



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

EVALUACIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA
PARROQUIA DE NONO MEDIANTE WEAP



AUTOR

MARIO JOSÉ VARELA CEVALLOS

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

EVALUACIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA
PARROQUIA DE NONO MEDIANTE WEAP

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero Ambiental en Prevención y
Remediación

Profesor Guía

M.Sc. Santiago Daniel Piedra Burgos

Autor

Mario José Varela Cevallos

Año

2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Santiago Daniel Piedra Burgos

Master of Science in Hydro Science and Engineering

CI: 1715384150

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Yasser Alejandro González Romero

Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental

CI: 0703737627

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Mario José Varela Cevallos

CI: 1721518080

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser un amigo incondicional en cada pasaje de mi vida cotidiana y alumbrar mi camino en los momentos más complicados de mi vida. A mis profesores por haberme formado como profesional y persona durante el proceso académico. A mis amigos y compañeros por afrontar este camino universitario juntos en los buenos y malos momentos.

DEDICATORIA

A mis abuelos por estar siempre conmigo en todo momento y apoyarme en cada decisión de mi vida. A mis padres por ser los mejores padres que un ser humano pueda tener, por sus valores inculcados y por ejemplo de transparencia, ética y moral.

RESUMEN

La evaluación integrada de los recursos hídricos de la parroquia rural de Nono constituyó el objetivo central del presente trabajo de titulación, esto se lo realizó mediante la aplicación de herramientas tecnológicas, como son: el programa Water Evaluation and Planning (WEAP), encargado de modelar la totalidad de variables y datos insertados dentro de los diferentes campos que presenta la interfaz gráfica de modelamiento. Por otra parte, el programa ArcMap ayudó a geoprocesar la base de datos disponible sobre la parroquia de Nono, para convertirlos en mapas didácticos; por último, los satélites Landsat permitieron geolocalizar la zona de estudio y generar las imágenes tif que fueron procesadas por los sistemas de información geográfica, para la obtención de los shapefiles correspondientes.

Los resultados generados por WEAP sobre el crecimiento del caudal en determinados meses del año, coeficientes de infiltración hacia las diferentes unidades hidrológicas, patrones de demanda y suministro de agua, demanda no cubierta, permiten conocer el comportamiento de los ciclos hidrológicos y su variación a través del tiempo, evidenciando la proporcionalidad directa que existe entre el cambio climático y el desfase de estaciones en periodos de invierno y verano.

La propuesta de aprovechamiento hídrico sustentable concentra su análisis en la determinación de los principales sitios de demanda, fuentes de explotación hídrica y cantidad de agua disponible para el consumo humano. En cambio, el apartado sobre incidencias del cambio climático, plantea un escenario retrospectivo de análisis; incorporando variables de temperatura, precipitación, demografía, uso y ocupación del suelo, enfocadas a los patrones de demanda y suministro de agua.

Finalmente, las conclusiones y recomendaciones otorgan una noción global y clara de los resultados obtenidos en el proceso de evaluación integrada de los

recursos hídricos de la parroquia de Nono, proponiendo soluciones puntuales de carácter estructural e integral, sobre hábitos sustentables de abastecimiento y consumo.

ABSTRACT

The integrated evaluation of the water resources of the rural parish of Nono was the central objective of the present titling work, this was done through the application of technological tools, such as: the Water Evaluation and Planning (WEAP) program, in charge of modeling The totality of variables and data inserted within the different fields presented by the graphic modeling interface. On the other hand, the program ArcMap helped to geoprocess the available database on the parish of Nono, to turn them into didactic maps; Finally, the Landsat satellites allowed to geolocalize the study area and generate the tif images that were processed by the geographic information systems, in order to obtain the corresponding shapefiles.

The results generated by WEAP on the growth of the flow in certain months of the year, coefficients of infiltration towards the different hydrological units, patterns of demand and water supply, uncovered demand, allow to know the behavior of the hydrological cycles and their variation through Of the time, evidencing the direct proportionality that exists between the climatic change and the time lag of seasons in periods of winter and summer.

The proposal of sustainable water use concentrates its analysis in the determination of the main sites of demand, sources of water exploitation and quantity of water available for human consumption. In contrast, the section on incidences of climate change, presents a retrospective analysis scenario; Incorporating variables of temperature, precipitation, demography, land use and occupation, focused on water supply and demand patterns.

Finally, the conclusions and recommendations provide a clear and global notion of the results obtained in the process of integrated evaluation of the water resources of the parish of Nono, proposing punctual solutions of a structural and integral nature, on sustainable habits of supply and consumption.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	1
Alcance	5
Justificación	5
Objetivos.....	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos	6
DESARROLLO DEL TEMA	7
1. CAPÍTULO I. MARCO REFERENCIAL	7
1.1. Agua	7
1.1.1. Microcuencas de Nono	7
1.1.2. Aguas superficiales.....	9
1.1.2.1. Contaminación de Aguas Superficiales.....	13
1.1.3. Aguas subterráneas.....	13
1.1.4. Clima	15
1.1.5. Suelo	18
1.1.5.1. Descripción del suelo	19
1.1.5.2. Pendientes	20
1.1.6. Nono Ecológico.....	20
1.1.7. Unidades Ambientales.....	22
1.2. Tecnología de modelamiento	23
1.2.1. WEAP	23
1.2.2. Interfaz de modelamiento	28
1.2.3. Escenarios multicriterio.....	29
1.3. ArcMap.....	30
1.3.1. Geodatabase y procesamiento de datos	30
1.4. Herramientas de geolocalización espacial	31
2. CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	31
2.1. Descripción metodológica general	31

2.2. Reconocimiento del área de estudio.....	35
2.2.1. Ubicación.....	35
2.2.2. Geolocalización de la parroquia.....	35
2.3. Análisis de información preliminar.....	36
2.4. Levantamiento de información	37
2.5. Fases de modelamiento.....	37
3. CAPÍTULO III. PROCESO DE MODELAMIENTO	40
3.1. Meteorología y climatología	40
3.2. Uso y ocupación del suelo	58
3.2.1. Taxonomía y Textura.....	61
3.2.2. Cobertura.....	63
3.2.3. Nono Agrícola.....	64
3.3. Vestigios de aguas subterráneas	65
3.4. Sitios de demanda.....	67
3.5. Modelamiento de datos.....	70
4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	70
4.1. Análisis de escenarios.....	70
4.1.1. Crecimiento del caudal	72
4.1.2. Caudal de infiltración	93
4.1.3. Patrones de demanda y suministro de agua	95
4.1.4. Demanda no cubierta	97
4.2. Propuesta de aprovechamiento hídrico sustentable	98
4.3. Incidencias del cambio climático.....	105
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	122
5.1. Conclusiones	122
5.2. Recomendaciones.....	129
REFERENCIAS	131
ANEXOS	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuencas Hidrográficas Parroquia Nono	8
Figura 2. Perfil del río Pichán vía satélite	9
Figura 3. Perfil del río Alambi vía satélite	10
Figura 4. Perfil del Río Mindo vía satélite	11
Figura 5. Ubicación de la Quebrada de Monjas en la parroquia rural Lloa.....	12
Figura 6. Ubicación río Cinto y ramales adyacentes	12
Figura 7. Tipos de acuíferos.....	15
Figura 8. Microclimas parroquia de Nono.....	17
Figura 9. Descripción de suelos parroquia de Nono.....	19
Figura 10. Pendientes parroquia de Nono.....	20
Figura 11. Zonificación Nono.....	21
Figura 12. Nono ecológico	22
Figura 13. Unidades Ambientales parroquia Nono.....	23
Figura 14. Distribución de la escasez del agua en las principales cuencas	26
Figura 15. Metodologías experimentales	33
Figura 16. Precipitación diaria de la parroquia de Nono.....	41
Figura 17. Promedio diario de precipitación, plataforma WEAP	43
Figura 18. Precipitación mensual parroquia de Nono.....	44
Figura 19. Humedad relativa media diaria parroquia de Nono	45
Figura 20. Humedad relativa diaria programa WEAP	46
Figura 21. Evaporación de referencia	47
Figura 22. Evaporación de referencia WEAP	48
Figura 23. Velocidad del viento parroquia Nono.....	49
Figura 24. Velocidad del viento parroquia de Nono WEAP	50
Figura 25. Temperatura Mínima parroquia de Nono	51
Figura 26. Temperatura Mínima visor esquemático de WEAP.....	52
Figura 27. Temperatura máxima de la parroquia rural de Nono.....	53
Figura 28. Temperatura Máxima de la parroquia de Nono en WEAP	54
Figura 29. Heliofanía parroquia de Nono 2014.....	55
Figura 30. Heliofanía de Nono en el programa WEAP	56
Figura 31. Textura y taxonomía parroquia de Nono	62
Figura 32. Uso y cobertura del suelo parroquia rural de Nono	63
Figura 33. Aptitudes agrícolas parroquia Nono	64
Figura 34. Demográfica de la parroquia de Nono.....	68
Figura 35. Macrolocalización de la parroquia y densidad poblacional.....	69
Figura 36. Modelo hidrológico de la parroquia rural de Nono.....	71
Figura 37. Simbología de modelamiento	72
Figura 38. Caudales del río Alambi, período 2010-2015	73
Figura 39. Mayor caudal promedio río Alambi periodo 2010-2015, mes de abril.....	78

Figura 40. Menor caudal promedio río Alambi periodo 2010-2015, mes de agosto.....	78
Figura 41. Caudales del río Pichán, período 2010-2015	79
Figura 42. Mayor caudal promedio río Pichán periodo 2010-2015, mes de abril.....	84
Figura 43. Menor caudal promedio río Pichán periodo 2010-2015, mes de agosto.....	84
Figura 44. Caudales del río Cinto, período 2010-2015.....	85
Figura 45. Mayor caudal promedio río Cinto periodo 2010-2015, mes de abril	86
Figura 46. Menor caudal promedio río Cinto periodo 2010-2015, mes de junio	86
Figura 47. Caudales del río San Antonio, período 2010-2015	87
Figura 48. Mayor caudal promedio río San Antonio periodo 2010-2015, mes de abril.....	88
Figura 49. Menor caudal promedio río San Antonio periodo 2010-2015, mes de junio.....	89
Figura 50. Caudales del río Mindo, período 2010-2015	90
Figura 51. Mayor caudal promedio río Mindo periodo 2010-2015, mes de abril.....	91
Figura 52. Menor caudal promedio río Mindo periodo 2010-2015, mes de junio.....	91
Figura 53. Tramo del río Alambi 1	92
Figura 54. Tramo del río Pichán 1	93
Figura 55. Caudales de escorrentía totales anuales, periodo 2010-2015	94
Figura 56. Demanda de agua por nodo total anual, periodo 2010-2015	96
Figura 57. Demanda no cubierta parroquia rural de nono	98
Figura 58. Nodos con mayor demanda de agua	99
Figura 59. Caudales máximos ríos Nono	101
Figura 60. Capacidad de Almacenamiento subterráneo mensual promedio ..	102
Figura 61. Modelo hidrológico prospectivo	104
Figura 62. Precipitación diaria de Nono, período 1976-1981	106
Figura 63. Tendencias en las temperaturas globales	108
Figura 64. Temperatura global en la superficie	109
Figura 65. Cambio de temperatura media global	109
Figura 66. Evolución de temperaturas anuales (1880-2015).....	110
Figura 67. Variación de temperatura año 1981	111
Figura 68. Variación de temperatura año 2015	112
Figura 69. Demanda de agua parroquia de Nono, 1976	115
Figura 70. Demanda de agua parroquia de Nono, 1981	116
Figura 71. Demanda no cubierta, período 1976-1981	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Áreas Microcuencas Nono	4
Tabla 2: Análisis de la problemática de contaminación, parroquia rural de Nono	13
Tabla 3: Matriz descriptiva de factores climáticos	16
Tabla 4: Tipología climática y zonas de incidencia.....	18
Tabla 5: Tipos de suelo en la parroquia Nono.....	19
Tabla 6: Áreas de Uso del suelo actual.....	21
Tabla 7: Distribución porcentual de hogares por persona responsable de ir a buscar agua.....	27
Tabla 8: Precipitación diaria parroquia de Nono (2010-2015)	42
Tabla 9: Precipitación mensual parroquia de Nono.....	44
Tabla 10: Humedad relativa media parroquia Nono	46
Tabla 11: Evaporación de referencia parroquia Nono	48
Tabla 12: Velocidad del viento y dirección parroquia Nono.....	49
Tabla 13: Temperatura mínima parroquia de Nono.....	52
Tabla 14: Temperatura máxima de la parroquia de Nono	54
Tabla 15: Heliofanía Nono.....	56
Tabla 16: Nubosidad parroquia de Nono años 2014-2015.....	57
Tabla 17: Valores promedio de infiltración	59
Tabla 18: Permeabilidad media para diferentes texturas de suelo.....	60
Tabla 19: Clases de tierra por capacidad de uso parroquia de Nono.....	61
Tabla 20: Área de las microcuencas de Nono.....	66
Tabla 21: Capacidad de almacenamiento total de los acuíferos presentes por unidad hidrológica	67
Tabla 22: Demografía Nono	68
Tabla 23: Distribución de la población de la parroquia de Nono en los sitios de demanda (Número de personas por sitios de demanda).....	69
Tabla 24: Caudales del río Alambi año 2010.....	73
Tabla 25: Caudales del río Alambi año 2011.....	74
Tabla 26: Caudales del río Alambi año 2012.....	75
Tabla 27: Caudales del río Alambi año 2013.....	75
Tabla 28: Caudales del río Alambi año 2014.....	76
Tabla 29: Caudales del río Alambi año 2015.....	77
Tabla 30: Caudales del río Alambi años 2010-2015, balance global.....	77
Tabla 31: Caudales del río Pichán año 2010.....	80
Tabla 32: Caudales del río Pichán año 2011.....	80
Tabla 33: Caudales del río Pichán año 2012.....	81
Tabla 34: Caudales del río Pichán año 2013.....	81
Tabla 35: Caudales del río Pichán año 2014.....	82
Tabla 36: Caudales del río Pichán año 2015.....	82

Tabla 37: Caudales del río Pichán años 2010-2015, balance global.....	83
Tabla 38: Caudales del río Cinto años 2010-2015, balance global	85
Tabla 39: Caudales del río San Antonio años 2010-2015, balance global	88
Tabla 40: Caudales del río Mindo años 2010-2015, balance global.....	90
Tabla 41: Caudal de escorrentía total anual, periodo 2010-2015 (Infiltración).	93
Tabla 42: Patrones de demanda y suministro anual	95
Tabla 43: Demanda no cubierta parroquia rural de Nono	97
Tabla 44: Cantidad de agua de consumo.....	100
Tabla 45: Caudal aprovechable anual.....	102
Tabla 46: Máxima extracción de acuíferos	103
Tabla 47: Comparación de valores de precipitación.....	107
Tabla 48: Comparación de temperaturas Nono.....	113
Tabla 49: Tasa de crecimiento poblacional intercensal 2001-2010.....	114
Tabla 50: Demanda de agua parroquia de Nono, período 1976-1981	117
Tabla 51: Incidencias directas e indirectas del climático sobre el uso y ocupación del suelo, considerando potenciadores antrópicos	119

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.....	58
Ecuación 2.....	65
Ecuación 3.....	114

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La implantación de un enfoque integrador de los recursos hídricos surge como una alternativa viable ante la escasez del agua en ciertos sectores de la población. Los gobiernos seccionales, considerados los gestores gubernamentales del agua manejan políticas inequitativas en la distribución de recursos hídricos a nivel local y regional, por este motivo el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, convocó a un congreso internacional llamado Decenio Internacional para la Acción, con la frase representativa “El agua fuente de vida”, donde se desarrolló el concepto de un modelo integrado de gestión de los recursos hídricos (GIRH), para el periodo 2005-2015 (ONU-DAES, 2014).

Las fases de implementación de la GIRH constan de una serie de pasos que se detallan a continuación:

- Definir los objetivos de desarrollo
- Plantear los objetivos nacionales
- Analiza el estado y la disponibilidad de los recursos hídricos
- Establecer políticas y estrategias hídricas claras
- Elaborar un plan de implementación de la GIRH
- Acciones para la implementación del plan
- Fase de monitoreo y evaluación

La aplicación de este modelo de gestión hídrica centra su objetivo principal en el desarrollo económico y social de ciertos sectores de la población, manteniendo un enfoque proactivo en la generación de empleos, cultivo de alimentos, salud, generación de energía y protección ambiental. La población y su constante crecimiento económico han ejercido una presión recurrente sobre la correcta distribución del recurso agua. Según el Banco Mundial en su análisis hidrológico realizado en 2016 dictaminó que, de seguir manteniendo las prácticas actuales

de consumo, el planeta tierra presentara un déficit del 40% entre demanda y suministro a finales del año 2030. Se estima que para finales del 2050 se requerirá un 60 % de producción agrícola y un 15 % de extracción de agua si se quiere alimentar a más de 9000 millones de persona (Banco Mundial, 2016).

A pesar que los factores antrópicos afectan la distribución del recurso agua, es necesario considerar aspectos naturales propios del ciclo hidrológico; los procesos de evaporación, precipitación, condensación, escorrentía superficial y subterránea, temperatura, entre otros, pueden afectar considerablemente a los estándares preestablecidos de distribución hídrica equitativa, provocando desfases en el tiempo y espacio en lo que a variables meteorológicas se refiere, por esta razón es necesario conocer la mecánica funcional dentro del ciclo hidrológico, la cual presentará variaciones de acuerdo a la ubicación geográfica donde se encuentre (Universidad Nacional del Litoral, 2012, pp. 171-173).

La dinámica de las cuencas hidrográficas mantiene una relación directa con el ciclo hidrológico, caudales influentes y efluentes crean un sistema de correlativo entre aguas superficiales y subterráneas, facilitando el balance hidrológico y estableciendo puntos de explotación hídrica sustentable (Sánchez, 2015, pp. 1-9).

El enfoque global sobre el agua apta para consumo, se enfoca en la explotación sostenida de cuerpos de agua superficiales y subterráneos, considerando que más del 70% de la superficie terrestre está cubierta de agua. Del 100% de agua disponible en el planeta tierra solo el 2.5% se encuentra disponible para el consumo humano, pero solo el 31% del 2,5% se puede encontrar en cuerpos hídricos superficiales y aguas subterráneas, el otro 69 % restante se halla en los glaciares (Organización Meteorológica Mundial, 2015).

