámetros físico-químicos de las muestras de agua del sistema hidrográfico del río Milagro, se realizó conforme a lo indicado en las normas técnicas de la APHA (1995), considera como indicadores de calidad general del agua al pH, la conductividad, sólidos disueltos totales y los principales componentes aniónicos y catiónicos; mientras que la demanda química de oxígeno (DQO) es una medida de materia orgánica susceptible de oxidación.

En el Cuadro 3.4 se detalla la metodología aplicada para la determinación de cada uno de los parámetros físico-químicos necesarios para la investigación. Los procedimientos de laboratorio se realizaron en la Escuela Politécnica Nacional y la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

CUADRO 3.4 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y SU NORMATIVA

PARAMETRO	METODOLOGIA	
	METODO	REFERENCIA
1.- pH	Potenciómetro	APHA (1995). 4500-H ⁺ B
2.- Conductividad	Potenciómetro	APHA (1995). 2510B
3.- Calcio	Volumétrico: Titulación con EDTA	APHA (1995). 3500-Ca D
4.- Magnesio	Volumétrico: Titulación con EDTA	APHA (1995). 3500-Mg E

CUADRO 3.4 CONTINUACION

PARAMETRO	METODOLOGIA	
	METODO	REFERENCIA
5.- Sodio	Espectrofotometría de absorción	APHA (1995). 3500-Na ⁺ D
6.- Potasio	Espectrofotometría de absorción	APHA (1995). 3500-K ⁺ D
7.- Carbonatos	Volumétrico: Titulación con Ácido Sulfúrico	APHA (1995). 2320 B
8.- Bicarbonatos	Volumétrico: Titulación con Ácido Sulfúrico	APHA (1995). 2320 B
9.- Cloruros	Mohr: Titulación con Nitrato de Plata	APHA (1995). 4500-Cl B
10.- Sulfatos	Espectrofotometría: Hatch	EPA 375.4
11.- Nitrato	Espectrofotometría: Hatch	APHA (1995). 4500-NO ₃ ⁻ A
12.- Fosfatos	Espectrofotometría: Hatch	EPA 365.2
13.- Sólidos Sedimentables	Cono Imhoff	APHA (1995). 2540 F
14.- Sólidos Totales	Secado en Estufa	APHA (1995). 2540 B
15.- Sólidos Disueltos Totales	Secado en Mufla	APHA (1995). 2540 D y 2540 E
15.- DQO	Reflujo Cerrado Colorimétrico	APHA (1995). 5220 D

FUENTE: APHA (1995), EPA

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

3.6 PROCESAMIENTO DE DATOS DE MUESTREO

Los datos del análisis en laboratorio de los muestreos deben ser validados por medio de comprobaciones relativas de intervalos esperados, conforme indica la OMM y la APHA, por lo cual en este estudio se realizó la validación de datos de laboratorio conforme se detalla en el Cuadro 3.5 garantizando la eficiencia de los resultados y calidad de la muestra de agua. Además, siguiendo la recomendación

de la APHA (1995) como control de calidad de los resultados obtenidos y evaluar la precisión se realizaron los análisis por duplicado.

CUADRO 3.5 PARÁMETROS PARA LA VALIDACION DE RESULTADOS DE LABORATORIO

REFERENCIA	DEFINICION	RELACION
OMM - N°168	Equilibrio Iónico (8-12 Iones)	$(\text{Cationes-Aniones}) \times 100 < 3\%$
OMM - N°168	Conductividad Eléctrica	$0,55 * CE < SDT < 0,70 * CE$
APHA 1995	Equilibrio entre Aniones y Cationes	$(\text{Cationes-Aniones}) \times 100 < 2\%$
APHA 1995	Sólidos Disueltos Totales	$1,0 < (SDTm/SDTc) < 1,2$

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

3.7 IDENTIFICACION DE VARIABLES/CATEGORIAS A UTILIZAR EN EL PROCESO

Dentro de los parámetros físico-químicos analizados para describir la calidad de agua de los puntos de muestreo se obtuvieron 15 valores determinados en distintas épocas del año, por lo que se requiere reducir las variables identificando los factores más importantes. Es así como se aplicó el método de análisis multivariante, que estudia, analiza, representa e interpreta los datos que resultan de observar más de una variable que además son homogéneas y correlacionadas (Cuadras M., 2014).

En la investigación denominada "Identifying spatio-temporal variation and controlling factors of chemistry in groundwater and river water recharged by reclaimed water at Huai river, North China" (Yilei, Xianfang, & Yinghua, 2014), se aplicó el método estadístico multivariante para entender la relación espacio-tiempo de las variables químicas del agua.

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 BALANCE HÍDRICO DEL SISTEMA HIDROLÓGICO DEL RÍO MILAGRO

4.1.1 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

Al realizar la delimitación de la cuenca se determinó los siguientes elementos del sistema hidrográfico del río Milagro:

Área de la Cuenca:	506,16 km ²
Perímetro de la Cuenca:	106,27 km
Longitud del río:	79,14 km
Longitud Recta del río:	45,05 km
Longitud No Recta del río:	45,57 km

Se obtuvo un valor de coeficiente de compacidad K_c igual a 1,33, que de acuerdo al análisis realizado por el INE (2004) en el Cuadro 2.1, el sistema hidrográfico del río Milagro posee una forma óvalo oblonga por lo cual posee tendencia a crecientes e inundaciones.

La cuenca del río Milagro presentó un valor de coeficiente de forma K_f de 0,24 por la que el sistema Hidrográfico de estudio tiene una forma ligeramente achatada que presenta tendencia a creciente e inundaciones, según el Cuadro 2.2.

El valor de la densidad de drenaje D_d fue igual a 0,52 por lo que según los valores del Cuadro 2.3 se define como de drenaje pobre y el agua se queda en las partes bajas de la cuenca.

La sinuosidad fue 1,74, lo que representa una baja sinuosidad, por lo tanto el agua tiene menos energía para moverse, no presenta erosión y mayor disolución de sustancias pero podría presentar acumulación de fertilizantes.

4.1.2 DATOS CLIMATOLÓGICOS

Para el presente estudio se utilizaron los siguientes parámetros meteorológicos: precipitación, temperatura media, humedad relativa y evaporación, una vez completado el registro de datos y validado (Carrera *et al.* 2016). De las estaciones utilizadas para el relleno de datos de precipitación, se indica en el Cuadro 4.1 el número de años que poseen datos que necesitaron ser rellenos por cada una de las estaciones de estudio, dentro del periodo de 1980 hasta el 2015.

CUADRO 4.1 NÚMERO DE AÑOS CON DATOS FALTANTES POR ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Estación Relleno	Estación Auxiliar	Total Años Incompletos
M0037	M0195 M0196	2
M0195	M0037 M0196	7
M0196	M0037 M0195	8

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

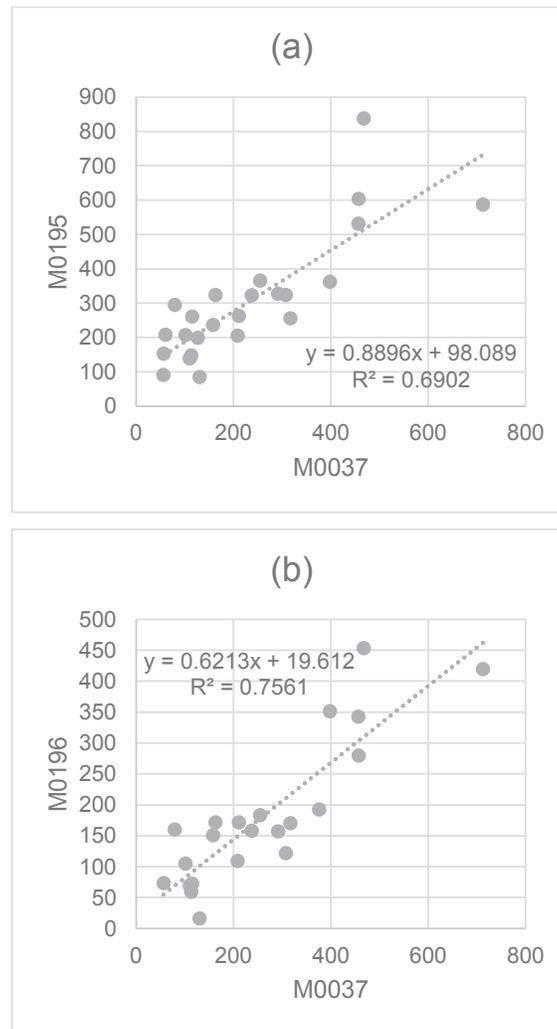
4.1.2.1 Relleno de Datos

El método de Regresión Lineal simple permite crear modelos de representación gráfica por medio de un diagrama de dispersión que represente una relación entre las variables donde la letra X representa a la variable independiente y la Y a la variable dependiente, obteniendo fórmulas para determinar una variable dada a partir de varias observaciones disponibles (OMM-N°168, 2011) y para analizar la intensidad de la relación entre las variables se debe calcular el coeficiente de correlación mediante la Ecuación 4.5 representado con la letra r, y puede tomar valores entre -1 a +1, donde se demuestra mayor relación en cuanto el coeficiente r se acerque más al valor de 1 (Gorgas G. J., 2011).

$$\frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (4.5)$$

Donde, n es el número de observaciones.

GRAFICO 4.1 DIAGRAMAS DE DISPERSION PARA EL RELLENO DE DATOS DE LA ESTACION M0037 POR REGRESION LINEAL PARA PRECIPITACION



ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Consolidando los valores de los registros de datos provistos por el INAMHI se tiene que para precipitación, entre las tres estaciones se puede analizar y hacer uso de los datos de 27 años. Realizado el relleno de datos por el método de Regresión

Lineal, se puede visualizar en los Gráfico 4.1 (a) y (b) el diagrama de dispersión que se genera para obtener la ecuación de relleno de datos para los dos años faltantes de la estación M0037, en el Cuadro 4.2 se observa el valor de la ecuación con la cual se calculó el valor del dato faltante y el valor del coeficiente de relación que confirma la existencia de relación entre las variables.

CUADRO 4.2 PROCESO DE CÁLCULO POR REGRESIÓN LINEAL PARA PRECIPITACIÓN

MES	ESTACIÓN	ECUACIÓN	R	DATOS RELLENADOS
Enero	M0195	$Y = 0,8896X + 98,089$	0,831	2
	M0196	$Y = 0,6213X + 19,612$	0,870	4
Febrero	M0195	$Y = 0,7554X + 165,59$	0,700	3
	M0196	$Y = 0,7271X + 27,755$	0,840	3
Marzo	M0037	$Y = 0,7119X + 199,24$	0,850	1
	M0195	$Y = 0,7119X + 199,24$	0,850	1
Abril	M0196	$Y = 0,7871X + 31,744$	0,869	4
	M0195	$Y = 0,931X + 125,7$	0,817	1
Mayo	M0196	$Y = 1,1016X + 20,141$	0,938	3
	M0195	$Y = 1,1969X + 69,626$	0,799	2
Junio	M0196	$Y = 0,4767X + 18,547$	0,780	5
	M0195	$Y = 0,2516X + 4,6866$	0,837	2
Julio	M0196	$Y = 1,5537X + 20,077$	0,700	3
	M0195	$Y = 0,6794X + 9,2847$	0,955	1
Agosto	M0196	$Y = 0,5082X + 0,0605$	0,996	3
	M0195	$Y = 0,3287X + 0,0371$	0,994	1
Septiembre	M0196	$Y = 4,0144X + 6,4027$	0,989	5
	M0195	$Y = 1,399X + 9,9017$	0,992	2
Octubre	M0196	$Y = 0,1127X + 0,4457$	0,959	3
	M0195	$Y = 2,6598X + 3,7933$	0,932	1
Noviembre	M0196	$Y = 3,8459X + 10,431$	0,947	4
	M0195	$Y = 1,1971X + 14,833$	0,999	1
Diciembre	M0196	$Y = 0,946X + 0,8536$	0,999	4
	M0037	$Y = 0,7164X + 38,658$	0,958	1
	M0195	$Y = 0,7164X + 38,658$	0,958	2
	M0196	$Y = 0,7693X + 12,811$	0,986	3

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Para los parámetros restantes como temperatura y humedad media se realiza el mismo procedimiento y se determina de esa forma los datos faltantes que permitieron establecer los valores promedio anuales para describir las características meteorológicas de la zona de estudio. El detalle de los cálculos se presenta en cuadros dentro de Anexos.

El Método de la Razón Normal emplea la razón de los valores normales de las estaciones próximas a la estación de referencia donde es imprescindible utilizar al menos dos estaciones auxiliares, este método se desarrolla de acuerdo a la Ecuación 4.6 (Monsalve Sáenz, 1999).

$$P_x = \frac{1}{n} \cdot \left[\left(\frac{N_x}{N_1} \right) P_1 + \left(\frac{N_x}{N_2} \right) P_2 + \dots + \left(\frac{N_x}{N_n} \right) P_n \right] \quad (4.6)$$

Donde:

n: Número de estaciones pluviométricas con datos continuos

P_x: Precipitación de la estación con datos faltantes durante el periodo de tiempo a completar

P₁...P_n: Precipitación de las estaciones auxiliares durante el periodo a completar

N_x: Precipitación media anual de la estación con dato faltante a rellenar

N₁...N_n: Precipitación media anual de las estaciones auxiliares

Para la realización del relleno de datos por el método de la Razón Normal se necesita establecer el valor promedio anual de al menos dos estaciones de referencia, pero para el caso de la estación M1096 existieron tres años sin datos, lo cual concluye en la reducción del periodo de análisis, disminuyendo la exactitud de los resultados al rellenar ésta estación por la ausencia de los promedio correspondientes a los años faltantes.

En el Cuadro 4.3 se visualiza los valores de precipitación media mensual por año en la estación M1096, con los datos ya rellenados por el método de la Razón Normal en un periodo de 23 años por falta de datos para la obtención de promedios anuales.

Para los parámetros restantes como temperatura y humedad media se realiza el mismo procedimiento y se determina de esa forma los datos faltantes que permitieron establecer los valores promedio anuales para describir las características meteorológicas de la zona de estudio. El detalle de los cálculos se presenta en cuadros dentro de Anexos.

CUADRO 4.3 VALORES DE PRECIPITACIÓN OBTENIDOS POR MÉTODO DE LA RAZÓN NORMAL EN ESTACIÓN M1096

M0196: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)												
AÑO	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	90,22	286,90	429,10	535,80	158,00	37,80	4,80	0,60	0,00	0,00	0,00	7,80
1993	158,30	525,10	155,50	332,10	133,10	0,30	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	86,20
1994	183,30	137,10	189,00	119,50	17,30	3,60	0,00	0,00	0,20	0,00	0,60	164,00
1995	121,70	198,80	129,10	24,70	12,80	1,50	3,10	0,00	0,10	0,50	1,40	2,30
1996	160,10	411,40	223,20	66,40	1,20	0,00	0,60	0,50	0,50	0,00	0,50	17,80
1997	109,30	298,70	560,50	262,80	201,10	26,50	80,60	10,50	14,60	89,60	520,70	772,00
1998	419,80	783,30	932,50	1137,70	228,80	88,90	11,30	0,00	0,30	0,30	0,10	0,40
1999	59,30	356,50	319,00	179,70	19,70	2,00	0,00	0,00	2,70	0,40	0,70	72,30
2000	69,30	228,80	355,10	226,00	196,10	5,30	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	2,10
2001	192,40	424,90	563,90	207,50	8,10	0,00	0,50	0,00	0,00	5,18	9,32	0,50
2002	73,50	531,30	482,90	458,90	21,61	0,00	0,00	0,00	0,00	2,30	0,00	12,20
2003	72,50	436,80	115,20	123,50	47,59	1,00	0,30	3,29	0,00	0,00	0,00	18,20
2004	104,70	250,30	214,50	129,10	15,80	0,00	0,20	0,57	2,50	0,00	0,00	4,80
2005	16,30	54,40	280,30	187,30	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	22,10
2006	170,30	453,90	200,50	6,80	21,50	1,50	0,00	0,20	0,30	1,00	2,30	42,70
2007	171,90	61,50	485,10	102,10	11,10	2,40	0,00	0,10	0,00	1,70	0,60	3,50
2008	453,70	381,80	521,70	143,20	7,00	1,10	0,70	0,80	3,70	1,70	0,00	1,10
2009	342,80	365,10	429,20	125,30	36,70	2,10	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2010	171,80	364,40	160,20	192,10	17,30	11,90	3,10	0,20	0,00	0,00	1,20	106,10
2011	151,00	110,80	37,00	360,10	2,50	3,50	15,50	0,00	0,00	0,10	0,90	24,10
2012	279,80	606,60	420,70	256,80	65,10	6,00	0,00	0,00	0,20	2,50	5,50	6,80
2013	157,40	282,30	511,90	109,80	1,40	0,40	0,00	0,60	0,00	0,20	0,00	0,50
2014	351,20	250,00	98,60	81,20	190,70	1,20	1,00	0,00	0,70	2,70	0,00	0,10

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

4.1.2.2 Validación de Datos

Los datos obtenidos mediante el relleno por regresión lineal simple y por el método de la razón normal fueron validados mediante la prueba de rachas por medio de cálculo de los valores NA, NB y NS como se indica en el Cuadro 4.4 y 4.5, correspondiente a los valores de precipitación obtenidos mediante regresión lineal y razón normal, de donde los resultados obtenidos por regresión lineal se encuentran dentro del rango del 10% y 90% de la distribución normal.

CUADRO 4.4 PRUEBA DE RACHAS – REGRESIÓN LINEAL (PRECIPITACIÓN)

		ESTACIÓN M0037												
AÑO / MES	DATO	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	
1999	NA o NB	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
	NS	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
	NA	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6
2014	NA o NB	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
	NS	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
	NA	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

CUADRO 4.5 PRUEBA DE RACHAS – RAZÓN NORMAL (PRECIPITACIÓN)

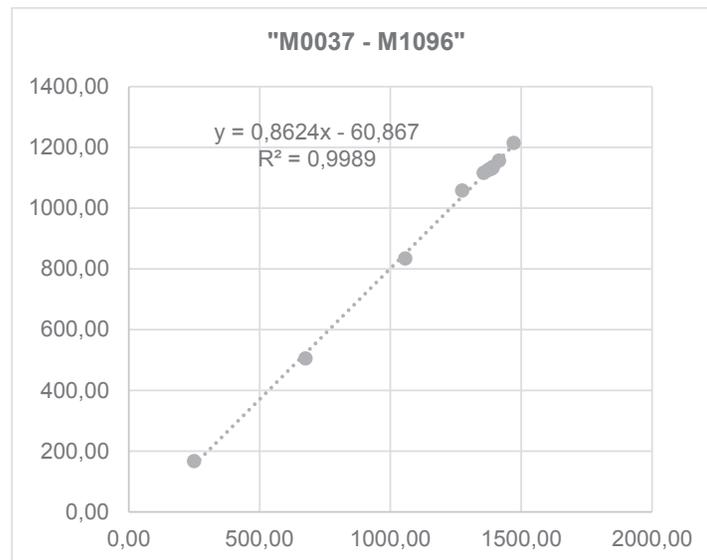
		ESTACIÓN M0037												
AÑO / MES	DATO	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	
1999	NA o NB	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
	NS	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
	NA	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6
2014	NA o NB	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-
	NS	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3
	NA	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	6

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Para los datos de temperatura, evaporación y humedad relativa se realiza el mismo procedimiento de validación y sus resultados se presentan en cuadros en Anexos.

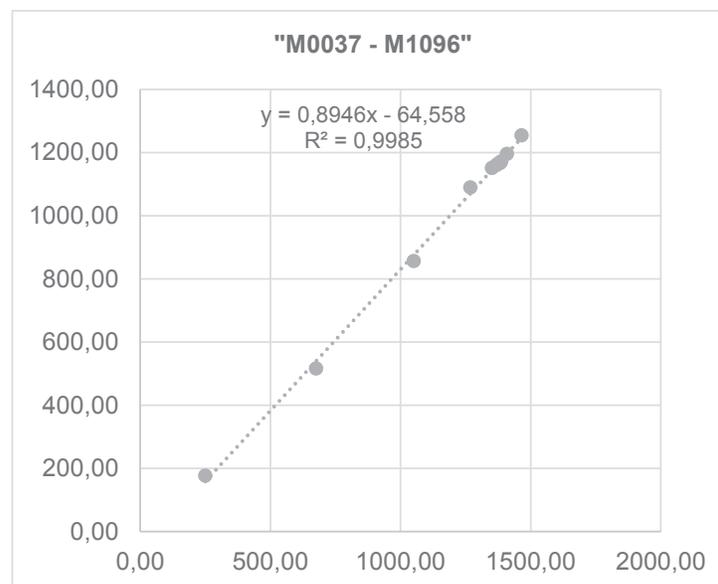
El siguiente método utilizado para la validación de resultados del relleno de datos fue la curva de doble masa o de acumulación, donde se calculó el valor acumulado tanto de la estación que va a ser rellenada como de la estación auxiliar. En los Gráfico 4.2 y 4.3 se observa la curva de doble masas generada por el cálculo por medio de regresión lineal y razón normal, respectivamente para los datos de precipitación. De donde se visualiza que el coeficiente de relación es bastante cercano a 1 en las dos metodologías.

GRAFICO 4.2 CURVA DE DOBLE MASA - REGRESION LINEAL (PRECIPITACION)



ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

GRAFICO 4.3 CURVA DE DOBLE MASA – RAZON NORMAL (PRECIPITACIÓN)



ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Se realiza la misma curva de doble masa para los parámetros de temperatura, humedad relativa media y evaporación, y sus gráficas se presentan en Anexos.

Del análisis de la validación de resultados obtenidos para los valores con el método de regresión lineal en relación a los valores generados por la metodología de la razón normal, se puede mencionar que ambas cumplieron en su mayoría la validación, pero se optó por tomar los valores determinados por regresión lineal debido a que esta metodología no requirió que la estación auxiliar conste del registro de valores completos como en el caso de la razón normal, donde se requieren un promedio entre dos estaciones auxiliares.

4.1.3 CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN MEDIA

Con los datos de precipitación a nivel mensual completados y validados se procedió a calcular la precipitación media anual para las tres estaciones analizadas, como se presenta en el Cuadro 4.6. Con el objetivo de determinar la cantidad de agua que ingresa al sistema hidrográfico del río Milagro se realizó el cálculo de la precipitación por medio de tres métodos: Aritmético, Polígonos de Thiessen e Isoyetas.

CUADRO 4.6 VALORES DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL POR ESTACIÓN

CODIGO	PRECIPITACION MENSUAL PROMEDIO (26 AÑOS DE ESTUDIO)												PROM.
	EN	FE	MA	AB	MAY	JUN	JUL	AG	SE	OC	NO	DIC	
M0037	249,71	425,90	380,87	217,29	82,86	15,51	9,42	1,52	5,70	2,94	22,64	56,73	1471,09
M1095	320,27	487,33	470,39	204,08	168,80	44,18	15,69	12,50	17,87	21,73	41,93	77,20	1881,98
M1096	167,83	337,41	328,61	223,87	58,05	8,59	4,74	0,54	1,09	5,19	20,82	57,65	1214,39

FUENTE: INAMHI (ANUARIOS, VARIOS AÑOS)

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

El método Aritmético provee unos buenos resultados si las estaciones están distribuidas de manera uniforme dentro del área de análisis y su topografía es plana, se calcula conforme a la Ecuación 4.7 (Monsalve Sáenz, 1999)

$$P = \left(\frac{1}{n}\right) * \sum_{i=1}^n P_i \quad (4.7)$$

Donde:

n: Número de estaciones pluviométricas

Pi: Precipitación registrada en la estación

Al realizar el cálculo de la precipitación por medio del método aritmético se obtuvo un valor de 1.522, 49 mm.

El método del Polígono de Thiessen provee resultados más cercanos a la realidad en un área de estudio plano, y consiste en atribuir un factor de peso en proporción al área de influencia de cada una de las estaciones uniéndolas mediante líneas y entre ellas se trazan mediatrices para formar polígonos (Monsalve Sáenz, 1999). Para el presente estudio se utilizó una aplicación dentro del paquete computacional denominado ArcGis 10.1, que lo realizó de manera automática ingresando las estaciones de análisis con los valores de precipitación media en cada una de ellas. De ahí se presenta el Cuadro 4.7 donde el valor de precipitación es de 1.479,31 mm.

CUADRO 4.7 CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN - THIESSEN

CODIGO	PREC. MEDIA	AREA	PONDERADO	
			AREA	PRECIPT.
M0037	1471,09	493,941	0,98	1441,67
M1095	1881,98	12,2214	0,02	37,64
SUMA:		506,16	1,00	1479,31

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

El método de las Isoyetas fue mucho más preciso pues considera la topografía de la zona de estudio, y se representa por medio de curvas de igual precipitación (Monsalve Sáenz, 1999). Para el análisis del sistema hidrográfico del río Milagro se realizó mediante una aplicación perteneciente al paquete computacional denominado ArcGis 10.1, ingresando la ubicación geográfica de las estaciones, el rango de valores de las precipitaciones y el intervalo de graficación de las curvas. En el Cuadro 4.8 se detalla el cálculo de precipitación por medio del método de las isoyetas con el valor de las áreas procedentes del análisis en Arcgis, de donde se tiene un valor de precipitación de 1.575,50 mm.

CUADRO 4.8 CALCULO DE PRECIPITACION - ISOYETAS

ISOYETAS		AREA	PONDERADO	
RANGO	MEDIA		AREA	PRECIPT.
Limite – 1.400	1.350	10,0097	0,02	27,00
1.400 – 1.600	1.450	119,744	0,24	348,00
1.600 – 1.700	1.550	205,114	0,41	635,50
1.700 – 1.800	1.650	150,625	0,3	495,00
1.800 - Limite	1.750	20,6698	0,04	70,00
SUMA:		506,16	1,01	1.575,50

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Para una mejor comprensión de cada uno de los métodos de cálculo de precipitación media se presenta el Cuadro 4.9, donde se describe la característica y aplicabilidad de cada método, de acuerdo a Ven Te Chow (1994), Monsalve (1999), y Aparicio (2012). De lo cual se estableció que el método que más se ajusta a la realidad topográfica de la cuenca y por el uso de las tres estaciones auxiliares es el de las Isoyetas.

CUADRO 4.9 CARACTERÍSTICAS Y APLICABILIDAD DE LOS MÉTODOS DE CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN MEDIA

METODO	CARACTERISTICAS	APLICABILIDAD
ARITMETICO	- Igual influencia entre pluviómetros	- Pluviómetros distribuidos uniformemente en la cuenca
	- Menos Exacto	- Topografía Plana
	- Más simple	- Variación pequeña entre las medidas pluviométricas
POLIGONO DE THIESSEN	- Ponderación por ubicación de la estación en el área de la cuenca	- Distribución no uniforme de Pluviómetros en la cuenca
	- No considera Topografía	
	- Mayor número de estaciones mayor exactitud	- Topografía Plana
ISOYETAS	- Más Exacto	- Distribución no uniforme de Pluviómetros en la cuenca
	- Considera Topografía	
	- Mayor número de estaciones mayor exactitud	- Topografía Plana y Ondulada

FUENTE: CHOW VEN TE (1994), APARICIO (2012), MONSALVE G. (1999)

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Con el dato de precipitación media anual obtenido por el método de las Isoyetas, se procedió a evaluar con las precipitaciones medias anuales generadas para cada una de las estaciones de estudio, de donde se comparó los resultados y al no obtener mayor diferencia entre ellos se determinó que la estación a ser utilizada para la toma de los datos climatológicos para el desarrollo del trabajo de investigación es la estación M0037, conforme se detalla en el Cuadro 4.10.

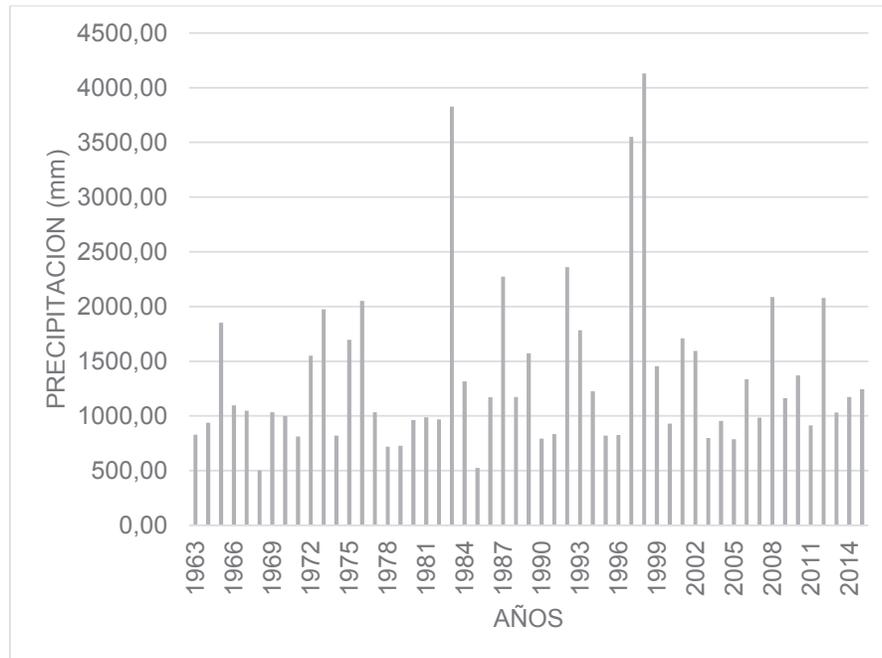
CUADRO 4.10 ANÁLISIS DEL RESULTADO DE PRECIPITACIÓN ENTRE ESTACIONES

CODIGO	NOMBRE	PROMEDIO	DIFERENCIA
M0037	MILAGRO	1.471,09	7%
M1095	INGENIO AZTRA	1.881,98	-19%
M1096	GUAYAQUIL U. ESTATAL	1.214,39	23%

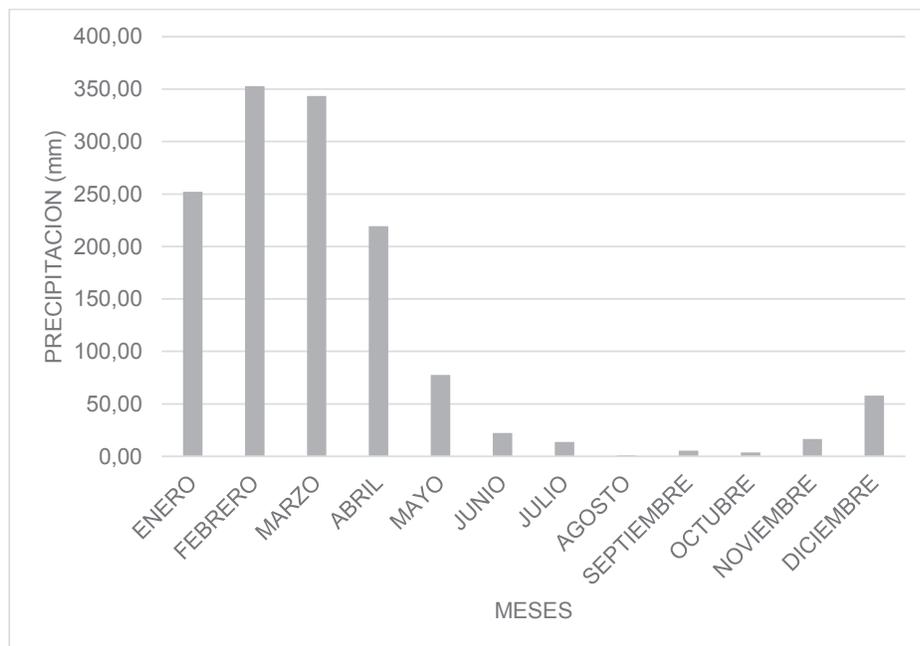
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Con los valores de precipitación de la estación M0037 rellenos se completa un registro de datos para 53 años de análisis representado en el Gráfico 4.10, donde se puede observar que los años con precipitaciones máximas son 1983, 1997 y 1998 con valores cercanos a 3.155 mm/año, mientras que los años con precipitaciones mínimas son 1968 y 1985 con 513 mm/año, y la precipitación media anual es de 1.365,65 mm/año.