Si se extrapola los valores porcentuales a numéricos, la cantidad de agua terrestre oscila en 1400 millones de kilómetros cúbicos en su totalidad, de los cuales el 97, 5%, correspondiente a 1.365 millones de kilómetros cúbicos, se encuentra en los océanos en forma de agua salada. Solo el 2,5%, correspondiente a 35000000 de kilómetros cúbicos, es dulce, y su distribución

se dispone de la siguiente manera: 24064000 kilómetros cúbicos, corresponden a hielo y nieves permanentes, 105000 kilómetros cúbicos, corresponden a sistemas de agua dulce superficiales, es decir lagos y ríos, y por último 10530000 kilómetros cúbicos, corresponden a acuíferos subterráneos (Cattaneo & López, 2010, pp. 117-128).

Las cuencas y microcuencas del Ecuador, se encuentran distribuidas mediante unidades hidrogeológicas, representadas por 5 niveles de estudio, las mismas que se ubican en regiones hidrogeológicas llamadas: Región Hidrogeológica 1 y Región Hidrogeológica Amazonas 4. Aproximadamente existen alrededor de 881 unidades hidrogeológicas en el Ecuador dispuestas en los 5 niveles geográficos correspondientes (Secretaría Nacional del Agua, 2009, pp. 14-24).

El Distrito Metropolitano de Quito presenta un total de 14 cuencas hidrográficas de ríos que confluyen, entre los más importantes figuran el río San Pedro, Machángara, Intag, Chiche y Guayllabamba (Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2016).

Quito representa una de las ciudades con mayor confluencia de personas en el Ecuador, es así que, a partir del año 1942, se ha visto obligado a taladrar pozos para suministrar la demanda de agua de sus habitantes. Según el Proyecto Acuífero de 1985, se determinó la presencia de 178 puntos de agua, de los cuales se estima que; 120 son pozos perforados, 49 son vertientes y 9 pozos excavados. En la capital, se destina un 50%, de los recursos hídricos, para el uso de agua potable, un 30%, para uso industrial y el 20 %, para usos varios (Burbano, Becerra y Pasquel, 2015, pp.16-17).

El sistema de microcuencas de la parroquia de Nono pertenece a la sub-cuenca del río Guayllabamba y posee 5 microcuencas (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia de Nono, 2012, p. 36), las mismas que figuran en la siguiente tabla presentada a continuación:

Tabla 1.

Áreas Microcuencas Nono

MICRO – CUENCA	SUPERFICIE (ha)	%
Río Alambi	7.504	35
Río Cinto	120	1
Río Mindo	2.707	13
Río Pichán	10.132	47
Río San Antonio	933	4
Total	21.396	100

Tomado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Nono, 2012

En la información propuesta en la tabla 1, se puede evidenciar la presencia de 5 microcuencas hidrográficas en la parroquia de Nono, de las cuales resaltan la microcuenca del río Pichán y la microcuenca del río Alambi, ya que abarcan mayor área superficial en el territorio, por ende, son las fuentes principales de abastecimiento del recurso agua, para la población de la parroquia de Nono.

El análisis FODA de la parroquia de Nono habla de las fortalezas enfocadas en los cuerpos hídricos naturales superficiales, subterráneos y vertientes de agua derivadas, las mismas que presentan la oportunidad de explotación sostenida, con un enfoque centrado en la utilización y distribución del recurso a los sectores más vulnerables de la parroquia (Vargas, 2011, pp. 1-15).

El objetivo principal de este trabajo de titulación, contempla la evaluación integrada de los recursos hídricos de la parroquia rural de Nono en función de la distribución y utilización del recurso agua en los distintos sitios de demanda, teniendo en cuenta factores directamente influyentes al cambio de flujo de agua como son: aspectos meteorológicos y climatológicos, uso y ocupación del suelo y los sitios de demanda para consumo de agua.

El enfoque integrado de variables permitirá realizar un balance general de agua en la parroquia de Nono, arrojando diferentes escenarios de modelamiento, ya

sean proyectados a la realidad actual o a posibles situaciones futuras (WEAP, 2017).

Alcance

El alcance del proyecto contempla la evaluación integrada de la distribución y utilización de recursos hídricos en la parroquia rural de Nono, mediante la aplicación de un software integrado WEAP, el cual generará un modelo con diferentes escenarios que permitirá conocer de manera general la situación actual de la Nono en lo que al manejo de recursos hídricos se refiere, centrándose específicamente en la identificación de los meses de mayor caudal del río Pichan, para canalizarlos a un aprovechamiento sustentable; tomando en cuenta variables meteorológicas se determinará la afección del cambio climático a los patrones de demanda y suministro de agua. El análisis de los objetivos específicos propuestos brindará la posibilidad a futuro de poder planificar de una mejor manera la utilización de recursos, partiendo de los datos y resultados que arroje el proceso de evaluación integral (Guzmán, 2013).

Justificación

La realización de este proyecto tiene como objeto conocer cómo se está manejando en la actualidad los recursos hídricos de la parroquia de Nono; de esta manera se pretende formular una serie de escenarios que permitan comprender de una manera gráfica el sistema hidrológico de la zona y su mecánica de funcionamiento, con la finalidad de distribuir y utilizar de mejor manera los recursos hídricos del lugar, enfocándose siempre en satisfacer las necesidades vitales de las generaciones venideras y crear un modelo de estudio prospectivo que ayude a explotar de una manera sostenida los recursos naturales que el planeta ofrece (Rébori, et al., 2010).

La evaluación integrada de los recursos hídricos de la parroquia de Nono constituye un punto de partida, que permitirá conocer al Gobierno Autónomo Descentralizado los puntos de enfoque para realizar una mejor planificación en la correcta utilización y distribución de los recursos hídricos. En la actualidad la parroquia de Nono no presenta un plan hídrico de aprovechamiento de recursos establecido, por este motivo ciertos sectores de la población no tienen acceso directo al agua, forzándose a recolectarla de la lluvia y de los cuerpos hídricos más cercanos. Con la ejecución del proyecto se pretende subsanar las necesidades de cobertura y distribución hídrica equitativa hacia los lugares más vulnerables de la parroquia.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar de manera integrada la correcta distribución y utilización de recursos hídricos en la parroquia rural de Nono, mediante WEAP.

Objetivos Específicos

- Identificar los meses de mayor y menor caudal por parte del río Pichán, con la finalidad de canalizar el recurso agua a un aprovechamiento sustentable.
- Determinar cómo afecta el cambio climático a los patrones de demanda y suministro de agua.

DESARROLLO DEL TEMA

1. CAPÍTULO 1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Agua

Los estudios realizados por el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia de Nono, en conjunto con entidades gubernamentales de apoyo; como la Secretaría Nacional del Agua y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, han determinado que la parroquia de Nono presenta cinco microcuencas hidrográficas de suma relevancia. El río Pichán constituye el cuerpo hídrico superficial más importante en la microcuenca de Nono, teniendo una superficie de 10132 ha representa el principal centro de abasto de agua para los pobladores de Nono, tanto para su consumo diario, como para el riego de cultivos (Sistema Nacional de Información, 2015, p. 17).

Cabe mencionar que existen indicios de cuerpos de agua subterránea a pocos metros de la superficie en diferentes zonas de la parroquia de Nono, los cuales podrían ser canalizados para su explotación sostenida a falta de agua de efluentes superficiales de abasto (INAMHI, 2017).

1.1.1. Microcuencas de Nono

La parroquia rural de Nono posee cinco microcuencas principales, las mismas que contemplan un área de 21.396 ha distribuidas de la siguiente manera; la microcuenca del río Pichán comprende un área superficial de 10.132 ha, representando un 47% de toda la cuenca de Nono, convirtiéndose en el principal punto de referencia hídrico y de sustento para la parroquia de Nono; la microcuenca del río Alambi comprende un área superficial de 7.504 ha, representando el 35% de la cuenca de Nono, y representando la segunda fuente de sustento para la parroquia rural; en tercer lugar se encuentra a la microcuenca del río Mindo, la misma que posee un área superficial de 2.707 ha, se un 13%

de la cuenca de Nono; la micro cuenca del río San Antonio ocupa el cuarto lugar en área superficial con 933 ha, lo cual representa solamente un 4% de toda la cuenca de Nono; para finalizar se encuentra a la microcuenca del río Cinto con un área superficial de 120 ha, lo cual representa el 1% de la cuenca de Nono, siendo este el cuerpo hídrico más pequeño de la parroquia (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Nono, 2012, p.36).

En el siguiente mapa se observa la delimitación de las 5 microcuencas hidrográficas e la parroquia de Nono, los cuerpos hídricos superficiales que recorren cada área de la parroquia, además de los distintos ramales secundarios que proveen a la parroquia de Nono del recurso agua, ya sea para consumo, agricultura o actividades varias de limpieza. La escala del mapa es de 1:130.000, su macrolocalización indica el modelo utilizado en el PDOT de la parroquia y su sistema de coordenadas obedece a la extensión GWS84.

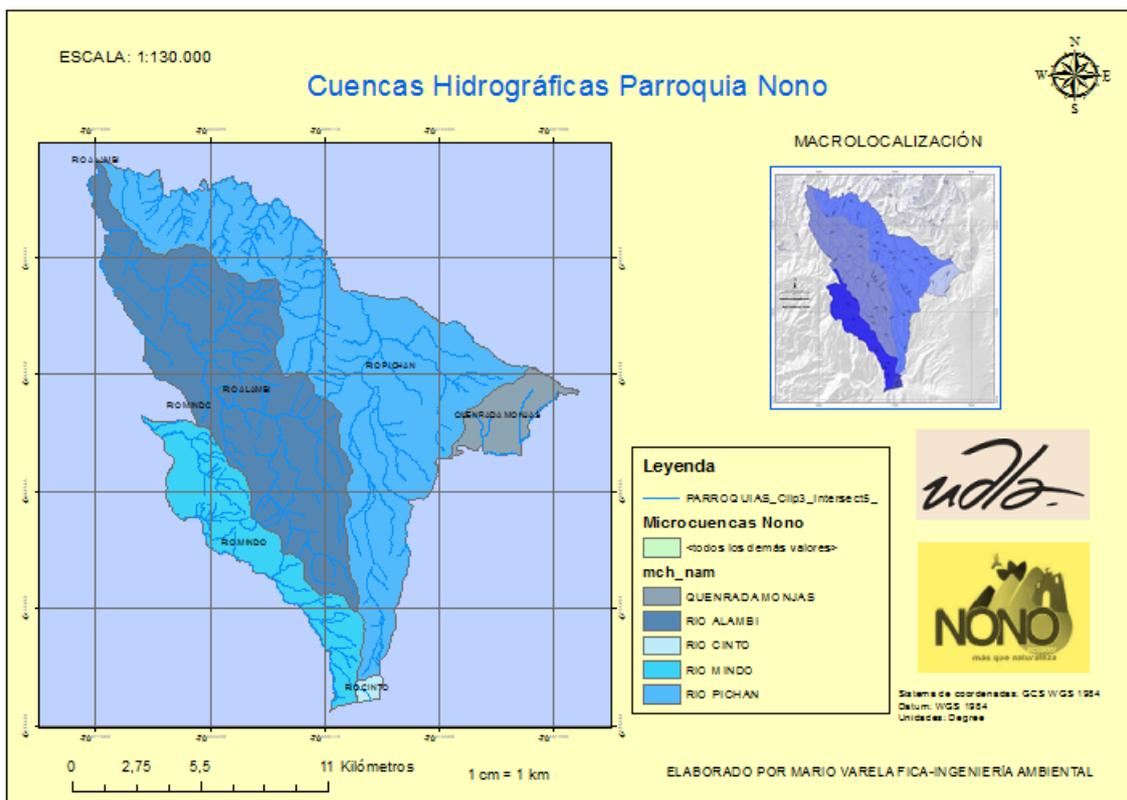


Figura 1. Cuencas Hidrográficas Parroquia Nono

1.1.2. Aguas superficiales

Los distintos ríos que rodean la parroquia rural de Nono representan un gran abasto hídrico para los pobladores del lugar, especialmente para actividades agrícolas, de consumo, entre otras actividades varias como son: lavado de ropa, utensilios y actividades de recreación.

Los ríos Pichán y Alambi representan los dos principales efluentes hídricos en Nono, el río Pichán nace en las faldas del Rucu Pichincha para desembocar en cauce del río Guayllabamba, variando su temperatura desde los 4 a 25 grados centígrados. Sus coordenadas denotan una longitud de -78.6667 y una latitud de 0.033333 grados decimales (Google Earth, 2017).

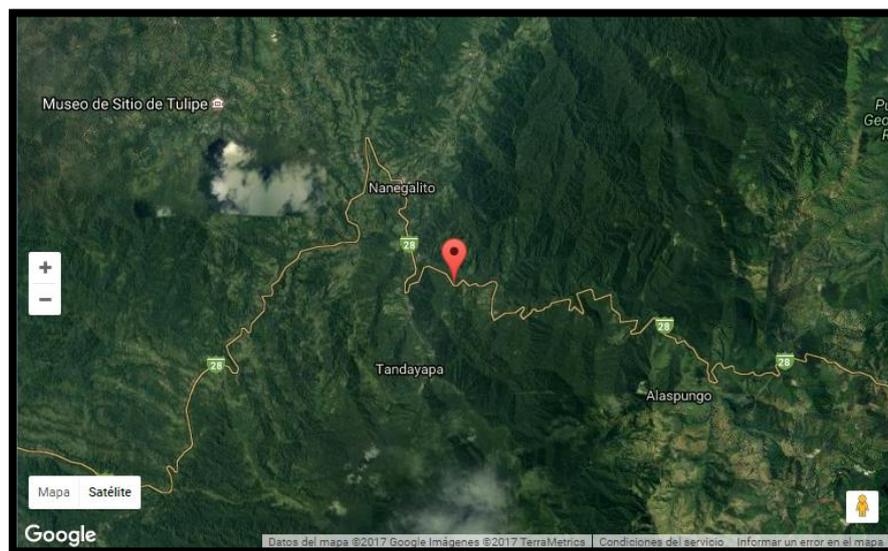


Figura 2. Perfil del río Pichán vía satélite

Adaptado de Google Earth, 2017

Las orillas del río Pichán, además de generar diversas actividades turísticas, constituyen el hábitat natural de varias especies animales y vegetales; entre los principales elementos de fauna se puede encontrar: mirlos, armadillos, zorrillos, ardillas, gorriones y demás animales que habitan cerca de las orillas del río con el fin de aprovechar el recurso hídrico, cazar peces y construir sus viviendas en las zonas cercanas al cauce. Por otra parte, la flora del lugar se caracteriza por

especies vegetales tales como: helechos, orquídeas, hongos, árboles de pino, ciprés, cedro, eucalipto, productos de consumo y venta, como son: zapallo, zambo, berros y menta (Ministerio de Turismo, 2017).

El río Alambi constituye el cuerpo hídrico con mayor caudal que atraviesa de la parroquia de Nono, aunque cabe mencionar que pertenece a la parroquia de Guala, y por ende representa un centro de abastecimiento hídrico alternativo para los pobladores. Sus coordenadas indican que se encuentra ubicado en una latitud de 0.216667 y una longitud de -78.7 grados decimales (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Nanegalito, 2012).

Las temperaturas del río Alambi varían entre 4 a 25 grados centígrados y se caracteriza por tener una serie de cascadas, la última posee una altura de caída de 50 metros.

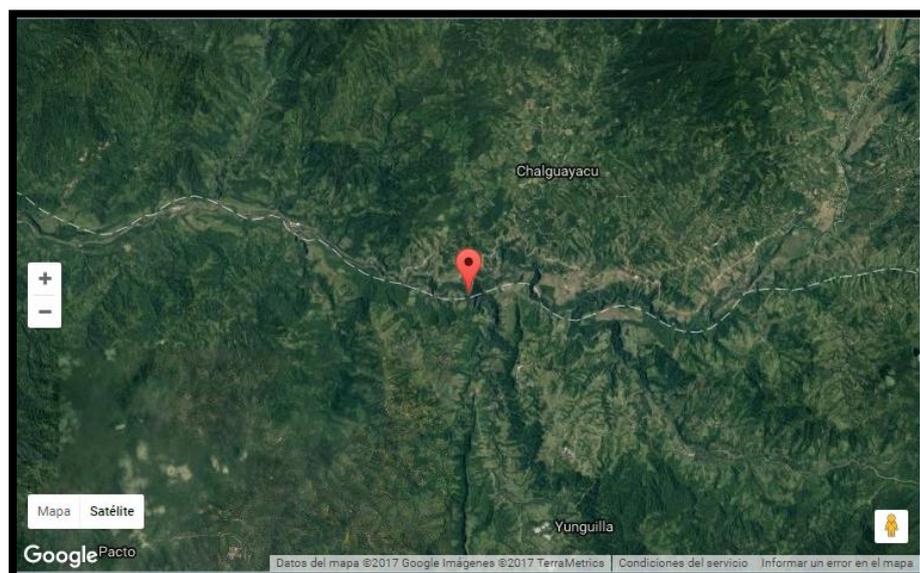


Figura 3. Perfil del río Alambi vía satélite

Adaptado de Google Earth, 2017

Los demás cuerpos hídricos de la parroquia de Nono ocupan cuencas de menor tamaño, entre ellos se tiene al río Mindo, el cual desciende por la inclinación occidental de los Andes y representa uno de los principales sitios turísticos de la

parroquia rural de San Miguel de los Bancos, ya que atraviesa parte del bosque nublado de la parroquia.

Las dimensiones del río Mindo son las siguientes; su ancho aproximado es de 16 metros, con una profundidad de 80 cm la misma que se incrementará en los períodos de invierno tal como se mostrará en los resultados generados por WEAP (Ecuador País Turístico, 2017). La zona que rodea el río Mindo es considerada como una zona ecológica en la cual cohabitan más de 1500 especies de pájaros, anfibios mariposas y reptiles (Plan de Manejo Bosque Protector Mindo-Nambillo, 2005).

El río Mindo nace de las estribaciones del Guagua Pichincha a una altitud de 4700 msnm aproximadamente. Sus coordenadas son latitud $0^{\circ} 0'55.29''N$ y longitud $78^{\circ}53'34.57''O$ (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Mindo, 2012, p. 38).