Al realizar el análisis del Gráfico 4.5, donde se representa el comportamiento de la precipitación durante el año en el cantón Milagro, se evidencia condiciones extremas como lluvias intensas los cuatros primeros meses del año con valores de 293 mm, y desde junio hasta diciembre una escases de lluvias con precipitaciones de alrededor de 24 mm, mientras que el valor medio anual es de 114 mm; lo cual evidencia la problemática por una sequía prolongada que afecta a la agricultura con consecuencias para el ser humano al alterar la producción de alimentos (OMM & CIIFEN, 2004). Del Gráfico 4.5 se consideró al mes de marzo como época de invierno ya que es el segundo pico de las precipitaciones altas, como verano se tomó a los meses de junio y septiembre, y por último se considera como meses intermedios a noviembre y diciembre ya que es un periodo de transición entre las lluvias intensas y la sequía.

GRAFICO 4.4 PRECIPITACION DURANTE 53 AÑOS EN M0037

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ. Fuente: INAMHI

GRÁFICO 4.5 PRECIPITACIÓN MENSUAL AL AÑO DURANTE 53 AÑOS

FUENTE: INAMHI

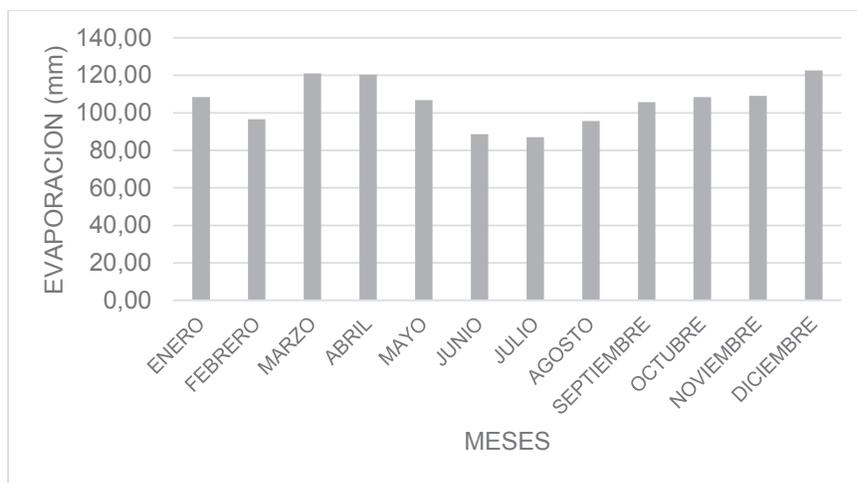
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ.

4.1.4 CÁLCULO DE LA EVAPORACIÓN

La evaporación es un proceso por el cual el agua en estado líquido pasa a estado gaseoso en condiciones naturales cuya fuente de energía es la radiación solar (Monsalve Sáenz, 1999).

Con los datos de evaporación a nivel mensual completados y validados se procedió a la consolidación de los valores de evaporación desde el año 1991 al 2015 de la estación M0037, con lo que se calcula el valor promedio mensual y se presenta en el Gráfico 4.6.

GRÁFICO 4.6 EVAPORACIÓN POTENCIAL MENSUAL AL AÑO



FUENTE: INAMHI

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ.

4.1.5 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración es la combinación de los fenómenos de evaporación y transpiración, tomado en cuenta para fines de irrigación de cultivos (OMM-N°168, 2011). Para el presente trabajo se ha optado por el uso del Método de Thornthwaite (Aparicio, 2012), de acuerdo a la Ecuación 4.8.

$$U_j = 1,6Ka\left(\frac{10T}{I}\right)^a \quad (4.8)$$

Donde:

Uj: Uso consuntivo en el mes (cm)

Tj: Temperatura media al mes (°C)

a: Constante en función del índice de calor anual

I: Índice de calor anual

Ka: Constantes en función de la latitud y mes de año.

CUADRO 4.11 VALORES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN MENSUAL

EVAPOTRANSPIRACION (mm)												
AÑO	EN	FE	MA	AB	MAY	JUN	JUL	AG	SE	OC	NO	DI
1986	0,0011	0,0049	0,0014	0,0007	0,0023	0,0007	0,0455	0,1823	0,1320	0,1015	0,1119	0,0173
1987	0,0025	0,0090	0,0022	0,0027	0,0078	0,0059	0,1319	0,3944	0,2276	0,3018	0,1970	0,0482
1988	0,0031	0,0081	0,0018	0,0017	0,0064	0,0019	0,0690	0,1556	0,1670	0,1509	0,0740	0,0158
1989	0,0012	0,0026	0,0010	0,0010	0,0025	0,0008	0,0418	0,0691	0,0817	0,1632	0,1318	0,0191
1990	0,0031	0,0040	0,0020	0,0011	0,0039	10,1490	0,0882	0,1129	0,0542	0,0529	0,0344	0,0107
1991	0,0031	0,0049	0,0020	0,0014	0,0064	0,0039	0,0749	0,1684	0,0422	0,0937	0,0528	0,0143
1992	0,0025	0,0024	0,0018	0,0021	0,0071	0,0048	0,0882	0,1556	0,0422	0,0735	0,0289	0,0080
1993	0,0012	0,0036	0,0009	0,0012	0,0064	0,0053	0,1218	0,1556	0,0694	0,0937	0,0375	0,0107
1994	0,0262	0,0036	0,0009	0,0007	0,0039	3,5127	0,0631	0,0681	0,0570	0,1147	0,0418	0,0038
1995	0,0394	0,0045	0,0018	0,0014	0,0038	0,0053	0,0882	0,1823	0,0817	0,0735	0,0315	0,0088
1996	0,0011	0,0040	0,0010	0,0010	0,0034	0,0007	0,0297	0,1129	0,0459	0,0575	0,0315	0,0158
1997	0,0011	0,0197	0,0013	0,0011	0,0096	0,0280	0,8183	1,3681	0,6480	0,5478	0,3417	0,0482
1998	0,0073	0,0019	0,0027	0,0037	0,0212	0,0158	0,2116	0,3139	0,1670	0,1289	0,0409	0,0080
1999	0,0015	0,0024	0,0009	0,0006	0,0025	0,0008	0,0418	0,0885	0,0589	0,0797	0,0446	0,0044
2000	0,0008	0,0040	0,0005	0,0007	0,0016	0,0007	0,0297	0,0691	0,0542	0,0864	0,0446	0,0097
2001	0,0236	0,0040	0,0011	0,0010	0,0011	0,0007	0,0297	0,0750	0,0459	0,0448	0,0528	0,0054
2002	0,0048	0,0073	0,0018	0,0012	0,0096	0,0053	0,0813	0,1823	0,1219	0,1100	0,0681	0,0118
2003	0,0025	0,0066	0,0027	0,0033	0,0058	0,0017	0,0749	0,2305	0,0542	0,1100	0,0528	0,0191
2004	0,0059	0,0054	0,0014	0,0012	0,0047	0,0023	0,0538	0,2491	0,1428	0,1395	0,0485	0,0440
2005	0,1914	0,0049	0,0016	0,0027	0,0034	0,0023	0,1037	0,1684	0,1040	0,0575	0,0528	0,0088
2006	0,0017	0,0133	0,0020	0,0017	0,0087	0,0026	0,1216	0,3098	0,1552	0,1692	0,0626	0,0277
2007	0,0021	0,0036	0,0020	0,0021	0,0058	0,0026	0,1218	0,1326	0,0694	0,0448	0,0315	0,0044
2008	0,0003	0,0029	0,0007	0,0014	0,0023	0,0023	0,1218	0,1972	0,1219	0,0797	0,0375	0,0088
2009	0,0010	0,0090	0,0009	0,0019	0,0064	0,0039	0,1319	0,3139	0,1428	0,1100	0,0575	0,0143
2010	0,0023	0,0054	0,0022	0,0027	0,0087	0,0039	0,1124	0,2305	0,1126	0,1100	0,0265	0,0044
2011	0,0013	0,0044	0,0030	0,0012	0,0064	0,0079	0,1546	0,2692	0,1544	0,0797	0,0681	0,0304
2012	0,0009	0,0049	0,0018	0,0024	0,0096	0,0158	0,2116	0,2907	0,1544	0,1509	0,0874	0,0253
2013	0,0013	0,0040	0,0011	0,0015	0,0026	4,3585	0,0953	0,2104	0,1552	0,1341	0,0511	0,0038
2014	0,0013	0,0044	0,0022	0,0011	0,0052	0,0130	0,2287	0,3388	0,1544	0,1395	0,0874	0,0039
PROMEDIO	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,63	0,12	0,23	0,12	0,12	0,07	0,02

FUENTE: INAMHI

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ.

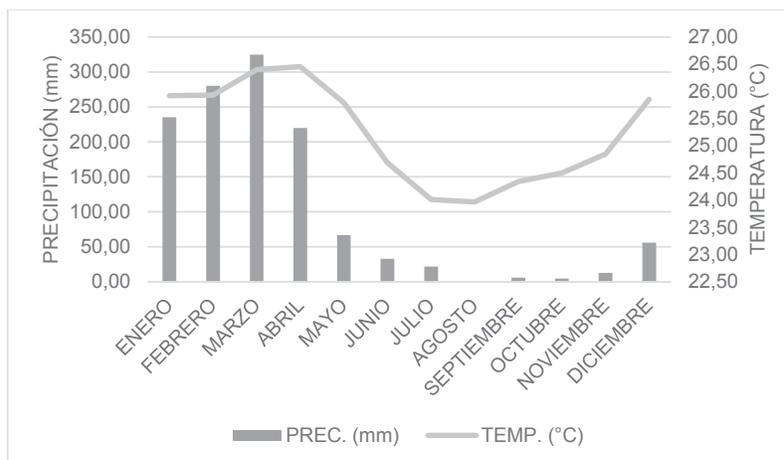
En el Cuadro 4.11 se determinan los valores obtenidos de evapotranspiración procedentes del cálculo mediante el método de Thornthwaite con base en el registro de datos de la temperatura media y la humedad relativa registrada en la estación M0037.

4.1.6 CLIMOGRAMA

Un climograma es una representación gráfica donde se visualizan simultáneamente los valores de temperatura media mensual, por medio de una línea, y la precipitación mensual media con barras verticales, durante los doce meses del año; utilizando un tiempo de análisis estándar de 30 años (Rodríguez, Águeda, & Portela, 2004). Uno de los usos del climograma es determinar los efectos del cambio climático sobre las precipitaciones contribuyendo a la toma de decisiones para la conservación y uso racional del recurso agua (Brown, *et al.*, 2015).

Para la creación del climograma del sistema hidrográfica del río Milagro se utilizaron los datos meteorológicos de precipitación y temperatura de la estación M0037 a partir del relleno y validación de datos, completando así una base de datos desde 1963 al 2014; como lo recomienda Rodríguez, Águeda & Portela (2004) se divide el lapso de 52 años en dos periodos, donde el primero va desde 1963 a 1984 (22 años) y el segundo desde 1985 al 2014 (30 años).

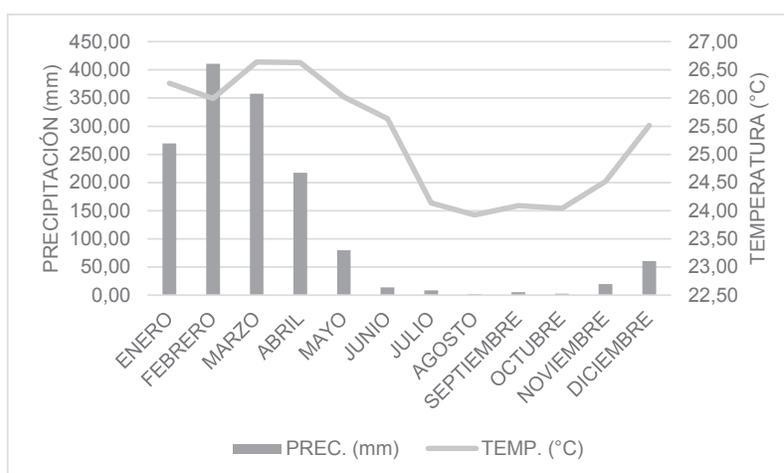
El climograma del primer periodo se representa en el Gráfico 4.7, del cual se obtiene que la temperatura media anual es de 27,23 °C, el rango de variación térmica anual es de 2,49 °C, la temperatura de verano es de 24,39 °C mientras que la de invierno es de 26,10 °C; respecto a la precipitación se observa dos estaciones muy bien definidas donde los meses de invierno van desde enero hasta abril y el verano va desde mayo a diciembre, la precipitación anual es de 1.261,11 mm.

GRAFICO 4.7 CLIMOGRAMA 1963 – 1984 (M0037)

FUENTE: INAMHI

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ.

El climograma del segundo periodo se representa en el Gráfico 4.8, del cual se obtiene que la temperatura media anual es de 25,28 °C, el rango de variación térmica anual es de 2,72 °C, la temperatura de verano es de 24,73 °C mientras que la de invierno es de 26,38 °C; respecto a la precipitación se observa dos estaciones muy bien definidas donde los meses de invierno van desde enero hasta mayo y el verano va desde junio a diciembre, la precipitación anual es de 1.446,38 mm.

GRAFICO 4.8 CLIMOGRAMA 1985 – 2014 (M0037)

FUENTE: INAMHI

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ.

Al comparar los climogramas, se obtuvo que la temperatura se mantiene relativamente constante a lo largo de todo el año durante los dos periodos analizados, así mismo para las estaciones de invierno y verano; con relación a las precipitaciones, los meses de las épocas marcadas entre invierno y verano se mantiene igual entre los periodos, analizando el valor anual total de precipitaciones se obtuvo que el primer periodo contiene al fenómeno de El Niño del año 1982 con precipitación media anual de 367,30 mm, mientras que el segundo periodo que contiene al año de 1997 donde se presentó el fenómeno del Niño registró una precipitación media anual de 595,50 mm, una diferencia de casi el doble que se ve reflejado en la variación de valores de precipitación de los climogramas en los meses correspondientes a la estación de invierno.

4.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS AGUAS

El agua se conoce como disolvente universal y por su ciclo hidrológico que la pone en contacto con diversos sustratos, cualquier muestra de agua refleja un largo listado de sustancias inorgánicas disueltas en ella además de materia orgánica que llega a las aguas fluviales como resultado de las actividades humanas, por lo cual se vuelve casi imposible describir con exactitud la química de las aguas fluviales y obliga a medir un determinado conjunto de variables que permitan una descripción (Butturini, Sabater, & Romaní, 2009).

Dentro de los análisis realizados a las muestras de las aguas del sistema hidrográfico del río Milagro, se determinaron factores como la temperatura, pH, sólidos sedimentables y sólidos totales. A continuación en los Cuadro 4.12, 4.13 y 4.14 se presentan los valores obtenidos para los muestreos realizados en septiembre y diciembre de 2015, y marzo de 2016 respectivamente.

En el Cuadro 4.12 se presentan los valores obtenidos del análisis de las aguas en el mes de septiembre del año 2015 (época de verano), se observó que la temperatura y el pH se mantiene dentro de un rango constante en los 19 puntos por la ausencia de elementos que alteren la calidad de las aguas y afecten su propiedades normales, pero en el punto correspondiente al Canal de Riego del

Ingenio Valdez se obtuvo un valor de 42,5 °C y pH de 5,28 debido a la presencia de vinaza como fertilizante para las plantaciones de caña de azúcar. La presencia de sólidos sedimentables es mínima y los valores de sólidos totales se mantienen entre el rango de 224 y 661 mg/L, a excepción del Pozo Recinto Banco de Arenas a una profundidad de 2m, cuyo valor fue de 1.780 mg/L que indica un exceso de sales.

CUADRO 4.12 VALORES OBTENIDOS EN SEPTIEMBRE - 2015

PUNTO	NOMBRE	T °C	pH	SS ml/L	ST mg/L
1	Canal Estero el Carrizal	-	-	-	-
2	Canal Estero el Timálo	27,5	8,08	0,1	224,0
3	Río Los Monos Cuenca Alta	28,0	8,23	0,1	294,0
4	Río Los Monos Cuenca Media	28,5	8,08	0,2	290,0
5	Río Los Monos Cuenca Baja	29,0	7,93	0,1	308,0
6	Estero Belín Cuenca Alta	29,5	7,59	0,1	556,0
7	Estero Belín Cuenca Media	27,5	7,52	0,1	532,0
8	Estero Belín Cuenca Baja	27,5	7,46	0,2	522,0
9	Estero Balneario Las Cataratas	28,0	8,15	0,1	226,0
10	Río Milagro (Venecia Central)	27,0	7,62	0,1	346,0
11	Río Milagro (Afluente Estero San Miguel)	27,0	7,81	0,2	276,0
12	Río Milagro (Calle García Moreno)	26,8	7,85	0,1	266,0
13	Río Milagro (Calle Luis Vargas Torres)	26,9	7,81	0,0	254,0
14	Río Milagro (Calle 17 de Septiembre)	27,1	7,73	0,1	274,0
15	Río Milagro (Camal Privado)	27,9	7,59	0,1	286,0
16	Canal de Riego Ingenio Valdez	42,5	5,28	0,1	616,0
17	Río Milagro (El Chobo)	29,0	7,75	0,2	306,0
18	Pozo Vivero (Recinto Banco de Arena)	28,0	7,46	0,0	358,0
19	Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	28,5	7,38	0,0	1780,0
20	Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	28,5	7,61	0,0	388,0
21	Pozo Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	27,0	8,24	0,0	308,0

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

En el Cuadro 4.13 se presentan los valores obtenidos del análisis de las aguas en el mes de diciembre del año 2015 (época intermedia), se observó que la temperatura y el pH se mantiene dentro de un rango constante en los 19 puntos por ausencia de compuestos que provoquen afección en la calidad de las aguas y causen cambios en las propiedades naturales del agua, pero en el punto correspondiente al Canal de Riego del Ingenio Valdez se obtuvo un valor de 41 °C y pH de 5,31 debido a la presencia de vinaza. La presencia de sólidos sedimentables es mínima a excepción del punto correspondiente al Canal de riego del Ingenio Valdez por acumulación de materia orgánica como residuos de la

vinaza, mientras que los valores de sólidos totales se mantienen entre el rango de 222 y 552 mg/L.

CUADRO 4.13 VALORES OBTENIDOS EN DICIEMBRE - 2015

PUNTO	NOMBRE	T °C	pH	SS ml/L	ST mg/L
1	Canal Estero el Carrizal	30	7,16	0,1	238,0
2	Canal Estero el Timálo	29,0	7,25	0,2	224,0
3	Río Los Monos Cuenca Alta	28,0	7,61	0,2	302,0
4	Río Los Monos Cuenca Media	27,0	7,58	0,2	298,0
5	Río Los Monos Cuenca Baja	28,0	7,50	0,1	288,0
6	Estero Belín Cuenca Alta	28,0	6,99	0,2	492,0
7	Estero Belín Cuenca Media	28,0	6,93	0,1	498,0
8	Estero Belín Cuenca Baja	28,0	7,08	0,4	552,0
9	Estero Bañeario Las Cataratas	29,5	7,28	0,2	222,0
10	Río Milagro (Venecia Central)	29,0	6,88	0,1	248,0
11	Río Milagro (Afluente Estero San Miguel)	29,0	7,04	0,3	316,0
12	Río Milagro (Calle García Moreno)	29,0	7,15	0,1	238,0
13	Río Milagro (Calle Luis Vargas Torres)	28,0	7,23	0,2	248,0
14	Río Milagro (Calle 17 de Septiembre)	27,0	7,05	0,1	260,0
15	Río Milagro (Camal Privado)	28,0	6,87	0,6	274,0
16	Canal de Riego Ingenio Valdez	41,0	5,31	2,0	736,0
17	Río Milagro (El Chobo)	28,0	7,00	0,3	282,0
18	Pozo Vivero (Recinto Banco de Arena)	28,0	6,64	0,4	418,0
19	Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	-	-	-	-
20	Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	29,0	6,85	0,0	410,0
21	Pozo Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	27,0	7,62	0,1	290,0

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

El en Cuadro 4.14 se presentan los valores obtenidos del análisis de las aguas en el mes de marzo del año 2016 (época de invierno), se observó que la temperatura se mantiene dentro de un rango constante a excepción del punto correspondiente al Canal de riego del Ingenio Valdez con un valor de 35 °C; el pH se mantiene dentro de un rango constante en los 21 puntos, la lluvia permitió la dilución de la vinaza en el canal del Ingenio Valdez. La presencia de sólidos sedimentables es mínima, mientras que los valores de sólidos totales se mantienen entre el rango de 232 y 486 mg/L.

CUADRO 4.14 VALORES OBTENIDOS EN MARZO - 2016

PUNTO	NOMBRE	T °C	pH	SS ml/L	ST mg/L
1	Canal Estero el Carrizal	28,5	7,03	0,1	332
2	Canal Estero el Timálo	28,5	6,77	0,0	256,0
3	Río Los Monos Cuenca Alta	28,5	7,11	0,3	350,0
4	Río Los Monos Cuenca Media	29,0	7,30	0,2	350,0
5	Río Los Monos Cuenca Baja	29,0	7,32	0,2	394,0
6	Estero Belín Cuenca Alta	29,0	7,15	0,3	304,0
7	Estero Belín Cuenca Media	28,5	6,97	0,2	324,0
8	Estero Belín Cuenca Baja	28,0	7,00	0,2	340,0
9	Estero Balneario Las Cataratas	28,0	6,92	0,3	242,0
10	Río Milagro (Venecia Central)	27,0	7,05	0,1	298,0
11	Río Milagro (Afluente Estero San Miguel)	27,5	7,18	0,1	258,0
12	Río Milagro (Calle García Moreno)	27,0	6,92	0,2	414,0
13	Río Milagro (Calle Luis Vargas Torres)	27,0	6,98	0,3	278,0
14	Río Milagro (Calle 17 de Septiembre)	27,0	6,93	0,5	256,0
15	Río Milagro (Camal Privado)	28,0	7,34	0,4	270,0
16	Canal de Riego Ingenio Valdez	35,0	6,55	0,2	292,0
17	Río Milagro (El Chobo)	27,5	6,76	0,4	232,0
18	Pozo Vivero (Recinto Banco de Arena)	-	-	-	-
19	Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	29,5	6,75	0,2	486,0
20	Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	29,0	7,00	0,0	378,0
21	Pozo Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	30,5	8,13	0,1	306,0

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Analizando los valores obtenidos en los tres muestreos se observó que los valores de temperatura se mantienen constantes, como sucede con los valores de pH a excepción del Canal de Riego del Ingenio Valdez por la presencia de vinaza como fertilizante; dando a conocer que las aguas del sistema hidrográfico de la cuenca del río Milagro no contienen materia que altera las propiedades naturales como pH y temperatura, a excepción del canal de riego del ingenio Valdez. El valor de sólidos sedimentables es mínimo durante las épocas analizadas, pero no en la época intermedia en el Canal de Riego del Ingenio Valdez probablemente por estanqueidad a falta de caudal. Al analizar la variación de los valores de sólidos totales entre las tres épocas de muestreo se obtuvo que en los puntos de los canales de riego, río Monos, Estero Las Cataratas y cuenca media del río Milagro, los sólidos totales aumentan, probablemente por presencia de sedimentos, mientras que los demás puntos disminuyen; ya que los sólidos totales representan los elementos orgánicos e inorgánicos es probable que las variaciones ascendentes

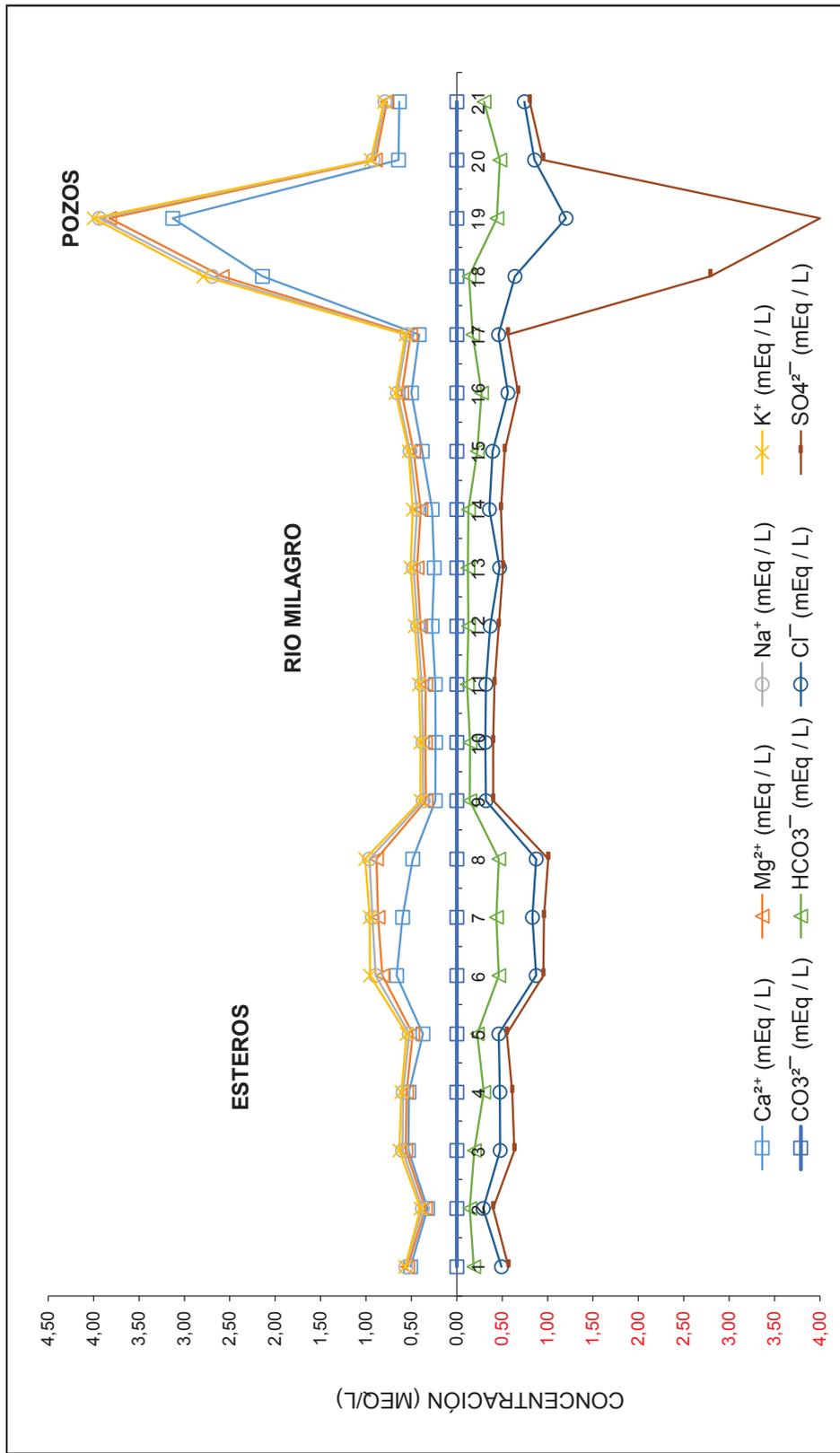
se derivaran de la disminución del caudal por ausencia de lluvias e incrementos de materia orgánica por descargas a los cauces.

4.2.1 CONCENTRACIONES INORGÁNICAS

La calidad del agua de un recurso hídrico depende del uso que se le vaya a dar, y está determinada por los diferentes parámetros que caracterizan su calidad, por ejemplo, el agua destinado al uso agrícola está relacionado principalmente con la salinidad, nutrientes, sólidos suspendidos y los patógenos, puesto que si presenta un alto contenido de sales disueltas y altas temperaturas pueden provocar una evapotranspiración rápida, así como acumulación de las sales en el suelo afectando la permeabilidad (Sierra Ramírez, 2011); de ahí la importancia del análisis físico-químico del recurso agua.

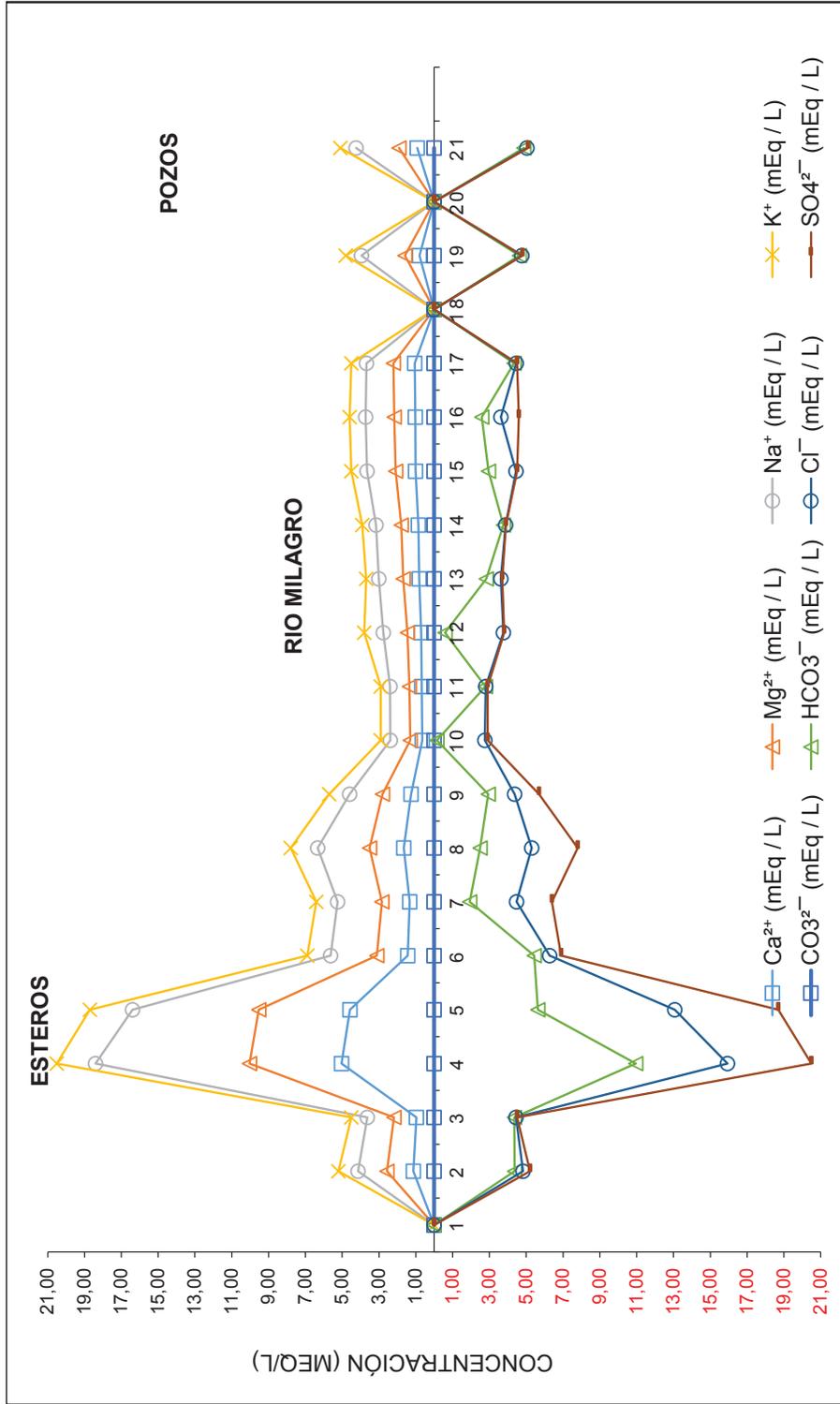
Conforme al estudio realizado por Pérez S. (2015), a continuación se presentan los Gráficos 4.9 y 4.10 donde se recopila los valores de las concentraciones inorgánicas del estudio en los meses de noviembre del 2012 y junio del 2013, respectivamente. Mientras que en los Gráficos 4.11, 4.12 y 4.13 se presentan los datos recopilados en los muestreos realizados por la autora, el mes de septiembre y diciembre de 2015, y el mes de marzo de 2016, respectivamente.

GRÁFICO 4.9 CONCENTRACIONES INORGÁNICAS - NOVIEMBRE 2012



FUENTE: PÉREZ S. (2015)
 ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ.

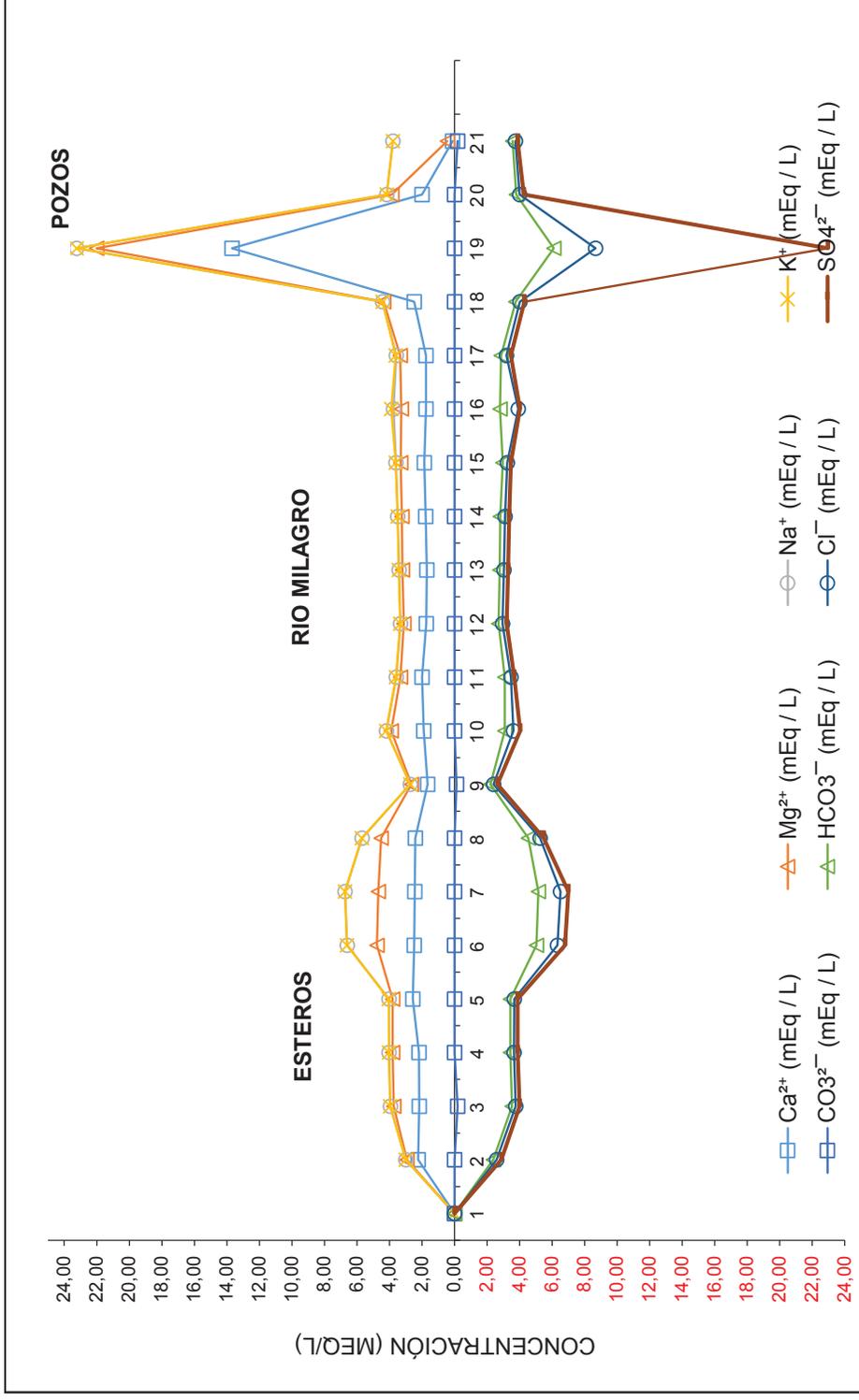
GRAFICO 4.10 CONCENTRACIONES INORGÁNICAS - JUNIO 2013



FUENTE: PÉREZ S. (2015)

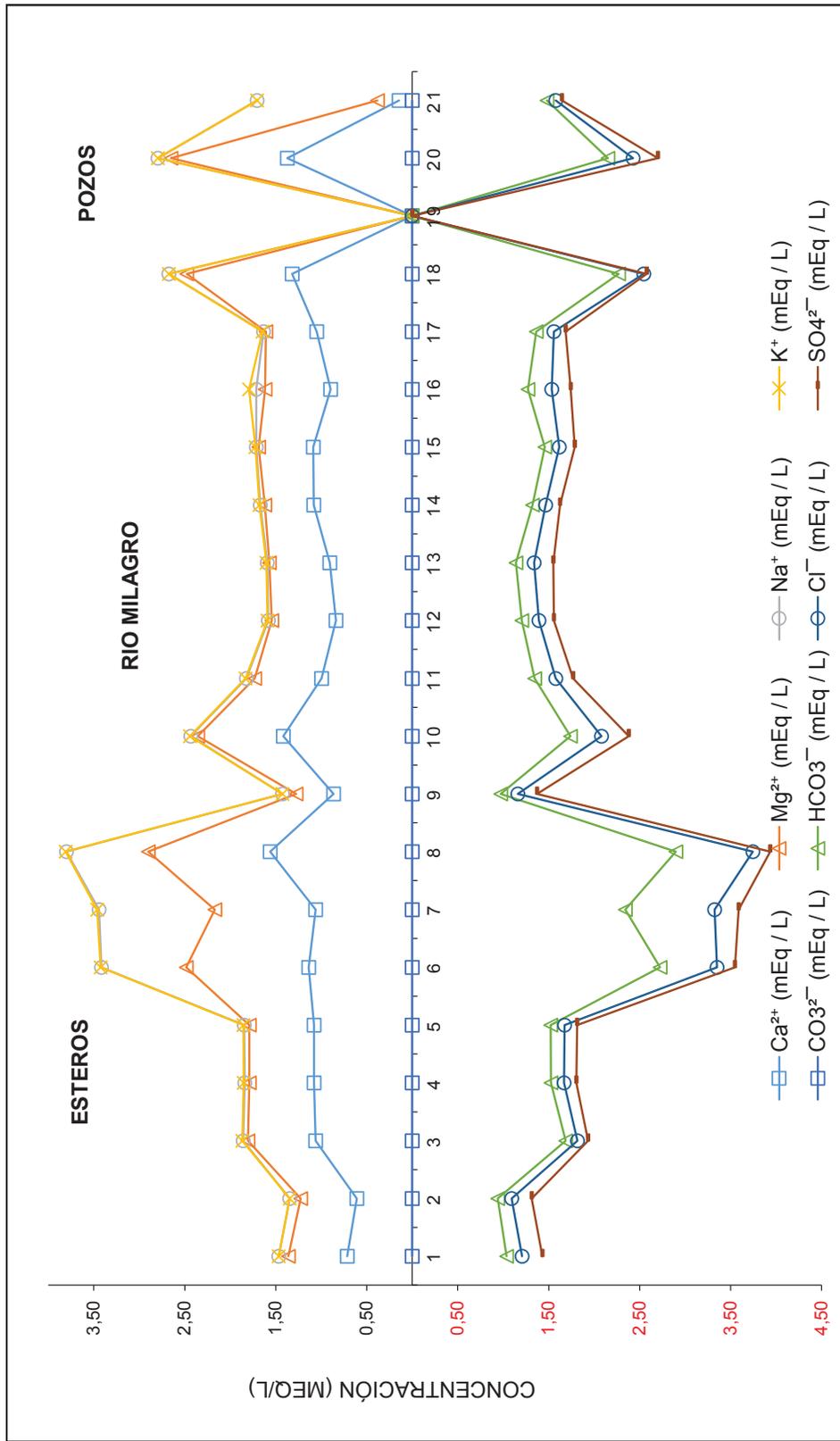
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ.

GRÁFICO 4.11 CONCENTRACIONES INORGANICAS - SEPTIEMBRE 2015



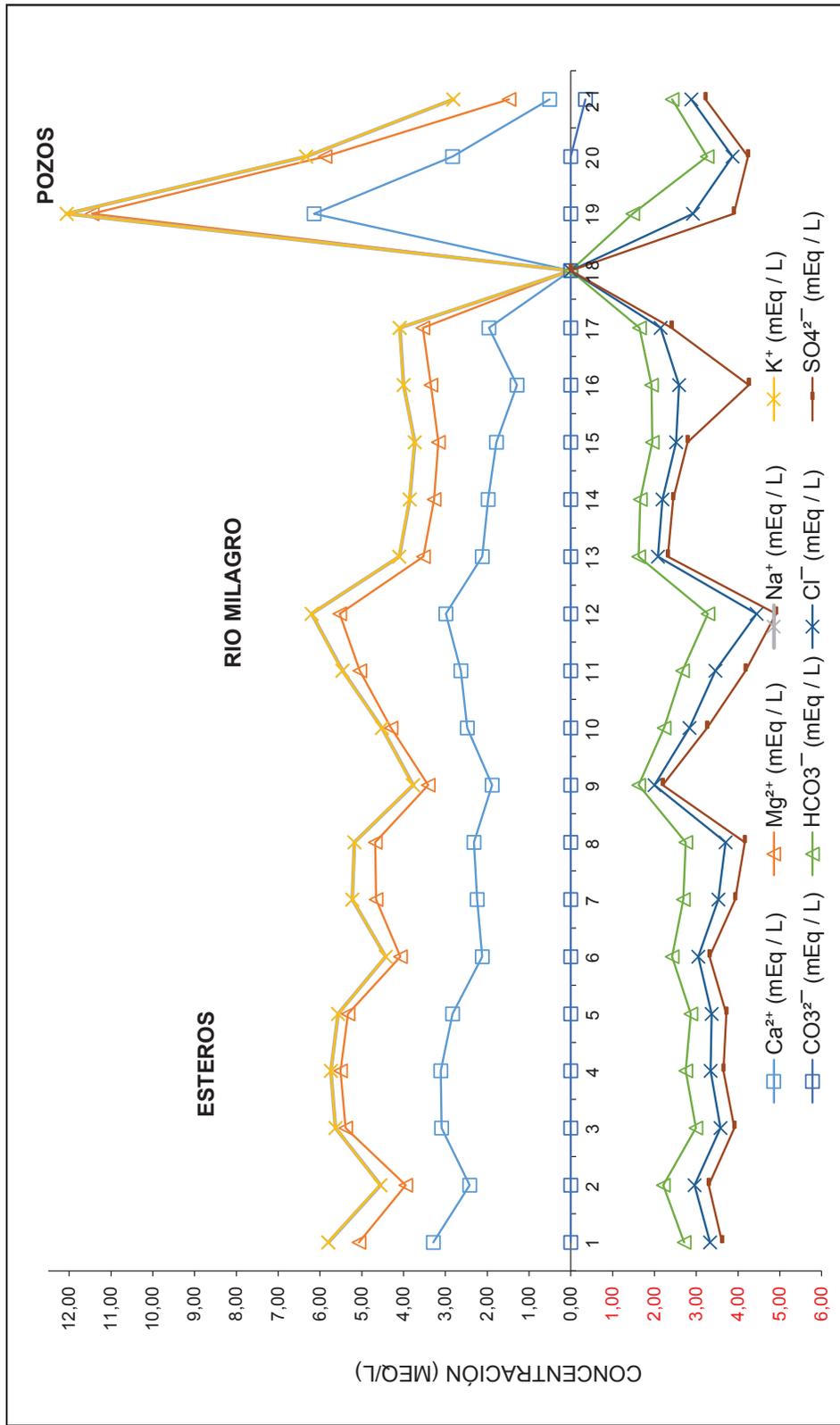
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

GRAFICO 4.12 CONCENTRACIONES INORGANICAS - DICIEMBRE 2015



ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

GRÁFICO 4.13 CONCENTRACIONES INORGANICAS - MARZO 2016



ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Para resumir los resultados obtenidos de las gráficas anteriormente presentadas se realizó el Cuadro 4.15 , donde se describen las fechas y épocas del muestreo, y en cada una de ellas consta el catión y anión predominante obtenido; además se realizó un análisis sobre el sector dentro del sistema hidrográfico que presenta la mayor cantidad de iones, para lo cual se dividió al cantón en tres sectores que son los canales y esteros que ingresan al cantón y además representan la zona rural, la zona urbana que es atravesada por el río Milagro, y el sector donde se ubican los pozos del recinto Banco de Arenas y Las Avispas.

CUADRO 4.15 ANALISIS SOBRE LA PRESENCIA DE IONES EN EL SISTEMA HIDROGRÁFICO

GRAFICO	MES	AÑO	EPOCA	PRESENCIA DE IONES					
				PREDOMINANTE		SECTORES			
				CATION	ANION	INGRESO	URBANA	POZOS	
M1	4.9	Noviembre	2012	Intermedia	Ca ²⁺	Cl ⁻ HCO ₃ ⁻	Media	Baja	Alta
M2	4.10	Junio	2013	Verano	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Alta	Baja	Media
M3	4.11	Septiembre	2015	Verano	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻	Media	Baja	Alta
M4	4.12	Diciembre	2015	Intermedia	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻	Media	Baja	Alta
M5	4.13	Marzo	2016	Invierno	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻	Media	Baja	Alta

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Del análisis del Cuadro 4.15 se obtuvo que los iones predominantes en todas las épocas de estudio fueron el Ca²⁺ y el HCO₃⁻, debido a la formación geológica por la que recorren las aguas del sistema hidrográfico del cantón Milagro ya que las lutitas y grauwacas son calizas cuyo principal componente es el CaCO₃. (Solís & Moreno, 2006); y la dilución del CaCO₃ implica la presencia de los iones Ca²⁺ y HCO₃⁻.

Mientras que los resultados geográficamente analizados mostraron que las mayores concentraciones de sales se encuentran en los pozos, debido a la presencia de agua salina bajo las aguas dulces, en la zonas costeras (Tarbuck & Lutgens, 2012). La zona rural donde ingresan los canales de riego y esteros al cantón presentó concentraciones más bajas que la zona de los pozos, pero más alta que la zona urbana; debido a la falta de servicio público de alcantarillado que hace que la población realice las descargas directamente a los cauces de las aguas superficiales (Milagro, 2013). El recorrido del río Milagro a través de la zona urbana

dentro del cantón, presentó concentraciones bajas en relación a los pozos y la zona rural; manifestando que el incremento de concentraciones se presenta únicamente por descargas de tipo puntual ya sea por aguas de uso doméstico o el uso excesivo de fertilizantes como es el caso del canal de riego del ingenio Valdez.

4.2.1.1 FUERZA IÓNICA

La fuerza iónica es una medida de la intensidad del campo eléctrico en una solución, donde a mayor concentración de electrolitos la fuerza iónica es mayor, favoreciendo la dilución (Gennaro R., 2003), y se calcula como indica la Ecuación 4.9.

$$\mu = \frac{1}{2} \sum c_i z_i^2 \quad (4.9)$$

Donde:

μ : Fuerza Iónica (mol/L)

c_j : Concentración (mol/L)

z_i : Valencia del ion

El valor de la fuerza iónica puede ser relacionado con el valor de conductividad eléctrica (Weiner R., 2008), así como también representa la salinidad de la solución (Sánchez, García, & Calvillo, 2016). Por lo que el valor de fuerza iónica relaciona de manera directa la presencia de la concentración de iones y la salinidad del agua.

En el Cuadro 4.16 se presentan los valores de fuerza iónica del muestreo realizado en noviembre de 2012, se observó que los valores más altos de fuerza iónica pertenecen a los pozos así como los valores más altos de conductividad eléctrica, lo que se interpreta como mayor presencia de sales debido a la clase de agua de los pozos de zonas costeras (Tarbuck & Lutgens, 2012).

**CUADRO 4.16 VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y FUERZA IÓNICA
– NOVIEMBRE 2012**

	PUNTO	CE μS/cm	FI mol/L
Canal Estero el Carrizal	1	53,70	0,0014
Canal Estero el Timálo	2	41,90	0,0011
Río Los Monos Cuenca Alta	3	60,30	0,0019
Río Los Monos Cuenca Media	4	59,50	0,0018
Río Los Monos Cuenca Baja	5	58,10	0,0016
Estero Belín Cuenca Alta	6	94,75	0,0015
Estero Belín Cuenca Media	7	95,10	0,0016
Estero Belín Cuenca Baja	8	98,45	0,0016
Estero Balneario Las Cataratas	9	41,60	0,0006
Río Milagro (Venecia Central)	10	41,90	0,0006
Río Milagro (Afluente Estero San Miguel)	11	42,65	0,0007
Río Milagro (Calle García Moreno)	12	45,80	0,0007
Río Milagro (Calle Luis Vargas Torres)	13	47,95	0,0008
Río Milagro (Calle 17 de Septiembre)	14	49,10	0,0008
Río Milagro (Camal Privado)	15	51,20	0,0021
Canal de Riego Ingenio Valdez	16	71,25	0,0016
Río Milagro (El Chobo)	17	61,05	0,0019
Pozo Vivero (Recinto Banco de Arena)	18	294,50	0,0062
Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	19	388,50	0,0083
Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	20	96,65	0,0024
Pozo Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	21	78,05	0,0025

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

En el Cuadro 4.17 se pueden observar los valores de fuerza iónica resultante del muestreo realizado en el mes de junio de 2013, y se evidenció que los valores más altos de fuerza iónica pertenecen a los puntos correspondientes a la cuenca media y baja del río Los Monos, así como los valores más altos de conductividad eléctrica que indican mayor presencia de sales en el agua como consecuencia de contaminación por fuentes no puntuales de actividades como la deforestación o escorrentía desde zonas agrícolas (E.S.A., 1998).

En el Cuadro 4.18 se muestran los valores de fuerza iónica obtenidas en el muestreo realizado el mes de septiembre de 2015, y se observó la existencia de un pico en el valor de fuerza iónica perteneciente al Pozo Recinto Banco de Arenas (Punto 19) así como el valor de su conductividad eléctrica es el más alto, denotando gran presencia de sales por las aguas marinas de las zonas costeras (Tarbuck & Lutgens, 2012). Los puntos del estero Belín poseen también valores altos de fuerza iónica y de conductividad eléctrica debido a fuentes no puntuales de contaminación,

derivada de actividades como la deforestación o escorrentía desde zonas agrícolas (E.S.A., 1998).

CUADRO 4.17 VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y FUERZA IÓNICA – JUNIO 2013

	PUNTO	CE μS/cm	FI mol/L
Canal Estero el Carrizal	1	-	-
Canal Estero el Timalo	2	527,50	0,0067
Río Los Monos Cuenca Alta	3	456,00	0,0057
Río Los Monos Cuenca Media	4	2050,50	0,0278
Río Los Monos Cuenca Baja	5	1878,50	0,0263
Estero Belín Cuenca Alta	6	699,00	0,0089
Estero Belín Cuenca Media	7	649,00	0,0089
Estero Belín Cuenca Baja	8	781,50	-
Estero Balneario Las Cataratas	9	573,00	0,0078
Río Milagro (Venecia Central)	10	290,00	0,0036
Río Milagro (Afluente Estero San Miguel)	11	290,00	0,0037
Río Milagro (Calle García Moreno)	12	385,50	0,0046
Río Milagro (Calle Luis Vargas Torres)	13	379,00	0,0046
Río Milagro (Calle 17 de Septiembre)	14	390,50	0,0048
Río Milagro (Camal Privado)	15	458,50	0,0056
Canal de Riego Ingenio Valdez	16	464,00	0,0062
Río Milagro (El Chobo)	17	458,00	0,0056
Pozo Vivero (Recinto Banco de Arena)	18	-	-
Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	19	480,00	0,0057
Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	20	-	-
Pozo Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	21	518,00	0,0061

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

En el Cuadro 4.19 se presentan los valores de fuerza iónica del muestreo realizado en el mes de diciembre de 2015, y se evidenció valores muy altos de fuerza iónica pertenecientes a los pozos del Recinto Banco de Arenas, así como el valor de la conductividad eléctrica como consecuencia de la presencia de sales provenientes de aguas marinas de la zona costera (Tarbuck & Lutgens, 2012). Otros valores altos le pertenecen a los puntos de la cuenca media y baja del estero Belín como resultado de contaminaciones de tipo no puntual resultado de deforestación o escorrentía desde zonas agrícolas (E.S.A., 1998).

**CUADRO 4.18 VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y FUERZA IÓNICA
– SEPTIEMBRE 2015**

	PUNTO	CE μS/cm	FI mol/L
Canal Estero el Carrizal	1	-	-
Canal Estero el Timalo	2	234,10	0,0046
Río Los Monos Cuenca Alta	3	329,20	0,0061
Río Los Monos Cuenca Media	4	315,50	0,0060
Río Los Monos Cuenca Baja	5	315,60	0,0060
Estero Belín Cuenca Alta	6	623,80	0,0097
Estero Belín Cuenca Media	7	624,50	0,0098
Estero Belín Cuenca Baja	8	512,60	0,0080
Estero Balneario Las Cataratas	9	215,50	0,0042
Río Milagro (Venecia Central)	10	337,80	0,0063
Río Milagro (Afluente Estero San Miguel)	11	294,50	0,0055
Río Milagro (Calle García Moreno)	12	264,30	0,0050
Río Milagro (Calle Luis Vargas Torres)	13	271,80	0,0052
Río Milagro (Calle 17 de Septiembre)	14	278,90	0,0053
Río Milagro (Camal Privado)	15	287,90	0,0054
Canal de Riego Ingenio Valdez	16	324,50	0,0057
Río Milagro (El Chobo)	17	284,70	0,0054
Pozo Vivero (Recinto Banco de Arena)	18	353,70	0,0068
Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	19	2281,00	0,0413
Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	20	362,30	0,0063
Pozo Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	21	334,00	0,0045

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

**CUADRO 4.19 VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y FUERZA IÓNICA
– DICIEMBRE 2015**

	PUNTO	CE μS/cm	FI mol/L
Canal Estero el Carrizal	1	140,80	0,0023
Canal Estero el Timalo	2	128,95	0,0021
Río Los Monos Cuenca Alta	3	174,45	0,0029
Río Los Monos Cuenca Media	4	171,70	0,0029
Río Los Monos Cuenca Baja	5	172,15	0,0029
Estero Belín Cuenca Alta	6	22,77	0,0051
Estero Belín Cuenca Media	7	330,60	0,0050
Estero Belín Cuenca Baja	8	359,95	0,0056
Estero Balneario Las Cataratas	9	131,00	0,0022
Río Milagro (Venecia Central)	10	237,10	0,0038
Río Milagro (Afluente Estero San Miguel)	11	171,65	0,0028
Río Milagro (Calle García Moreno)	12	147,40	0,0025
Río Milagro (Calle Luis Vargas Torres)	13	148,20	0,0025
Río Milagro (Calle 17 de Septiembre)	14	156,75	0,0026
Río Milagro (Camal Privado)	15	161,70	0,0028
Canal de Riego Ingenio Valdez	16	164,90	0,0027

CUADRO 4.19 CONTINUACION

	PUNTO	CE μS/cm	FI mol/L
Pozo Vivero (Recinto Banco de Arena)	18	249,90	0,0040
Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	19	-	-
Pozo Recinto Banco de Arenas (Prof. 20m)	20	260,65	0,0043
Pozo Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	21	158,30	0,0022

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

En el Cuadro 4.20 se muestran los valores de fuerza iónica del muestreo realizado el mes de marzo de 2016, y se observó que los valores más altos de fuerza iónica pertenecen a los pozos del Recinto Banco de Arenas, así como el valor de la conductividad eléctrica, como resultado de la presencia de sales de las aguas marinas dentro de las zonas costeras (Tarbuck & Lutgens, 2012). Otros valores altos fueron encontrados en los puntos 11 y 12 pertenecientes al río Milagro, consecuencia de fuentes puntuales de contaminación por descargas urbanas directas al cauce del río (E.S.A., 1998).

CUADRO 4.20: VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y FUERZA IÓNICA – MARZO 2016

	PUNTO	CE μS/cm	FI mol/L
Canal Estero el Carrizal	1	209,60	0,0074
Canal Estero el Timalo	2	171,05	0,0061
Río Los Monos Cuenca Alta	3	223,05	0,0077
Río Los Monos Cuenca Media	4	223,70	0,0077
Río Los Monos Cuenca Baja	5	223,00	0,0075
Estero Belín Cuenca Alta	6	189,35	0,0061
Estero Belín Cuenca Media	7	224,45	0,0072
Estero Belín Cuenca Baja	8	224,95	0,0073
Estero Balneario Las Cataratas	9	114,85	0,0048
Río Milagro (Venecia Central)	10	183,05	0,0063
Río Milagro (Afluente Estero San Miguel)	11	225,45	0,0078
Río Milagro (Calle García Moreno)	12	278,10	0,0087
Río Milagro (Calle Luis Vargas Torres)	13	125,60	0,0051
Río Milagro (Calle 17 de Septiembre)	14	127,75	0,0050
Río Milagro (Camal Privado)	15	130,85	0,0050
Canal de Riego Ingenio Valdez	16	157,95	0,0067
Río Milagro (El Chobo)	17	127,30	0,0052
Pozo Vivero (Recinto Banco de Arena)	18	-	-
Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	19	464,00	0,0142
Pozo Recinto Banco de Arenas (Prof. 20m)	20	249,55	0,0085
Pozo Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	21	180,10	0,0044

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Analizando los valores promedio de conductividad eléctrica y fuerza iónica por periodos de muestreo, se obtuvo que los meses de septiembre y junio (época de sequía) muestran los valores más altos de conductividad eléctrica y fuerza iónica debido a mayor concentración de estas especies, mientras que los meses de noviembre y diciembre (época intermedia) presentan los valores menores al igual que el mes de marzo (época de lluvias); con lo que se puede asumir que la presencia e incremento de precipitaciones permite la disminución de sales por dilución en las aguas superficiales debido al incremento del caudal en los cauces (Betancourt, J., *et al.*, 2011).

4.2.2 CONCENTRACIONES ORGÁNICAS

La demanda química de oxígeno es una medida que determina la cantidad total de materia orgánica, en términos de la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidarla a dióxido de carbono y agua. La medición de este parámetro está directamente relacionado con el grado de contaminación y con la naturaleza de la materia que compone los desechos sólidos y así permite estimar la proporción en materia orgánica (UTN, 2013).

Los sólidos pueden afectar la calidad del agua, dañando la vida acuática y reduciendo la penetración de la luz solar; es por ello que dentro de los parámetros necesarios para caracterizar el agua se determina la cantidad de sólidos totales disueltos volátiles que generalmente representa a la materia orgánica (Weiner R., 2008).

Para el análisis de las aguas del sistema hidrográfico del río Milagro dentro del cantón Milagro, se ha optado por tomar los rangos propuestos por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de México (INECC, 2008), presentados en el Cuadro 4.21.

CUADRO 4.21: CLASIFICACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL EN FUNCIÓN DEL VALOR DE DQO

CRITERIO	CLASIFICACIÓN
$DQO \leq 10$	EXCELENTE No contaminada
$10 < DQO < 20$	BUENA CALIDAD Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable.
$20 < DQO \leq 40$	ACEPTABLE Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.
$40 < DQO \leq 200$	CONTAMINADA Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
$DQO > 200$	FUERTEMENTE CONTAMINADA Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales

FUENTE: INECC, 2008

CUADRO 4.22 VALORES DE SDT_v Y DQO - SEPTIEMBRE 2015

PUNTO	NOMBRE	DQO mg/L	SDT _v mg/L
1	Canal Estero el Carrizal	-	-
2	Canal Estero el Timalo	27,0	13,12
3	Río Los Monos Cuenca Alta	<10	8,10
4	Río Los Monos Cuenca Media	<10	9,23
5	Río Los Monos Cuenca Baja	<10	8,00
6	Estero Belín Cuenca Alta	36,0	28,80
7	Estero Belín Cuenca Media	48,0	28,75
8	Estero Belín Cuenca Baja	<10	8,03
9	Estero Balneario Las Cataratas	21,0	14,09
10	Río Milagro (Venecia Central)	47,0	29,45
11	Río Milagro (Afluente Estero San Miguel)	30,0	26,21
12	Río Milagro (Calle García Moreno)	<10	8,00
13	Río Milagro (Calle Luis Vargas Torres)	31,0	30,10
14	Río Milagro (Calle 17 de Septiembre)	34,0	27,20
15	Río Milagro (Camal Privado)	<10	8,30
16	Canal de Riego Ingenio Valdez	977,0	106,24
17	Río Milagro (El Chobo)	20,0	16,00
18	Pozo Vivero (Recinto Banco de Arena)	<10	8,40
19	Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	30,0	24,00
20	Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	22,0	17,60
21	Pozo Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	<10	8,00

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

En el Cuadro 4.22 se presentan los valores de sólidos totales disueltos volátiles y demanda química de oxígeno de los puntos muestreados en septiembre de 2015.

Respecto a los resultados de SDTv se obtuvo que el mayor valor perteneció al punto del canal de riego del Ingenio Valdez que coincide con el valor más alto de DQO, debido a la presencia de vinaza como fertilizante para los cultivos de caña de azúcar. Las aguas del río Los Monos fueron aguas de excelente calidad; mientras que el resto de puntos muestreados se ubica en aguas de calidad aceptable, generada por vertidos urbanos y/o escurrimientos desde zonas agrícolas (Fuentes Rosa, *et.al.* 2015).

Los valores de sólidos totales disueltos volátiles y demanda química de oxígeno de los puntos muestreados en diciembre de 2015 se presentan en el Cuadro 4.23, y se obtuvo que el mayor valor de SDTv coincide con el mayor valor de DQO y pertenecen al Canal de Riego del Ingenio Valdez por la presencia de vinaza, dejando las aguas fuertemente contaminadas; para el caso del estero Belín en su cuenca alta y media, mostraron aguas de buena calidad debido al escurrimiento desde zonas agrícolas (Fuentes Rosa, *et.al.* 2015); mientras que el resto de puntos muestreados presentaron aguas de excelente calidad.