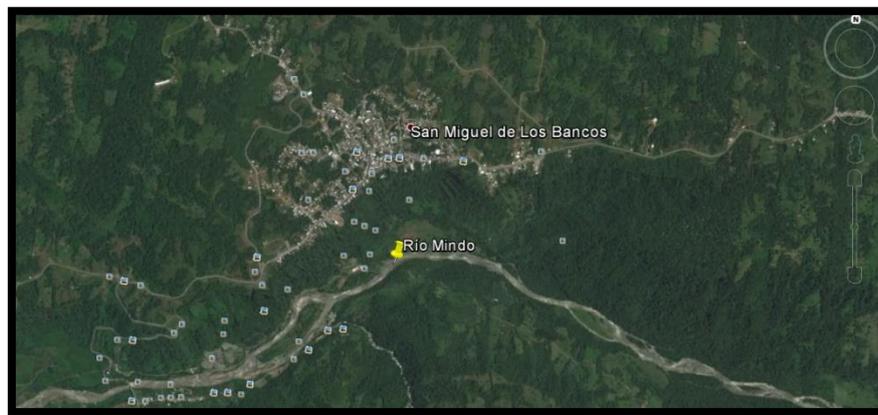


Figura 4. Perfil del Río Mindo vía satélite

Adaptado de Google Earth, 2017

La microcuenca de la quebrada de monjas como parte de río San Antonio colinda con la parroquia Lloa, con una latitud de -0.25 y una longitud de -78.6, corresponde 933 ha del área total de la parroquia rural de Nono, es así que uno de los ramales del río San Antonio se encarga de proveer de agua al menos a tres poblados de la parroquia (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Lloa, 2012).

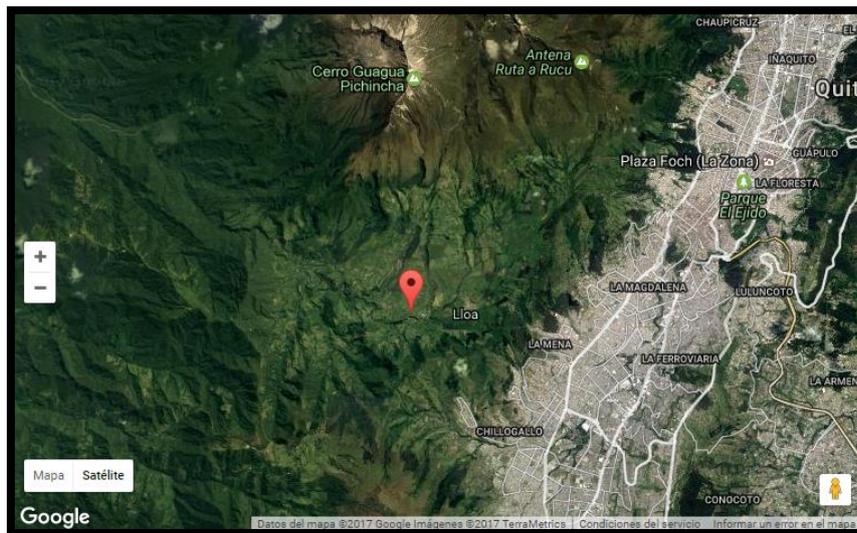


Figura 5. Ubicación de la Quebrada de Monjas en la parroquia rural Lloa

Adaptado de Google Earth, 2017

El río Cinto nace volcán Pichincha a una latitud de referencia de 4440 msnm, este se une con las quebradas de Guarandun y Yuracyacu formando el río Cinto en el sector de San Luis de Lloa. La microcuenca del río Cinto ocupa un área de 120 ha (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Mindo, 2012, p. 39).

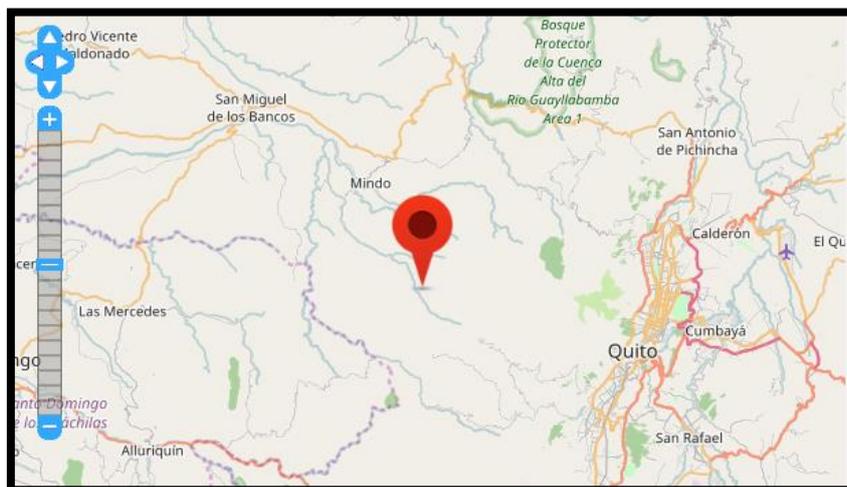


Figura 6. Ubicación río Cinto y ramales adyacentes

Adaptado de Google Maps, 2017

1.1.2.1. Contaminación de Aguas Superficiales

Es necesario conocer que la contaminación de los efluentes principales que derivan en la parroquia rural de Nono ha generado alarma en los pobladores, especialmente al momento de disponer esa agua para el consumo humano o para actividades agrícolas, en la siguiente tabla se puede observar un breve análisis de la problemática de contaminación.

Tabla 2.

Análisis de la problemática de contaminación, parroquia rural de Nono

NOMBRE QUEBRADA - CUERPO HÍDRICO	PROBLEMÁTICA DE CONTAMINACIÓN		
	Evidencia de Contaminación	Factor	Sector (es) Involucrados
Río Pichan	Si	Aguas Servidas,	Cabecera Parroquial
Río Alambi	si	Aguas servidas	La Sierra, Los Guarumos, Alambí
Q Gachorrall	si	Depósito de basura y escombros	Ingreso de la parroquia

Tomado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Nono, 2012

Las mayores causas de contaminación en los principales cuerpos de agua de la parroquia de Nono, como son: el río Alambi y el Río Pichán son básicamente provocados por las aguas servidas de descarga por parte de los pobladores producto de sus actividades agrícolas o retorno de aguas servidas, a esto se le suma el depósito de basura y escombros en los ríos mencionados y en las ramales y quebradas de los cuerpos hídricos.

1.1.3. Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas se ubican por debajo de la superficie de los suelos, específicamente en los espacios porosos del suelo o en las cisuras de las formaciones de roca, Este tipo de depósitos no consolidados se denomina

acuíferos, el mismo que puede albergar una cierta cantidad de agua utilizable (IAEA, 2016).

Acuífero: Es una formación de carácter geológico, con altos grados de porosidad o fracturaciones significativas capaces de facilitar la infiltración de agua para su almacenamiento bajo su gradiente hidráulica (IGME, 2001).

Acuitardo: Se dice de una gran formación geológica capaz de almacenar grandes volúmenes de agua, pero con difícil transmisibilidad (IGME, 2001).

Existen además diferentes tipos de acuíferos dependiendo de la presión hidrostática, los cuales se clasifican en:

Acuífero libre: No se limita en la superficie por un techo impermeable, por lo tanto, existe un nivel freático a una profundidad determinada.

Acuífero confinado: Se limita por la capa superficial por un techo impermeable, de esta manera el agua se encuentra a presión mayor que la atmosférica en cada uno de los puntos del acuífero.

Acuífero semi-confinado: Acuífero confinado que se encuentra limitado en la parte superior por una formación poco permeable de carácter geológico, este acuífero es capaz de producir recarga de agua.

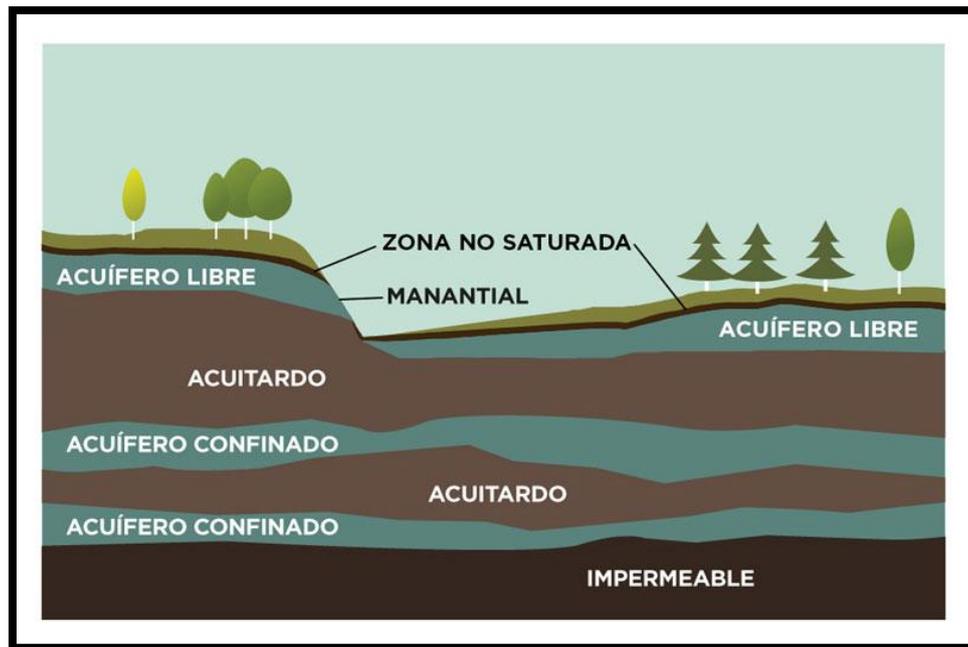


Figura 7. Tipos de acuíferos

Adaptado de Instituto Geológico y Minero de España, 2001

La parroquia rural de Nono presenta aguas subterráneas que aún no han sido exploradas con detalle, por lo que se realizó cálculos preliminares de la capacidad de almacenamiento de los cuerpos hídricos, en función de las unidades hidrológicas presentes, los mismos que se presentan en la sección de análisis y resultados.

1.1.4. Clima

La parroquia rural de Nono se encuentra ubicada en la zona llamada Boca de la Montaña y posee un área total de 21396 ha aproximadamente, con fuerte vientos provenientes del oriente y con una neblina y nubosidad recurrentes la parroquia de Nono presenta distintos tipos de microclimas, variando sus temperaturas de acuerdo a la altitud del terreno. Su temperatura media varía entre 14 a 15 grados

centígrados y las épocas con mayor precipitación son en los meses de noviembre a mayo (INAMHI, 2015).

Tabla 3.

Matriz descriptiva de factores climáticos

Variable	Descripción
Precipitación	Se identifican 2 temporadas, la temporada de lluvias entre diciembre a mayo, y la seca entre junio a noviembre. El mes más lluvioso es abril donde se ha llegado a registrar hasta 77 mm de precipitación en 24 horas. El promedio de precipitación mensual es de 73,96mm.
Temperatura	La estación meteorológica permite establecer una media en la temperatura de 15,65 °C.
Heliofania	Se estima que entre los 500 y 1500 m.s.n.m. las horas de sol varían de 600 a 1400 por año, entre los 1500 a 3000 m.s.n.m. varía de 1000 a 4000 horas de sol anuales y que puede superar estos valores en lugares más elevados.

Tomado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Nono (SNI), 2012

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrológica poseía estaciones meteorológicas en la cabecera cantonal de la parroquia, las cuales fueron dadas de baja y reemplazadas por la nueva estación de la granja de Nono de la Universidad de las Américas.

La subdivisión climática en la Parroquia de Nono posee distintos microclimas de acuerdo a la zona de vida, de los cuales se pueden distinguir tres tipos de climas principales como son:

- Ecuatorial de Alta Montana
- Ecuatorial Mesotérmico Semihúmedo
- Tropical Megatérmico Húmedo

A continuación, se presenta un mapa ilustrativo de las zonas de vida con sus respectivos microclimas y las áreas que ocupan dentro de la parroquia.

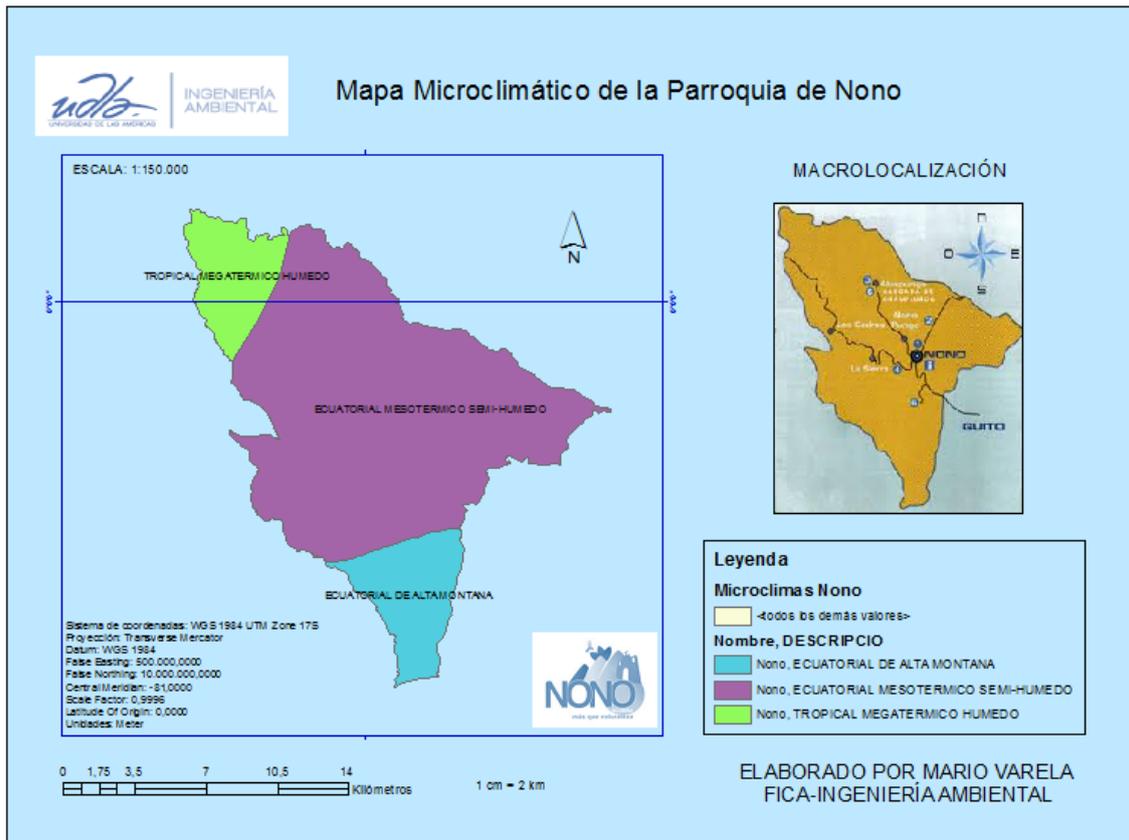


Figura 8. Microclimas parroquia de Nono

Según el triángulo de las zonas de vida de Holdridge se puede observar los siguientes microclimas de la parroquia de Nono, los mismos que presentan datos de temperatura, precipitación y el área de manifestación (Holdridge, 1971).

Tabla 4.

Tipología climática y zonas de incidencia

Clima	Precipitación (mm/año)	Rango de temperatura (°C)	Superficie (Ha)
Montano muy húmedo	2000 - 3000	8-19	5164,43
Montano seco	500 - 1000	8 - 18	1358,1
Montano semi húmedo	1000 - 2000	8 - 13	8867,89
Montano semi seco	1000 - 2000	14 - 16	4322,59
Páramo húmedo	1000 - 2000	<=7	1685,81
		Total	21398,82

Tomado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Nono (SNI), 2012

1.1.5. Suelo

La parroquia de Nono en su gran mayoría está cubierta de áreas de bosque protector y zonas de conservación, llegando a ocupar un 70% de la parroquia, las demás zonas comprenden áreas de pastos, cultivos y zonas de recreación y ocio sin uso agropecuario definido.

La mayor parte del área de la parroquia de Nono cuenta con suelos Inceptisoles, los mismos que comprenden una mezcla de suelos Entisoles y Misceláneos, representando el 49,55% de su composición. A continuación, se muestra una tabla con los diferentes porcentajes de composición del suelo.

Tabla 5.

Tipos de suelo en la parroquia Nono

TIPOS DE SUELO EN LA PARROQUIA			
ORDEN	DESCRIPCIÓN	AREA (ha)	(%)
Inceptisoles	Suelos jóvenes poco desarrollados en los que al comienzo o principio del desarrollo del perfil es evidente	10.273	48,70
Suelo Misceláneo	NA	10.800	51,32
Total		21.073	100

Tomado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Nono, 2012

1.1.5.1. Descripción del suelo

La descripción del uso del suelo en la parroquia de Nono se puede observar a continuación, zonificada y mapeada.