CUADRO 4.23 VALORES DE SDTv Y DQO - DICIEMBRE 2015

PUNTO	NOMBRE	DQO mg/L	SDT v mg/L
1	Canal Estero el Carrizal	<10	8,10
2	Canal Estero el Timalo	<10	8,04
3	Río Los Monos Cuenca Alta	<10	8,20
4	Río Los Monos Cuenca Media	<10	8,30
5	Río Los Monos Cuenca Baja	<10	9,50
6	Esteros Belín Cuenca Alta	25,0	20,00
7	Esteros Belín Cuenca Media	27,0	21,60
8	Esteros Belín Cuenca Baja	<10	8,04
9	Esteros Balneario Las Cataratas	<10	8,80
10	Río Milagro (Venecia Central)	<10	9,01
11	Río Milagro (Afluente Estero San Miguel)	<10	8,00
12	Río Milagro (Calle García Moreno)	<10	8,00
13	Río Milagro (Calle Luis Vargas Torres)	<10	7,44
14	Río Milagro (Calle 17 de Septiembre)	<10	8,02
15	Río Milagro (Camal Privado)	<10	9,00
16	Canal de Riego Ingenio Valdez	817,0	46,55
17	Río Milagro (El Chobo)	<10	8,20
18	Pozo Vivero (Recinto Banco de Arena)	<10	7,00
19	Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	-	-
20	Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	<10	8,02
21	Pozo Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	<10	8,10

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Los resultados del muestreo del mes de marzo de 2016 se muestran en el Cuadro 4.24, de donde se obtuvo que el mayor valor de SDTv se presentó en las aguas del Canal de Riego del Ingenio Valdez así como el valor más alto de DQO, representando aguas fuertemente contaminadas por la presencia de vinaza; el punto de la cuenca baja del estero Belín muestran aguas de buena calidad por presencia de escurrimiento desde zonas agrícolas (Fuentes Rosa, *et.al.* 2015); mientras que el resto de puntos muestreados presentaron aguas de excelente calidad.

CUADRO 4.24 VALORES DE SDTv Y DQO - MARZO 2016

PUNTO	NOMBRE	DQO mg/L	SDT v mg/L
1	Canal Estero el Carrizal	<10	8,00
2	Canal Estero el Timalo	10,0	8,80
3	Río Los Monos Cuenca Alta	<10	8,01
4	Río Los Monos Cuenca Media	<10	9,01
5	Río Los Monos Cuenca Baja	<10	8,20
6	Estero Belín Cuenca Alta	<10	8,03
7	Estero Belín Cuenca Media	<10	8,00
8	Estero Belín Cuenca Baja	14,0	11,20
9	Estero Bañeario Las Cataratas	<10	9,00
10	Río Milagro (Venecia Central)	<10	8,99
11	Río Milagro (Afluente Estero San Miguel)	<10	8,40
12	Río Milagro (Calle García Moreno)	<10	8,00
13	Río Milagro (Calle Luis Vargas Torres)	<10	9,08
14	Río Milagro (Calle 17 de Septiembre)	<10	8,10
15	Río Milagro (Camal Privado)	<10	8,00
16	Canal de Riego Ingenio Valdez	144,0	86,00
17	Río Milagro (El Chobo)	<10	8,01
18	Pozo Vivero (Recinto Banco de Arena)	-	-
19	Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	<10	7,00
20	Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	<10	7,03
21	Pozo Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	<10	8,10

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Las aguas que conforman el sistema hidrográfico del río Milagro se mantienen dentro de un rango de buena calidad a través del tiempo, es decir con poca presencia de materia orgánica. Al comparar los valores de DQO obtenidos en las distintas épocas de muestreo, se obtuvo variaciones descendentes de verano a invierno, disminuyendo el valor del DQO conforme la precipitación se va incrementando; debido a la autodepuración de los cauces por incremento del

caudal que diluye las concentraciones, y la turbulencia que aporta oxígeno diluido y favorece a la actividad microbiana (Ambientum, 2002).

4.3 ANALISIS MULTIVARIADO DE COMPONENTES PRINCIPALES DE LAS CONCENTRACIONES INORGÁNICAS

El análisis de componentes principales es una técnica estadística propuesta a principios del siglo XX por Hotelling (1933), basándose en los trabajos de Karl Pearson (1901) y en investigaciones sobre ajustes ortogonales por mínimos cuadrados. Definiendo el análisis de componentes principales como una técnica estadística de análisis multivariado que permite seccionar la información de un conjunto de p variables en m nuevas variables, permitiendo resumir la información mediante combinación lineal de las variables originales reduciendo la dimensión del problema (León G., Llinás S., & Tilano, 2008).

4.3.1 SELECCIÓN DEL NÚMERO DE COMPONENTES

De acuerdo a lo sugerido por Peña D. (2002), se debe mantener las siguientes reglas:

- Realizar un gráfico donde las ordenadas representan las raíces características y en las abscisas el número del componente en orden decreciente, realizando una poligonal al unir los puntos con una pendiente fuerte hasta llegar a un punto de ligera inclinación o zona de sedimentación por lo también se denomina como Gráfico de Sedimentación. Se retienen los componentes ubicados antes de la zona de sedimentación (Yengle R., 2012).
- Se debe seleccionar componentes hasta cubrir una proporción determinada de varianza como del 80% o del 90%.
- Desechar aquellos componentes cuyo Valor Propio sea inferior a 1.

4.3.2 INTERPRETACIÓN DE LOS COMPONENTES

Cuando existe una alta correlación positiva entre todas las variables, se puede interpretar como un promedio ponderado de todas las variables; siendo así interpretado como un factor global de “tamaño”. Mientras que los demás factores “de forma” tienen coordenadas positivas y negativas, implicando que contraponen unos grupos de variables frente a otros, dando a conocer que existen medias ponderadas de dos grupos de variables (Peña, 2002).

4.3.3 ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES INORGÁNICAS

Luego de procesar los datos de los valores de las concentraciones inorgánicas en cada punto de muestreo y para cada época de estudio, se obtuvieron las matrices de Valores Propios y de Varianza, así como los gráficos de Sedimentación y de Pesos de los Componentes por medio del software Minitab 17, y así se realizó el análisis correspondiente.

CUADRO 4.25: COMPONENTES PRINCIPALES - NOVIEMBRE 2012

V. Propios	5,2458	1,4054	1,0782
V. Acum.	0,583	0,739	0,859
Iones	PC1	PC2	PC3
Ca ²⁺	0,413	-0,021	-0,254
Mg ²⁺	0,410	-0,370	0,134
Na ⁺	0,407	0,123	0,148
K ⁺	0,332	0,392	0,172
HCO ₃ ⁻	0,209	0,449	0,446
Cl ⁻	0,397	0,140	0,056
SO ₄ ²⁻	0,399	0,154	-0,298
NO ₃ ⁻	0,093	0,593	0,285
PO ₄ ³⁻	0,127	0,481	-0,703

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

En el Cuadro 4.25 se presentan los resultados obtenidos a partir de las concentraciones del mes de noviembre de 2012, donde se visualiza que con el componente 3 se cubre el 85,9% de la variabilidad. Analizada la matriz de componentes se tuvo que el primer componente es un factor de tamaño, pues se trata de una media ponderada de todas las variables con mayor peso en los iones Ca²⁺, Mg²⁺ y Na⁺. El segundo componente presentó a los iones NO₃⁻ y PO₄³⁻ como

los de mayor correlación. El tercer componente tuvo al ion PO_4^{3-} con el mayor coeficiente de correlación.

Los resultados obtenidos a partir de las concentraciones del mes de junio de 2013, se muestran en el Cuadro 4.26, y dieron a conocer que con el componente 3 se cubre el 94,9% de la variabilidad. Analizada la matriz de componentes se obtuvo que el primer componente es un factor de tamaño cuyas variables con mayor peso son los cuatro cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ . El segundo componente presentó a los iones NO_3^- y PO_4^{3-} como los de mayor correlación. El tercer componente tuvo al ion PO_4^{3-} y HCO_3^- con los mayores coeficientes de correlación.

CUADRO 4.26: COMPONENTES PRINCIPALES - JUNIO 2013

V. Propios	6,0735	1,6801	0,7836
V. Acum.	0,675	0,862	0,949
Iones	PC1	PC2	PC3
Ca^{2+}	0,404	-0,021	0,092
Mg^{2+}	0,404	-0,008	0,047
Na^+	0,398	0,024	0,061
K^+	0,398	-0,003	-0,242
HCO_3^-	0,294	0,335	0,477
Cl^-	0,337	-0,350	-0,311
SO_4^{2-}	0,389	-0,049	-0,194
NO_3^-	-0,102	-0,664	-0,200
PO_4^{3-}	-0,046	0,566	-0,725

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHÓ LÓPEZ

En el Cuadro 4.27 se presentan los resultados obtenidos a partir de las concentraciones del mes de septiembre de 2015, donde el componente 3 representa el 84,3% de la variabilidad. Analizada la matriz de componentes se obtuvo que el primer componente es un factor de tamaño y cuyas variables con mayor peso son el catión Mg^{2+} y Ca^{2+} , y el anión Cl^- . El segundo componente presentó al anión PO_4^{3-} y catión Na^+ como los de mayor correlación. El tercer componente tuvo al anión CO_3^- y al catión K^+ con los mayores coeficientes de correlación.

CUADRO 4.27: COMPONENTES PRINCIPALES - SEPTIEMBRE 2015

V. Propios	4,5258	2,5438	1,3605
V. Acum.	0,453	0,707	0,843
Iones	PC1	PC2	PC3
Ca ²⁺	0,421	0,251	-0,128
Mg ²⁺	0,441	0,198	-0,062
Na ⁺	0,195	-0,496	-0,179
K ⁺	-0,019	0,122	0,543
CO ₃ ⁻	-0,102	-0,193	-0,630
HCO ₃ ⁻	0,417	-0,175	0,014
Cl ⁻	0,444	0,001	0,181
SO ₄ ²⁻	0,417	0,220	-0,203
NO ₃ ⁻	0,138	-0,417	0,426
PO ₄ ³⁻	0,128	-0,589	0,013

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Los resultados obtenidos a partir de las concentraciones del mes de septiembre de 2015 se presentan en el Cuadro 4.28, exponiendo que con el componente 3 cubre el 82,2% de la variabilidad. Al analizar la matriz de componentes se obtuvo que el primer componente es un factor de tamaño y cuyas variables con mayor peso son los aniones HCO₃⁻ y Cl⁻. El segundo componente presentó al catión Ca²⁺ como el de mayor correlación. El tercer componente tuvo al ion NO₃⁻ con el mayor coeficiente de correlación.

CUADRO 4.28: COMPONENTES PRINCIPALES - DICIEMBRE 2015

V. Propios	3,8243	1,9713	1,5996
V. Acum.	0,425	0,644	0,822
Iones	PC1	PC2	PC3
Ca ²⁺	0,269	-0,508	0,252
Mg ²⁺	0,429	-0,301	0,113
Na ⁺	0,367	0,444	-0,207
K ⁺	-0,010	-0,280	-0,636
HCO ₃ ⁻	0,485	-0,037	0,078
Cl ⁻	0,470	-0,063	-0,172
SO ₄ ²⁻	0,113	-0,337	-0,013
NO ₃ ⁻	-0,081	-0,206	-0,646
PO ₄ ³⁻	0,366	0,463	-0,151

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

En el Cuadro 4.29 se visualizan los resultados obtenidos a partir de las concentraciones del mes de marzo de 2016, donde se presentó que el componente

3 cubre el 84,3% de la variabilidad. Analizada la matriz de componentes se obtuvo que el primer componente es un factor de tamaño y cuyas variables con mayor peso son los cationes Ca^{2+} y Mg^{2+} . El segundo componente presentó al catión Na^+ como el de mayor correlación. El tercer componente tuvo al catión K^+ con el mayor coeficiente de correlación.

CUADRO 4.29: COMPONENTES PRINCIPALES - MARZO 2016

V. Propios	3,3885	1,8609	1,2925	1,0428
V. Acum.	0,377	0,583	0,727	0,843
Iones	PC1	PC2	PC3	PC4
Ca^{2+}	0,476	-0,035	0,101	-0,338
Mg^{2+}	0,496	0,162	0,035	-0,144
Na^+	-0,250	0,553	-0,106	-0,401
K^+	-0,353	-0,096	0,261	-0,576
HCO_3^-	0,155	-0,180	-0,754	0,093
Cl^-	0,422	0,342	-0,052	-0,192
SO_4^{2-}	0,225	0,403	0,185	0,198
NO_3^-	0,123	-0,388	-0,265	-0,533
PO_4^{3-}	-0,268	0,442	-0,484	-0,061

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Dentro de los componentes principales de cada uno de los muestreos se pudo visualizar que el catión Ca^{2+} y el anión HCO_3^- se encuentran en el grupo de iones que representan al sistema hidrográfico del río Milagro, confirmando que son los iones predominantes como consecuencia de la composición geológica por la cual atraviesan las aguas, y dichos iones son productos de la dilución del CaCO_3 (Sánchez, García, & Calvillo, 2016).

4.4 VARIACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES INORGÁNICAS EN RELACIÓN A LA PLUVIOSIDAD

En el presente trabajo se obtuvieron valores de concentraciones inorgánicas en 21 puntos dentro del sistema hidrográfico del río Milagro, realizados en meses representativos de las épocas de invierno y verano, y una época intermedia entre los extremos, con el objetivo de determinar la existencia de algún tipo de relación entre las variables Concentración vs. Precipitación. A continuación el Cuadro 4.30 presenta los resultados de la suma de concentraciones inorgánicas en cada uno de

los puntos muestreados y los valores de precipitaciones registrados en el mes y año del muestreo.

CUADRO 4.30: VALORES DE PRECIPITACIÓN Y CONCENTRACIONES INORGÁNICAS TOTALES

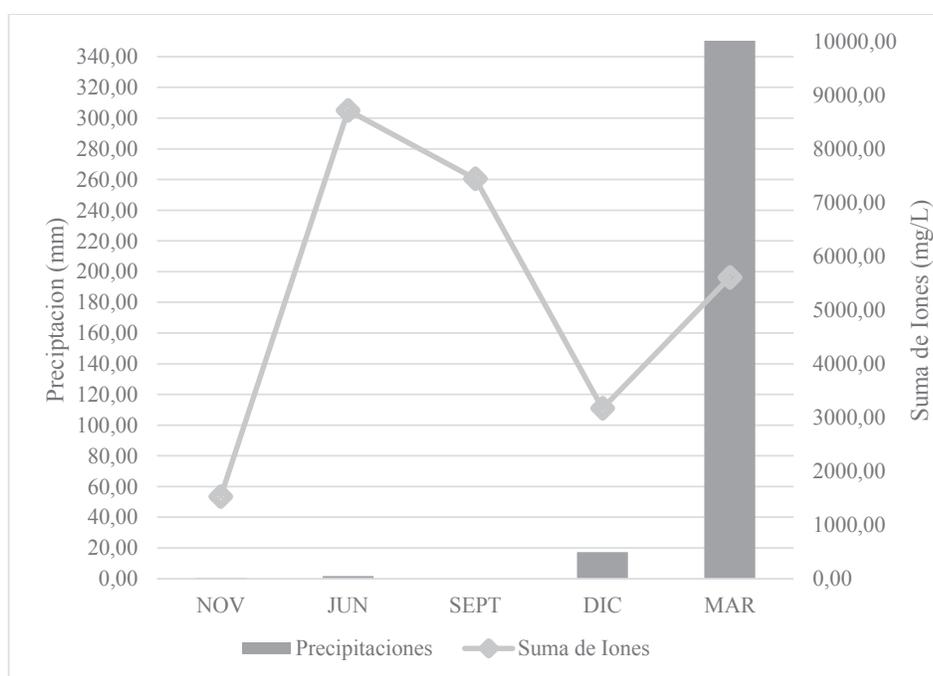
		MUESTREO	M1	M2	M3	M4	M5
		MES	NOV	JUN	SEPT	DIC	MAR
		AÑO	2012	2013	2015	2015	2016
		PRECIPITACION (mm)	0,40	1,60	0,00	17,30	823,20
PTOS	NOMBRE	CONCENTRACIÓN INORGÁNICA (mg/L)					
1	Canal Estero el Carrizal	50,11	0,00	0,00	107,28	309,89	
2	Canal Estero el Timalo	38,53	419,67	222,69	98,61	263,56	
3	Río Los Monos Cuenca Alta	63,28	374,21	298,88	147,75	318,12	
4	Río Los Monos Cuenca Media	61,94	1500,18	298,91	139,87	304,06	
5	Río Los Monos Cuenca Baja	56,17	1278,04	301,67	139,19	305,82	
6	Estero Belín Cuenca Alta	70,78	550,06	513,89	265,46	259,90	
7	Estero Belín Cuenca Media	70,17	447,86	521,22	263,18	303,02	
8	Estero Belín Cuenca Baja	72,24	552,12	416,67	289,54	314,00	
9	Estero Balneario Las Cataratas	28,95	422,75	197,80	104,12	188,69	
10	Río Milagro (Venecia Central)	27,04	176,42	298,66	177,43	256,96	
11	Río Milagro (Afluente Estero San Miguel)	29,55	241,29	276,89	133,64	320,97	
12	Río Milagro (Calle García Moreno)	31,99	250,39	244,48	118,37	372,91	
13	Río Milagro (Calle Luis Vargas Torres)	34,67	291,06	251,31	116,89	201,59	
14	Río Milagro (Calle 17 de Septiembre)	35,65	324,68	257,43	126,41	203,42	
15	Río Milagro (Camal Privado)	67,12	339,40	269,57	136,42	219,96	
16	Canal de Riego Ingenio Valdez	63,08	346,90	286,20	132,58	289,65	
17	Río Milagro (El Chobo)	61,60	372,25	263,84	128,62	205,18	
18	Pozo Vivero (Recinto Banco de Arena)	208,70	0,00	329,81	198,76	0,00	
19	Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	287,98	403,85	1555,27	0,00	391,94	
20	Pozo Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	85,60	0,00	322,82	203,02	345,63	
21	Pozo Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	82,25	425,12	314,00	140,63	229,57	
SUMA:		1527,41	8716,24	7442,00	3167,79	5604,87	
PROMEDIO:		72,73	415,06	354,38	150,85	266,90	

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

A partir de los valores expuestos en el Cuadro 4.30 se realizó un diagrama que representa los valores de las precipitaciones y las concentraciones totales presentes en cada una de épocas de muestreo. En el Gráfico 4.14 se aprecia que en los meses de junio y septiembre, que representan el verano, se obtuvieron las

mayores concentraciones inorgánicas. Para los meses de diciembre y noviembre, que representan a la época de transición de verano a invierno, se obtuvo los valores más bajos de concentración, debido a la dilución resultado del incremento de caudal en los cauces por las aguas lluvias (Lecomte, *et al.*, 2011). Para la época de invierno, en el mes de marzo, el valor de las concentraciones inorgánicas totales se encontró entre los valores de verano y los de la época intermedia, como resultado del aporte atmosférico del agua de lluvia (Mora, *et al.*, 2008).

GRÁFICO 4.14: CONCENTRACIONES Y PRECIPITACIONES SEGÚN LOS MESES DE MUESTREO



ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

De los resultados obtenidos se trató de determinar alguna relación entre las variables precipitación y concentraciones, pero como se observa en el Cuadro 4.33 se tienen 21 valores de concentraciones para los cinco meses de muestreo (105 datos), mientras que se tienen solo cinco valores de precipitaciones para cada mes muestreado; por lo que se recurrió a la creación de mapas de distribución mediante la aplicación del comando IDW (Promedio de distancia ponderada) del software ArcGis 10.1, por tratarse de un modelo determinístico que arroja información a partir de datos conocidos con certeza (Eppen, *et al.* 2000). El procedimiento realizado

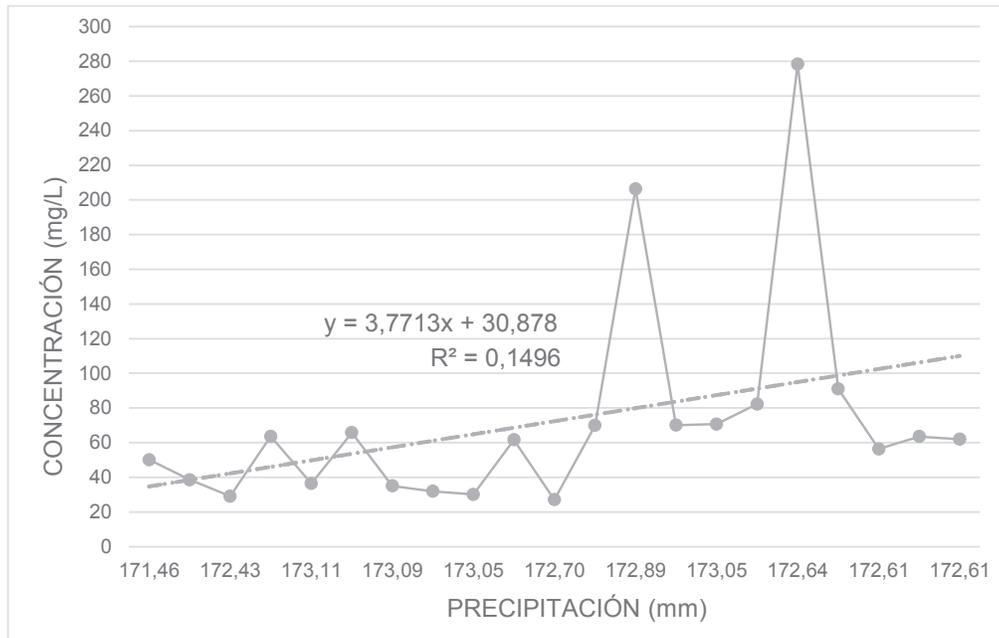
con el uso del IDW, fue crear interpolaciones espaciales en función de los datos de concentración y precipitación originales; se realizaron dos pares de mapas de distribución para cada uno de los meses de muestreo, y a partir de esas representaciones se pudo obtener los valores de precipitación de capa época para los 21 puntos de muestreo.

Para establecer la presencia de algún tipo de relación matemática entre las variables de precipitación y concentraciones se procedió a la creación de diagramas de dispersión, ya que es una forma de definir si existe o no una relación causa y efecto entre dos variables (Estuardo, 2012). Es así que para la generación de los valores de precipitación correspondiente a los 21 puntos de muestreo de cada mes de análisis, a partir de los mapas de distribución elaborados por medio de IDW y con el uso del comando SAMPLE del software ArcGis 10.1 se obtuvo una tabla de valores como resultado de la interpolación a partir de los datos originales de precipitación provistos por el INAMHI.

A partir de las tablas de valores de precipitación en los 21 puntos de muestreo con sus correspondientes valores de concentración total inorgánica, se realizó en Excel diagramas de dispersión entre las dos variables, y luego se definió la Línea de Ajuste Lineal, ya que la linealidad es un supuesto en todas las técnicas estadísticas multivariantes y permite determinar el modelo que se detecta que ajuste mejor a las variables de estudio; es decir que de manera gráfica se puede detectar el tipo de no linealidad presente en los datos (Pérez I., 2004).

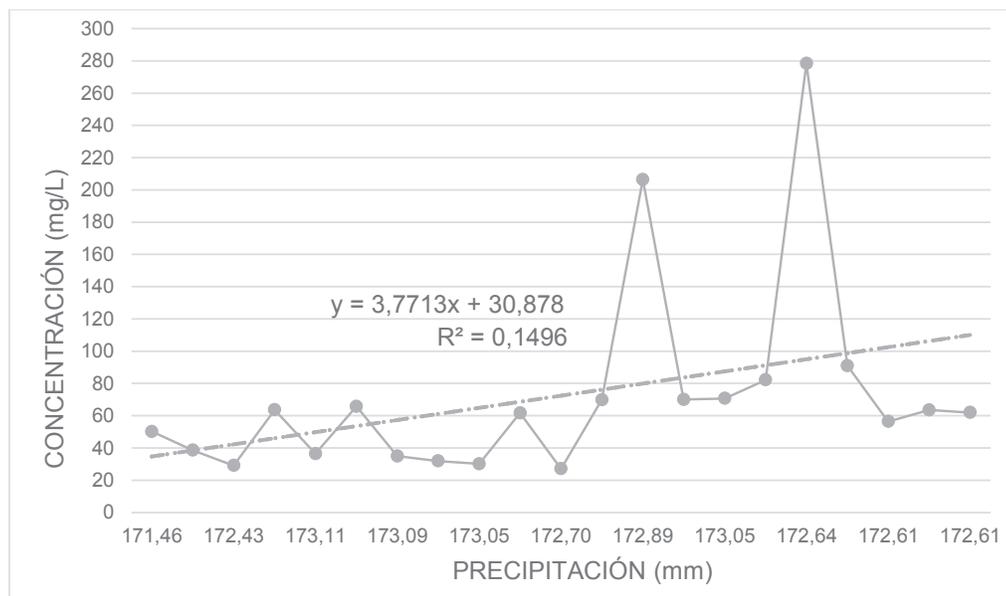
En los Gráficos 4.15, 4.16, 4.17 y 4.18 se presentan los diagramas de dispersión correspondientes a los muestreos de cada mes, de donde se analizaron el tipo y grado de correlación lineal.

GRÁFICO 4.15 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PRECIPITACIÓN vs. CONCENTRACIONES - NOVIEMBRE 2012



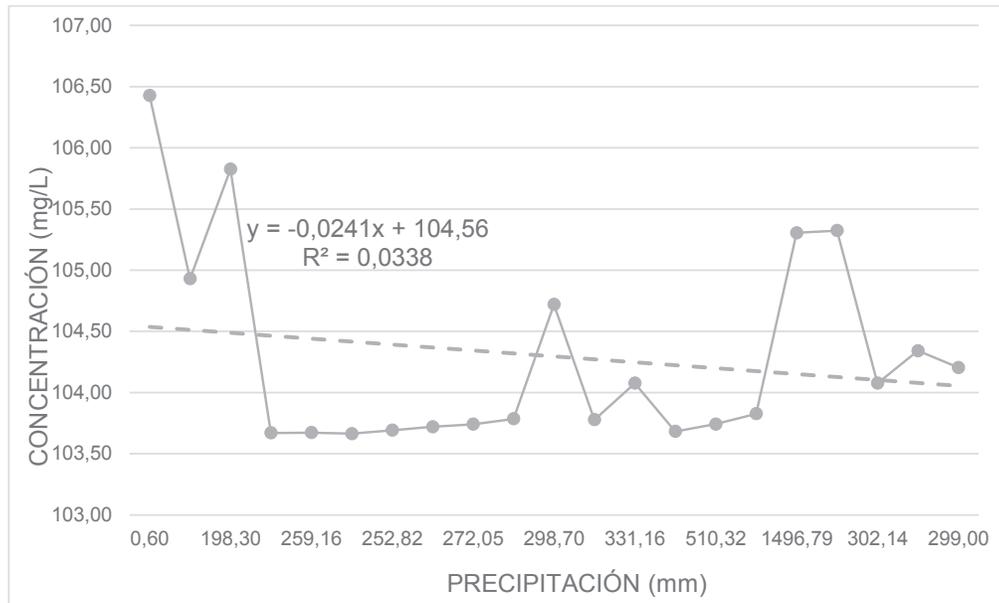
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

GRAFICO 4.16 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PRECIPITACIÓN vs. CONCENTRACIONES - JUNIO 2013



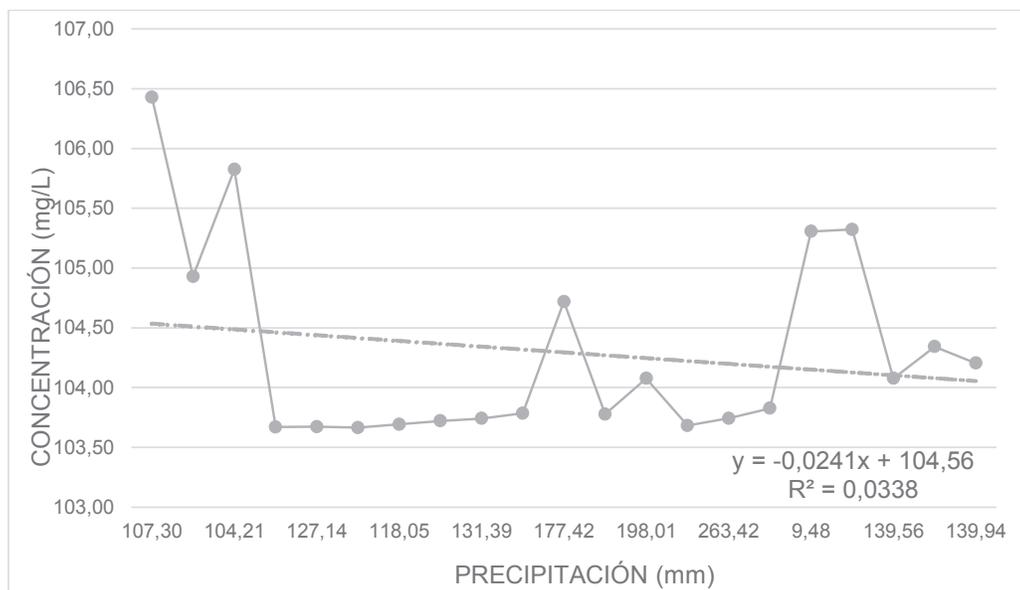
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

GRAFICO 4.17 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PRECIPITACIÓN vs. CONCENTRACIONES - SEPTIEMBRE 2015



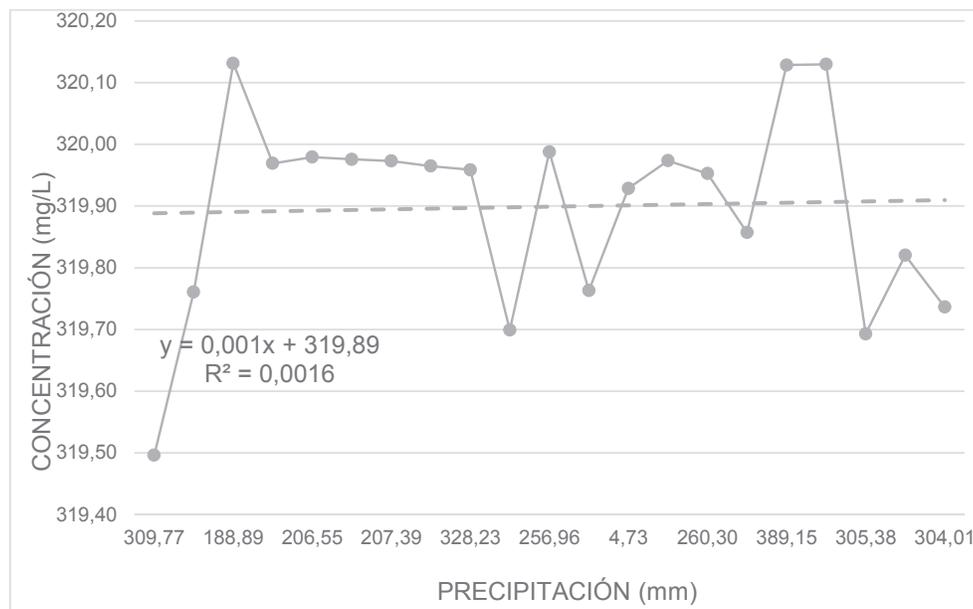
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

GRAFICO 4.18 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PRECIPITACIÓN vs. CONCENTRACIONES - DICIEMBRE 2015



ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

GRAFICO 4.19 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PRECIPITACIÓN vs. CONCENTRACIONES - MARZO 2016



ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Desde las Gráficas de dispersión de los cinco muestreos se recoge el valor de la ecuación de la línea de ajuste tipo $y=a*x+b$, y también se presenta el valor del coeficiente de correlación que denota el grado de correlación entre las variables a medida que se acerque a 1 y donde el signo que antecede al valor “r” muestra si la relación existente entre variables es de tipo creciente (+) o decreciente (-) (Montanero, 2000).

CUADRO 4.31 RESUMEN DE LOS DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN

MUESTREO	MES	AÑO	ECUACION	r
M1	Noviembre	2012	$y = 3,77x + 30,88$	0,38
M2	Junio	2013	$y = 3,77x + 30,88$	0,19
M3	Septiembre	2015	$y = -0,024x + 104,56$	0,18
M4	Diciembre	2015	$y = -0,02x + 104,56$	0,18
M5	Marzo	2016	$y = 0,001x + 319,89$	0,04

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Del Cuadro 4.31 pudimos obtener que la nube de puntos generada por las variables de precipitación y concentración de los cinco muestreos, presentaron una correlación creciente pero un bajo grado de correlación lineal debido a que el valor de la concentración de especies inorgánicas no solo depende de la dilución por

incremento de caudal sino también de factores como la temperatura, escorrentía, prácticas agrícolas y erosión del suelo (INE, 2008).