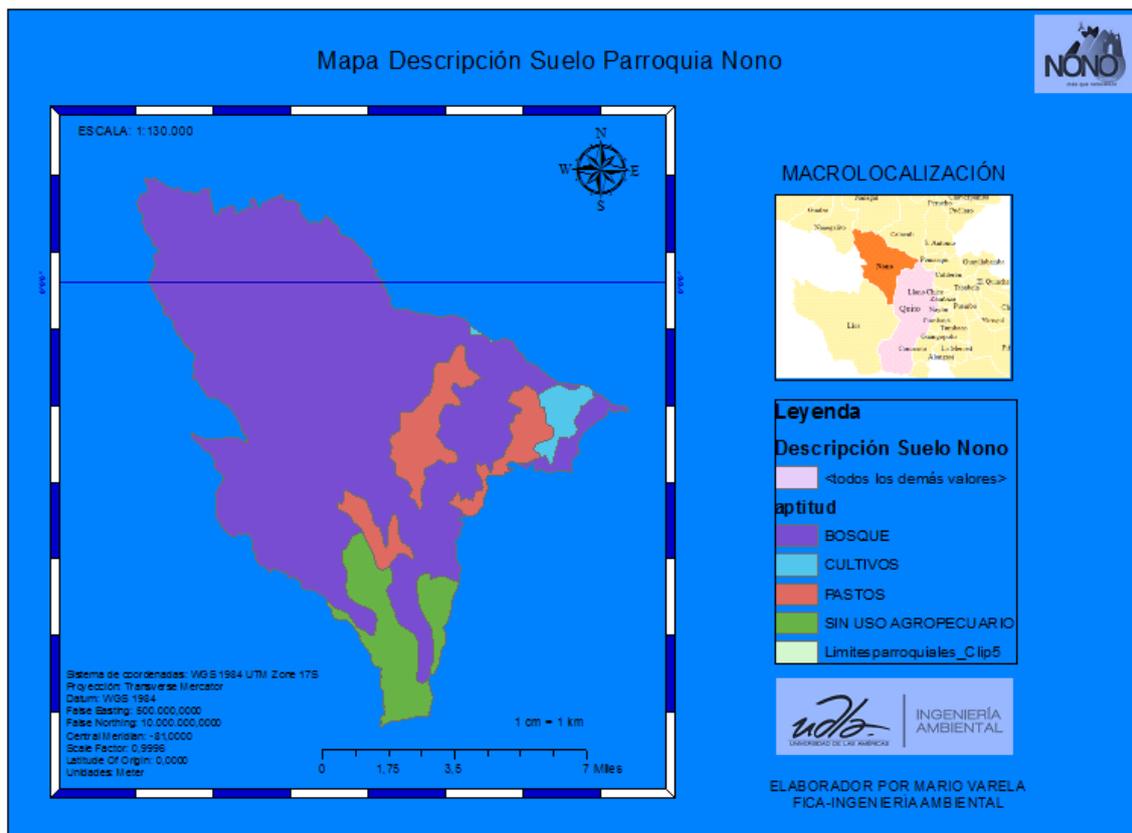


Figura 9. Descripción de suelos parroquia de Nono

1.1.5.2. Pendientes

Los cambios bruscos de altitud provocan que algunos pobladores de la parroquia de Nono, cultiven sus hortalizas, tubérculos y demás productos en pendientes que van del 50 al 70% en algunos casos por lo él terraceo de cultivos se ha vuelto una constante en la parroquia, a continuación, se observan los distintos tipos de pendientes que presenta la parroquia de Nono en sus distintas áreas o zonificaciones.

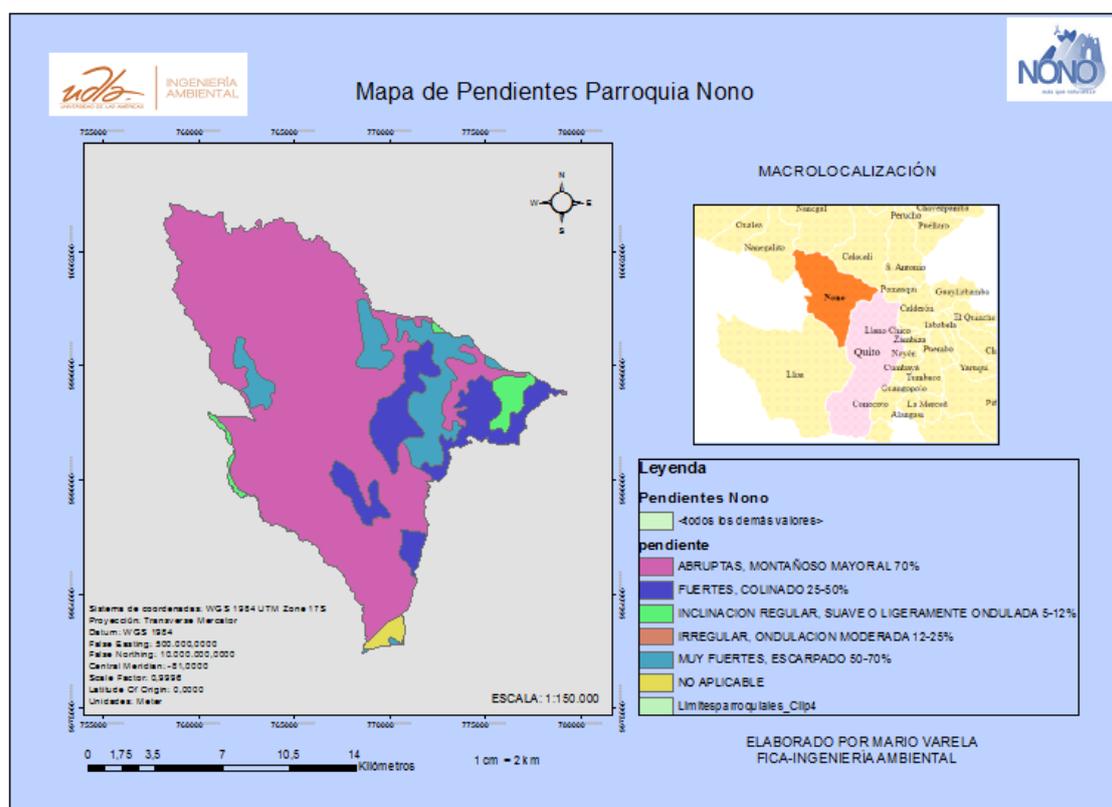


Figura 10. Pendientes parroquia de Nono

1.1.6. Nono Ecológico

Las zonas de protección ecológica en la parroquia rural de Nono bordean los 133,47 km², lo que representa el 69,49% del área total de la parroquia.

La siguiente figura muestra cómo se distribuyen las distintas zonas de la parroquia de Nono.

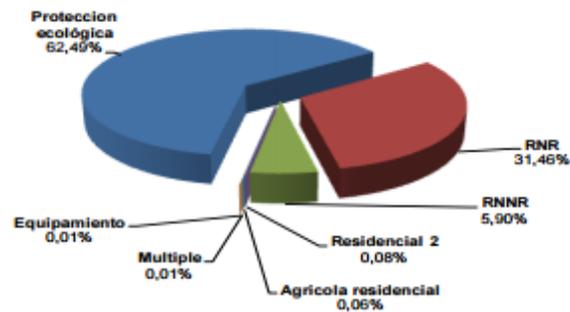


Figura 11. Zonificación Nono

Tomado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Nono, 2012

La siguiente tabla muestra el área que ocupa cada zona según el uso del suelo al que ha sido asignado.

Tabla 6.

Áreas de Uso del suelo actual

USO ACTUAL DE SUELO		
USO	AREA Km ²	(%)
Protección ecológica	133,47	62,49
RNR	67,19	31,46
RNNR	12,59	5,90
Residencial 2	0,17	0,08
Agrícola residencial	0,12	0,06
Equipamiento	0,03	0,01
Múltiple	0,02	0,01
Total	213,58	100,00

Tomado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Nono, 2012

La división ecológica de la parroquia rural de nono se basa en la designación de los diferentes tipos de ecosistemas boscosos que existen en las 21396 ha,

considerando factores como la humedad de cada micro zona de la parroquia, de esta manera se obtuvieron 6 tipos de delimitaciones ecológicas, expresadas a continuación.

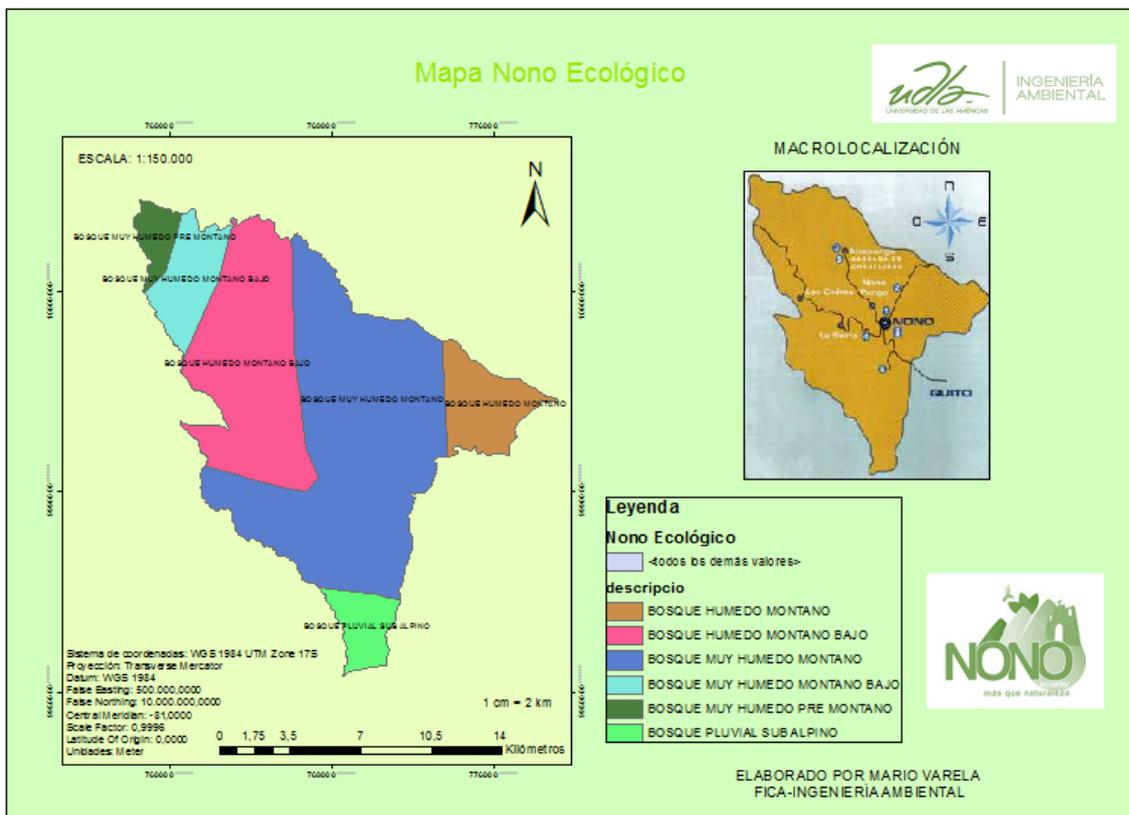


Figura 12. Nono ecológico

1.1.7. Unidades Ambientales

El mapa de unidades ambientales secciona y delimita las áreas descriptivas del suelo dentro de cada unidad hidrológica, esto proporciona una noción de que áreas de bosque, pasto, cultivos y sin uso agropecuario presentes en cada microcuenca.

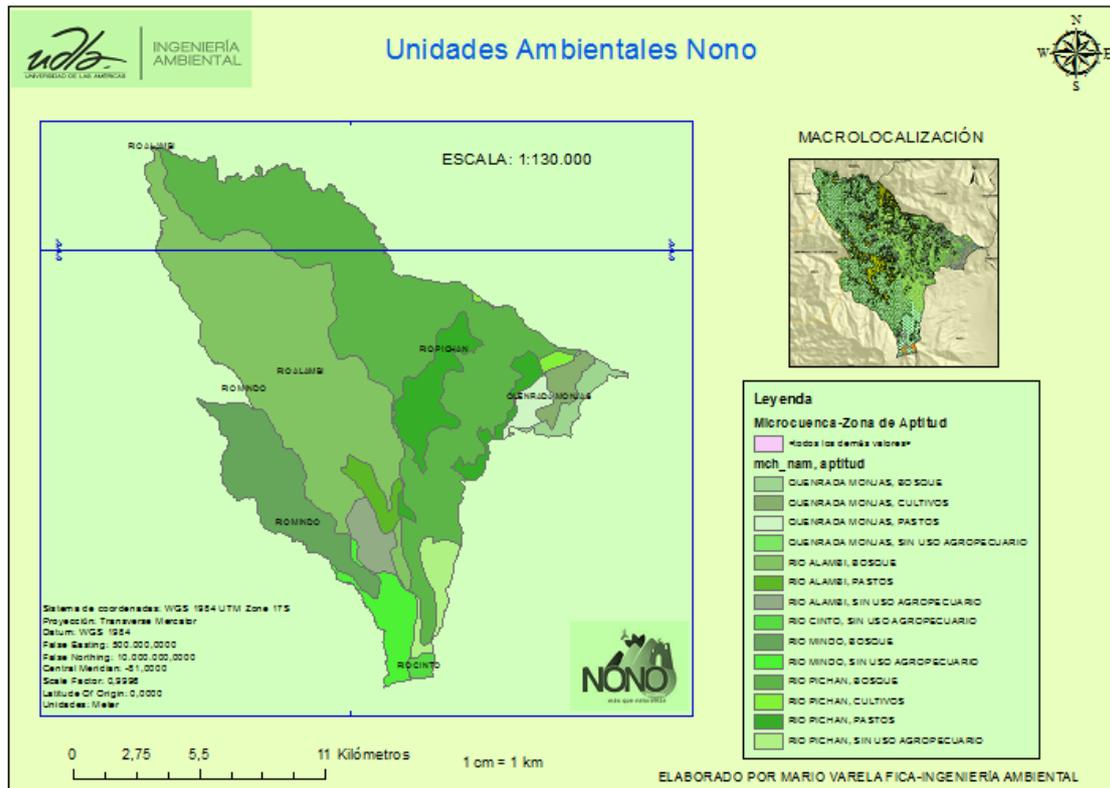


Figura 13. Unidades Ambientales parroquia Nono

1.2. Tecnología de modelamiento

1.2.1. WEAP

Generalidades

El Sistema de Planificación y Evaluación de Agua (WEAP), es una herramienta tecnológica amigable, la misma que se encarga de brindar un enfoque integral para la correcta planificación y distribución de los recursos hídricos.

WEAP posee una serie de aspectos esenciales en los cuales se enfoca el programa durante el proceso de modelamiento de datos, estos se describen a continuación:

El primer aspecto importante a tener en cuenta es el enfoque de carácter integrado con el que cuenta este programa, es decir, reúne todas las fuentes hídricas posibles como fuente de consumo y las canaliza para su aprovechamiento sustentable y equitativo, tomando variables climatológicas, agrícolas, meteorológicas e hidrogeológicas en el proceso de modelamiento, con la finalidad de visualizar los puntos de mayor demanda y los lugares de intervención inmediata.

Es de vital importancia tomar en cuenta el proceso participativo de los moradores de la parroquia de Nono, especialmente con el objetivo de conocer los problemas que los habitantes han presentado en temas de accesibilidad al recurso hídrico de consumo, ya que con esta información será mucho más factible una distribución de agua canalizada y equitativa.

Los procesos de canalización del recurso hídrico dentro de la parroquia rural de nono, tienen que ver directamente con los balances de agua que se realicen en los diferentes puntos del cauce de los ríos, puntos de demanda, sistemas de agrícolas enlazados y los diferentes componentes de infiltración que presenten las distintas cuencas hidrográficas, así como la mecánica de aguas subterráneas y los flujos de entrada y salida del sistema hídrico.

El propósito esencial de WEAP consiste en integrar todas las variables posibles mediante un balance hídrico, considerando datos de pluviosidad y caudales superficiales y subterráneos como puntos de entrada al sistema, y contraponiendo las pérdidas que se presentan durante los procesos climatológicos y meteorológicos, para obtener el flujo de agua resultante del sistema.

El modelamiento de datos constituye un proceso de simulación basado en diferentes datos hidrogeológicos que son el producto de la inserción de variables específicas meteorológicas, climatológicas, agrícolas e hidrogeológicas, que permitirán calcular valores de oferta y demanda de agua, coeficientes de infiltración, escorrentía y una serie de datos necesarios para proponer ideas que

ayuden a la correcta planificación y distribución de los recursos hídricos en la parroquia.

El recurso agua correctamente distribuido es sinónimo de desarrollo, por este motivo WEAP, plantea una serie de opciones de manejo de agua y desarrollo, tomando en cuenta los distintos tipos de usos que se le puede dar al recurso agua, en función de las características del lugar, el número de habitantes y las actividades que ahí se realizan.

La interfaz gráfica basada en sistemas de información geográfica facilita el uso y la inserción de variables en el proceso de modelamiento. La técnica de arrastre y colocación hace que el programa arroje datos, tablas y gráficas de fácil interpretación.

La capacidad integradora de WEAP brinda la posibilidad de realizar enlaces con otros programas de ser necesario, ya sea en el proceso de inserción de datos o en el modelamiento como tal, de esta manera se puede acoplar diferentes datos y códigos de manera rápida utilizando diferentes extensiones, como Excel o Modflow (WEAP, 2017).

Antecedentes

Los problemas de accesibilidad al agua se han tornado en una problemática de carácter global en los últimos años, la industrialización de la producción, sumado al crecimiento poblacional, han hecho de este mundo globalizado un lugar inequidades en la repartición de recursos hídricos (World Water Council, 2017).

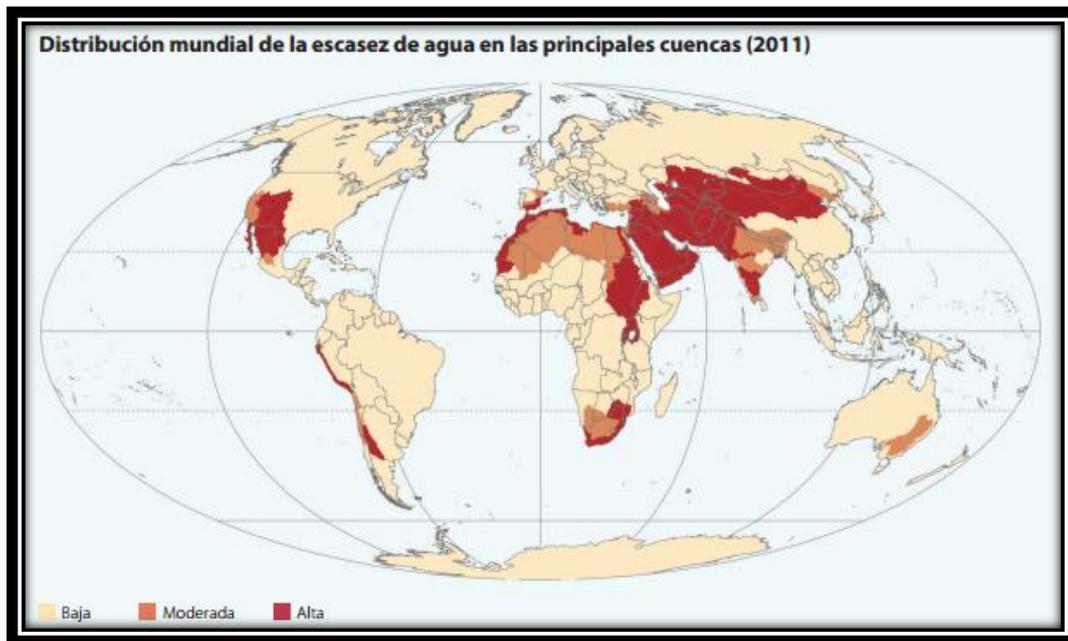


Figura 14. Distribución de la escasez del agua en las principales cuencas

Tomado de FAO, 2011

La incesante contaminación de cuerpos de agua superficiales y fuentes de agua subterránea han sido una constante en los últimos años; la descarga de contaminantes químicos y biológicos en ríos, lagos y mares ha aumentado progresivamente con el avance de la frontera agrícola y el desarrollo industrializado de las naciones, convirtiendo la fuente de sustento hídrico en un lugar de contaminación latente (FAO, 2017).