4.5 ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO CON RELACIÓN A LA NORMATIVA VIGENTE

El sistema hidrográfico del río Milagro dentro del cantón Milagro, presta sus recursos para actividades como la de consumo humano y riego en el caso de los pozos, mientras que los ríos y esteros que ingresan al cantón sirven para el riego de los cultivos, desde el río Milagro se crean canales de riego; por lo que siendo el cultivo la actividad principal de uso del recurso agua, se realizó el análisis de la calidad de las aguas en referencia a lo requerido para el riego.

Según explica la FAO (1989), el agua utilizada para riego varía en su calidad dependiendo de la cantidad de sales disueltas, y al ser irrigadas con el agua y posterior a la evaporación, permanecen en el suelo. La calidad óptima del agua para riego no está dada solo por la cantidad de sales sino también por el tipo de sales presentes y la posible problemática que podría desarrollar a largo plazo, por ejemplo en el suelo lo más común son efectos relacionados con la salinidad, velocidad de infiltración del agua y toxicidad; por lo que la FAO propone una guía para evaluar la calidad del agua destinado para el riego (Cuadro 4.31), guía que además es optada por la legislación ecuatoriana en el Anexo IV del Texto Unificado de Legislación Ambiental.

CUADRO 4.32 PARÁMETROS DE LOS NIVELES DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN		
		NINGUNO	LIGERO-MODERADO	SEVERO
SALINIDAD:				
CE	Milimhos/cm	<0,7	0,7 - 0,30	> 3,00
SDT	mg/L	450,00	450 - 2000	> 2000,00
INFILTRACIÓN:				
RAS=0-3 y CE		0,70	0,7 - 0,2	< 0,20
RAS=3-6 y CE		1,20	1,2 - 0,3	< 0,30
RAS=6-12 y CE		1,90	1,9 - 0,5	< 0,50
RAS=12-20 y CE		2,90	2,9 - 1,3	< 1,33
RAS=20-40 y CE		5,00	5 - 2,9	< 2,90
TOXICIDAD POR ION ESPECIFICO				
- SODIO				
Irrigación superficial				
RAS		< 3	3 - 9	> 9
Aspersión	meq/L	< 3	> 3	
- CLORUROS				
Irrigación superficial	meq/L	< 4	4 - 10	> 10
Aspersión	meq/L	< 3	> 3	
- BORO	mg/L	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3
EFFECTOS MISCELANEOS				
- NITRÓGENO (N-NO3)	mg/L	5,00	5 - 30	> 30
- BICARBONATO (HCO3)	meq/L	1,50	1,5 - 8,5	> 8,5
PH	Rango Normal	6,50 - 8,40		

FUENTE: FAO, 1989

Conforme a los valores presentados en el Cuadro 4.32, se realizó el análisis de los resultados obtenidos en cada punto de muestreo para las distintas épocas y así evaluar la calidad del agua para riego del sistema hidrográfico del río Milagro.

A continuación en el Cuadro 4.33, se muestra la calificación de las aguas conseguidas en el muestreo del mes de noviembre de 2012 que representa la época intermedia entre invierno y verano, y se obtuvo que en general las aguas son de buena calidad para el riego al no presentar restricciones de uso, a excepción del punto 19 del pozo de Banco de Arenas que indica una restricción severa con relación a la conductividad eléctrica denotando alta salinidad.

En el Cuadro 4.34, contiene la evaluación de las aguas conseguidas en el muestreo del mes de junio de 2013 que representa la época de verano, y se obtuvo que con

respecto al muestreo de 2012 las aguas disminuyeron su calidad, pero en general las aguas siguen manteniendo buena calidad para el riego al no presentar mayores restricciones de uso, a excepción de la conductividad eléctrica que denota excesiva salinidad en la mayoría de los puntos de muestreo.

En el Cuadro 4.35, se presenta la evaluación de las aguas conseguidas en el muestreo del mes de septiembre de 2015 que representa la época de verano, y se obtuvo que con respecto al muestreo de verano de 2013 las aguas mantienen su calidad, y en general las aguas son de buena calidad para el riego al no presentar mayores restricciones de uso, a excepción de la conductividad eléctrica que denota excesiva salinidad en el río Los Monos, estero Belín y los pozos.

La evaluación de los resultados del muestreo del mes de diciembre del año 2015 (época intermedia) se presentan en el Cuadro 4.36, y se obtuvo que con respecto al muestreo de verano de 2015 las aguas han mejorado su calidad, y por otra parte al comparar con los resultados del mes intermedio del año 2012 la calidad se mantiene pero se ha incrementado un poco la salinidad. En general las aguas son de buena calidad para el riego al no presentar mayores restricciones de uso, a excepción de la conductividad eléctrica que denota excesiva salinidad en la cuenca media y baja del estero Belín.

CUADRO 4.33 EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESPECTO A RIEGO - NOVIEMBRE 2012

PUNTO	NOMBRE	GRADO DE RESTRICCIÓN							
		SALINIDAD		CE	TOXICIDAD		EFECTOS MISCELÁNEOS		
		SDT			Na ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	
1	Canal Estero el Carrizal	Ninguna		Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
2	Canal Estero el Timalo	Ligera a Moderada		Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
3	Cuenca Alta	Ninguna		Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
4	Cuenca Media	Ninguna		Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
5	Cuenca Baja	Ligera a Moderada		Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
6	Cuenca Alta	Ninguna		Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
7	Cuenca Media	Ninguna		Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
8	Cuenca Baja	Ninguna		Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
9	Esterio Bañeario Las Cataratas	Ninguna		Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
10	Venezia Central	Ninguna		Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
11	Afluente Estero San Miguel	Ninguna		Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
12	Calle García Moreno	Ninguna		Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
13	Calle Luis Vargas Torres	Ninguna		Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
14	Calle 17 de Septiembre	Ninguna		Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
15	Camal Privado	Ninguna		Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
16	Canal de Riego Ingenio Váldez	Ninguna		Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada	Ninguna
17	El Chobo	Ninguna		Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada	Ninguna
18	Vivero (Recinto Banco de Arena)	Ligera a Moderada		Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
19	Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	Ninguna		Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
20	Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	Ninguna		Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
21	Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	Ninguna		Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

CUADRO 4.34 EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESPECTO A RIEGO - JUNIO 2013

PUNTO	NOMBRE	GRADO DE RESTRICCIÓN						EFECTOS MISCELÁNEOS	
		SALINIDAD		TOXICIDAD		Na ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻
		SDT	CE						
1	ESTEROS								
2	Canal Estero el Carrizal Canal Estero el Timalo	- Ninguna	- Severo	- Ninguna	- Ninguna	- Ninguna	- Ninguna	- Ninguna	- Ligera a moderada
3	Cuenca Alta	Ligera a Moderada	Severo	Ninguna	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
4	Cuenca Media	Ligera a Moderada	Severo	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ninguna	Severa
5	Cuenca Baja	Ninguna	Severo	Ligera a Moderada	Severa	Ligera a Moderada	Severa	Ninguna	Ligera a moderada
6	Cuenca Alta	Ninguna	Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
7	Cuenca Media	Ninguna	Severo	Ninguna	Ninguna	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ninguna	Ligera a moderada
8	Cuenca Baja	Ligera a Moderada	Severo	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Severa	Ligera a moderada
9	Esterio Bañeario Las Cataratas	Ninguna	Severo	Ninguna	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ninguna	Ligera a moderada
10	Venecia Central	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna
11	Afluente Estero San Miguel	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
12	Calle García Moreno	Ninguna	Severo	Ninguna	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ligera a moderada	Ninguna
13	Calle Luis Vargas Torres	Ninguna	Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
14	Calle 17 de Septiembre	Ninguna	Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
15	Camal Privado	Severo	Severo	Ninguna	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ninguna	Ligera a moderada
16	Canal de Riego Ingenio Váidez	Ninguna	Severo	Ninguna	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ligera a Moderada	Ninguna	Ligera a moderada
17	El Chobo	Ninguna	Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
18	Vivero (Recinto Banco de Arena)	-	-	-	-	-	-	-	-
19	Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	Ninguna	Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
20	Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	Ninguna	Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

Con los resultados del muestreo del mes de marzo de 2016 se creó el Cuadro 4.37, donde se presenta la evaluación de las aguas en la época de invierno, y se obtuvo que con respecto al muestreo de verano de 2015 las aguas han mejorado su calidad, así como sucede al compararlo con la evaluación del muestreo de la época intermedia de 2015. En general las aguas son de buena calidad para el riego al no presentar restricciones de uso, a excepción de la conductividad eléctrica que denota excesiva salinidad en el pozo de Banco de Arenas.

Analizando las evaluaciones de la calidad de las aguas obtenida en las épocas de muestreo del sistema hidrográfico del río Milagro, se tuvo que entre épocas la calidad mejora de verano a invierno, probablemente por la presencia de precipitaciones que favorecen la dilución de las sales (Lecomte, *et al.*, 2011); y en general, las aguas cumplen con lo requerido por la legislación ecuatoriana para ser utilizadas como agua de riego.

CUADRO 4.35 EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESPECTO A RIEGO - SEPTIEMBRE 2015

PUNTO	NOMBRE	GRADO DE RESTRICCIÓN						EFECTOS MISCELÁNEOS	
		SALINIDAD		TOXICIDAD		Na ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻
		SDT	CE						
1	Canal Estero el Carrizal	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Canal Estero el Timalo	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
3	Cuenca Alta	Ninguna	Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
4	Cuenca Media	Ninguna	Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
5	Cuenca Baja	Ninguna	Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
6	Cuenca Alta	Ninguna	Severo	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ligera a Moderada	Ligera a moderada	Ligera a moderada
7	Cuenca Media	Ninguna	Severo	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ligera a Moderada	Ligera a moderada	Ligera a moderada
8	Cuenca Baja	Ninguna	Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
9	Esteros Bañeario Las Cataratas	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
10	Venecia Central	Ninguna	Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
11	Afluente Estero San Miguel	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
12	Calle García Moreno	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
13	Calle Luis Vargas Torres	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
14	Calle 17 de Septiembre	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
15	Camal Privado	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
16	Canal de Riego Ingenio Váidez	Ninguna	Severo	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ligera a moderada
17	El Chobo	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
18	Vivero (Recinto Banco de Arena)	Ninguna	Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
19	Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	Ligera a Moderada	Severo	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ligera a moderada
20	Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	Ninguna	Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
21	Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	Ninguna	Severo	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

CUADRO 4.36: EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESPECTO A RIEGO - DICIEMBRE 2015

PUNTO	NOMBRE	GRADO DE RESTRICCIÓN							
		SALINIDAD		TOXICIDAD			EFECTOS MISCELÁNEOS		
		SDT	OE	Na ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻		
1	ESTEROS	Canal Estero el Carrizal	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
2		Canal Estero el Tímalo	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
3	RIO LOS MONOS	Cuenca Alta	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
4		Cuenca Media	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
5		Cuenca Baja	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
6		Cuenca Alta	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
7	ESTERO BELÍN	Cuenca Media	Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
8		Cuenca Baja	Severo	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
9		Esteros Balneario Las Cataratas	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
10		Veneçia Central	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
11		Afluente Estero San Miguel	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
12		Calle García Moreno	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
13	RÍO MILAGRO	Calle Luis Vargas Torres	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
14		Calle 17 de Septiembre	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
15		Carnal Privado	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
16		Canal de Riego Ingenio Váldez	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
17		El Chobo	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
18		Vivero (Recinto Banco de Arena)	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
19		Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	-	-	-	-	-	-	-
20	POZOS	Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
21		Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

CUADRO 4.37: EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESPECTO A RIEGO - MARZO 2016

PUNTO	NOMBRE	GRADO DE RESTRICCIÓN						
		SALINIDAD		TOXICIDAD			EFECTOS MISCELÁNEOS	
		SDT	CE	Na ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	
1	Canal Estero el Carrizal	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
2	Canal Estero el Timalo	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
3	Cuenca Alta	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
4	Cuenca Media	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
5	Cuenca Baja	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
6	Cuenca Alta	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
7	Cuenca Media	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
8	Cuenca Baja	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
9	Esteros Bañeario Las Cataratas	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
10	Venezia Central	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
11	Afluente Estero San Miguel	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
12	Calle García Moreno	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ligera a moderada
13	Calle Luis Vargas Torres	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
14	Calle 17 de Septiembre	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
15	Camal Privado	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
16	Canal de Riego Ingenio Váidez	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
17	El Chobo	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
18	Vivero (Recinto Banco de Arena)	-	-	-	-	-	-	-
19	Recinto Banco de Arenas (Profundidad 2m)	Ligera a Moderada	Severo	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna
20	Recinto Banco de Arenas (Profundidad 20m)	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada
21	Recinto Las Avispas (Profundidad 60m)	Ninguna	Ligera a Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera a moderada

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

4.6 MAPAS DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CONCENTRACIONES

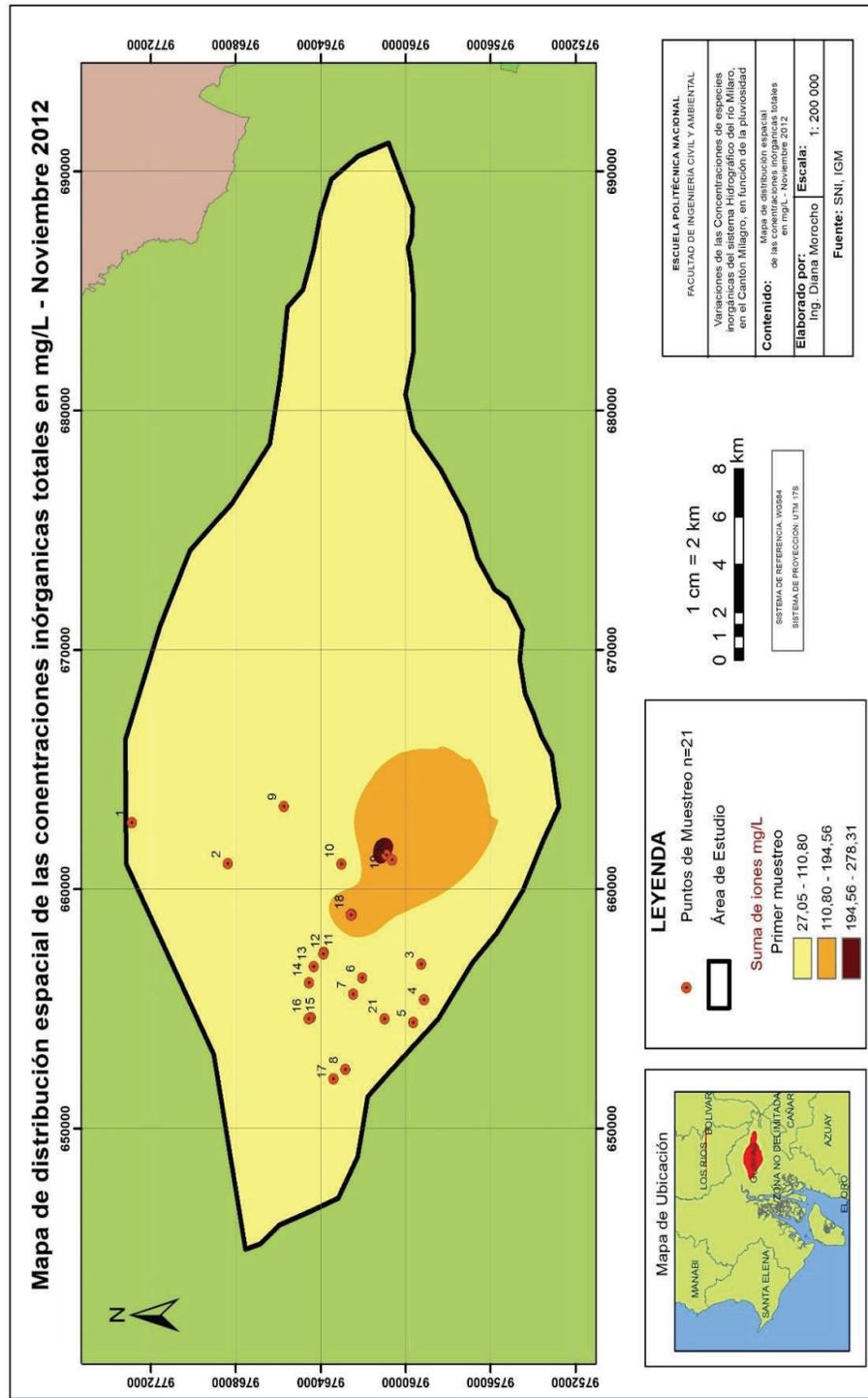
Los mapas de distribución espacial son representaciones gráficas que permiten manipular la información espacial para poder extraer información nueva y significativa partiendo de los datos originales, por medio de las aplicaciones IDW y Krigging del software ArcGis.

Para el presente trabajo se utilizó la aplicación IDW, debido a que el distanciamiento entre los puntos de muestreo es mayor a 100 m y no es posible obtener variogramas para la realización del Krigging (Villatorio, M. *et al.* 2008). El método IDW realiza la interpolación mediante distancia inversa ponderada que determina los valores de celda a través de una combinación ponderada lineal de un conjunto de puntos de muestra (ArcGis, 2016); presentando como datos la ubicación geográfica de cada punto de muestreo y la sumatoria de los iones medidos.

En la Figura 4.1 se visualiza la distribución de las concentraciones inorgánicas correspondientes al muestreo realizado el mes de noviembre de 2012 (época intermedia), se pudo apreciar que la mayor área del sistema hidrográfico posee concentraciones valoradas entre 27,05 a 110,80 mg/L, mientras que la zona correspondiente a los pozos de Las Avispas y Banco de Arenas mostró concentraciones de entre 110,80 a 194,56 mg/L.

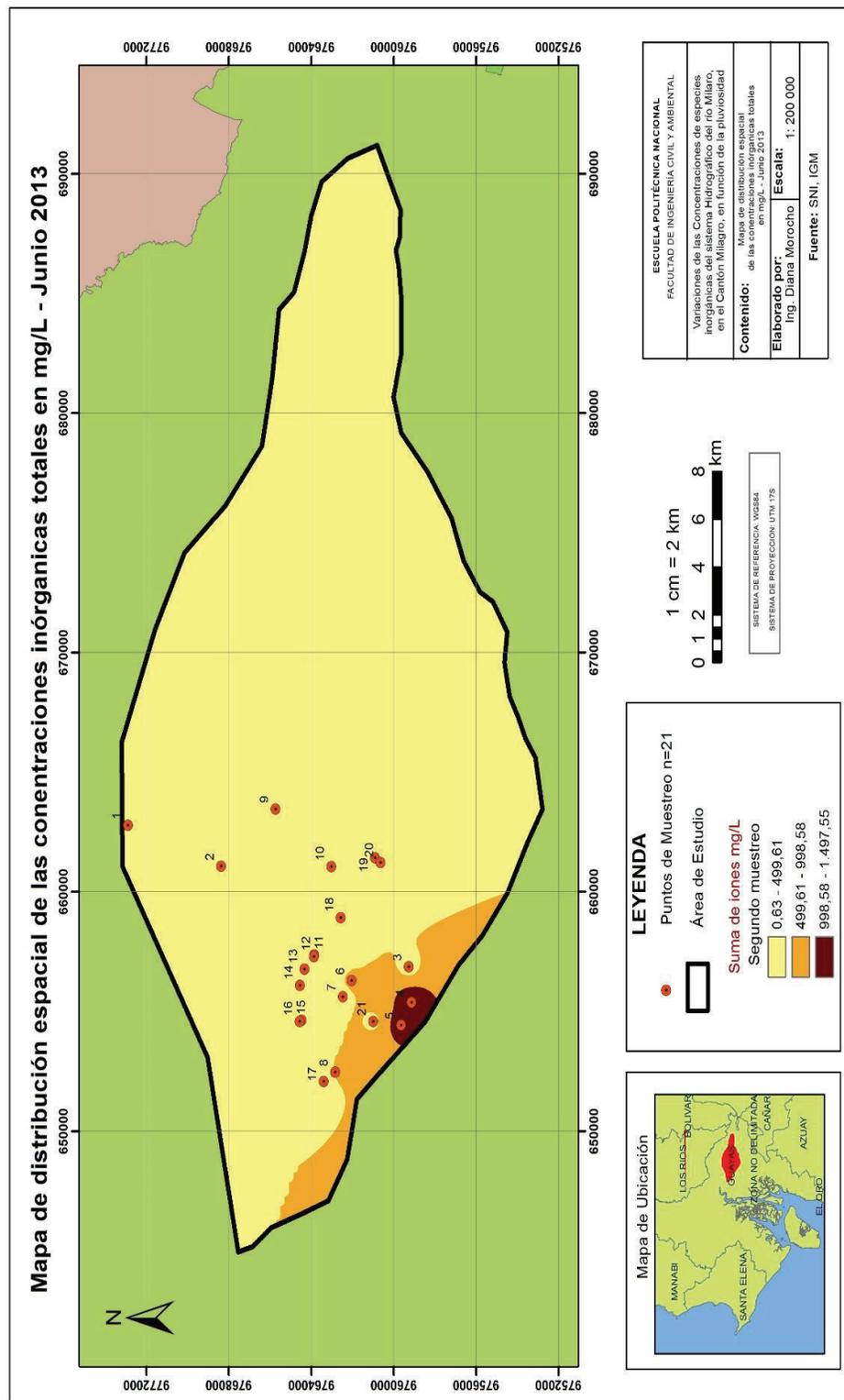
Los resultados de la distribución de concentraciones del mes de junio de 2013(verano) se visualizan en la Figura 4.7 y se pudo apreciar que las zonas de mayor altitud de la zona de análisis presentan concentraciones entre 0,63 a 499,58 mg/L, mientras que las zonas de menor cota presentaron concentraciones entre 499,61 a 998,58 mg/L, se observó dos puntos de concentración alta en la cuenca media y baja del río Los Monos con valores de 998,58 a 1.497,55 mg/L. Los resultados obtenidos en este muestreo son mayores a los de la época intermedia del año 2012.

FIGURA 4.1 MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES INORGÁNICAS - NOVIEMBRE 2012



FUENTE: SNI
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ.

FIGURA 4.2 MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES INORGÁNICAS - JUNIO 2013



FUENTE: SNI
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ.

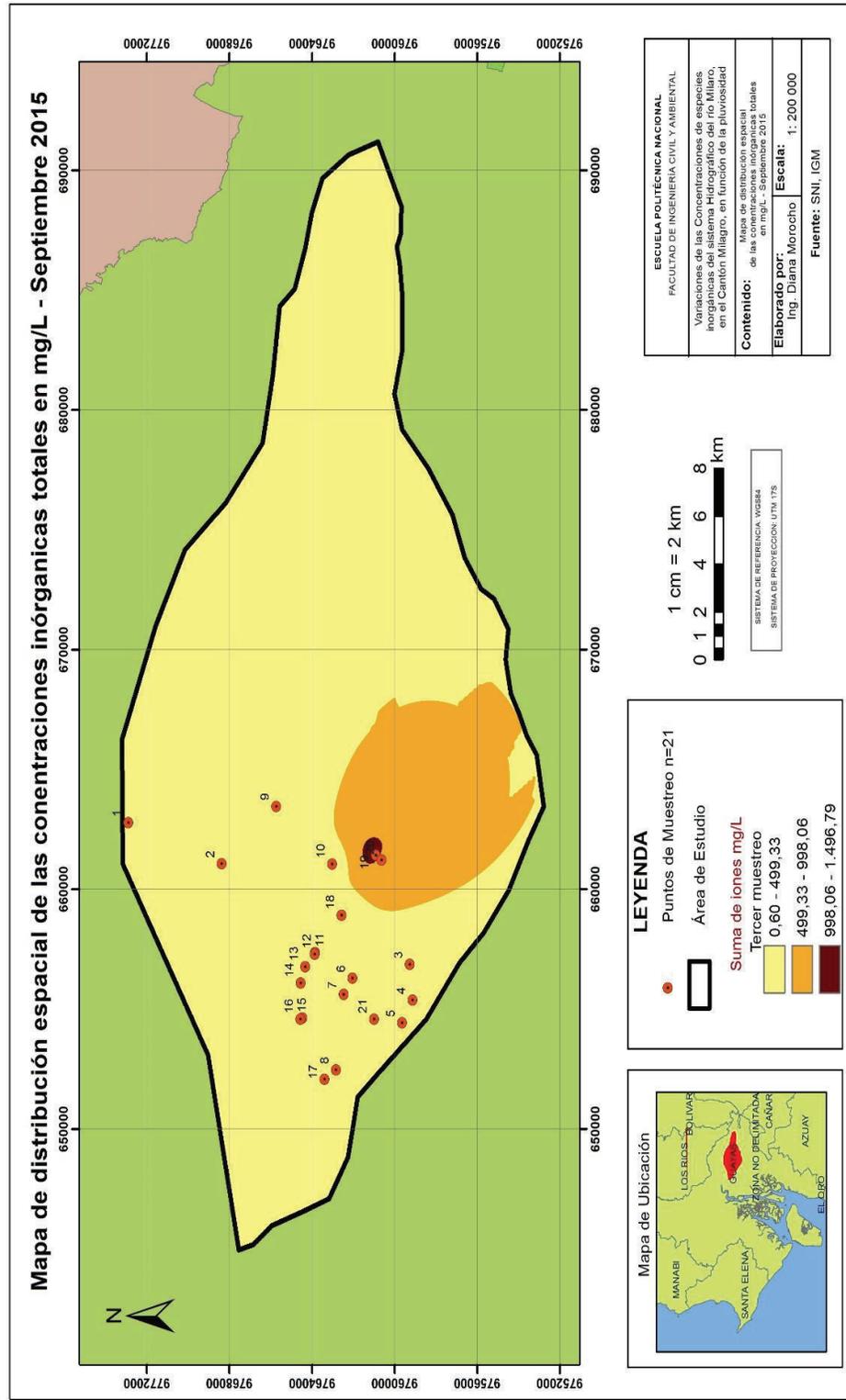
En la Figura 4.1 se observa la distribución de las concentraciones inorgánicas del muestreo realizado el mes de septiembre de 2015 (verano), se pudo visualizar que la mayoría del área estudiada posee concentraciones entre 0,60 a 499,33 mg/L, mientras que la zona aledaña a los pozos de las Avispas y Banco de Arenas muestra concentraciones de 499,33 a 998,06 mg/L, y las concentraciones más altas estuvieron presentes en la zona de los pozos con valores de entre 996,06 a 1.496,79 mg/L. Al comparar los rangos de concentraciones de este muestreo con los del verano de 2013, éstos son muy similares; pero varía la ubicación geográfica de las concentraciones de rango medio y alto.

El mapa de distribución de la Figura 4.2 detalla las concentraciones inorgánicas obtenidas del muestreo en el mes de diciembre de 2015 que representa a la época intermedia entre verano e invierno, se pudo observar que la mayoría del área de estudio presenta concentraciones de 101,99 a 194,51 mg/L, pero puntos como el estero Timalo y los pozos del Recinto de Banco de Arenas presentaron las menores concentraciones con valores de 9,48 a 101,99 mg/L, mientras que las concentraciones más altas de 194,51 a 287,03 mg/L se hicieron presentes en los puntos correspondientes al desarrollo del estero Belín. Al comparar los resultados obtenidos en este muestreo con el de la época intermedia del año 2012, se obtuvo que los rangos de valores para la evaluación de concentraciones es muy similar, pero la distribución geográfica de los valores varía, incrementado las concentraciones en la mayoría del área de estudio.

La distribución de las concentraciones inorgánicas del muestreo realizado en el mes de marzo de 2016 se presentan en el Figura 4.3 (época de invierno). La mayoría del área de estudio donde se ubican los esteros de ingreso al cantón y los pozos, presentó valores de concentración de 261,01 a 389,15 mg/L; seguido por la zona del desarrollo del río Milagro con concentraciones de rango medio con valores de 132,87 a 261,01 mg/L. Cuando se comparó los valores obtenidos en este muestreo con los de la época de verano se obtuvo que las concentraciones de esta última superan a las de invierno en casi 4 veces; mientras que al comparar los resultados de invierno con la época intermedia, estos últimos son un poco menor que la de invierno.

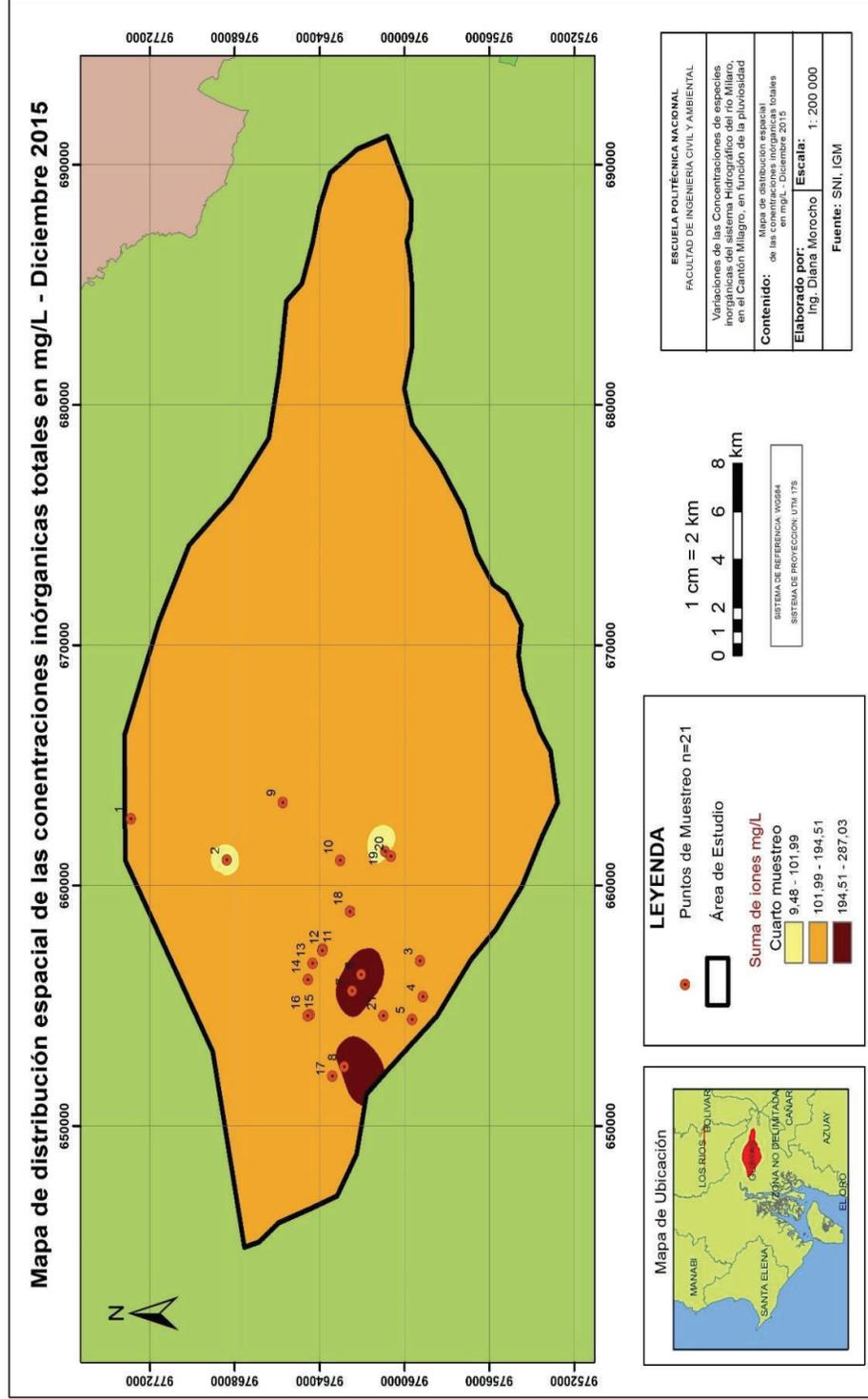
En base a los análisis de los mapas de distribución de cada uno de los meses muestreados, se obtuvo que los valores de las concentraciones entre los meses de la misma época se mantienen prácticamente constantes, más no su distribución geográfica, dando a conocer que existen problemas puntuales como por ejemplo presencia de descargas de uso doméstico (SNE. 1998). Cuando se analizó los resultados entre épocas de muestreo se obtuvo en cambio, que en verano las concentraciones eran muy elevadas con relación a los valores de la época de invierno, dando a entender que la presencia de lluvias ayuda a la dilución de los compuestos inorgánicos (Betancourt, J., *et al.*, 2011).