Por otra parte, se debe considerar la falta de accesibilidad al agua dulce por parte de ciertos sectores marginados de la población mundial, ya sea por su ubicación geográfica o por sus niveles económicos y sociales en decadencia, han hecho que la evaluación, planificación y distribución del agua se torne un desafío para ciertas naciones que luchan a diario para resolver esta problemática (ONU, 2017).

Tabla 7.

Distribución porcentual de hogares por persona responsable de ir a buscar agua

		Agua en las casas	Mujer de 15 años o más	Hombre de 15 años o más	Niña menor de 15 años	Niño menor de 15 años
Región Subsahariana África (18 países)	Áreas rurales (%)	11,9	62,9	11,2	7,0	4,1
	Áreas urbanas (%)	51,5	29,0	10,2	4,3	3,1
Asia (18 países)	Áreas rurales (%)	52,3	30,0	12,9	2,5	1,7
	Áreas urbanas (%)	83,9	8,7	5,3	0,8	1,0
América Latina y el Caribe (6 países)	Áreas rurales (%)	74,2	10,5	12,7	1,0	0,7
	Áreas urbanas (%)	90,8	3,1	4,9	0,2	0,4
Europa del Este (6 países)	Áreas rurales (%)	75,5	11,7	9,2	0,1	0,2
	Áreas urbanas (%)	95,6	2,0	2,3	0,1	0,1

Tomado de UN DESA, 2010

En pleno siglo XXI la necesidad de tener un análisis integrado de los recursos hídricos es una realidad que se transforma en necesidad con el avance de las civilizaciones. Existen 3 lineamientos básicos para poder realizar este análisis:

1. Tener una base de datos consistente para realizar el balance hídrico; esto se refiere a poseer datos amplios y sustentables de pluviosidad, caudal, y aspectos climatológicos y meteorológicos relevantes que permitan crear un balance hídrico real direccionado al lugar de estudio.
2. Existen diferentes herramientas para la generación de escenarios en WEAP, es decir, el programa contempla la simulación de la demanda de agua, escorrentía, caudales, almacenamiento y suministro a las diferentes zonas de la parroquia, esto dependerá de la calidad de datos que se introduzcan en el modelo.
3. Las políticas de desarrollo y gestión de los recursos hídricos constituyen un eje analítico fundamental dentro del programa WEAP; en este punto el análisis se enfoca en el uso múltiple que se le pueden dar a los recursos

hídricos sujetos a estudio, evaluando la competitividad de los mismo en los diversos escenarios propuestos.

Enfoque analítico de WEAP

WEAP mantiene su enfoque en el balance hídrico de ciudades, sistemas municipales y demás, utilizando el principio básico modelamiento de componentes naturales e intervenidos en cada uno de los sistemas.

El programa utiliza el término “analista”, para hacer mención a las distintas fuentes de suministro de agua que pueden estar conformadas por ríos, embalses, aguas subterráneas y demás (Hydrologic Engineering System, 2017).

Se puede definir el enfoque de software y sus distintas aplicaciones en con los siguientes puntos:

- **Definición de los parámetros de estudio:** Hace referencia al horizonte de tiempo utilizado para el modelamiento, los límites espaciales y zonificaciones, componentes que tendrá el sistema y la configuración inicial del programa.
- **Cuentas corrientes:** Se dice del panorama base de análisis hídrico, es decir, demanda, suministro y recursos del sistema.
- **Generación de escenarios:** Exploración de supuestos acerca de impacto en las variables del sistema.
- **Evaluación:** Proceso de evaluación sobre el correcto balance hídrico, suministro, demanda, costo, beneficios y posibles soluciones.

1.2.2. Interfaz de modelamiento

La interfaz gráfica de WEAP se basa en sistemas de información geográfica, con la diferencia que se puede modificar su configuración, además de construirla y visualizarla. El sistema de diseño gráfico arrastrar y soltar facilita la realización

del modelo, la serie de datos generados se pueden superponer en capas de mapas generadas por ArcView o Qgis, localizando de esta manera el área de estudio deseada con total facilidad. La función de ayuda provee un manual corto de soluciones al usuario dentro de cada variable que se vaya a modelar o insertar (Water Evaluation and Planning, 2017).

La interfaz de modelamiento gráfica de WEAP, presenta las siguientes características:

- El usuario es capaz de definir ecuaciones en las distintas variables de modelamiento.
- Estructura de datos flexible y expandible.
- Enlaces dinámicos a hojas de cálculo Excel y extensión de archivos csv.
- Sistema de reporte de basto alcance capaz de generar tablas, gráficos y mapas representativos.
- Compatible con equipos desde 256 MB de RAM.
- Programa capaz de resolver ecuaciones de asignación.

1.2.3. Escenarios multicriterio

Los escenarios son herramientas que se utilizan para explorar el modelo ya finalizado, con una gama de diferentes preguntas que necesitan ser resueltas por las ciudades, municipalidades, parroquias y demás organismos de control durante el transcurso de su proceso de gestión. La generación de escenarios suele ir relacionadas con parámetros de uso del agua, crecimiento poblacional, operación de embalses, procesos de reciclaje del agua, demanda y suministro de agua frente al cambio climático y demás preguntas que serán plantadas por los organismos autónomos de gestión dependiendo de su área de estudio, su densidad poblacional, los recursos hídricos disponibles y por supuesto su

presupuesto general para la realización de obras (Water Research Foundation, 2017).

1.3. ArcMap

Componente principal de ArcGIS que junto a ArcCatalog, ArcView, ArcGlobe entre otros, permite visualizar mapas, con la particularidad que ArcMap edita, crea, procesa y analiza datos geoespaciales provenientes de una base de datos correspondiente a una área o sector específico del planeta (Esri, 2017).

1.3.1. Geodatabase y procesamiento de datos

La geodatabase representa un conjunto de datos geográficos con una serie de atributos que constituyen las características de una región o lugar que se requiera estudiar. Los archivos contenidos en una geodatabase pueden ir desde cartografía base de una ciudad, hasta zonificación y localización de puntos relevantes, estos datos pueden ser transformados en documentos con extensión Shapefile (shp), para una mejor manipulación de capas o de datos (Secretaría de Educación Superior Ciencia, Tecnología e Innovación, 2017).

Dentro de la plataforma amigable que presenta el programa ArcMap en su versión 10.5 del año 2016 se tiene una serie de herramientas que permiten recortar, combinar, unir, superponer, y generar capas con una serie de atributos diferentes, con la finalidad de poder editarlos y convertirlos en mapas de fácil lectura. En el escenario de vista del layout se puede generar mapas con cuadrillas geográficas, leyenda, escala, barra de escala, coordenadas geográficas y demás componentes que van a dar mejor imagen a nuestro mapa facilitando su lectura y su interpretación.

1.4. Herramientas de geolocalización espacial

Las herramientas de geolocalización espacial permiten encontrar, enfocar y procesar cualquier área del planeta tierra, desde una satélite que orbita alrededor de la tierra, la NASA ha colocado una serie de satélites de soporte llamados Landsat desde el año 1972 hasta el 2013, sumando 8 satélites hasta la fecha, las imágenes satelitales en formato tif, pueden ser procesadas por programas como Qgis o ArcGIS, con la finalidad de delimitar las áreas exactas de estudio y posteriormente generar capas geográficas shp que puedan ser manipuladas y superpuestas con la utilización de sistemas de información geográfica (NASA, 2017).

Otra herramienta muy útil para geolocalizar puntos específicos desde el satélite a menor escala es Google Earth Pro, este programa permite delimitar áreas con polígonos, superponer imágenes, señalar puntos de interés y además otorga en ocasiones galerías de imágenes completas de determinados sitios, haciendo de proceso de geolocalización interactivo e ilustrativo. Además de lo mencionado esta versión avanzada de Google Earth permite imprimir imágenes de 4800 x 3200 pixeles, siendo compatible con archivos de Esri en formato Shapefile (Google Earth Pro, 2017).

2. CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Descripción metodológica general

El presente trabajo de titulación presenta una metodología de carácter inductiva (Dávila, 2006), la cual pretende realizar una evaluación integrada de los recursos hídricos de la parroquia de Nono, partiendo de variables específicas de índole climática, de uso y ocupación del suelo y de patrones de consumo de la población, con el finalidad de generar un modelo gráfico a gran escala que permita conocer cómo se están utilizando los recurso hídricos en la actualidad,

con la opción de mejorar el manejo y la planificación de dichos recursos canalizándolos al desarrollo sostenible y sustentable de la colectividad.

La utilización del Sistema de Evaluación y Planificación del Agua representado por el programa WEAP, se basó en una serie de datos climatológicos e hidrológicos que permitió conocer la situación actual del uso y distribución del agua en la parroquia de Nono, partiendo de variables sistemáticas como son: pluviosidad, velocidad del viento, evapotranspiración de cultivos, uso y ocupación del suelo, horas de sol, y demás información primaria, que al integrarse, generara una serie de escenarios que muestran la realidad de la distribución y utilización del agua en la zona (SEI, 2017).

Fue necesario incorporar a la metodología de análisis, la aplicación de sistemas de información geográfica, ya que mediante el uso de esta herramienta se pudo insertar al programa la topografía de la parroquia de Nono y las cartas hidrológicas de la microcuenca, delimitando de esta manera área de estudio y trazando los componentes hídricos dentro del lugar seleccionado. Esta serie de capas proporcionó la información necesaria para cumplir con los objetivos propuestos inicialmente, específicamente conocer los meses de mayor caudal, y como las variables meteorológicas de la zona influyen en este suceso (Esri, 2016). Los datos meteorológicos fueron tomados de la estación meteorológica de la granja experimental de Nono, y corroborados con los datos que presenta el INAMHI a nivel local.

Mediante la delimitación de las zonas pobladas (INEC, 2017) se pudo conocer los sitios de demanda potenciales, los mismos servirán para conocer los patrones de consumo y suministro de agua que presenta la parroquia, enfocándose en las posibles afecciones que estos podría tener frente a un avance progresivo del cambio climático.

La evaluación integrada de la correcta distribución y utilización de recursos pretende plantear una serie de interrogantes basados en los patrones de

crecimiento poblacional y desarrollo económico de la región, contemplando aspectos como el uso y ocupación del suelo, calidad de agua, escorrentía superficial y cultivos agrícolas.

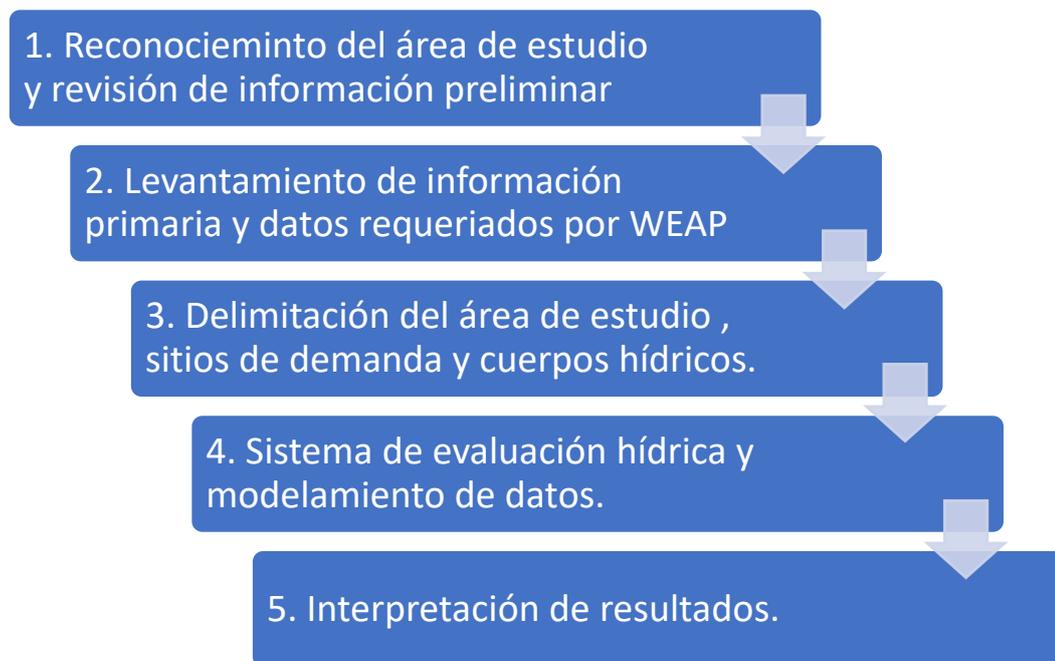


Figura 15. Metodologías experimentales

La figura 15 detalla la serie de procedimientos a seguir dentro de la metodología seleccionada, en donde se estipula en primera instancia un reconocimiento físico del área de estudio, el mismo que comprende observar y verificar donde se encuentran los principales puntos de demanda de agua dentro de la parroquia de Nono, los diferentes tipos de cultivo, la distribución y utilización de los recursos hídricos de la zona, entre otros factores que permitieron conocer de manera general el lugar donde se va realizar la evaluación integral. Además, se estableció una revisión de información preliminar sobre aspectos hidrológicos, climatológicos y datos varios disponibles sobre la parroquia de Nono que proporcionen información sustancial en el proceso de modelamiento.

El segundo apartado consiste en el levantamiento de información primaria y datos requeridos por WEAP, entre ellos se tiene: datos meteorológicos e hidrológicos de la zona, uso y ocupación del suelo, consumo de agua por parte de los pobladores, y demás información que permitió cumplir con los objetivos propuestos.

El tercer punto se enfoca en delimitar el área de estudio, los sitios de demanda y los cuerpos hídricos principales que presenta la parroquia, esto se realizó mediante el uso de archivos digitales de los principales ríos de la zona en conjunto con la topografía del lugar (Instituto Geográfico Militar, 2017).

El sistema de evaluación hídrica y modelamiento de datos comprende el 4 punto de la secuencia experimental; este consiste en evaluar la correcta distribución y utilización de los recursos hídricos en la parroquia de Nono, mediante la inserción de un conjunto de datos, series de tiempo y variables significativas como son: precipitación, evaporación, temperatura, altitud, entre otras que forman parte la base de datos complementaria de WEAP.

El software Water Evaluation and Planning, como herramienta principal de modelamiento de datos, plantea en sus distintas fases del proceso el uso de una interfaz gráfica amigable basada en mapas SIG con conceptos básicos de drag-and-drop, además genera resultados flexibles plasmados en mapas, gráficos y tablas que permiten conocer de una manera ilustrativa la mecánica hídrica de la zona de estudio. Además de lo mencionado, WEAP posee enlaces dinámicos con otros programas como Modflow y Excel, los mismos que pueden servir para importar esquemas de agua subterránea o escorrentía superficial al modelo topográfico y generar base de datos con extensiones csv respectivamente.

Por último, el apartado 5 describe la interpretación de resultados obtenidos en la generación de los distintos escenarios propuesto en la evaluación integrada de los recursos hídricos de la parroquia de Nono, los mismo que se pueden utilizar para solucionar problemas de distribución y utilización sostenible y sustentable

de recursos, como para realizar una planificación prospectiva del modelo hídrico deseado, a corto mediano o largo plazo.

El análisis estadístico de los datos, se realizó mediante el uso de la misma interfaz gráfica WEAP, ya que dicho programa arrojará los resultados correspondientes a la generación de escenarios propuestos, permitiendo su interpretación cualitativa y cuantitativa, según sea el caso.

2.2. Reconocimiento del área de estudio

2.2.1. Ubicación

La metodología utilizada para conocer la ubicación de la parroquia rural de Nono se basó en la observación de campo in situ, esto permitió conocer de manera física el lugar de trabajo, los diferentes puntos de demanda, el lugar de paso de los cuerpos hídricos y las posibles zonas donde puede existir la presencia de cuerpos de agua subterránea (Benguría et al., 2010).

La observación del entorno y recolección de información base se realizó mediante la planificación de tres visitas a la parroquia de Nono en donde se priorizó la vista a los principales cuerpos de agua superficiales, los potenciales sitios de demanda y los posibles lugares con presencia de agua subterránea.

2.2.2. Geolocalización de la parroquia

La geolocalización de la parroquia rural de Nono se la realizó utilizando tecnología satelital, es decir mediante el uso de imágenes espaciales, presentadas como orto fotos, coordenadas de Google Maps, sobre la ubicación y elevación de cauces hídricos e información obtenida del Instituto Geográfico Militar en conjunto con el Municipio de Quito, correspondiente geodatabase y cartografía del DMQ. La información obtenida sobre aspectos de localización y

posicionamiento de la parroquia de Nono y sus distintos puntos de estudio, otorga datos relevantes relacionados con altitud, latitud, sectorización y ubicación de los principales cuerpos hídricos, posicionamiento de escuelas, canchas, cultivos, curvas de nivel, perfiles de cauces en topografía real y demás datos que contribuyen de manera directa en los procesos de generación de información preliminar.

El proceso de geolocalización continuó con la selección de datos y procesamiento de la geodatabase para la generación de capas en los procesos de elaboración de mapas de suelo, clima y delimitación de cuencas hidrográficas.

2.3. Análisis de información preliminar

WEAP en su interfaz de modelamiento de datos contempla de inserción de variables base destinadas a contribuir en la obtención del modelo hidrológico deseado, de esta manera la información preliminar que este programa de modelamiento necesita se basó en ciertos aspectos que se detallan a continuación:

- Capas y archivos en formato Shapefile como base del mapa y lugar de modelamiento.
- Datos climatológicos concernientes a variables de precipitación, nubosidad, velocidad del viento, altitud, latitud, temperaturas máximas y mínimas, humedad promedio, entre otros factores relacionados con las áreas de estudio, los tipos de suelo, la capacidad de infiltración, etc.
- Dibujar los ríos y puntos de interés hídrico.

El análisis de información preliminar se centró en recopilar toda la información referente a la parroquia rural de Nono y seleccionar la información más sustentada y relevante que será insertada en el programa para el modelamiento de datos, de esta manera se garantiza la veracidad del modelo generado, con resultados que contribuyan a solucionar los problemas más significativos que aquejan a los pobladores de Nono día tras día (Garcés & Duque, 2007).

2.4. Levantamiento de información

El levantamiento de información primaria se basó en la generación de Shapefiles y mapas explicativos que contribuyan activamente en las distintas etapas de la elaboración del modelo. Mediante la utilización de sistemas de información geográfica (ArcMap, Qgis), se procedió a geoprocesar la información contenida en la geodatabase de archivos, y crear las capas que ayuden a elaborar los mapas necesarios para la inserción de datos en el programa WEAP, en función de las variables analíticas del sistema (Esri & OSGeo, 2017). Este análisis de generación de datos se complementó con la utilización de herramientas satelitales para la visualización de territorio superficial como son: los satélites Landsat de la Nasa y el programa Google Earth Pro, los mismos que proveen información fotográfica espacial de calidad que contribuye a la generación de información preliminar (NASA & Google Earth Pro, 2017).

2.5. Fases de modelamiento

La metodología central para las fases de modelamiento se enfocó en la interfaz gráfica de modelamiento del programa WEAP, lo cual indica que el proceso tuvo como punto inicial dibujar los ríos sobre el área de interés, insertar las variables en los formatos requeridos por el programa, calibrar los datos para que el modelo pueda procesarse, y por último analizar los resultados y los escenarios en función de los objetivos planteados (Water Evaluation and Planning, 2017).

Las ventanas de ayuda y el tutorial de WEAP, especifican la serie de pasos que se debe seguir en cada caso de estudio, con la finalidad de dar una visión sencilla de las fases de modelamiento, además de orientar al usuario sobre la metodología a seguir más conveniente según sea el caso y las variables disponibles.

Caudales

Existen variables de influencia directa en la determinación de los caudales correspondientes a cada tramo de los ríos insertados en la topografía de WEAP, la metodología que utilizada el programa realiza de un balance hídrico que toma en cuenta factores como: caudales de cabecera de cada cuerpo hídrico, precipitación sobre el cauce, evaporación del agua, coeficientes de infiltración hacia aguas subterráneas, factores de radiación solar y temperatura, de esta manera los caudales generados por el río crecerán o decrecerán dependiendo el periodo de tiempo en el que se analicen los resultados, los cuales pueden variar cada mes y cada año, dependiendo de los periodos climáticos que presente cada país, provincia, cantón o parroquia.

Caudal de Escorrentía

Se denomina caudal de escorrentía a la cantidad de agua capaz de infiltrarse o conducirse de una unidad hidrológica hacia un cuerpo de agua superficial o subterránea en un periodo de tiempo determinado; el programa WEAP calcula este datos utilizando diferentes variables presentes en la ventana llamada uso de suelo como son: precipitación efectiva, área de influencia, fracción de cobertura, espesor total del suelo, espesor total de capa superficial y máxima tasa de percolación e infiltración, entre otras variables, creando de esta manera una macro ecuación de balance de masas, la cual proporcionará información al programa para la obtención de resultados referentes al caudal de escorrentía.

Demanda y suministro de agua

WEAP basa su análisis para el cálculo de la demanda y suministro de agua tomando en cuenta el número de habitantes presente en cada punto de análisis, la tasa anual de uso del agua, la proporción mensual de demanda anual y el porcentaje de afluente consumido. Con la información mencionada el software realiza un balance hídrico que contempla el caudal de agua disponible por parte de cada cuerpo hídrico, para cada sitio de demanda. La priorización de puntos de demanda dependerá de la importancia demográfica y de uso de suelo de cada poblado.

Demanda no cubierta

Los datos obtenidos por el programa WEAP referentes a caudales superficiales de los ríos y almacenamiento de agua subterránea son canalizados en cada sitio de demanda, de esta manera el programa identifica los puntos de mayor y menor demanda, arrojando resultados de déficits o superávits hídricos dependiendo el período del año analizado. En la mayoría de casos los déficits de agua se deben a la lejanía de los sitios de demanda en referencia a los cuerpos de agua, o a la gran cantidad de población concentrada en un punto determinado y los bajos índices de caudales que poseen los cuerpos hídricos de abasto.

Aprovechamiento hídrico sustentable

El aprovechamiento hídrico sustentable de basa en conocer todas las fuentes de agua disponibles en cada cuenca hidrográfica y canalizarlas al consumo de los pobladores del sector, para esto el programa genera información referente a los caudales máximos de agua y al aporte hídrico que cada río puede proveer a cada sitios de demanda, además de dar a conocer la cantidad de agua que consume cada nodo, y un estimado de agua que se podría explotar de las fuentes de agua subterránea, este modelo hidrológico deseado se representa mediante la construcción de un mapa, en el cual se describa claramente los puntos principales de aprovechamiento hídrico, los sitios de demanda con déficits, las posibles obras estructurales a ejecutarse (reservorios, plantas de tratamiento, represas, centrales hidroeléctricas, medidores de caudal, etc.) y los lugares más aptos para vivir.

Incidencias del Cambio Climático

La metodología utilizada en este apartado, se centra en identificar las variables climáticas más significativas en la afección de los patrones de demanda y suministro, con la finalidad de comparar como han variado dichos patrones en los diferentes períodos de tiempo, ya sean estos, tiempos presentes producto del análisis realizado, valores pasados de variables climatológicas o proyección de datos futuros relacionados con el cambio climático.

3. CAPÍTULO III. PROCESO DE MODELAMIENTO

El proceso de modelamiento, en base general, considera la inserción de variables en el programa WEAP, utilizando criterios de periodicidad, configuración de parámetros generales, interpolación datos faltantes, sistemas cíclicos y solidez de datos, a continuación, se presenta la base de datos utilizada en las diferentes etapas del modelo.

3.1. Meteorología y climatología

Las variables climatológicas en la parroquia de Nono fueron provistas por el Instituto Nacional de Meteorología e hidrología (INAMHI), mediante sus estaciones climatológicas presentes desde el año 1975, en conjunto con la estación meteorológica actual ubicada en la granja de la Universidad de las Américas.

Precipitación

La variable de precipitación fue tomada de la base de datos del INAMHI y corresponde al período 2010-2015, donde se muestra mensual y diariamente en milímetros (mm) la pluviosidad de la parroquia de Nono. El periodo de tiempo seleccionado se basó en criterios de actualidad y precisión de información, además se tomó en cuenta la cantidad de datos disponible en función a las demás variables, de esta manera se garantiza la obtención de resultados confiables en cada fase de modelamiento.

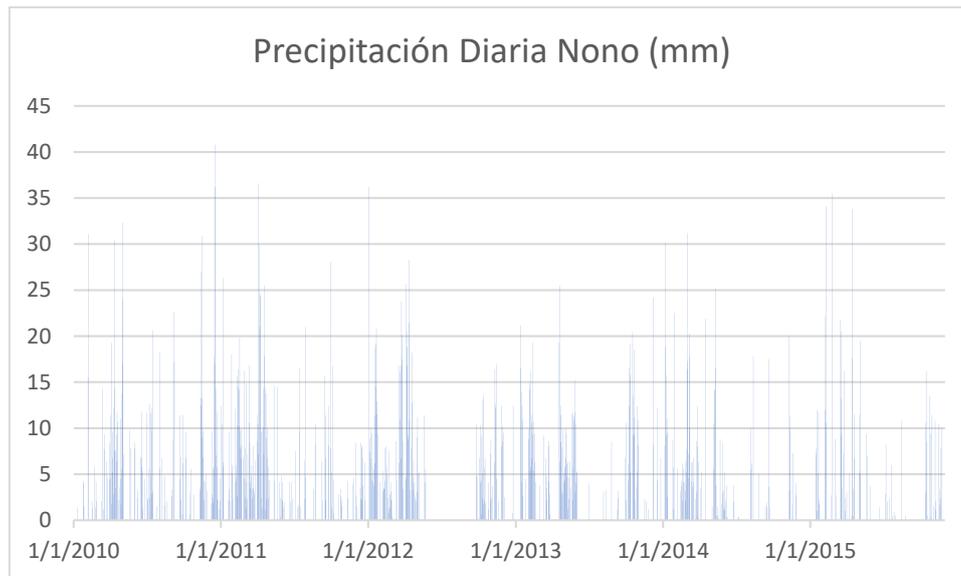


Figura 16. Precipitación diaria de la parroquia de Nono

La siguiente gráfica muestra en barras de Excel, la cantidad de lluvia en el periodo (2010-2015) en la parroquia rural de Nono. La mayor cantidad de precipitación se presenta en el año 2011 con valores que sobrepasan los 40 mm de lluvia diaria, por otra parte, el año 2013 presenta valores de precipitación por debajo de 27 mm diarios.

La tabla número 8 muestra los valores numéricos de precipitación desde el año 2010, hasta el año 2015, además adjunta la sumatoria final de precipitación de cada mes. Los datos faltantes corresponden a información no disponible por parte del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

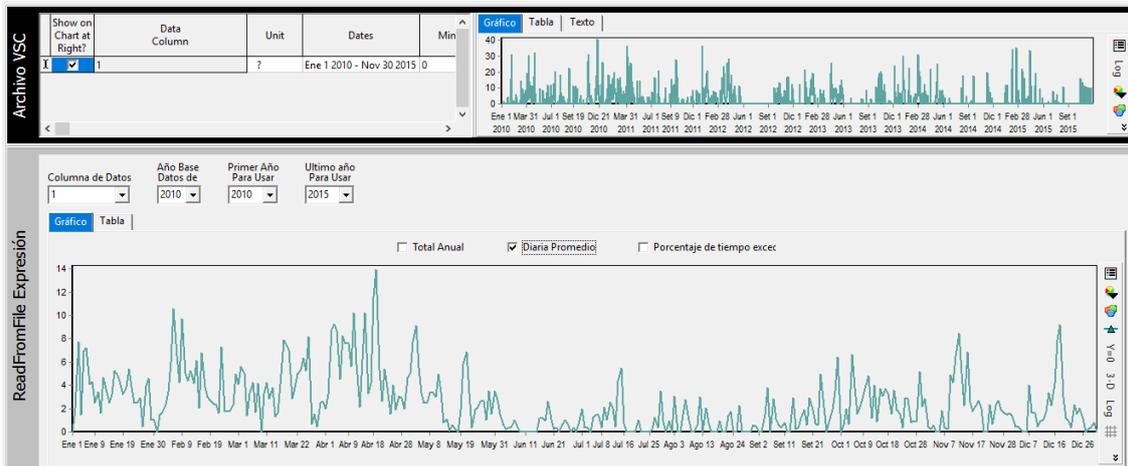


Figura 17. Promedio diario de precipitación, plataforma WEAP

Al momento de insertar la información de precipitación en formato csv en la plataforma WEAP, el programa arroja una serie de ventanas donde se puede visualizar y modificar los tipos de gráficas, los resultados y periodos de tiempo y la manera de visualizar los datos.

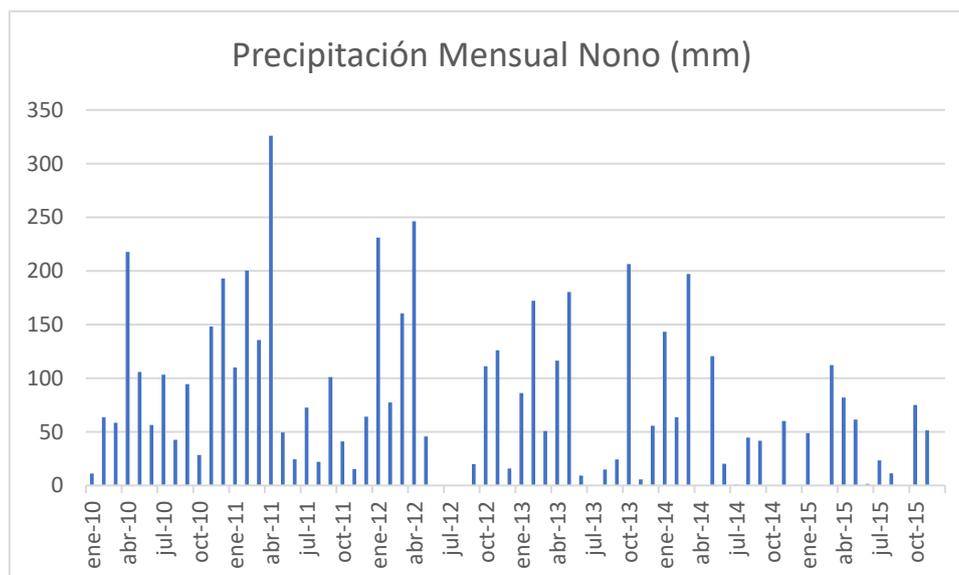


Figura 18. Precipitación mensual parroquia de Nono

La figura 18 muestra la precipitación mensual de la parroquia de Nono en formato Excel. El mes de abril del año 2011 presenta la mayor cantidad de lluvia con valores que sobrepasan los 300 mm, por otra parte, el mes de julio del 2012 no presenta valores de precipitación.

Tabla 9.

Precipitación mensual parroquia de Nono

Precipitación Mensual Nono (mm)														
Tiempo	Mes												Suma	Media
Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
2010	11,2	63,5	58,5	217,7	105,8	56,3	103,2	42,5	94,4	28,4	148,2	192,9	1122,6	93,5
2011	109,9	200,3	135,6	326	49,4	24,4	72,6	22	101	41,1	15,3	64,1	1161,7	96,8
2012	231,1	77,4	160,4	246,2	45,7	0	0	0	19,9	111,2	126	15,7	1033,6	86,1
2013	86,2	172,2	50,7	116,4	180,3	9,2	0	14,9	24,2	206,3	5,6	55,7	921,7	76,8
2014	143,2	63,5	197,2		120,5	20,2	0,7	44,6	41,7		60,1			
2015	48,8		112,2	82	61,4	1,4	23,4	11,3	0	74,9	51,3			

La tabla 9 muestra la precipitación mensual de la parroquia de Nono en el período 2010-2015, además la sumatoria de lluvia mensual y la media ponderada. La información faltante se debe a la no disponibilidad de datos en determinados periodos de tiempo por parte de las estaciones meteorológicas

colocadas por el ente de control INAMHI, ya sea por falta de medición o por datos incongruentes encontrados en los registros meteorológicos.

Humedad promedio

La humedad promedio relativa diaria se expresa en función de porcentaje de humedad en un periodo determinado, ya sea diario o mensual, a continuación, se presenta la información referente a la humedad relativa promedio de la parroquia rural de Nono.

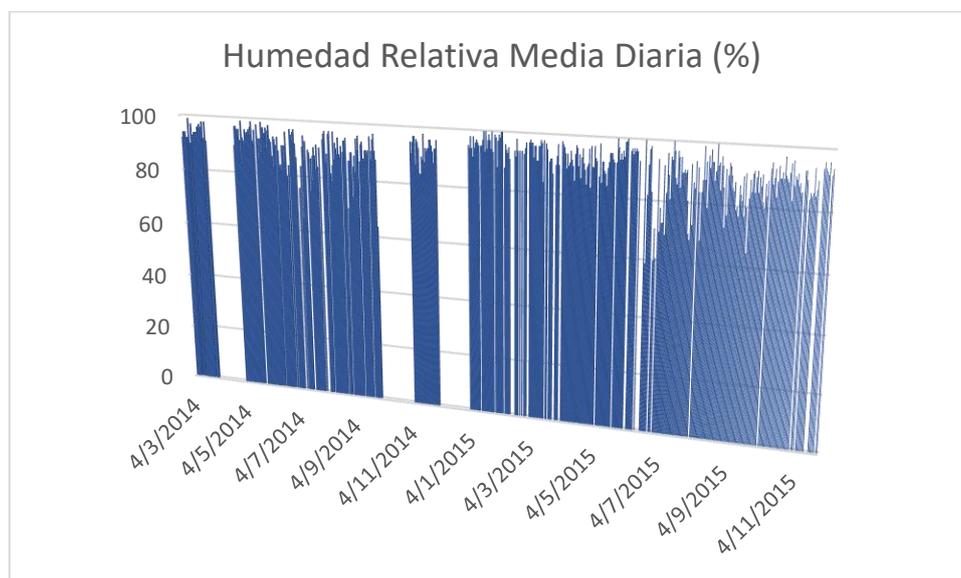


Figura 19. Humedad relativa media diaria parroquia de Nono

La figura 19 muestra la humedad relativa de la parroquia rural de Nono en el período de tiempo 2014-2015. Se puede observar que la humedad relativa media diaria de la parroquia de Nono presenta valores por encima de 80 % en el rango de tiempo seleccionado.

Tabla 10.

Humedad relativa media parroquia Nono

Humedad Relativa Media Diaria Nono (%)																																			
Tiempo	Día																															Suma			
	Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		30	31	
2014	3				92	94	92	94	91	92		99		90	97		93	94	93	94	93	96	93	97	96	96	98		92	98	91				2165
2014	5	90	97	97	96	93	96	92	84	99	93	91	92	96	94	95	94	96	94	97	99	92	91	96				98	93	86	93	88	99		2721
2014	6	97	97	95	95	97	90	96	98	93	92	87	83	94	93	91		94	89	83	84	82	91	91	85	91	85	90	84					2448	
2014	7	97	95	93	96	97	92	87				76		84	65	91	95	86	93			90	89	75	87	79	88	91	88	83	92	84		2193	
2014	8	91				94	96	97	86	89		96	97	82	79	85	97	87	93	91	89	95	89	88	92		90	94	94	95		70	2256		
2014	9	87	87	90	90	74	85	89	83	95	91	96		87	93	94	88	88	91	91	90	91		96	88	91	95	97	91	88	64		2490		
2014	11				95	91	95	97	97	87	96	95	93	84	84	90	89	98	88	93	92	93	93	96	96	94	92	88	93	93	96		2498		
2015	1	95	94	98	94	91	98	94	96	97	96	95		95	95	97	101	93	106	94	97	99	97	94	103	93		99	98	88	97	99	2793		
2015	2	98	103	103			88	96	94	93	95	91				94	92	98	94		94					94							1712		
2015	3	97	98	97	97	92	96	96	91	91	96	96	98	97	84	98		97	95		91	92	92	87			90	93	97	90			2348		
2015	4	98	97	96	94	89	94	90	91	95	92	90	85	94	97	96	90	94	86	93	96	91	89	84	90	91	96	83	97	90	90		2758		
2015	5	97	93	92			87	98	85	92	92	89	88	84	90	92	95	95	93	92		92	103	97	93	95	93	96	94	99	99	103		2713	
2015	6				96	97	95	97	96	97	96		93				101	59	82	92	97	98	83		60	71	61		94	70	78		1813		
2015	7	73	73	92	69	83	96	89	81	95	94	138	97	88	86	97	95	85	95	90	90	91	90	91	81	70	68	93	73	87	85	94	2729		
2015	8				92	84	68	84	88	99	88	94	79	96	92	98	94	88	91	152	93	94	85	96	93	86	73	92	77	90	94	93	90	2737	
2015	9	86	85	88	79	80	77	87	84	82	90	77	91	80	65	83	89	85	91	92	85	90	92	85	90	87	91	82	80	88	84		2545		
2015	10	89		93	95	88	90	93	84	89	94	90	90	92	90	97	91	90	89	92	95	83	96	88	91	90	92	88	89	86	86		2620		
2015	11	93	93	90		84	86	85	86	94	85	87	90				94	96	94	93	92	96											1724		

La tabla 10 muestra los valores de humedad relativa diaria de la parroquia de Nono en el periodo 2014-2015, además la suma total de humedad. Los valores faltantes comprenden valores no disponibles por el ente de control INAMHI.