FIGURA 4.3 MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES INORGÁNICAS – SEPTIEMBRE 2015



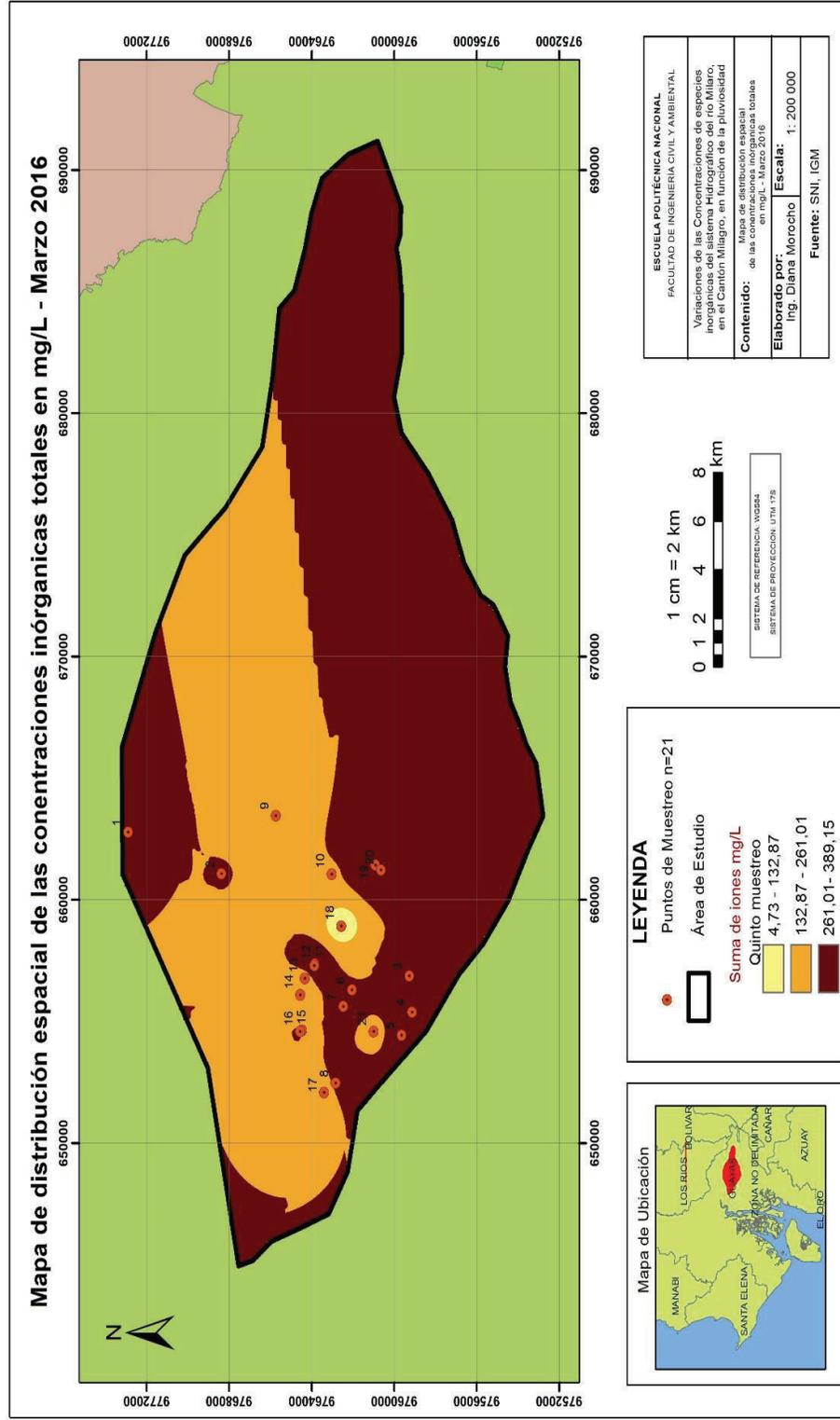
FUENTE: SNI
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ.

FIGURA 4.4 MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES INORGÁNICAS - DICIEMBRE 2015



FUENTE: SNI
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ.

FIGURA 4.5 MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES INORGÁNICAS - MARZO 2016



FUENTE: SNI
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ.

CAPITULO 5

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

5.1 PROPUESTA DE GESTIÓN DEL USO DEL AGUA PARA RIEGO

La disponibilidad del agua en cantidad, temporalidad y calidad para las distintas actividades que de ella dependen, seguirá siendo el aspecto central para lograr un desarrollo sostenible. El ecosistema nos permite reconocer la compleja relación de interacción a diferentes escalas de tiempo y espacio entre componentes bióticos y abióticos, por lo cual es de suma importancia monitorear el estado del sistema para verificar que las condiciones a las que está sometida no traiga consecuencias negativas a largo plazo (Maass M., 2015).

Las generaciones pasadas tomaban como algo racional el abuso de los recursos naturales, sobre todo en la agricultura, afectando negativamente al ambiente, y teniendo en cuenta que el éxito de la agricultura era el aumento del rendimiento. En la actualidad en cambio se ha implementado el principio de “quien contamina paga”, no siendo realistas sobre todo en países donde los pobres y pequeños agricultores sobreviven de la explotación de tierras marginales (FAO, 2003).

La necesidad de la gestión del uso del agua para las distintas actividades nace porque se requiere manejar las intervenciones que hacemos los seres humanos para obtener resultados positivos, es decir que el objetivo de la gestión es mantener las condiciones positivas tanto ambientales, como sociales y económicas del sistema natural de una cuenca hidrográfica y así conservar el buen estado del agua a pesar de ser intervenido o sufrir alteraciones generados por los cambios del clima (Dourojeanni A. , 2011).

Dourojeanni (2011) propone que para realizar una buena gestión del recurso agua, se debe trabajar sobre las siguientes condicionales:

- Marco Legal: Reglamentos aplicables a la gestión del agua y su ocupación, así como el uso del suelo de la cuenca.
- Institucionalidad Pública para la gestión del agua: Capacidad de aplicación de las leyes y acuerdos por medio del ordenamiento territorial.
- Organización y compromiso de los usuarios
- Acción de actores externos: Actores con capacidad de intervención en la cuenca.

Mientras que en una de las investigaciones realizados por la FAO en Guatemala (Aguilar U., 2007), se plantea que es necesario diseñar un nuevo enfoque del manejo de cuencas, orientado al compromiso nacional y fortalecimiento de capacidades sectoriales, privilegiando el desarrollo territorial al revalorizar los espacios rurales, y dejar de verlos sólo como proveedores de bienes y servicios ligados a la agricultura; debiendo iniciar por el manejo de cuencas para la gestión de riesgos ante desastres naturales, tomando en cuenta las siguientes acciones:

- Rehabilitación – Recuperación: Por medio de ejecución de infraestructura productiva, redes de transporte y comercialización, unidades productivas, fuentes y servicios de agua, y organizaciones y servicios.
- Prevención – Transformación: Mediante la implementación de infraestructura de protección y mitigación, reconversión del uso del suelo, reubicación de poblados o actividades de alto riesgo, organización y capacitación, sistemas de información y análisis de riesgo.
- Potenciación: Implementando la participación local, capital social, manejo de bosques, sistemas agroforestales y agroecológicos, actividades productivas no agrícolas, pequeñas empresas sostenibles, y servicios locales de asistencia técnica y financiera.

En lo referente a la agricultura, uno de los problemas que afectan al medio ambiente es la salinidad como consecuencia de la minimización de la cantidad de agua

requerida para eliminar la sal y que se desarrolla muy rápido, mientras que la solución requiere de largo tiempo y un alto costo. Y la amenazada más común deriva del clima con la presencia de sequías y riesgos de inundaciones, de lo cual los gobiernos locales definen el nivel de riesgo considerando la información sobre los riegos climáticos, factores económicos, sociales y políticos. Las formas de minimizar la vulnerabilidad podría ser el desarrollo de la facilidad para el riego superficial y riego con aguas subterráneas, el manejo integrado de los recursos hídricos, el desarrollo del ecosistema y su diversificación, la educación y capacitación de los agricultores, los sistemas de alertas tempranas, y el pronóstico estacional del clima. La aplicación de la información climática sirve para “cambiar o influenciar las decisiones que conciernen a las futuras acciones”, y así por ejemplo con las predicciones de sequías se podría elegir cultivos con menor necesidad de agua. También se plantea la “captura de agua y uso de agua reciclada de otros sectores”, así como la participación de los agricultores y su conocimiento sobre especies de consumo menor de agua, control de enfermedades, y época óptima de siembra (FAO, 2003).

5.2 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

A partir de los resultados obtenidos en los distintos muestreos de este estudio y las observaciones de campo, se ha determinado las siguientes actividades que generan impactos ambientales que afectan al sistema hidrográfico del río Milagro dentro del cantón Milagro:

- Déficit de servicio público de alcantarillado sanitario en la zona urbana y rural del cantón.
- Sobreexplotación de tierras y monocultivo.
- Uso inadecuado de fertilizantes en los cultivos.
- Sequías prolongadas e inviernos fuertes.

Adicionalmente se ha observado que la población del cantón Milagro desconoce del tema de cuidado ambiental y conservación de los recursos naturales, y así como la falta de ordenanzas que regulen el consumo y protección de las fuentes

superficiales y subterráneas hace más difícil minimizar el deterioro de la calidad de las aguas de los ríos, pozos y esteros que conforman este sistema.

El Plan de Manejo consta de medidas necesarias para prevenir, controlar y mitigar los impactos que se han identificado, así como las actividades necesarias a corto plazo para el cumplimiento de la normativa ambiental vigente. La estrategia está ordenada en los siguientes programas de manejo:

- Programa de Prevención y Control de Impactos
- Programa de Capacitación
- Programa de Relaciones Comunitarias

5.2.1 PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE IMPACTOS

El programa de prevención y control de impactos presenta medidas que tienden a prevenir y/o mitigar los daños probables según los resultados obtenidos en el estudio y las observaciones durante las visitas a la zona de estudio.

OBJETIVO:

- Implementar medidas preventivas y de control para minimizar los impactos ambientales provocados por los efectos de las excesivas concentraciones inorgánicas en las fuentes de agua.

IMPORTANCIA:

- Socioeconómica: Mejorar el uso del recurso agua, aumentando su productividad para mejorar los ingresos y elevar el nivel de vida de la comunidad asentada en el sistema hidrográfico.
- Ambiental: Disminución de la afección por contaminación de las aguas superficiales y subterráneas para mantener la calidad del recurso agua y suelo.

COORDINADOR: Este programa contará con la principal participación del GAD municipal del cantón Milagro, como organismo responsable del control y cuidado

de los recursos naturales dentro de su territorio, y el GAD Provincial del Guayas al tener responsabilidad dentro de la Gestión Ambiental; así también se mantendrá involucrado a instituciones como el MAE por ser la autoridad ambiental nacional; la SENAGUA como responsable del recurso estratégico agua y las actividades que involucran su uso; e instituciones como el MAGAP e INAMHI puesto que administran el sector agrícola y la información meteorológica, respectivamente.

INDICADORES DE ÉXITO:

- Aceptación y aplicación del programa por parte del gobierno sectorial por medio de normativas y ordenanzas.
- Aceptación del programa por parte de la comunidad beneficiada.
- Disminución de descargas urbanas y rurales hacia cuerpos superficiales de agua.
- Incremento del servicio público de agua potable en sectores donde se extrae las aguas subterráneas.
- Disminución de los efectos por la contaminación en el recurso agua y suelo, establecidos por medio de estudios de laboratorio.

CUADRO 5.1: PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE IMPACTOS

N°	Medidas de control, preventivas y correctivas.	Medio de Verificación	Encargado
Medidas para Minimizar el exceso de concentraciones Inorgánicas			
1	Creación de ordenanzas y normativa que regule el uso y cuidado del recurso agua tanto para fuentes superficiales como subterráneas	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro (Dirección de Medio Ambiente)
2	Incrementar el servicio de alcantarillado público para evitar descargas directas a los cuerpos de agua.	Contratación de obras sanitarias	GAD Municipal del Cantón Milagro y Provincial del Guayas
3	Implementar un control para el cumplimiento de la normativa nacional respecto a las descargas del sector industrial, por medio del uso del laboratorio otorgado por la SENAGUA al GAD de Milagro	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro (Dirección de Medio Ambiente), GAD Provincial del Guayas y la SENAGUA
4	Planificación técnica de las actividades preventivas a la llegada del invierno	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro y Provincial del Guayas
5	Optimizar los sistemas de canales de riego para permitir la circulación del agua y evitar acumulaciones en verano.	Contratación de obras de riego - Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro, GAD Provincial del Guayas y MAGAP
6	Realización de estudios de fertilizantes, para la optimización de sus beneficios y difusión a los consumidores sobre el uso adecuado.	Contratación del servicio - Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro y MAGAP
7	Implementación de capacitación sobre sistemas de tratamiento de aguas para el caso de reutilización en riego a personal del GAD Milagro para posterior difusión a los agricultores	Contratación del servicio - Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro (Dirección de Medio Ambiente) y MAGAP
8	Suspensión de la sustracción de aguas subterráneas, para evitar su uso indiscriminado, por medio de creación de ordenanzas	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro (Dirección de Medio Ambiente) y SENAGUA
9	Implementación de análisis de la composición orgánica e inorgánica de las aguas pertenecientes a los recursos hídricos dentro del cantón, usando el laboratorio provisto por la SENAGUA al GAD de Milagro	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro (Dirección de Medio Ambiente), GAD Provincial del Guayas y SENAGUA
10	Realización de la interpretación de los resultados de los análisis de las aguas, para caracterizar las aguas.	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro (Dirección de Medio Ambiente), GAD Provincial del Guayas y MAE
11	Entrega de resultados de los análisis e interpretación de los mismo a la población, conjuntamente con capacitación para un correcto entendimiento del informe	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro (Dirección de Medio Ambiente), GAD Provincial del Guayas y MAE

CUADRO 5.1 CONTINUACION

N°	Medidas de control, preventivas y correctivas.	Medio de Verificación	Encargado
Medidas para Minimizar la salinidad y degeneración de la calidad de los suelos			
1	Capacitación a los agricultores sobre el correcto procedimiento de riego, sobre todo en verano.	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro, GAD Provincial del Guayas y MAGAP
2	Generar almacenamiento temporal de agua para cubrir la demanda en época de verano.	Contratación de obras de riego	GAD Municipal del Cantón Milagro y Provincial del Guayas
3	Zonificación que identifique los suelos con calidad óptima para ser cultivados, evitando así el uso de suelos ausentes de calidad y en proceso de degeneración.	Contratación del servicio - Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro, GAD Provincial del Guayas y MAGAP
4	Realización de estudios sobre cultivos y sus requerimientos, tanto de agua como de fertilizantes.	Contratación del servicio - Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro y MAGAP
5	Capacitación sobre la modernización de las técnicas de riego para optimización del recurso agua y posterior implementación.	Contratación del servicio - Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro, GAD Provincial del Guayas y MAGAP
Medidas para Minimizar la afectación de la meteorología			
1	Recopilación e interpretación de los datos hidro-meteorológicos del cantón	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro e INAMHI
2	Realización de pronósticos climáticos que permitan una mejor percepción de las situaciones a futuro.	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro e INAMHI
3	Creación de un historial de los eventos climáticos y sus consecuencias referente a la afección en el recurso agua.	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro e INAMHI

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

5.2.2 PROGRAMA DE CAPACITACIÓN

El programa de capacitación presenta medidas de aplicación a corto plazo y menos costosa para mejorar el conocimiento de la población sobre aspectos para el cuidado del medio ambiente y conservación de sus recursos para el futuro.

OBJETIVOS:

- Capacitar y sensibilizar a la comunidad involucrada y a los principales actores locales, sobre la importancia de mantenimiento y conservación de las cuencas hidrográficas, como recurso de gran valor local por la función que cumple de abastecimiento de agua la población.
- Concientizar y educar a la comunidad sobre la optimización del recurso hídrico mediante cursos cortos sobre sistemas artesanales de almacenamiento, purificación del agua y creación de hábitos que reduzcan el desperdicio de agua.

IMPORTANCIA:

- Socioeconómica: Una comunidad capacitada, identifica fácilmente sus problemas y puede proponer y generar alternativas de solución. Además, se logra un mayor desarrollo social, incrementando las producciones para así elevar el nivel de vida.
- Ambiental: Una comunidad educada y motivada comprende la importancia de la conservación y buen uso de los recursos, de manera que se involucra y propone soluciones.

COORDINADOR: Se requiere la primordial participación del GAD municipal del cantón Milagro, por ser el organismo responsable del control y cuidado de los recursos naturales dentro de su territorio, involucrando al MAE como autoridad ambiental nacional y el MAGAP como organismo responsable de las actividades productivas agrícolas.

INDICADORES DE ÉXITO:

- Comunidad organizada y motivada por la conservación
- Cambio de actitud frente al uso de los recursos naturales
- Aplicación de conocimientos básicos y prácticas de manejo y conservación de agua y suelos.

CUADRO 5.2: PROGRAMA DE CAPACITACIÓN

N°	Medidas de control, preventivas y correctivas.	Medio de Verificación	Encargado
Medidas de Capacitación			
1	Capacitación técnica a profesionales del servicio público que estén relacionados con las actividades productivas y ambientales	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro, MAE y MAGAP
2	Capacitaciones a la población en general para que puedan entender la importancia del cuidado del medio ambiente y el cambio que genera la implementación del cambio de costumbres para el futuro.	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro y MAE
3	Capacitaciones a los agricultores con la información sobre el tipo de cultivos, óptimos fertilizantes y su aplicación, cuidado y correcto uso del agua, técnicas modernas de riego y sus beneficios.	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro y MAGAP

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

5.2.3 PROGRAMA DE RELACIONES COMUNITARIAS

El programa de relaciones comunitarias presenta medidas que tienden a relacionar al gobierno seccional con la población.

OBJETIVO:

- Implementar metodologías que permitan un constante vínculo entre el gobierno seccional y la población

IMPORTANCIA:

- Socioeconómica: Una comunidad involucrada en las actividades de desarrollo económico permiten una participación en mejora del crecimiento productivo de la zona.
- Ambiental: Una población conocedora de las actividades ejecutadas por su gobierno sectorial y entendido sobre la importancia de la conservación y

buen uso de los recursos, se mantendrá vigilante en el cuidado de los recursos naturales.

COORDINADOR: Para las actividades propuestas se necesita la participación del GAD municipal del cantón Milagro y el GAD Provincial del Guayas, como organismos responsable del control y cuidado de los recursos naturales dentro de su territorio, involucrando al MAE como autoridad ambiental nacional y el MAGAP como organismo responsable de las actividades productivas agrícolas.

INDICADORES DE ÉXITO:

- Comunidad motivada por el crecimiento económico del cantón y al mismo tiempo participativa en la vigilancia de la conservación

CUADRO 5.3: PROGRAMA DE RELACIONES COMUNITARIAS

N°	Medidas de control, preventivas y correctivas.	Medio de Verificación	Encargado
Medidas de Relaciones Comunitarias			
1	Reuniones periódicas e informes a la población sobre el avance de la gestión para el desarrollo sostenible	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro, GAD Provincial del Guayas y MAE
2	Elaboración y entrega periódica de volantes informativos sobre cuidado ambiental y optimización de la agricultura con sus beneficios	Informes	GAD Municipal del Cantón Milagro y MAE
3	Ejecución de propaganda por los medios de comunicación acerca de los temas relacionados con cuidado del medio ambiente y optimización de la agricultura.	Contratación del Servicio	GAD Municipal del Cantón Milagro, GAD Provincial del Guayas, MAGAP y MAE

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

5.3 MARCO POLÍTICO

5.3.1 CONSTITUCIÓN DEL 2008

En el Título VI Régimen de Desarrollo, dentro de la Soberanía Alimentaria, el Estado se establece como ente regulador del manejo y uso del agua en el riego.

Se considera al agua como Sector Estratégico y a la SENAGUA como autoridad única del agua, responsable de la planificación y gestión de los recursos hídricos (Constitución, 2008).

El Estado garantiza la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, dentro del Régimen del Buen Vivir, y establece también que los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional de agua (Constitución, 2008).

5.3.2 ACUERDO MINISTERIAL DEL AMBIENTE 068

En el Acuerdo Ministerial se describe el procedimiento para la Acreditación ante el Sistema Único de Manejo Ambiental, Competencia de las autoridades ambientales y la Participación ciudadana.

En el Capítulo II, Artículo 8, detalla que para la acreditación deberá presentarse una solicitud por parte de la máxima autoridad del Gobierno Autónomo Descentralizado provincial y/o municipal, u organismo sectorial, donde haga referencia a las bases legales que determinan las competencias administrativas en materia ambiental, una declaración de la política ambiental sectorial, especificar los sectores a los cuales aspira tener competencias ambientales, etc.; debiendo además cumplir con ciertos aspectos jurídicos, económicos, institucionales, humanos, técnicos y tecnológicos que le permitan cumplir con sus responsabilidades al ser acreditado.

Sobre el tema de competencias, en el Capítulo III, Artículo 19 consta: “El Ministerio del Ambiente, es competente para gestionar todos los procesos relacionados con la prevención, control y seguimiento de la contaminación ambiental, de todos los proyectos obras o actividades a desarrollarse en el país; ésta facultad puede ser delegada a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales y/o municipales, u organismo sectorial, que conforme a la ley están facultados para acreditar su sub-sistema de manejo ambiental a través del proceso previsto para la acreditación.”

Además, en el Artículo 20, se establece como competencia exclusiva a la Autoridad Ambiental Nacional, en caso de no existir una autoridad ambiental de aplicación responsable.

En el Artículo 21, sobre la competencia de las Autoridades Ambientales de Aplicación Responsable: “Dado que los procesos para la prevención, control y seguimientos de las contaminación ambiental, son tareas interdisciplinarias que involucran a diferentes autoridades ambientales dentro de una misma circunscripción, es necesario identificar cual es la autoridad ambiental de aplicación responsable que es competente para llevar éstos procesos; por tal motivo y sin perjuicio de los que dispone el artículo anterior, se establecen los siguientes parámetros:

- a. Competencias a nivel de organizaciones de gobierno
- b. Competencias a nivel de personas naturales o jurídicas no gubernamentales”

En relación a Participación ciudadana, se presenta en el Artículo 62 lo siguiente: “La participación ciudadana en la gestión ambiental tiene como finalidad considerar e incorporar los criterios y las observaciones de la ciudadanía, especialmente la población directamente afectada por un proyecto, obra o actividad, sobre las variables ambientales relevantes de los estudios ambientales y planes de manejo ambiental, siempre y cuando sea técnica y económicamente viable, para que las actividades o proyectos que puedan causar impactos ambientales se desarrollen de manera adecuada, minimizando y/o compensando estos impactos a fin de mejorar las condiciones ambientales para la realización del proyectos, obra o actividad en todas sus fases.

La participación ciudadana en la gestión ambiental se rige por los principios de legitimidad y representatividad y se define como un esfuerzo tripartito entre i) las instituciones del Estado; ii) la ciudadanía; y, iii) el promotor interesado en realizar una actividad o proyecto”

Así también en el Artículo 64 menciona que la participación ciudadana incluye la recepción y recolección de criterios.

5.3.3 CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMIA Y DESCENTRALIZACION

En el Capítulo II, dentro del Título V, declara que la facultad de rectoría sobre los sectores estratégicos le corresponde de manera exclusiva al gobierno central. En cambio en el Capítulo IV sobre el ejercicio de las competencias de gestión de cuencas hidrográficas, se establece en el Artículo 132, que de acuerdo a la Constitución, le corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados regionales en coordinación con la autoridad única del agua. También se detalla lo siguiente: “Los gobiernos autónomos descentralizados regionales, en coordinación con todos los niveles de gobierno, implementarán el plan de manejo de cuencas, subcuencas y microcuencas, en sus respectivas circunscripciones territoriales. Los gobiernos autónomos descentralizados provinciales ejecutarán las obras de infraestructura fijadas en el marco de la planificación nacional y territorial correspondiente, y de las políticas y regulaciones emitidas por la autoridad única del agua”

En el Artículo 133 y conforme a la Constitución, se designa como competencia de riego a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales para planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego.

Sobre la competencia en gestión ambiental, se presenta en el Artículo 136 de acuerdo con la Constitución, que “el ejercicio de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental”. A los gobiernos autónomos descentralizados provinciales corresponde gobernar, dirigir, ordenar, disponer, u organizar la gestión ambiental; mientras que las licencias ambientales serán otorgadas por los gobiernos autónomos descentralizados municipales calificados.

5.3.4 LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDROS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA

En el Título I, Capítulo I, se establece que “Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley.”

En el Artículo 8, sobre la gestión de los recurso hídricos se menciona: “La Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos con un enfoque ecosistémico y por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas, la misma que se coordinará con los diferentes niveles de gobierno según sus ámbitos de competencias.”

Sobre protección, recuperación y conservación de fuentes, el Artículo 12 responsabiliza a la Autoridad Única del Agua, los Gobiernos Autónomos Descentralizados, los usuarios, las comunas, pueblos, nacionalidades y los propietarios de predios donde se encuentren fuentes de agua.

En el Capítulo II, Sección Segunda sobre Planificación Hídrica, se detalla en el Artículo 8, que le corresponde a la Autoridad Única del Agua la ejecución de la planificación hídrica; y el Estado y los Gobiernos autónomos Descentralizados deberán sujetarse a la planificación.

Sobre el Régimen Económico, en el Capítulo IV, Sección Primera, en el Artículo 135 consta lo siguiente: “Las tarifas por prestación de servicios de agua potable, saneamiento, riego y drenaje serán fijadas por los prestadores tanto públicos como comunitarios respectivamente, sobre la base de las regulaciones emitidas por la Autoridad Única del Agua a través de la Agencia de Regulación y Control.”

Para establecer la competencia sancionatoria, se encuentra en el Capítulo I, el Artículo 149: “El conocimiento y sanción de las infracciones a las disposiciones de esta Ley o su reglamento, siempre que el acto no constituya delito o contravención,

son competencia de la Autoridad Única del Agua y de la Agencia de Regulación y Control ... “. “En aquellas infracciones que de conformidad con esta Ley deban ser determinadas por la Autoridad Ambiental Nacional o por la Autoridad Nacional de Salud ...”

CONCLUSIONES

- Se determinó que la mejor metodología para el relleno de datos en series temporales para la zona de estudio es el Método de Regresión Lineal Simple, debido a la gran cantidad de datos faltantes que provee el INAMHI; así como para el cálculo de precipitaciones medias del sistema hidrográfico se determina que el mejor método fue el de las Isoyetas, pues permite incluir en su análisis la topografía del área de estudio de tal manera que para terreno ondulado entrega resultados con mayor exactitud y se obtiene para una precipitación media anual de 1.365,65mm.
- La presencia de mayores concentraciones inorgánicas se presentó en la zona donde la densidad poblacional va de los 102,94 hab/Ha a 49,02 hab./Ha, y que corresponde a la área donde se ubican los ríos y esteros que ingresan al cantón Milagro, que además pertenece a la zona rural donde no existe servicio de alcantarillado sanitario y las descargas domésticas van hacia las fuentes naturales superficiales de agua.
- Los factores físicos como pH y temperatura del agua, se han mantenido dentro de un rango constante desde el año 2012 hasta el 2016; además que la presencia de sólidos sedimentables es mínima, dando a conocer que el hábitat de los organismos vivos dentro del agua no han sido afectados en el transcurso del tiempo que se ha estudiado.
- La presencia de los iones predominantes dentro del cantón Milagro fue la misma en los cinco muestreos, siendo el Calcio y Bicarbonato componentes principales de la estructura geológica por la cual recorren los afluentes.
- La conductividad eléctrica es un indicador que permite determinar la salinidad en las aguas, y en el estudio se presentaron variaciones altas pero puntuales geográficamente, dando a conocer que esos lugares podrían ser

afectados a largo plazo por la excesiva presencia de sales debido a la actividad humana como resultado de descargas domésticas, uso de fertilizantes para los cultivos y disposición de desechos, sobre todo en la época de sequía.

- El análisis orgánico de las aguas del sistema hidrográfico del río Milagro, mostró que aún se conservan con buena calidad, y que además la presencia de lluvias y el incremento de caudal sirve para mejorar su depuración; solo que siendo una zona donde el verano es más extenso que el invierno da a conocer que se debe prever a futuro la disminución de contaminación por actividad humana para no depender del incremento de caudales y mantener la buena calidad del recurso agua.
- La realización de los mapas de distribución representan gráficamente los valores de concentraciones desde datos de lugares puntuales a en un área total donde constan puntos sin datos, haciendo un promedio entre las distancias donde se tienen datos y donde no, lo cual hace que se pierda una parte de la información cuando no se posee una cantidad de datos que cubra la mayor área posible que se va a analizar.
- El estudio ha permitido concluir que la presencia de lluvias en la zona de estudio facilita la dilución de los compuestos orgánicos e inorgánicos en las aguas superficiales, no obstante existen puntos específicos que al sujetarse a actividades que alteran su estado pueden presentar variaciones ascendentes sin importar la época del año por la que se esté atravesando.
- Se ha observado una falta de conocimiento sobre el uso correcto del agua dependiendo de su origen, donde por ejemplo en la zona de los pozos del Recinto Banco de Arenas, estas aguas son utilizadas tanto para consumo humano como para riego, que trae consigo un alto riesgo a presentar salinidad con el paso del tiempo perjudicando la tierra cultivable de las cuales lucran los habitantes de ese sector; además de probablemente llegar a

afectar a la salud de los consumidores de esa clase de agua por su alto contenido de sales.

- Los pobladores del cantón Milagro que se dedican a la actividad agrícola, cultivan especies múltiples dentro de un mismo área, lo que por desconocimiento no permite realizar un adecuado riego y fertilización de las plantas al generalizarlas y tratarlas del mismo modo, cuando cada tipo de especie posee sus propios requerimientos de agua y nutrientes.
- Las obras de riego dentro del cantón Milagro han sido realizadas en su mayoría por el gobierno local, más sin embargo se ha visto que no son mantenidas constantemente sino solo a inicios de la época de invierno para evitar inundaciones. Muchos de los canales de riego que ingresan al cantón son utilizados como espacios de recreación para los habitantes, actividades que alteran el estado del agua y cuya función principal es la de servir para el riego.

RECOMENDACIONES

- Para la realización del relleno de datos meteorológicos se debe hacer uso de las estaciones que más completo poseas su registro de valores así se minimiza el error respecto a la realidad.
- Recopilar la mayor cantidad de datos del área que se va a estudiar perite generar información que refleja la realidad de la situación actual de la zona de estudio para estimar además de manera correcta los posibles efectos a suceder ya sea por efecto de los factores climáticos como de la presencia de concentraciones orgánicas e inorgánicas.
- Todos los datos de una investigación deben ser validados de manera correcta antes de su uso para consecuentemente poder obtener resultados lo más reales que permitan a futuro la toma de decisiones más apropiada referente a los problemas encontrados a partir del estudio.
- Los gobiernos locales deben enfocarse en los estudios de los recursos naturales que poseen para una posterior gestión correcta de los mismos, que permita minimizar los impactos negativos para mantener una relación sustentable entre las actividades humanas y la conservación de los recursos, por medio de implementación tecnológica y transmisión de conocimientos a los pobladores.
- El gobierno local debe tener muy en cuenta las estaciones climáticas por las cuales atraviesa la zona y mantener presente las repercusiones de las actividades agrícolas tanto en invierno como en verano y sus consecuencias, y así optimizar el servicio de los canales de riego. Así poner un poco de énfasis en las actividades agrícolas que se desarrollan en las zonas rurales

- Ya que la calidad de las aguas aún se mantienen dentro del rango de buena calidad y aceptables para el riego, se deberá ejecutar planes que permitan mantener y mejorar esas condiciones, empezando por ejemplo con el incremento de dotación de servicio público de alcantarillado sanitario, adiestramiento sobre las actividades óptimas en la agricultura y concienciando a los pobladores sobre la importancia de mantener la calidad del ambiente en general.

BIBLIOGRAFIA

Agullar Umaña, Isabel (2007). Más vale prevenir que lamentar. Las cuencas y la gestión del riesgo a los desastres naturales en Guatemala. FAO. p.p. 19-25 (49)

Albán, M., Martínez-Alier, J., Vallejo, C (2007). Aportes para una Estrategia Ambiental Alternativa: Indicadores de Sustentabilidad y Políticas Ambientales. Senplades, PNUD, CISMIL, FLACSO. Quito – Ecuador. p.p. 60, 64 (263)

Ambientum (2002). Autodepuración de los ríos. Revista Ambientum. Edición Marzo.

http://www.ambientum.com/revista/2002_11/AUTDPRCNGS2.asp#

American Public Health Association (1995). Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th edition. American Public Health Association, Washington D. C. p.p. (10-210)

Aparicio, F. (2012). Fundamentos de Hidrología de Superficie Editorial Limusa. Impreso en México. p.p. 140-143, 146 (303)

ArcGis Resource Center (2016). Cómo funciona IDW. <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//009z000000750000000>

Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador 2008. Ecuador. p.p. 81-86, 96-97 (400)

Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2008). Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. Ecuador. p.p. 100, 125, 134 (246)

Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2008). Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. Ecuador. p.p. 3-13, 16, 19, 27-28 (32)

Ávila B., Héctor L. (2006). Introducción a la Metodología de la Investigación. Universidad de Guadalajara. Chihuahua – México. p.p. 75, 100 (196)
(MOP03) MOP (2003). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras. Quito – Ecuador. p.p. 299 (465)

Benavides V., Cedeño Luis. (2011). Estudio de Impacto Ambiental Expost y Plan de Manejo Ambiental de la Operación y Mantenimiento del Relleno Sanitario del Cantón Milagro. CONSULAT. GAD Milagro. Milagro – Guayas.

Betancourt Julián, Sánchez José, Mejía Luz, Cantera Jaime (2011). Calidad de las Aguas Superficiales de Bahía Málaga, Pacífico Colombiano. Acta Biológica Colombiana. Vol. 16. Núm. 2. p.p. 175-192
<http://www.redalyc.org/pdf/3190/319028008014.pdf>

Brown, O., Gallardo, Y., Correo, A., Barrios, S., (2015). El cambio climático y sus evidencias en las precipitaciones. Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Vol. XXXVI, N°1, Ene-Abr 2015. p. 88-101

Butturini, A., Sabater, S., Romani, A., (2009). Conceptos y técnicas en ecología Fluvial. Fundación BBVA. Primera Edición. España. p.p. 3-5 (22)

Carrera V., D., Morocho L., D., Tamayo B., Lizbeth (2016). Relleno de series anuales de datos meteorológicos mediante métodos estadísticos en la zona costera e interandina del Ecuador, y el cálculo de la precipitación media. IDESIA. Chile. Volúmen 34, N°3. Junio. pp. 81-90

Carrera, David. (2013). Salinidad, Fosfatos, Nitratos y Problemas de Infiltración en las Aguas de Milagro, Ecuador. Ciencia UNEMI, volumen 9. p. 85-95

Caballero, I. (2013). Análisis de la Homogeneidad de las Series de Precipitación de Guipúzcoa. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Agencia Estatal de Meteorología. Gobierno de España. p. 119

Chow, V., Maidment, D., Mays, L. (1994). Hidrología Aplicada. Colombia: McGRAW-HILL. p.p. 81-82, 516 (584)

Cuadras M., Carles (2014). Nuevos Métodos de Análisis Multivariante. CMC Editions. Barcelona – España. p.p. 13 (305)

Dourojeanni, Axcel C. (2011). La Importancia de Gestionar las Intervenciones que afectan el ciclo e agua en una cuenca. Revista Agroenfoque, Abril 4.
http://www.academia.edu/5267135/GESTION_DE_INTERVENCIONES_EN_CUENCAS

Eppen G., Gould F., Schmidt C., Moore J., Weatherford L. (2000). Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. Quinta Edición. Editorial Pearson. México. p.p. 18-19 (794)

Estuardo Aaron (2012). Estadísticas y Probabilidades. Universidad Católica de la Santísima Concepción. Chile. p.p. 171 (193)

FAO (2003). Descubrir el potencial del agua para la agricultura. FAO. p.p. 33, 37-47 (72)

Fuentes Rosa, Ramos José, Jiménez María, Esparza Mario (2015). Caracterización de la materia orgánica disuelta en agua subterránea del valle de Toluca mediante espectrofotometría de fluorescencia 3D. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 31 (3). p.p. 253-264
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v31n3/v31n3a5.pdf>

Gennaro R., Alfonso (2003). Farmacología. Editorial Médica Panamericana. Segunda Edición. Tomo 1 . p.p. 268 (1380)

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas, (2013). Plan de Desarrollo de la Provincia del Guayas 2012-2021, Versión 002, Ecuador.

p.p. 51 (371)

<http://www.guayas.gob.ec/dmdocuments/ley-de-transparencia/literal-k/Plan-de-Desarrollo-2013.pdf>

González Piedra, J.I. (2000). Guía Metodológica para el Estudio de Cuencas Hidrológicas Superficiales con Proyección de Manejo Universidad de La Habana, Cuba (inédito).

Gorgas G. J., Cardiel L. N., Zamorano C. J., (2011) Estadística Básica para Estudiantes de Ciencias. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.

p.p. 206 (268)

INAMHI (2015), Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación. Quito – Ecuador 20, 47, 135, 136, 138 (283)

INE (2008). Evaluación de la afectación de la calidad de la agua en cuerpos de agua superficiales y subterráneos por efecto de la variabilidad y el cambio climático y su impacto en la biodiversidad, agricultura, salud, turismo e industria. Informe Final Octubre. México. p.p. 9 (108)

INEC, (2010) Fascículo Provincial Guayas, Ecuador. p.p. 8 (8)

<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manual-lateral/Resultados-provinciales/guayas.pdf>

INECC (2004). Análisis morfométrico de cuencas: Caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancítaro. Instituto Nacional de Ecología de México.

http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/morfometria_pico_tancitaro.pdf

INEN (2015). Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo. NTE INEN 2 176:1998. Quito – Ecuador (17)

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2008). Evaluación de la Calidad del Agua. Ribera del Lago de Chapala, en Ajijic. México
http://www2.inecc.gob.mx/emapas/download/lch_calidad_del_agua.pdf

Lecomte Karina, García Gabriela, Fórmica Stella, Depetris Pedro (2011). Hidroquímica de río de montaña (Sierras de Córdoba, Argentina): Elementos mayoritarios disueltos. Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis. Vol. 18(1). p.p. 43-62
<http://www.scielo.org.ar/pdf/lajsba/v18n1/v18n1a03.pdf>

León G.; A., Llinás S., H.;Tilano J. (2008). Análisis multivariado aplicando componentes principales al caso de los desplazados. Revista Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte. Baranquilla, Colombia. N°23. pp. 119-142
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85202310>

Lomelí Meza José (2009). Calidad de las Aguas del Río Lerma en Relación con el Riego Agrícola. Tesis presentada para obtener el título de Maestro en Ciencias. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillo-México. p.p. 19-24 (77)

Maass M., José M., (2015) El Manejo de cuencas desde un Enfoque Socioecosistémico. Revista Trimestral Cuencas de México. Abril-Junio. p.p.3-8 (44)

Ministerio del Medio Ambiente (2008). Tulas, Libro Vi Anexo 1 Norma De Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua En El Ecuador. p.p. 2, 18-20 (35)

Ministerio del Medio Ambiente (2008). Acuerdo Ministerial 068. p.p. 2, 4-6, 11, 25-26 (30)

Monsalve Sáenz, G.(1999). Hidrología en la Ingeniería. Segunda Edición. Escuela Colombiana de Ingeniería. Santa Fe de Bogotá. pp. 86, 106-107 (364)

Montanero Fernández, Jesús (2000). Manual de Bioestadística. Departamento de Matemática de la Universidad de Extremadura. España. p.p. 19-27 (145)

<http://matematicas.unex.es/~jmf/Archivos/Bioestadistica.pdf>

Mora Abraham, Sánchez Luzmila, Mac-Quhae César, Visáez Francisco, Calzadilla Malvis (2008). Geoquímica de los ríos Morichales de los Llanos Venezolanos. Revista Interciencia. Vol. 33. N°10. p.p. 717-724

<http://www.scielo.org.ve/pdf/inci/v33n10/art05.pdf>

Nania, Leonardo S. (2003). La Cuenca y los Procesos Hidrológicos. Universidad de Granada. España. p.p. 4 (62)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación FAO (1989). Water Quality Evaluation. <http://www.fao.org/docrep/003/t0234e/t0234e00.HTM>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Land and Water use Options for Climate change Adaptation and Mitigation in Agriculture. Thematic Report – TR04A. p.p. 9 (38)

http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/TR_04a_web.pdf

OMM, (2011). Guía de Prácticas Climatológicas. OMM-N°100, OMM, Ginebra, Suiza. p.p. 75-77, 81- 83, (128)

OMM, (2011). Guía de Prácticas Hidrológicas. OMM-N°168, Volumen II, Sexta Edición. OMM, Ginebra, Suiza. p.p. 302 (320)

Peña Daniel (2002). Análisis de Datos Multivariantes. McGraw-Hill. España. pp. 137-178 (529)

Pérez López, César (2006). Técnicas de Análisis Multivariante de Datos. Pearson Prentice Hall. Madrid-España. p.p. 66-67 (672)

Pérez, S., (2015). Índices De Salinidad De Las Aguas De Riego Del Cantón Milagro, Guayas, Ecuador. Proyecto de Grado para la obtención del título de Magister en Sistemas de Gestión Ambiental. Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador. p.p.

Ríos, L. (2010). Incidencia de la variabilidad climática en los caudales mínimos del Ecuador. Proyecto previo a la obtención del título de Ing. Civil, Quito, Ecuador. EPN.

Rius Díaz F., Barón López F., (2016). Bioestadística. Médico Moderno p.p. 306-308 (323)
<http://medicomoderno.blogspot.com>

Rodríguez J., R., Águeda, B., Portela, A. (2004). Meteorología y Climatología. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. p.p. 60-64 (88)

Sánchez Francisco, García Pedro, Laura Calvillo (2016). Mares Calcíticos y Aragonpíticos: Efectos en organismos formadores de arrecifes a través del tiempo. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas. Vol. 19. Eneo-Junio 2016. p.p. 45-53

Sandoval Erazo, W. (2014). Determinación de Caudales en cuencas con poca información Hidrológica. Ciencia UNEMI, volumen 7, número 12 (2014). p.p. 100-110

SENAGUA, (2009). Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador Escala 1: 250 000 Nivel 5 Metodología Pfafstetter. Ecuador. p.p. 5, 20-25 (60)

<http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/delimitacion-codificacion-Ecuador.pdf>

Senplades (2013). Plan Nacional del Buen Vivir. Quito – Ecuador. p.p. 220 (660)

Sierra Ramírez Carlos A., (2011). Calidad del Agua. Evaluación y Diagnóstico. Universidad de Medellín. p.p. 118-119 (460)

Sistema Nacional de Información (2015). Archivos de información Geográfica. IGM 2013. Ecuador
<http://sni.gob.ec/coberturas>

Sociedad Norteamericana de Ecológica (1998). Trópicos en Ecología. Contaminación no puntual de aguas superficiales con Fósforo y Nitrógeno. Número 3. Verano 1998. p.p. 1-13
<http://www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/numero3.pdf>

Soís, R., Moreno, E. (2006). Análisis de la porosidad del concreto con agregado calizo. Revista de la Facultad de Ingeniería de U.C.V. Volúmen 21. N° 3. pp. 57-68

Tarback, E., Lutgens, F. (2012). Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física. 8va Edición. Editorial Pearson. p.p. 479-505 (677)

Universidad Tecnológica Nacional (2013). Contaminación Atmosférica e Hídrica en Argentina. Tomo II. Primera Edición junio 2013. Universidad Tecnológica Nacional. Buenos Aires. p.p. 138 (769)

Villatorio, M., Heriquez, C., Sancho, F. (2008). Comparación de los Interpoladores IDW y Krigging en la Variación Espacial del pH, Ca, Cice y P del suelo. Revista Agronomía Costarricense 32(1). p.p. 95-105

www.cia.ucr.ac.cr

Yengle R., Carlos (2012). Aplicación del análisis de componentes principales como técnica para obtener índices sintéticos de calidad ambiental. UCV-Scientia 4(2). pp. 145-153

Yilei Yu, Xianfang Song, Yinghua Zhang (2014). Identifying Spatio-Temporal Variation And Controlling Factors Of Chemistry In Groundwater And River Water Recharged By Reclaimed Water At Huai River, North China. Stoch Environ Res Risk Assess 28:1135–1145

Wiener R., Eugene (2008). Applications of Environmental Aquatic Chemistry. A Practical Guide. Second Edition. Taylor & Francis Group. p.p. 123-125, 192 (442)

ANEXOS

ANEXO N° 1
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS MUESTREOS



Canal Estero Carrizal



Canal Estero Timalo



Río Los Monos (CA)



Río Los Monos (CM)



Río Los Monos (CB)



Estero Belín (CA)



Estero Belín (CM)



Estero Belín (CB)



Estero Balneario Las Cataratas



Río Milagro (Venecia Central)



Río Milagro (Estero San Miguel)



Río Milagro (Calle G. Moreno)



Río Milagro (Calle Luis V. Torres)



Río Milagro (C. 17 de Septiembre)



Río Milagro (Camal Privado)



Río Milagro (Ingenio Valdez)



Río Milagro (El Chobo)

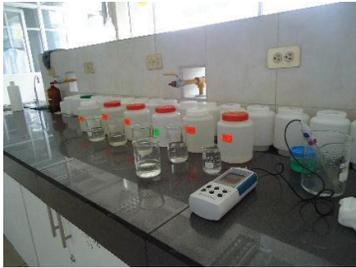


Pozo Banco de Arenas



Pozo Las Avispas

ANEXO 2
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE ENSAYOS DE
LABORATORIO



Medición de pH



Medición de Dureza Total



Medición de Dureza Cálcica



Medición de Alcalinidad



Medición de Cloruros



Medición de S. Sedimentables



Medición de S. Totales



Medición de DQO



Medición de Sulfatos



Medición de Nitratos



Medición de Fosfatos



Medición de Sodio



Medición de Potasio



Medición de SDT

ANEXO 3
DESARROLLO DEL RELLENO DE DATOS
METEOROLÓGICOS

PROCESO DE CÁLCULO POR REGRESIÓN LINEAL PARA TEMPERATURA MEDIA

MES	ESTACIÓN	ECUACIÓN	R	DATOS RELLENADOS
Enero	M0195	$Y = 1,0458X + 1,5926$	0,9587	4
	M0196	$Y = 1,0275X + 0,2156$	0,9449	3
Febrero	M0195	$Y = 1,0486X - 1,4543$	0,94398	3
	M0196	$Y = 0,9993X + 0,6748$	0,87396	2
	M0195	$Y = 0,9559X + 1,0295$	0,83229	3
Marzo	M0196	$Y = 1,1241X - 2,689$	0,8805	3
	M0037	$Y = 1,1241X - 2,689$	0,8805	1
Abril	M0195	$Y = 1,0414X - 1,3588$	0,86735	2
	M0196	$Y = 0,8776X + 3,992$	0,77369	2
Mayo	M0195	$Y = 0,9496X + 1,044$	0,8993	3
	M0196	$Y = 0,8529X + 4,614$	0,9280	3
Junio	M0195	$Y = 1,0385X - 1,1664$	0,9706	3
	M0196	$Y = 0,9742X + 1,4165$	0,9663	2
Julio	M0195	$Y = 1,0082X + 0,4016$	0,9750	3
	M0196	$Y = 0,9593X + 1,7606$	0,97365	2
Agosto	M0195	$Y = 0,9999X - 0,2146$	0,92709	3
	M0196	$Y = 0,9136X + 2,8058$	0,95137	4
Septiembre	M0195	$Y = 1,2471X - 6,571$	0,9382	3
	M0196	$Y = 1,0185X + 0,2448$	0,92027	2
Octubre	M0195	$Y = 0,9883X - 0,456$	0,93027	3
	M0196	$Y = 1,0642X - 0,8394$	0,9569	3
Noviembre	M0195	$Y = 1,1835X - 5,3448$	0,8927	2
	M0196	$Y = 0,7986X + 5,7724$	0,9166	3
Diciembre	M0037	$Y = 0,9814X - 0,245$	0,91367	1
	M0195	$Y = 0,0573X + 22,781$	0,701	3
	M0196	$Y = 0,9814X - 0,245$	0,91367	2

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

PROCESO DE CÁLCULO POR REGRESIÓN LINEAL PARA HUMEDAD RELATIVA

MES	ESTACIÓN	ECUACIÓN	R	DATOS RELLENADOS
Enero	M0195	$Y = 0,7154X + 26,828$	0,71232	5
	M0196	$Y = 1,3862X - 36,968$	0,94128	4
Febrero	M0195	$Y = 1,0986X - 6,6515$	0,701	4
	M0196	$Y = 1,3002X - 29,254$	0,80087	3
	M0195	$Y = 4,3526X - 284,27$	0,701	4
Marzo	M0196	$Y = 1,3918X - 36,38$	0,9099	4
	M0037	$Y = 1,3918X - 36,38$	0,9099	1
	M0195	$Y = 1,0393X + 0,6858$	0,76112	4
Mayo	M0196	$Y = 1,3987X - 37,987$	0,8716	4
Junio	M0195	$Y = 0,5498X + 36,796$	0,7	4
Junio	M0196	$Y = 0,8704X + 4,5435$	0,7047	3
Julio	M0195	$Y = 0,2313X + 67,255$	0,7001	4
Julio	M0196	$Y = 0,6796X + 20,35$	0,70001	3
Agosto	M0195	$Y = 0,5186X + 43,734$	0,7	4
Agosto	M0196	$Y = 0,699X + 18,777$	0,701	5
Septiembre	M0195	$Y = 0,7504X + 26,229$	0,7	3
Septiembre	M0196	$Y = 0,3801X + 43,112$	0,7	3
Octubre	M0195	$Y = 0,6559X + 34,76$	0,701	3
Octubre	M0196	$Y = 0,3383X + 46,209$	0,70001	4
Noviembre	M0195	$Y = 0,5494X + 42,407$	0,7	1
Noviembre	M0196	$Y = 0,8676X + 5,5102$	0,7399	4
Diciembre	M0195	$Y = 0,752X + 26,251$	0,7	3
	M0196	$Y = 0,9703X - 2,282$	0,8726	3

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

PROCESO DE CÁLCULO POR REGRESIÓN LINEAL PARA EVAPORACIÓN

MES	ESTACION	ECUACION	R	DATOS RELLENADOS
Enero	M1095	$y = 0,9583x - 13,433$	0,924	5
	M1096	$y = 0,9419x + 24,913$	0,894	1
Febrero	M1095	$y = 0,7872x + 10,176$	0,780	6
	M0037	$y = 0,6596x + 30,413$	0,700	1
Marzo	M1095	$y = 0,6596x + 30,413$	0,700	5
	M1096	$y = 0,4989x + 56,891$	0,700	1
Abril	M1095	$y = 0,5056x + 13,884$	0,700	6
	M1095	$y = 0,517x + 35,807$	0,700	5
Mayo	M1096	$y = 1,3977x - 21,779$	0,778	2
	M1095	$y = 0,8342x + 1,4378$	0,700	4
Junio	M1095	$y = 1,1894x - 28,717$	0,758	4
	M1095	$y = 0,1488x + 62,811$	0,700	5
Agosto	M1096	$y = 0,6917x + 77,772$	0,700	2
	M1095	$y = 0,2329x + 54,616$	0,700	5
Septiembre	M1095	$y = 0,4699x + 24,701$	0,700	4
	M1096	$y = 0,9592x + 46,602$	0,700	1
Octubre	M1095	$y = 0,3866x + 29,8$	0,700	5
	M1096	$y = 1,6055x - 38,46$	0,700	2
Noviembre	M1095	$y = 0,0172x + 82,029$	0,700	5
	M1096	$y = 0,9936x + 32,706$	0,700	1
Diciembre	M1095	$y = 0,0172x + 82,029$	0,700	5
	M1096	$y = 0,9936x + 32,706$	0,700	1

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

VALORES DE PRECIPITACIÓN OBTENIDOS POR MÉTODO DE LA RAZÓN NORMAL EN ESTACIÓN M0037

M0037: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)												
AÑO	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1989	520,30	471,10	305,00	234,00	36,00	3,50	0,00	0,00	0,00	1,10	1,10	1,60
1990	56,30	302,70	177,60	110,80	28,40	43,80	0,20	0,10	0,40	4,50	0,50	67,90
1991	60,50	448,40	222,40	10,80	25,70	1,40	1,40	0,40	0,90	0,60	1,70	58,80
1992	127,30	628,70	687,50	506,40	382,40	11,80	5,90	0,30	0,10	0,70	3,70	4,20
1993	237,60	669,60	389,50	275,80	59,00	0,50	1,10	0,00	0,00	2,00	0,40	147,00
1994	255,00	317,70	264,20	199,30	43,90	0,20	0,00	0,00	0,20	0,60	4,40	139,00
1995	308,10	203,20	159,70	108,00	15,60	0,00	3,90	0,10	0,60	0,20	2,10	17,60
1996	79,50	355,70	338,60	42,00	0,80	0,10	0,50	0,00	0,10	0,00	1,00	8,60
1997	208,60	487,20	680,00	381,50	99,50	200,50	156,30	31,70	127,10	30,50	551,20	595,50
1998	712,70	846,00	966,40	957,30	517,80	91,40	33,80	0,00	0,50	0,40	0,90	3,20
1999	113,50	519,80	319,41	207,50	60,30	2,10	0,00	0,00	2,90	3,50	3,80	82,00
2000	110,10	221,40	284,90	164,10	134,10	5,90	0,00	0,00	3,50	2,00	0,10	4,00
2001	376,00	386,60	748,40	179,50	16,70	0,00	0,50	0,00	0,00	0,10	0,00	0,70
2002	57,10	590,20	594,00	278,80	6,50	5,80	0,00	0,00	0,00	5,30	0,00	55,90
2003	115,20	337,00	173,10	90,70	51,90	0,80	0,40	0,00	0,00	1,30	0,00	28,20
2004	101,70	275,40	332,70	145,60	66,00	2,30	1,00	0,00	5,90	1,50	0,40	20,60
2005	131,00	201,50	263,80	120,00	25,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	1,10	44,00
2006	316,90	573,80	339,00	20,00	56,00	2,10	0,00	1,40	0,00	0,10	2,70	23,20
2007	211,10	97,50	481,60	162,00	15,90	3,00	1,20	0,00	0,00	2,90	5,10	3,00
2008	468,00	669,80	619,20	272,90	48,40	1,00	0,20	0,60	2,90	2,50	0,40	0,10
2009	456,90	380,80	187,60	49,10	66,10	2,40	0,30	0,20	0,00	0,10	0,00	18,00
2010	163,50	464,90	238,40	330,50	34,80	1,30	3,30	0,70	0,00	0,20	7,10	124,80
2011	158,10	263,20	39,20	393,80	0,60	18,30	31,50	0,10	0,00	0,00	0,50	6,80
2012	457,50	806,20	494,10	223,10	85,00	0,40	0,00	0,00	0,00	4,90	0,40	6,10
2013	292,00	253,50	329,50	132,40	15,60	1,60	2,00	2,70	0,10	0,00	0,00	1,40
2014	398,00	301,50	125,40	53,70	262,30	3,10	1,50	1,10	2,90	11,40	0,00	0,06

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

VALORES DE PRECIPITACIÓN OBTENIDOS POR MÉTODO DE LA RAZÓN NORMAL EN ESTACIÓN M1095

M0195: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)												
AÑO	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1989	144,28	130,64	84,58	142,60	103,90	11,70	5,50	6,20	7,10	14,80	21,60	13,90
1990	91,50	295,27	158,40	208,30	27,70	42,73	5,90	5,00	10,70	17,00	9,40	74,10
1991	207,60	488,90	336,20	109,20	68,20	3,40	5,20	8,80	6,70	20,20	30,60	50,40
1992	199,00	693,30	730,80	781,20	630,50	241,50	13,70	6,30	9,70	14,30	24,00	13,40
1993	322,80	510,00	621,80	604,40	358,00	24,00	27,30	7,80	7,40	13,90	16,30	142,10
1994	365,50	435,20	280,60	246,50	66,70	8,30	5,10	3,70	5,30	20,70	16,10	245,30
1995	324,30	358,68	259,90	272,00	54,30	8,20	23,50	9,20	7,20	22,50	12,60	19,70
1997	205,20	520,70	710,70	456,20	530,30	322,10	112,80	133,60	187,10	141,40	674,70	561,30
1998	586,90	1288,90	745,00	765,20	565,70	165,90	45,80	12,60	10,80	19,70	20,80	31,50
1999	147,70	513,90	527,30	359,90	141,40	8,40	14,50	3,60	24,80	18,80	18,20	151,80
2000	139,30	481,20	481,70	241,40	212,10	30,30	1,60	12,60	22,30	20,30	4,00	20,60
2001	271,14	402,90	689,00	248,90	71,10	5,60	6,40	4,60	6,30	9,90	18,00	22,10
2002	152,80	430,70	705,00	325,90	38,00	16,30	6,80	3,30	5,30	17,30	22,00	61,10
2003	261,20	206,60	217,70	90,20	34,40	10,20	9,10	6,40	6,90	13,00	8,90	32,20
2004	207,50	317,00	475,20	219,90	39,60	9,70	4,50	2,50	16,50	23,40	12,20	8,70
2005	85,30	142,50	263,90	133,40	4,50	5,30	3,70	5,70	8,90	16,10	14,30	39,50
2006	255,50	546,00	467,80	132,20	93,30	7,30	7,30	9,00	0,30	14,30	30,10	64,30
2007	263,10	288,60	426,80	207,50	70,20	19,30	5,60	8,70	8,70	15,50	13,30	33,20
2008	837,80	625,50	749,00	479,30	62,40	31,40	20,60	21,10	27,20	23,70	9,20	30,00
2009	531,20	496,90	448,90	146,10	86,20	16,10	4,60	7,80	11,20	13,90	14,10	98,10
2010	324,00	466,30	557,60	603,60	205,90	18,10	13,30	4,90	13,70	15,70	18,60	147,70
2011	236,60	465,00	224,70	687,70	24,70	16,60	27,60	5,30	12,30	7,30	17,50	20,40
2012	603,90	568,50	531,30	619,90	372,40	20,00	7,90	1,80	5,30	18,40	15,00	18,60
2013	327,00	458,00	375,80	537,66	38,19	4,48	4,50	7,39	0,23	0,44	0,00	4,24
2014	362,10	494,60	243,40	123,50	342,40	32,10	14,20	12,60	13,80	33,40	16,30	0,09

ELABORADO POR: DIANA ROSA MÓROCHO LÓPEZ

VALORES DE TEMPERATURA MEDIA OBTENIDOS POR MÉTODO DE LA RAZÓN NORMAL EN ESTACIÓN M0037

M0037: TEMPERATURA MEDIA (°C)												
AÑO	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1990	26,90	26,00	27,10	26,40	26,10	25,40	23,90	23,60	23,90	24,40	25,00	26,20
1991	26,70	26,30	27,30	27,20	26,80	25,30	24,20	24,00	23,60	24,90	25,50	26,40
1992	26,50	26,40	26,60	27,10	26,90	25,80	24,30	23,70	23,80	24,50	24,50	25,60
1993	26,00	25,70	26,60	27,00	26,60	25,40	24,70	24,00	24,50	24,60	24,80	26,10
1994	25,70	25,90	26,30	26,30	26,10	24,40	23,10	22,90	24,00	24,90	24,90	26,30
1995	26,10	26,10	27,00	26,70	26,40	25,70	24,90	24,80	24,80	24,80	25,20	26,10
1996	26,00	26,10	26,60	26,60	26,10	23,80	23,10	23,90	24,30	24,00	24,70	26,70
1997	25,70	26,20	26,80	26,80	27,40	27,00	27,00	26,60	26,50	26,90	26,60	27,10
1998	27,30	27,40	27,40	27,70	27,50	26,60	25,50	24,70	25,00	24,60	25,10	25,70
1999	26,40	25,40	26,23	26,30	25,70	23,70	23,50	23,00	24,10	24,70	25,00	25,30
2000	25,70	25,60	26,10	26,50	25,40	23,90	22,80	23,40	23,90	24,60	24,70	26,10
2001	25,60	26,10	26,40	26,70	25,10	23,50	23,10	23,10	23,90	23,80	25,00	25,80
2002	27,00	25,90	26,70	26,60	26,90	25,10	24,40	23,90	24,60	24,80	25,60	26,20
2003	26,50	26,30	27,10	27,40	26,60	24,70	24,20	24,50	23,90	25,00	25,20	26,60
2004	27,00	26,50	26,80	26,50	26,00	24,20	23,60	24,10	24,70	25,00	24,90	26,70
2005	27,70	26,30	26,70	27,30	25,80	24,50	24,30	23,80	24,50	24,10	24,80	25,50
2006	26,30	25,80	26,70	26,90	26,00	24,70	23,90	24,80	25,00	25,40	25,30	26,80
2007	26,60	27,10	26,60	27,00	26,20	24,90	24,70	23,90	24,20	23,60	24,80	25,80
2008	24,60	25,80	26,40	27,00	25,80	25,00	24,80	24,80	25,10	24,70	24,90	26,30
2009	26,00	25,80	26,40	27,40	26,90	25,40	24,90	24,70	24,60	24,70	25,20	26,70
2010	26,60	26,90	27,20	27,30	26,80	25,10	24,70	24,10	24,50	24,70	24,10	25,10
2011	26,00	26,30	27,60	26,80	26,60	25,60	24,90	24,30	25,00	24,10	25,20	26,70
2012	25,30	25,80	26,80	27,00	26,80	26,30	25,00	24,40	24,70	24,80	25,60	26,60
2013	25,90	26,10	26,90	26,90	25,70	24,60	23,60	24,30	25,00	25,10	25,10	27,00
2014	26,00	26,10	27,20	26,90	26,40	26,40	25,40	25,00	24,70	25,00	25,50	13,45