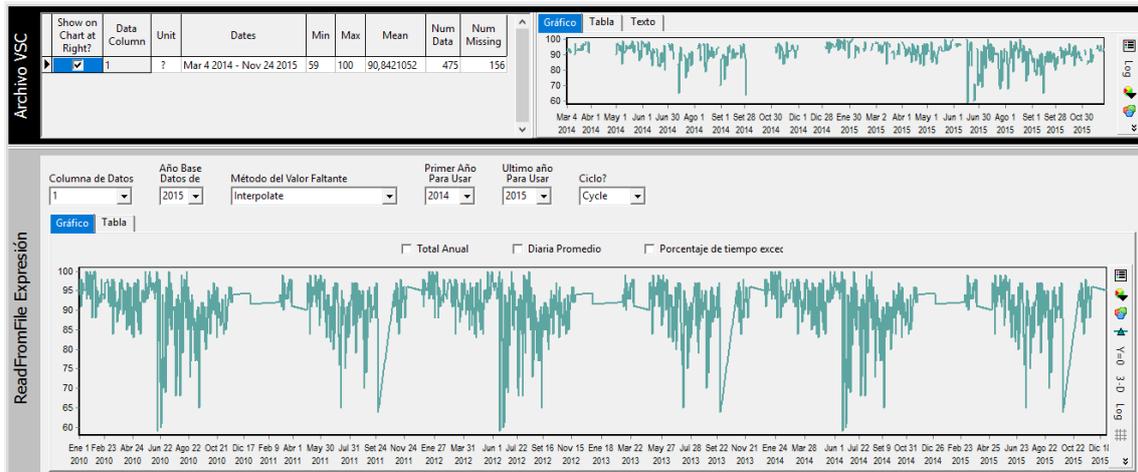


Figura 20. Humedad relativa diaria programa WEAP

El programa WEAP interpola los valores faltantes en el periodo de tiempo comprendido entre los años 2010 al 2015 usando la información disponible de los años 2014-2015, además considera como cíclico a los valores climáticos insertados, con la finalidad de crear un espectro de datos homogéneos a través del tiempo.

Evaporación de referencia

La evaporación de referencia diaria se mide en milímetros (mm) y los datos insertados en la plataforma WEAP se muestran a continuación.

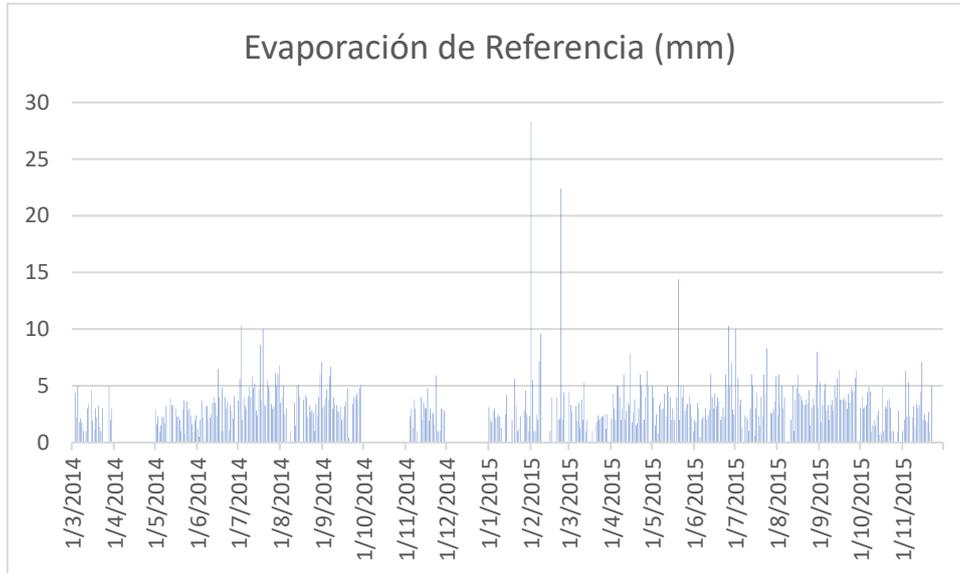


Figura 21. Evaporación de referencia

La figura 21 muestra un esquema formato Excel con los datos de evaporación de referencia comprendida entre los años 2014-2015. Lo picos más altos dan lugar en el año 2015 con valores que sobrepasan los 20 mm de agua evaporada, siendo estos valores considerados datos atípicos, por otra parte, los rangos normales de evaporación de referencia se mantienen entre 3 a 5 mm.

Tabla 11.

Evaporación de referencia parroquia Nono

Evaporación de Referencia (mm)																																			
Tiempo		Día																														Suma			
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		31		
2014	3			4,4	2,2	5	1,8	2,1	1,8	1	0	1	3	3,4	0	4,6	1,9	1,1	3	2,2	3,2	1,4	1	3	0	0									57,1
2014	5	2,9	1,6	2,3	0,9	1,5	2,3	2,2	1,7	3,2			3,9	3,3	3,3	0	3	2,3	2,3	2	1	2,9	3,7	0,8	3,6	2,8	3	2,4	1,6	0,9	1,9	2,4		65,7	
2014	6	1,2	0,5	2	3,7	2,2	0	3,2	3,2	2	2,2	2,5	3,5	4	3,5	2,4	6,5	4	1	4,8	1	4	3	3,6	1,1	3,3	2,8	2,1	4,1					77,4	
2014	7	3,7	5,6	10	2	4	3,2	3	4,1	4,9	4	5,8	4,8	5,2	2,8	2,4	4,7	8,6	3,7	10	3,4	3,2	5,5	5	4,6	3,4	3	3,2	6,1	5	6	6,8	148		
2014	8	3,5	4	5	2,5	3			1				3,5	1,5	5	5,1	4,1			3,8	4,2	4	2,3	3,2	2,7	2,9	2,6	1	3,4	2,4	4	6	7,1	87,8	
2014	9	3,1	3,3	4	4,7	3,8	5,8	6,7	3	4	3,3	3,3	2,8	2,7	3,2	2	2,2	3,2	3,6	4,8	0,4			3,4	4	4	4,3	3,8	4,8	5,1			99,3		
2014	11			2,3	3	1,3	3,8	3	1				4	2	3,5	3	3	4,8	1,9	3	2,6	2,6	1,6	5,9	1	1	1	3	3	2,8			64,1		
2015	1	3,1	2	1,8	2,8	3	2,2	2,3	2,5	2,3	1,3				2,5	4,2	0	0	2	0,1	5,6	3,3	1	1,2	2,3			2,8	4,6	2,5	1	2,3	56,5		
2015	2	2,8	5,5	1	1	2,5	2	7,2	9,6								1	4				4	2	2,1	22,4	2	4,4							99	
2015	3	4,5	3,3	2,7			3,2	1,9	3,5	1,3	3,8	2	5,3	1	2			0	1	0	0	1,8	2,4	2	2,1	2,3	2,3	2,5	1,2	2,5			54,6		
2015	4	2,1	4,3	3	2	5	5	4	2	3	6	2	2,8	3,5	3,3	7,8	1,8	2,7	3,8	1,5	1,7	3	6	5	2	2	4	6,3	5				100,6		
2015	5	5	4	1,5	2,5	0,8	3,3	3,6	2,9	3	4,3	2,3	5	4,5	4	2	3	2	0	4	14	2	5	4	5	2,8	3,3	3,4	4,1	3,4	2,3	1	108,4		
2015	6	2	1,8	3,5	3	0,5	2	2,2	2,3	3	2	2,4	2,9	6	4	3	4,3	3,2	4	3,6	2	2,3	3,1	2,3	6	4,8	10,3	5	7	2,9	2,5		103,9		
2015	7	10	0	5,7	3,3	3,8	1,3	0	2,4	2,2	2	1	3	6	5	0,6	3	4,4	2,3	1,5	4	2,3	6	4,2	8,3			2,6	2,6	2,9	3,6	5,8	99,8		
2015	8	2,4	6	3,3	5	3	4	0	0	0	0	2	5	1	3,8	4,8	6	4,3	4,1	3,8	3,4	3,3	3,8	3,4	4,6	1,5	3,1	3,9	3,3	5	8	3,1	104,9		
2015	9	5,3	1,8	3,3	4,6	5,2	2,8	3,3	2	3,3	3,7	2,8	5	4	5,7	6,4	3,8	3,8	3,8	4	3,7	3	4,3	3,5	4,9	4,6	4,5	5,7	6,3				115,1		
2015	10	3,1	4	3	3,1	3,3	4,4	4,9	4,5	1	1,5	2	1,5	2,4	2,8	0,7	0,8	4,9	1	3,2	3	3,7	3,9	3,1	1	1			0,9	2,8			71,5		
2015	11	1	2	6,3	2,3	5,3	2,3	0	2,2	3,2	1,4	3,4	3	3,3	4,5	7,1	2	2,5	1,9	1,8	2,7	1	5	0									64,2		

La tabla 11 muestra los valores de la evaporación de referencia de la parroquia de Nono, además la suma total de evaporación de todos los meses en el período 2014-2015. Las casillas en blanco corresponder a datos no disponibles.

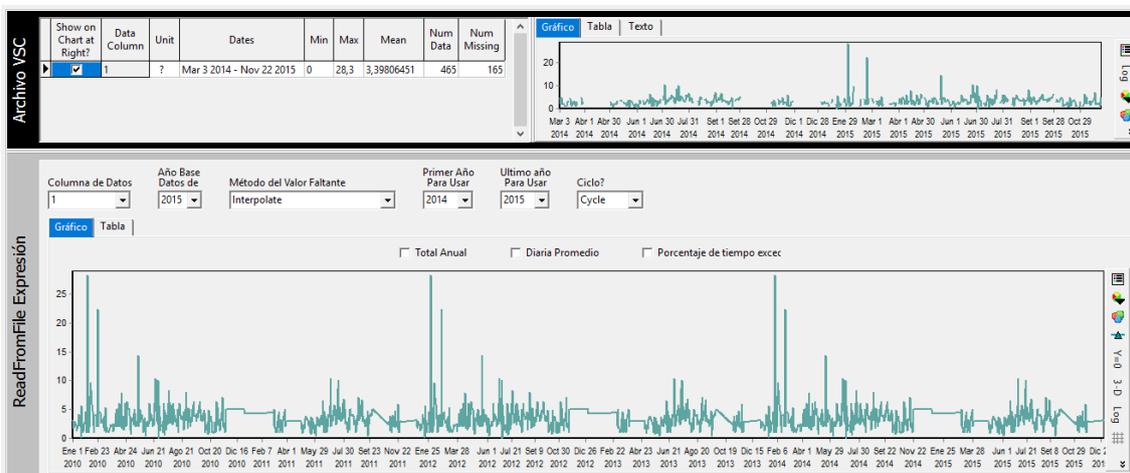


Figura 22. Evaporación de referencia WEAP

La figura 22 muestra el método de interpolación utilizado para los valores faltantes desde el año 2010 al 2013, además de los diferentes escenarios gráficos que presenta el programa.

Viento

La velocidad del viento promedio en la parroquia de Nono se mide con un equipo llamado anemómetro y las unidades de medida se expresa en metros por segundo. A continuación, se muestra los valores de velocidad del viento promedio insertados en el modelo.

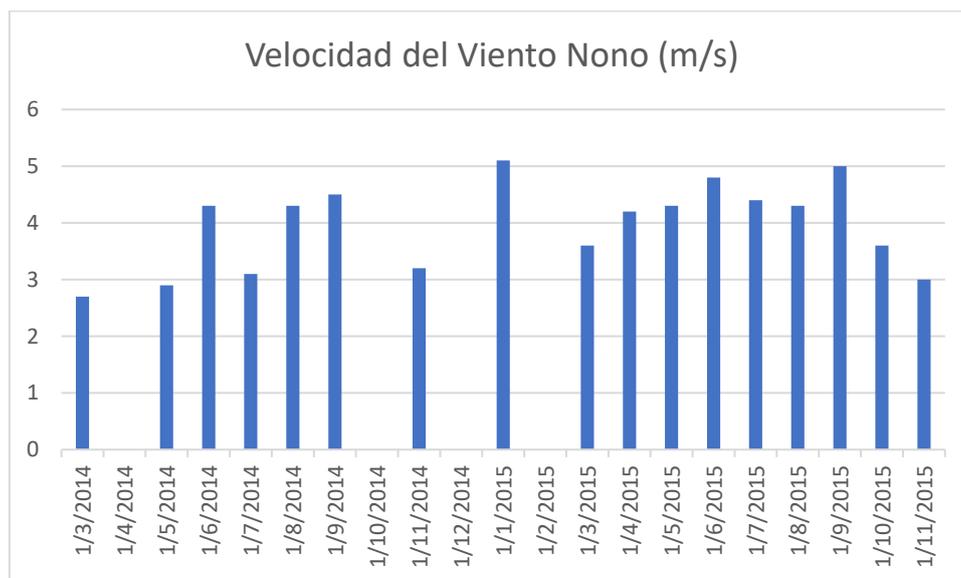


Figura 23. Velocidad del viento parroquia Nono

La figura 23 muestra el esquema de las velocidades del viento de los años 2014-2015. Los índices más elevados de velocidad del viento se ubican en el mes de enero del año 2015 con valores que sobrepasan los 5 m/s.

Tabla 12.

Velocidad del viento y dirección parroquia Nono

Velocidad del Viento y Dirección Nono (m/s)												
Tiempo	Mes											
Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	N/M	N/M	2.7 S	N/M	2.9 E	4.3 SE	3.1 E	4.3 S	4.5 SE	N/M	3.2 SE	N/M
2015	5.1 S	N/M	3.6 SE	4.2 SE	4.3 E	4.8 SE	4.4 S	4.3 S	5.0 SE	3.6 SE	3.0 SE	N/M

La tabla 12 muestra los valores numéricos de la velocidad del viento en la parroquia de Nono en conjunto con su direccionamiento.

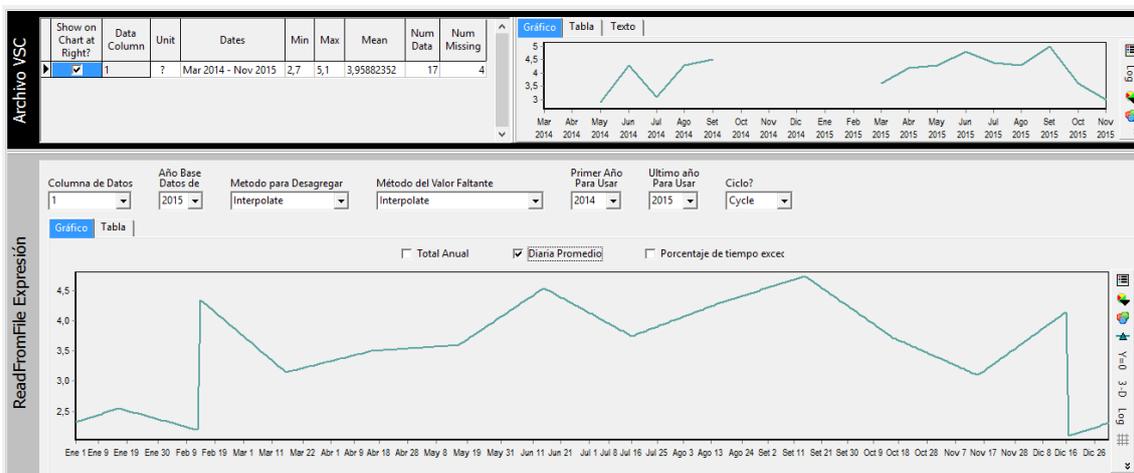


Figura 24. Velocidad del viento parroquia de Nono WEAP

La figura 24 como esquema de WEAP, interpola las velocidades del viento para solventar vacíos de los años 2010-2013, y considera la variable de forma cíclica a través del tiempo.

Altura de medición del viento

La altura de colocación del anemómetro para la medición del viento fue de 2 metros, cabe mencionar que el rango de colocación de este instrumento varía de 1,2 a 2 metros (INAMHI, 2017).

Altitud

La altura de la parroquia de Nono dependerá del lugar donde se encuentre el punto de análisis, está varía entre 1650 a 4500 msnm, para el modelamiento de datos en WEAP se tomó tomado la altitud de la estación meteorológica presente en la granja de la UDLA en Nono, la cual presenta una altitud de referencia de 2710 msnm (INAMHI, 2017).

Latitud

La parroquia rural de Nono se encuentra en una latitud de 0 grados, 2 segundos, 19,2 minutos sur. Datos tomados del INAMHI, estación meteorológica UDLA.

Temperatura Mínima

Al tener una gran variedad de microclimas la temperatura en la parroquia de Nono varía conforme la estación del año, a continuación, se muestra el histórico de temperatura mínima de la parroquia, valores que comprenden los años 2014-2015.