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

VALORES DE HUMEDAD RELATIVA MEDIA OBTENIDOS POR MÉTODO DE LA RAZÓN NORMAL EN ESTACIÓN M0037

M0037: HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%)												
AÑO	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1989	83,00	86,00	83,00	83,00	80,00	83,00	80,00	80,00	77,00	76,00	73,00	70,00
1990	74,00	84,00	78,00	81,00	79,00	81,00	81,00	78,00	78,00	77,00	75,00	71,00
1991	74,00	84,00	80,00	77,00	78,00	79,00	79,00	79,00	77,00	76,00	75,00	76,00
1992	82,00	86,00	88,00	87,00	87,00	84,00	81,00	83,00	80,00	77,00	78,00	74,00
1993	81,00	86,00	84,00	83,00	83,00	83,00	81,00	78,00	77,00	77,00	77,00	75,00
1994	83,00	85,00	81,00	82,00	80,00	81,00	81,00	82,00	77,00	76,00	77,00	78,00
1995	84,00	85,00	80,00	80,00	79,00	77,00	78,00	75,00	75,00	76,00	73,00	71,00
1996	78,00	83,00	81,00	75,00	76,00	81,00	80,00	76,00	76,00	75,00	73,00	68,00
1997	79,00	83,00	83,00	82,00	81,00	82,00	80,00	80,00	82,00	81,00	85,00	86,00
1998	87,00	87,00	87,00	86,00	86,00	84,00	83,00	82,00	80,00	78,00	77,00	75,00
1999	76,00	86,00	83,47	82,00	82,00	83,00	82,00	80,00	79,00	76,00	74,00	78,00
2000	77,00	82,00	81,00	80,00	80,00	82,00	82,00	79,00	78,00	76,00	73,00	71,00
2001	81,00	82,00	84,00	82,00	83,00	83,00	82,00	81,00	77,00	77,00	75,00	74,00
2002	74,00	86,00	86,00	85,00	80,00	79,00	79,00	79,00	77,00	79,00	77,00	79,00
2003	82,00	85,00	83,00	80,00	81,00	82,00	81,00	81,00	79,00	78,00	77,00	75,00
2004	76,00	83,00	84,00	84,00	82,00	82,00	82,00	78,00	78,00	77,00	76,00	70,00
2005	73,00	83,00	82,00	83,00	79,00	80,00	79,00	78,00	77,00	77,00	76,00	75,00
2006	78,00	87,00	82,00	76,00	78,00	79,00	79,00	77,00	76,00	74,00	74,00	71,00
2007	81,00	78,00	81,00	80,00	80,00	83,00	81,00	79,00	79,00	80,00	79,00	71,00
2008	87,00	84,00	84,00	81,00	81,00	79,00	79,00	78,00	77,00	78,00	74,00	72,00
2009	81,00	85,00	82,00	77,00	78,00	79,00	79,00	80,00	78,00	78,00	76,00	76,00
2010	83,00	86,00	84,00	84,00	83,00	82,00	81,00	81,00	79,00	76,00	79,00	79,00
2011	79,00	82,00	74,00	82,00	79,00	82,00	83,00	80,00	77,00	76,00	71,00	69,00
2012	85,00	85,00	83,00	81,00	81,00	77,00	77,00	77,00	76,00	76,00	72,00	71,00
2013	83,00	83,00	83,00	80,00	79,00	81,00	81,00	78,00	77,00	77,00	78,00	70,00
2014	84,00	83,00	80,00	81,00	83,00	79,00	80,00	79,00	79,00	80,00	75,00	71,00

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

VALORES DE EVAPORACIÓN OBTENIDOS POR MÉTODO DE LA RAZÓN NORMAL EN ESTACIÓN M0037

M0037: EVAPORACIÓN POTENCIAL MEDIA (mm)												
AÑO	EN	FE	MA	AB	MA	JUN	JUL	AG	SE	OC	NO	DI
1997	119,60	108,30	138,70	132,90	106,70	110,70	102,40	111,60	107,20	107,70	98,90	115,60
1998	115,40	107,80	118,60	128,10	103,00	89,00	89,90	85,80	94,00	110,80	108,00	116,40
1999	118,60	93,20	134,20	115,90	95,60	76,10	79,00	92,70	95,20	99,10	106,60	100,50
2000	123,90	99,40	110,80	125,30	99,40	80,90	73,80	104,80	105,60	113,40	123,60	131,70
2001	103,40	99,10	109,50	116,00	86,90	89,10	68,60	81,10	110,30	111,90	115,30	121,30
2002	130,20	81,00	114,60	101,80	108,10	92,90	95,20	95,40	104,50	104,80	102,90	101,90
2003	108,20	98,50	121,10	135,00	104,50	90,20	87,40	86,00	106,90	109,00	108,80	127,70
2004	147,10	109,90	109,60	116,30	99,50	90,80	79,40	112,70	97,50	111,40	115,20	160,20
2005	150,60	99,20	118,70	109,70	110,60	88,20	94,90	101,80	128,00	102,50	107,10	110,90
2006	118,50	88,60	123,50	125,90	119,80	89,00	85,40	108,90	106,50	124,60	105,70	137,30
2007	98,90	112,50	107,60	122,10	89,60	66,40	91,60	100,50	119,20	107,20	122,80	127,20
2008	64,00	98,70	120,90	130,20	109,00	92,10	85,70	87,80	98,40	110,20	115,30	130,40
2009	95,10	80,60	123,50	139,40	125,90	94,60	91,60	99,60	121,00	122,20	123,60	114,10
2010	95,90	84,70	117,10	110,00	95,40	82,10	87,60	88,60	85,60	110,20	86,20	85,90
2011	98,10	95,80	145,60	125,10	120,80	77,30	71,60	76,10	105,40	96,20	120,70	128,10
2012	79,00	69,10	77,30	74,50	97,50	92,00	91,40	96,20	100,00	102,60	118,70	120,60
2013	72,30	87,60	102,80	108,30	90,00	75,20	73,20	100,00	113,90	111,30	102,40	147,40
2014	79,80	92,10	127,60	99,30	94,80	78,70	89,10	90,80	89,90	97,40	108,00	130,20
2015	103,90	96,50	102,80	112,00	106,80	90,90	90,70	87,50	98,20	93,50	94,10	107,60

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

PRUEBA DE RACHAS - REGRESIÓN LINEAL (TEMPERATURA)

		ESTACION M0037												
AÑO / MES	DATO	EN	FE	MA	AB	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OC	NO	DIC	
	NA o NB	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
1998	NS	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
	NA	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6
	NA o NB	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-
2013	NS	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3
	NA	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	6

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

PRUEBA DE RACHAS - RAZÓN NORMAL (TEMPERATURA)

		ESTACION M0037												
AÑO / MES	DATO	EN	FE	MA	AB	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OC	NO	DIC	
	NA o NB	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
1998	NS	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
	NA	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6
	NA o NB	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
2013	NS	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	NA	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	6

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

PRUEBA DE RACHAS – REGRESION LINEAL (HUMEDAD)

		ESTACION M0037												
AÑO / MES	DATO	EN	FE	MA	AB	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OC	NO	DIC	
	NA o NB	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
1999	NS	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	4
	NA	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	6

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

PRUEBA DE RACHAS – RAZON NORMAL (HUMEDAD)

		ESTACION M0037											
AÑO / MES	DATO	EN	FE	MA	AB	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OC	NO	DIC
	NA o NB	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
1999	NS	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
	NA	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	6

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

PRUEBA DE RACHAS – REGRESION LINEAL (EVAPORACIÓN)

		ESTACION M0037												
AÑO / MES	DATO	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	
	NA o NB	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-
1999	NS	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	4
	NA	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	6

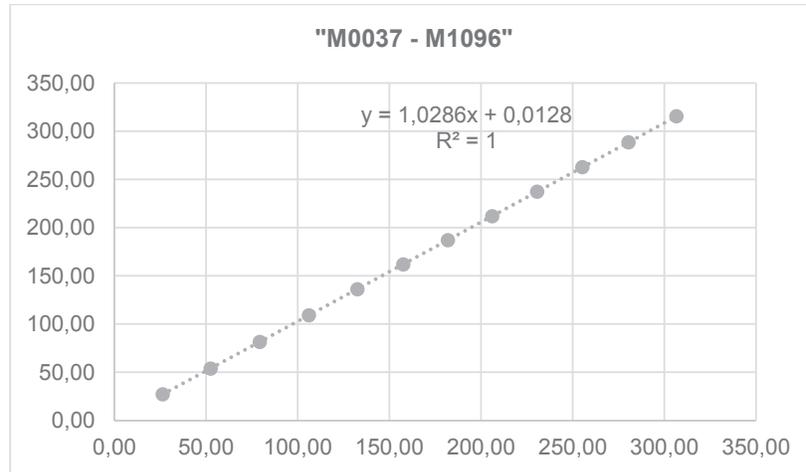
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

PRUEBA DE RACHAS – RAZON NORMAL (EVAPORACIÓN)

		ESTACION M0037												
AÑO / MES	DATO	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	
	NA o NB	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
1999	NS	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
	NA	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6

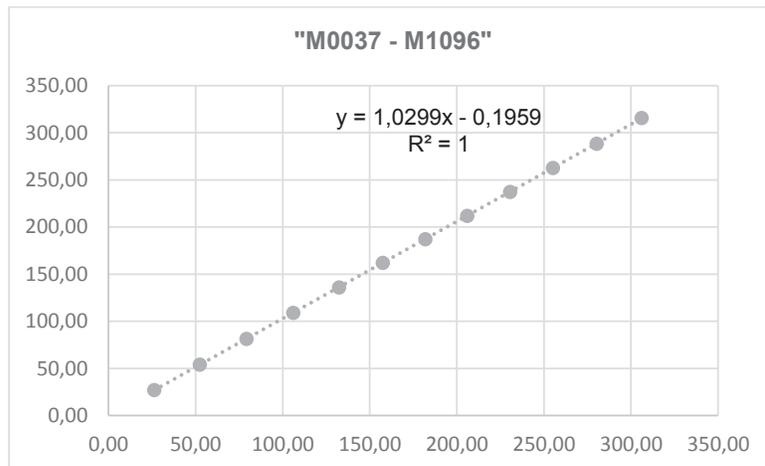
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

CURVA DE DOBLE MASA – REGRESION LINEAL (TEMPERATURA)



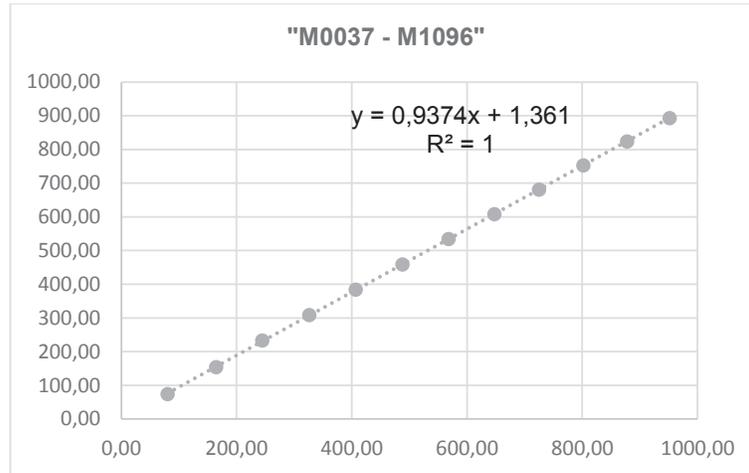
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

CURVA DE DOBLE MASA – RAZON NORMAL (TEMPERATURA)



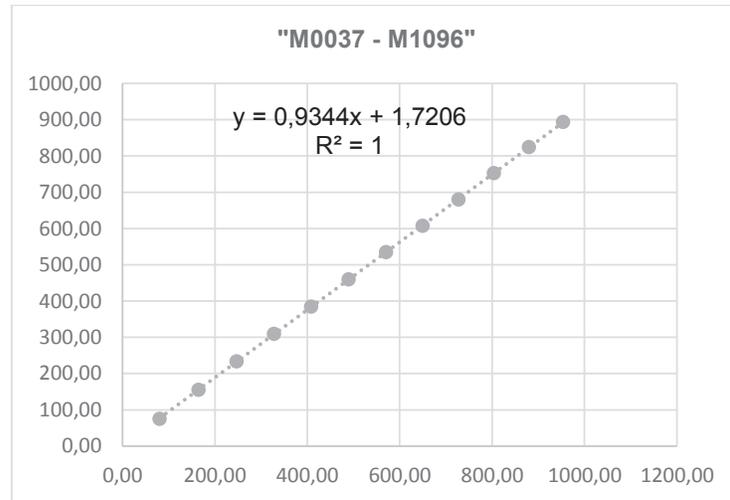
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

CURVA DE DOBLE MASA – REGRESION LINEAL (HUMEDAD)



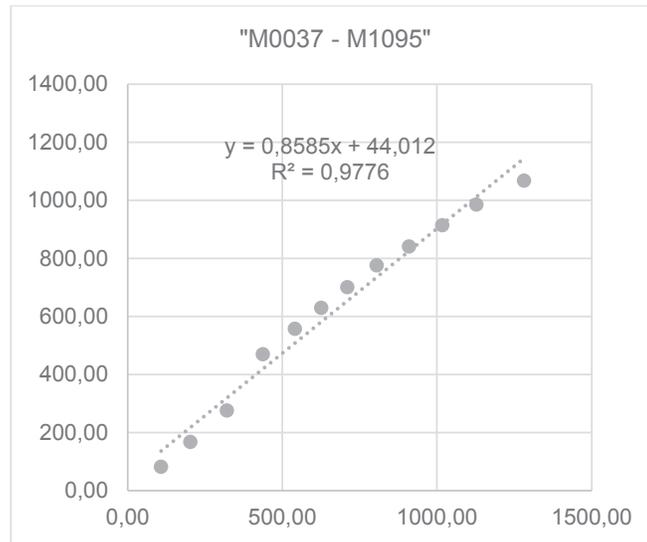
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

CURVA DE DOBLE MASA – RAZON NORMAL (HUMEDAD)



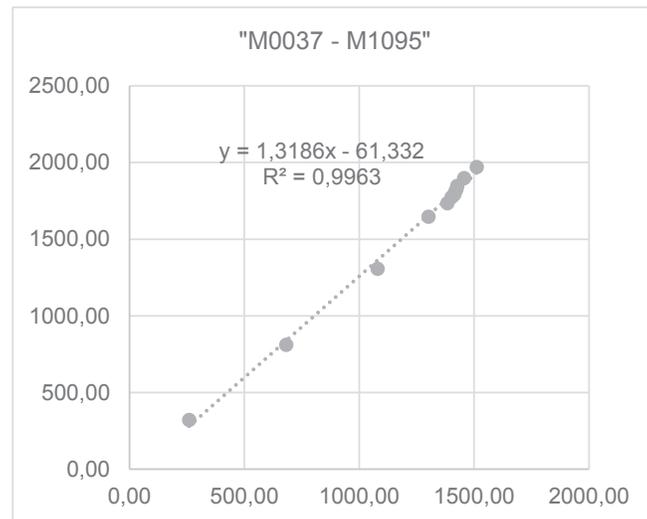
ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

CURVA DE DOBLE MASA – REGRESION LINEAL (EVAPORACIÓN)



ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

CURVA DE DOBLE MASA – RAZON NORMAL (EVAPORACIÓN)



ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ

ANEXO 4
VALORES MENSUALES DE EVAPOTRANSPIRACION

EVAPOTRANSPIRACION (mm)												
AÑO	EN	FE	MA	AB	MAY	JUN	JUL	AG	SE	OC	NO	DI
1986	0,0011	0,0049	0,0014	0,0007	0,0023	0,0007	0,0455	0,1823	0,1320	0,1015	0,1119	0,0173
1987	0,0025	0,0090	0,0022	0,0027	0,0078	0,0059	0,1319	0,3944	0,2276	0,3018	0,1970	0,0482
1988	0,0031	0,0081	0,0018	0,0017	0,0064	0,0019	0,0690	0,1556	0,1670	0,1509	0,0740	0,0158
1989	0,0012	0,0026	0,0010	0,0010	0,0025	0,0008	0,0418	0,0691	0,0817	0,1632	0,1318	0,0191
1990	0,0031	0,0040	0,0020	0,0011	0,0039	10,1490	0,0882	0,1129	0,0542	0,0529	0,0344	0,0107
1991	0,0031	0,0049	0,0020	0,0014	0,0064	0,0039	0,0749	0,1684	0,0422	0,0937	0,0528	0,0143
1992	0,0025	0,0024	0,0018	0,0021	0,0071	0,0048	0,0882	0,1556	0,0422	0,0735	0,0289	0,0080
1993	0,0012	0,0036	0,0009	0,0012	0,0064	0,0053	0,1218	0,1556	0,0694	0,0937	0,0375	0,0107
1994	0,0262	0,0036	0,0009	0,0007	0,0039	3,5127	0,0631	0,0681	0,0570	0,1147	0,0418	0,0038
1995	0,0394	0,0045	0,0018	0,0014	0,0038	0,0053	0,0882	0,1823	0,0817	0,0735	0,0315	0,0088
1996	0,0011	0,0040	0,0010	0,0010	0,0034	0,0007	0,0297	0,1129	0,0459	0,0575	0,0315	0,0158
1997	0,0011	0,0197	0,0013	0,0011	0,0096	0,0280	0,8183	1,3681	0,6480	0,5478	0,3417	0,0482
1998	0,0073	0,0019	0,0027	0,0037	0,0212	0,0158	0,2116	0,3139	0,1670	0,1289	0,0409	0,0080
1999	0,0015	0,0024	0,0009	0,0006	0,0025	0,0008	0,0418	0,0885	0,0589	0,0797	0,0446	0,0044
2000	0,0008	0,0040	0,0005	0,0007	0,0016	0,0007	0,0297	0,0691	0,0542	0,0864	0,0446	0,0097
2001	0,0236	0,0040	0,0011	0,0010	0,0011	0,0007	0,0297	0,0750	0,0459	0,0448	0,0528	0,0054
2002	0,0048	0,0073	0,0018	0,0012	0,0096	0,0053	0,0813	0,1823	0,1219	0,1100	0,0681	0,0118
2003	0,0025	0,0066	0,0027	0,0033	0,0058	0,0017	0,0749	0,2305	0,0542	0,1100	0,0528	0,0191
2004	0,0059	0,0054	0,0014	0,0012	0,0047	0,0023	0,0538	0,2491	0,1428	0,1395	0,0485	0,0440
2005	0,1914	0,0049	0,0016	0,0027	0,0034	0,0023	0,1037	0,1684	0,1040	0,0575	0,0528	0,0088
2006	0,0017	0,0133	0,0020	0,0017	0,0087	0,0026	0,1216	0,3098	0,1552	0,1692	0,0626	0,0277
2007	0,0021	0,0036	0,0020	0,0021	0,0058	0,0026	0,1218	0,1326	0,0694	0,0448	0,0315	0,0044
2008	0,0003	0,0029	0,0007	0,0014	0,0023	0,0023	0,1218	0,1972	0,1219	0,0797	0,0375	0,0088
2009	0,0010	0,0090	0,0009	0,0019	0,0064	0,0039	0,1319	0,3139	0,1428	0,1100	0,0575	0,0143
2010	0,0023	0,0054	0,0022	0,0027	0,0087	0,0039	0,1124	0,2305	0,1126	0,1100	0,0265	0,0044
2011	0,0013	0,0044	0,0030	0,0012	0,0064	0,0079	0,1546	0,2692	0,1544	0,0797	0,0681	0,0304
2012	0,0009	0,0049	0,0018	0,0024	0,0096	0,0158	0,2116	0,2907	0,1544	0,1509	0,0874	0,0253
2013	0,0013	0,0040	0,0011	0,0015	0,0026	4,3585	0,0953	0,2104	0,1552	0,1341	0,0511	0,0038
2014	0,0013	0,0044	0,0022	0,0011	0,0052	0,0130	0,2287	0,3388	0,1544	0,1395	0,0874	0,0039

FUENTE: INAMHI

ELABORADO POR: DIANA ROSA MOROCHO LÓPEZ.

ANEXO 5
RESULTADOS DE LOS MUESTREOS – NOVIEMBRE 2012

ANEXO 6
RESULTADOS DE LOS MUESTREOS – JUNIO 2013

ANEXO 7
RESULTADOS DE LOS MUESTREOS – SEPTIEMBRE 2015

PUNTO	T °C	pH	CE µS/cm	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	mEq/L					mg/L				
								ΣCA	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	ΣAN	SDT	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	
ESTEROS	1	25,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	25,0	527,50	1,14	1,43	1,57	1,06	5,20	0,00	4,37	0,47	0,37	184,00	0,50	0,94		
LOS MONOS	3	26,0	456,00	0,96	1,22	1,45	0,86	4,50	0,00	4,35	0,10	0,05	912,00	0,30	1,50		
	4	26,0	2050,50	5,03	5,00	8,36	2,10	20,50	0,00	10,96	4,98	4,56	772,00	0,10	0,19		
	5	26,0	1878,50	4,58	4,96	6,86	2,31	18,70	0,00	5,63	7,43	5,63	244,00	0,30	0,48		
BELIN	6	26,0	699,00	1,44	1,68	2,51	1,27	6,90	0,00	5,43	0,83	0,63	416,00	0,10	2,11		
	7	25,0	649,00	1,33	1,52	2,40	1,16	6,40	0,00	1,93	2,55	1,93	408,00	1,00	1,30		
ESTERO	8	26,0	781,50	1,65	1,86	2,82	1,47	7,80	0,00	2,50	2,80	2,50	464,00	-	2,50		
	9	25,0	573,00	1,25	1,55	1,78	1,11	5,70	0,00	2,93	1,43	1,33	238,00	0,10	0,59		
MILAGRO	10	26,0	290,00	0,65	0,66	1,08	0,52	2,90	0,00	0,14	2,62	0,14	226,00	2,10	0,19		
	11	26,0	290,00	0,68	0,67	1,06	0,50	2,90	0,00	2,78	0,02	0,10	102,00	0,10	0,64		
	12	25,5	385,50	0,71	0,75	1,31	1,03	3,80	0,00	0,59	3,17	0,04	146,00	6,10	0,28		
	13	25,5	379,00	0,82	0,87	1,33	0,69	3,70	0,00	2,83	0,80	0,07	174,00	2,40	0,07		
	14	25,0	390,50	0,87	0,92	1,39	0,73	3,90	0,00	3,77	0,12	0,02	158,00	0,20	0,90		
	15	30,0	458,50	1,01	1,09	1,54	0,86	4,50	0,00	2,95	1,50	0,05	20056,00	0,60	0,89		
	16	43,0	464,00	1,03	1,14	1,56	0,87	4,60	0,00	2,58	1,03	0,98	184,00	0,30	0,84		
POZOS	17	27,0	458,00	1,06	1,15	1,46	0,83	4,50	0,00	4,33	0,13	0,03	148,00	0,10	0,38		
	18	27,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19	24,0	480,00	0,80	0,80	2,36	0,84	4,80	0,00	4,63	0,13	0,03	193,00	0,00	2,11		
	20	25,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	26,0	7,21	518,00	0,91	0,99	2,33	0,86	5,10	0,00	4,87	0,17	0,07	168,00	0,40	1,24		
PROMEDIO			651,58	1,44	1,57	2,40	1,06	-	0,00	3,75	1,68	1,03	1399,61	0,86	0,95		
MINIMO			290,00	0,65	0,66	1,06	0,50	-	0,00	0,14	0,02	0,02	102,00	0,00	0,07		
MAXIMO			2050,50	5,03	5,00	8,36	2,31	-	0,00	10,96	7,43	5,63	20056,00	6,10	2,50		

ANEXO 8
RESULTADOS DE LOS MUESTREOS – DICIEMBRE 2015

PUNTO	T °C	pH	CE µS/cm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	mEq / L						mg / L					
								ΣCA	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	ΣAN	SDT	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻			
ESTEROS	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	27,5	8,08	234,10	0,68	0,07	0,01	3,00	0,00	2,38	0,22	0,28	2,88	133,96	0,60	0,51			
	3	28,0	8,23	329,20	1,17	1,55	0,22	0,01	3,96	0,19	3,34	0,22	0,25	4,01	188,38	0,45	0,82		
LOS MONOS	4	28,5	8,08	315,50	2,19	1,61	0,22	0,01	4,03	0,00	3,44	0,22	0,23	3,89	180,54	0,40	0,94		
	5	29,0	7,93	315,60	2,57	1,24	0,22	0,01	4,04	0,00	3,44	0,24	0,20	3,88	180,60	0,45	1,24		
BELIN	6	29,5	7,59	623,80	2,47	2,29	1,84	0,02	6,62	0,00	5,04	1,29	0,48	6,81	356,96	12,70	4,75		
	7	27,5	7,52	624,50	2,44	2,24	2,05	0,01	6,74	0,00	5,16	1,36	0,49	7,00	357,36	6,10	5,45		
	8	27,5	7,46	512,60	2,41	2,10	1,18	0,01	5,70	0,00	4,55	0,72	0,22	5,49	293,33	0,40	1,34		
ESTERO	9	28,0	8,15	215,50	1,65	1,00	0,06	0,01	2,72	0,13	2,09	0,18	0,25	2,65	123,32	0,50	0,52		
	10	27,0	7,62	337,80	1,88	2,00	0,29	0,02	4,19	0,00	3,10	0,53	0,40	4,03	193,30	0,80	1,16		
	11	27,0	7,81	294,50	1,99	1,34	0,26	0,02	3,60	0,00	3,10	0,37	0,21	3,68	168,52	0,70	1,14		
MILAGRO	12	26,8	7,85	264,30	1,73	1,39	0,21	0,01	3,34	0,00	2,71	0,25	0,25	3,21	151,24	0,75	0,93		
	13	26,9	7,81	271,80	1,70	1,49	0,22	0,01	3,42	0,00	2,77	0,26	0,26	3,29	155,53	1,50	1,35		
	14	27,1	7,73	278,90	1,77	1,46	0,26	0,01	3,50	0,00	2,82	0,29	0,25	3,36	159,59	2,30	1,41		
	15	27,9	7,59	287,90	1,86	1,44	0,30	0,02	3,62	0,00	2,97	0,28	0,23	3,48	164,75	3,60	1,50		
	16	42,5	5,28	324,50	1,74	1,53	0,48	0,13	3,89	0,00	2,79	1,13	0,10	4,02	185,69	0,85	0,50		
POZOS	17	29,0	7,75	284,70	1,75	1,59	0,25	0,02	3,61	0,00	2,87	0,32	0,28	3,47	162,91	1,40	1,66		
	18	28,0	7,46	353,70	2,48	1,88	0,06	0,01	4,43	0,00	3,76	0,26	0,28	4,30	202,40	1,95	1,55		
	19	28,5	7,38	2281,00	13,68	8,33	1,22	0,01	23,24	0,00	6,10	2,58	14,30	22,98	1305,26	0,60	1,08		
	20	28,5	7,61	362,30	1,99	1,87	0,30	0,00	4,16	0,00	3,80	0,20	0,26	4,27	207,32	0,70	0,86		
21	27,0	8,24	334,00	0,11	0,34	3,34	0,00	3,78	0,19	3,39	0,16	0,15	3,89	191,12	0,50	5,03			
		PROMEDIO		442,31	2,54	1,87	0,65	0,02	5,08	0,03	3,48	0,56	0,97	5,03	253,10	1,86	1,68		
		MINIMO		215,50	0,11	0,34	0,06	0,00	-	0,00	2,09	0,16	0,10	-	123,32	0,40	0,50		
		MAXIMO		2281,00	13,68	8,33	3,34	0,13	-	6,10	2,58	14,30	-	1305,26	12,70	5,45			

ANEXO 9
RESULTADOS DE LOS MUESTREOS – MARZO 2016

PUNTO	T	pH	CE µS/cm	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	ΣCA	mEq / L				SDT	NO3 ⁻	PO4 ³⁻	
	°C								CO3 ²⁻	HCO3 ⁻	Cl ⁻	SO4 ²⁻				ΣAN
ESTEROS	1	30,0	140,80	0,72	0,64	0,11	0,00	1,47	0,00	1,04	0,17	0,22	1,43	78,00	1,75	0,87
	2	29,0	128,95	0,61	0,62	0,12	0,00	1,35	0,00	0,94	0,15	0,22	1,31	73,20	2,15	0,64
LOS MONOS	3	28,0	174,45	1,06	0,74	0,05	0,01	1,87	0,00	1,69	0,13	0,12	1,93	103,20	1,60	1,17
	4	27,0	171,70	1,08	0,71	0,05	0,01	1,85	0,00	1,52	0,15	0,13	1,80	103,20	2,45	1,14
BELIN	5	28,0	172,15	1,08	0,71	0,05	0,01	1,86	0,00	1,52	0,15	0,14	1,81	102,60	1,40	1,08
	6	28,0	22,77	1,14	1,35	0,93	0,01	3,43	0,00	2,72	0,63	0,20	3,55	184,90	1,35	5,35
ESTERO	7	28,0	330,60	1,06	1,11	1,27	0,02	3,46	0,00	2,34	0,98	0,26	3,59	198,29	2,65	5,45
	8	28,0	359,95	1,56	1,34	0,90	0,01	3,81	0,00	2,90	0,85	0,19	3,94	212,42	1,45	3,60
MILAGRO	9	29,5	131,00	0,86	0,41	0,15	0,00	1,43	0,00	0,97	0,19	0,21	1,37	77,14	1,30	0,89
	10	29,0	237,10	1,42	0,94	0,08	0,01	2,44	0,00	1,74	0,34	0,30	2,38	130,50	1,50	1,39
POZOS	11	29,0	171,65	1,00	0,73	0,09	0,01	1,83	0,00	1,35	0,23	0,19	1,77	95,20	1,30	1,52
	12	29,0	147,40	0,84	0,71	0,04	0,01	1,59	0,00	1,20	0,19	0,16	1,56	86,86	2,65	1,12
POZOS	13	28,0	148,20	0,91	0,66	0,02	0,01	1,60	0,00	1,14	0,20	0,21	1,55	81,60	1,50	1,46
	14	27,0	156,75	1,08	0,54	0,05	0,01	1,68	0,00	1,32	0,15	0,16	1,62	86,40	2,05	1,35
POZOS	15	28,0	161,70	1,09	0,60	0,03	0,01	1,72	0,00	1,46	0,16	0,17	1,79	94,50	2,15	1,58
	16	41,0	164,90	0,90	0,72	0,10	0,08	1,79	0,00	1,27	0,26	0,21	1,74	98,56	3,10	0,61
POZOS	17	28,0	153,65	1,05	0,56	0,03	0,01	1,65	0,00	1,36	0,19	0,13	1,69	91,98	2,15	1,42
	18	28,0	249,90	1,32	1,16	0,20	0,00	2,68	0,00	2,27	0,28	0,03	2,58	138,60	2,10	2,00
POZOS	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	29,0	260,65	1,37	1,28	0,14	0,00	2,80	0,00	2,15	0,28	0,28	2,70	146,30	1,40	1,11
POZOS	21	27,0	158,30	0,14	0,24	1,32	0,00	1,71	0,00	1,48	0,10	0,07	1,65	90,00	1,40	5,95
			182,13	1,01	0,79	0,29	0,01	2,10	0,00	1,62	0,29	0,18	2,09	113,67	1,87	1,98
			22,77	0,14	0,24	0,02	0,00	-	0,00	0,94	0,10	0,03	-	73,20	1,30	0,61
			359,95	1,56	1,35	1,32	0,08	-	0,00	2,90	0,98	0,30	-	212,42	3,10	5,95