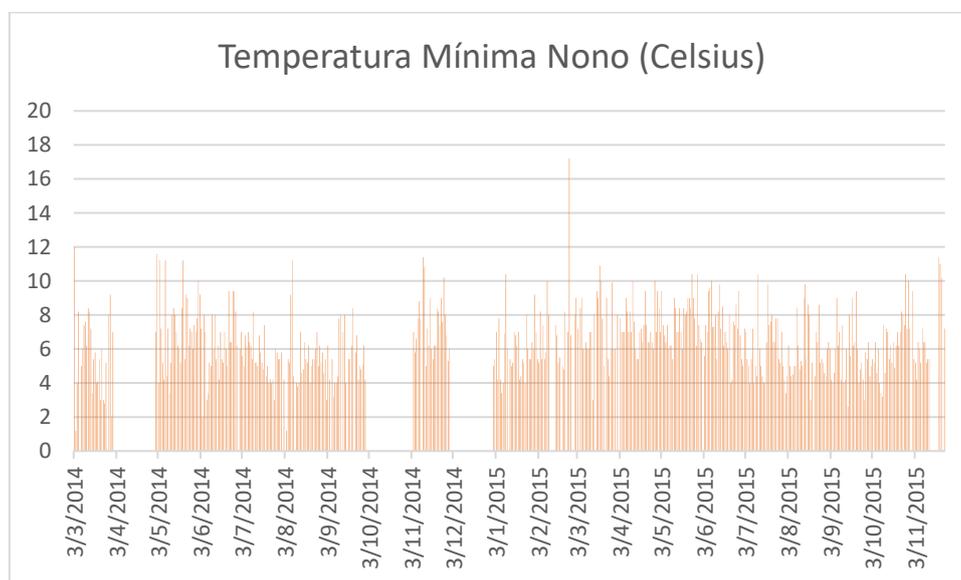


Figura 25. Temperatura Mínima parroquia de Nono

La figura 25 muestra la temperatura mínima de la parroquia de Nono en grados centígrados. Años (2014-2015). Se observa que la temperatura de Nono fluctúa entre 8 a 12 grados centígrados. En febrero de 2015 se muestra un valor atípico en la temperatura mínima que sobrepasa los 16 grados Celsius.

Tabla 13.

Temperatura mínima parroquia de Nono

Temperatura Mínima Nono (Celsius)																																		
Tiempo		Día																														Suma		
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		31	
2014	3			12	1,2	4	8,2		5	6	7,4	7,6	6,2	8,4	8,2	7,2	3,4	5,4	5,8	4	4,1	5,4	3	6	3	2,8	5,2		8	9,2	2	7	155,7	
2014	5	7	12	4	11	7,2	5,2	4,2	11	4,4	7,2	3,4	5,2	8	8,4	8	7	6,2	6	5,2	8,4	11	5,4	9,2	9	6,2	7,2	7	6	7,4	7	7,8	222,4	
2014	6	10	9,2	7,2	2	8	7	3	3,4	5,2	5	8	6	8	5,4	6,2	4,2	7	5,4	5,2	7	6	5	9,4	6,4	6,4	9,4	9,4	8,2	6,2			188,8	
2014	7	6	7	5,6	5	6,8	6,2	7	6,4	6,2	5,4	8,2	5,2	5,2	5	6,8	5,8	5,2	4,8	7,4	4,4	5	4	4,2	4	4,2	3	6	5,8	5,4	5,4	5,8	172,4	
2014	8		4,2		1,2	5,4	5,2	9,2	11	4,4		4	3,8	4	7	4,6	4,8	6,4	5,4	5,2	6,2	4	5	5,4	5,4	6	7	5	6,2	5,2	5,8	4,6	151,8	
2014	9	5,4	3	6,2	4,2		5,4	3,2	4	4	4,4	7,8	8		7	8	4		5,4	5,4	6,2	8,4		5,8	6,8	4,2	5	4,8	5,1	6,2	4,2	142,1		
2014	11				7	5,8	6,6	7,8	8,8	7,8		11	11	5	7,2	6,2	9	6	5,4	6,2	6,2	8,4	8,2	7,4	9	7,6	10	8	6,8	5,3	6		194,1	
2015	1	5	5,4	7	4,2	7,8	4,2	3,4	4	6,9	10	6		5,4	5	5,2	7	6,8	6,2	7	4,2	4,4	5,4	5,2	4	8	6	5,4	5,4	6,4	6	9,2	176,5	
2015	2	7	5,4	5,2	8,2	5,4	7,4	5,4	5,8	10	8					7,4	6,8	5,2	5,5		5	4,8	8,2		7	17	6,8					141,7		
2015	3	8	9	7,2		8,4	9	6	6	6,4	6	6	7	7	3	8				9,4	9	11	10	7,8	5		9	5,4	4,4	6	9,9	6	6	195,8
2015	4	8		7,8	7	7	7	9	8,2	7	8,2	7	10	7,6	6	5,4	5,4	7	7,2	6,4	7,4	9,4	7,4	6,4	6,4	7	6,4	6	10	7	9,4		214	
2015	5	8,4	7	9,4	7,4	6,8	6,4	7,4	6	6,2	6,2	5,4	9	8,4	7	7	8,4	7	6	8,4	8	8,2	9	9	8,4	10	9	7,8	6,2	10	7,4	6,6	238,2	
2015	6	6,4		5,6	7,4	7	9,4	9,6	10	7,3	7,3	8	5,4	8,2	9,8	7,2	8,5	6,2	7	6,4	6	8	4	4,2	7,6	7,4	8,6	7,2	9,4	6,8	5,4		211,3	
2015	7	5	7,2	7	5,4	5	4	5,4	7,2	4	5	4,4	10	6	5	4,4	4	4	6,4	9,8	7,4	7,6	8	6,4	6,4	7,8	7,8	5,4	5,2	7	5	4,2	187,8	
2015	8	3,4	4,4	6,2	5	4,4	4,5	5	5	8,4	6,2	4,8	5,3	5	9	9,8	5,4	8,6	8	3	5,2		4,4	7	6,4	8,6	5,2	5,4	5,2	4,6	4,4	6	173,8	
2015	9	6,4	6	4,2	4	4,6	6	9	6,2	7	4,2	7,4	4	4,2	6	2,6	8	5,6	9	6,2	6,4	9,4	6	4	4,8	5,2	4,2	3	5,8	5,4	6,4		171,2	
2015	10	4,4	5	5,4	5,2	6,4	4,6	6	4	3,4	3,2	7,4	4,6	7,2	7	5,4	6,2	5,2	6,4	4,9	6,2	7	6,2	7	8,2	8	7,4	10	7,2	10	7,2		186,7	
2015	11	9,4	5,4	5,2	4,2	6,4	6	5,2	7,2	6,4	6,4	5,2	5,4	5,4								11	11	10									117,6	

La tabla 13 muestra los valores de la temperatura mínima de la parroquia rural de Nono de los años 2014-2015. Los casilleros en blanco corresponden a datos no disponibles.



Figura 26. Temperatura Mínima visor esquemático de WEAP

La temperatura mínima de la parroquia de Nono comprende el período de medición 2014-2015, para la obtención de los valores faltantes el programa interpola los datos y crear un escenario en orden cíclico.

Temperatura máxima

Al igual que la temperatura mínima, la temperatura máxima corresponde al periodo de tiempo comprendido entre los años 2014-2015, la información fue tomada de la estación meteorológica de la Universidad de las Américas en la parroquia de Nono.

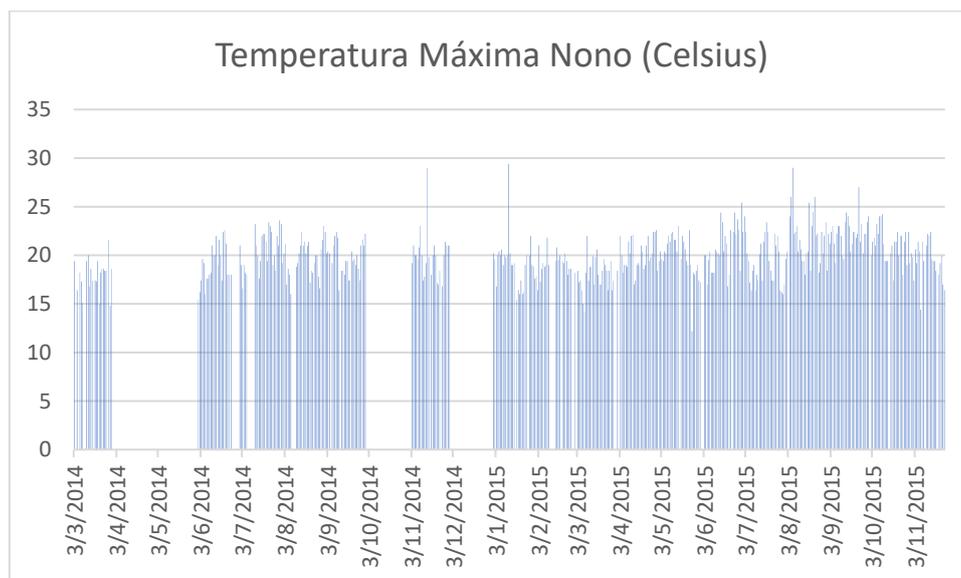


Figura 27. Temperatura máxima de la parroquia rural de Nono

La figura 27 muestra de manera esquemática los picos de temperatura máxima de Nono, comprendida entre los años 2014-2015. En noviembre del 2014 la temperatura máxima fue de 29 grados Celsius, por otra parte, en los meses de enero, agosto y septiembre del año 2015 la temperatura fluctúa entre 25,4 a 29 grado Celsius.

Tabla 14.

Temperatura máxima de la parroquia de Nono

Temperatura Máxima Nono (Celsius)																																		
Tiempo	Día																															Suma		
	Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		30	31
2014	3				19,4		16,4		18,2	17,3	15,1			19,4	20	16,8	18,6	17,4		17,4	17,3	19,4	15	18,2	18,6	18,6	18,4	18,4		21,6	14,8	18,6	31	394,9
2014	5																																	0
2014	6	15,4	16,2	17,4	19,6	19,2	16	17,6	17,6	18	18,2	21	20	20	22	19	21,6	20	17,4	22,4	22,6	21,2	18	18										456,4
2014	7	21	19	16,6	19	18,2	18						23,2	21	20	17,6	19,4	22	22,2	22,2	21,4	19,4	23,4	23	22,4	19	20	18,4	22	21	23,6	23,2	536,2	
2014	8	19,2	20,2	21,2	17	18,6	18	16					18,8	19,2	20,2	21	22,4	21	21,4	20,2	21	21,4	17,2	18,4	18,2	19,2	20	20	17,8	16,6	20,6	21,6	23	549,4
2014	9	22,4	20,2	20,4	20,2		19,2	21	22	22,4	21,8	16,4		18,4	18,4	18	19,4	19,4	17,4	17,4	20,4	19,4	19,6	19	20	18,6	17,4	21	21,6	21	22,2	23	554,6	
2014	11			19,2	21	20	20	19,6	20,8	23	20	17,4	17,8	19,2	29	19,8			18	20	21	20	17,2	17	18,4			16,8	20	21,4	21	21	519,6	
2015	1	20,2	19,6	16,8	20	20,4	20	20,6	19	20	19,8	20	29,4	20,2	19	19	19,2		15,4	16,4	16	17,4	16	16,2	19	20		20	22	19	18,8	17,6	557	
2015	2	17,8	16,4	21	17,3	18,6	19,2	18,8	19	21,8	19					19,4	20,8	19,5	20		19,4	19,2	20,2	19,4	18	18,6	18,6						402	
2015	3	18,2		18,4	17,2	17,4	16,4	15	14,2	18,2	22	17,4	18,8	18,8	19,9	17	19,8	20,6	18	17	17	18,4	19,6	19	18,4	16,4	18,4	19,4	16,4	17,4			504,7	
2015	4	18,4		22	20	18,2	19	19	18,8	21,4	20,2	22	22,1	17	17,4	19	19,2	18,9	21	20,4	18,6	19	21	22	19,4	19,8	20,2	22,4	22,4	22,6	18,4		579,8	
2015	5	19,4	20,4	19,6	19,4	20,4	20,2	21,2	22	21,4	22,2	22,4	21,6	21,6	20,4	23		19,6	22	21,4	20,6	19,4	19	22,6	19	12,2	18,2	18	18,4	19	17,4	17,2	599,2	
2015	6			20	20	17	19,5	20,4	18,2	18,2	18,2	20,6	20,4	20,2	20	24,4	23,4	20,4	22	21,2	16,8	18	22,6		22,4	24,4	22,2	23,7	22,6	18,4	25,4		560,6	
2015	7	22,4	24	22,4	20,2	19,4	17,2	16,4	18,4	19	16,4	18	17,4	20,1	21,2	17,4	21,4	22,4	23,4	22,4	19,4	18,4	17,4	17,4	22,2	21	22	20,4	16,4	16,2	16	17	603,3	
2015	8	19,6	20,4		24	26	29	22,2	22,4	23	20,4	21,6	20,6	19,4	19,4	18	20,2	20,4	25,4	18,4	23	24,5	26	22	22,2	18,2	19,2	22,4	20,2	22	23,4	18,4	651,9	
2015	9	22,2	21,2	22,4	23	21,2	19,2	22,2	23	23	22	20	19,6	23,4	24,4	24	23	20,4	21,2	22,4	22,4	21,8	22,2	27	21,4	23,2	20,2	22,2	22,2	23,4	24		667,8	
2015	10		20	21,4	21,8	21	23,2	22,2	24	24	24,2	21,2	19,4	19,4	19,4		20,2	21	17,4	21,4	22,4	20	22	22	18	21,4	22,4	19	22,4	19,2	20,2	611,6		
2015	11	19,8	17,4	20,6	19,2	21,4	20,4	14,4	21,4	19,4		21	22,2	22	22,4	19,6	19,4	19,4	18,4		18	19,2	20	17	16,4							429		

La tabla 14 muestra la serie de valores de temperatura máxima de los años 2014-2015, conjuntamente se anexa la sumatoria final de cada mes. Las casillas vacías corresponden a datos no disponibles.

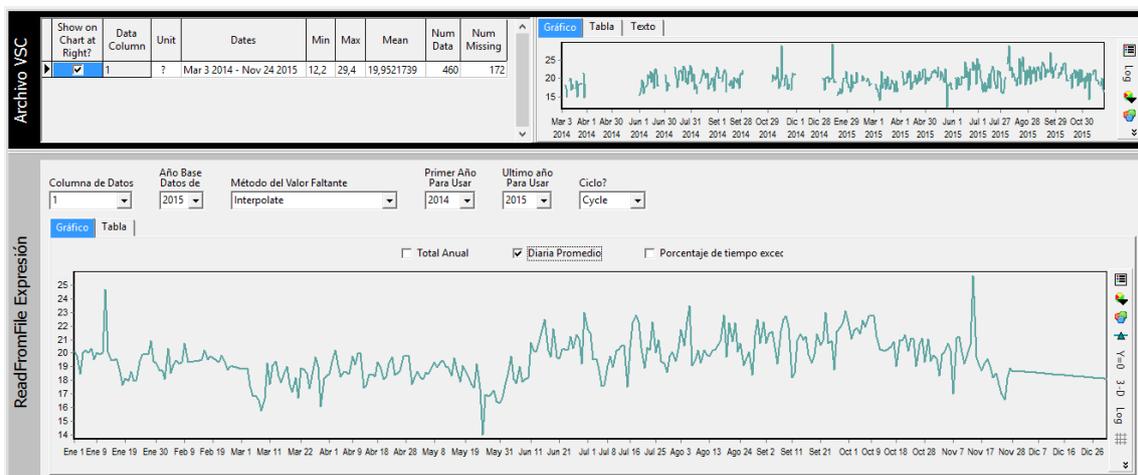


Figura 28. Temperatura Máxima de la parroquia de Nono en WEAP

La ventana de visualización de WEAP muestra la temperatura máxima promedio diaria, además interpola los valores faltantes del período 2014-2015 y considera un sistema cíclico dentro del modelo.

Horas de brillo de sol

Por la gran nubosidad que presenta la parroquia de Nono y la versatilidad de sus microclimas, las horas del sol varían dependiendo los diferentes meses del año. A continuación, se observa las horas de brillo de sol correspondientes al año 2014.

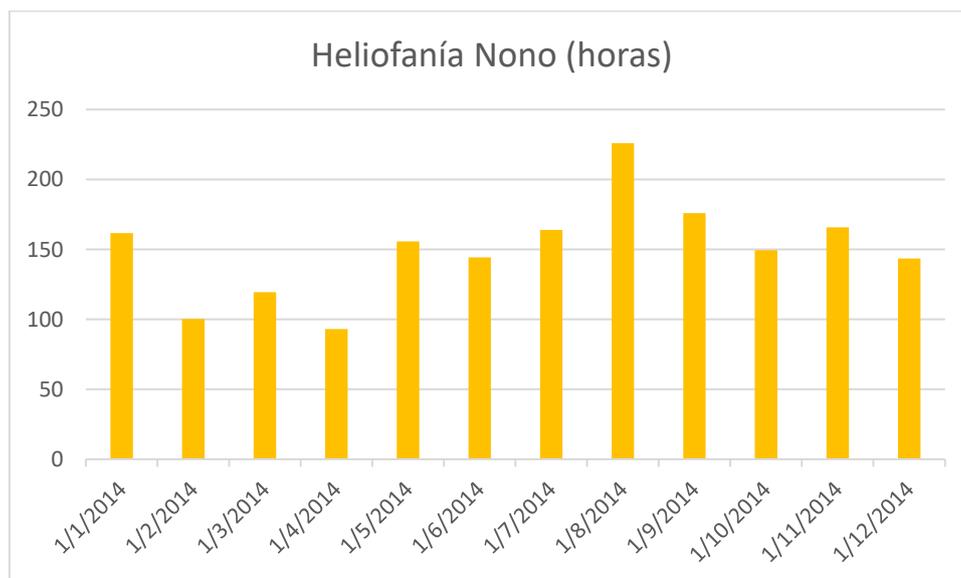


Figura 29. Heliofanía parroquia de Nono 2014

La figura 29 presenta un diagrama de barras con las horas del sol de cada mes del año 2014. El mes de agosto del 2014 presentó más de 200 horas de brillo de sol, en cambio en abril del mismo año las horas de brillo de sol descendieron a 93.

Tabla 15.

Heliofanía de Nono

Heliofanía de Nono (h)		
Año	Mes	Horas de Sol
2014	1	162
	2	100
	3	119
	4	93
	5	156
	6	144
	7	164
	8	226
	9	176
	10	149
	11	166
	12	144

La tabla 15 muestra los valores de horas de brillo de sol del año 2014 en la parroquia rural de Nono. Los valores fluctúan entre 93 a 226 horas de brillo de sol en los meses de abril y agosto respectivamente.

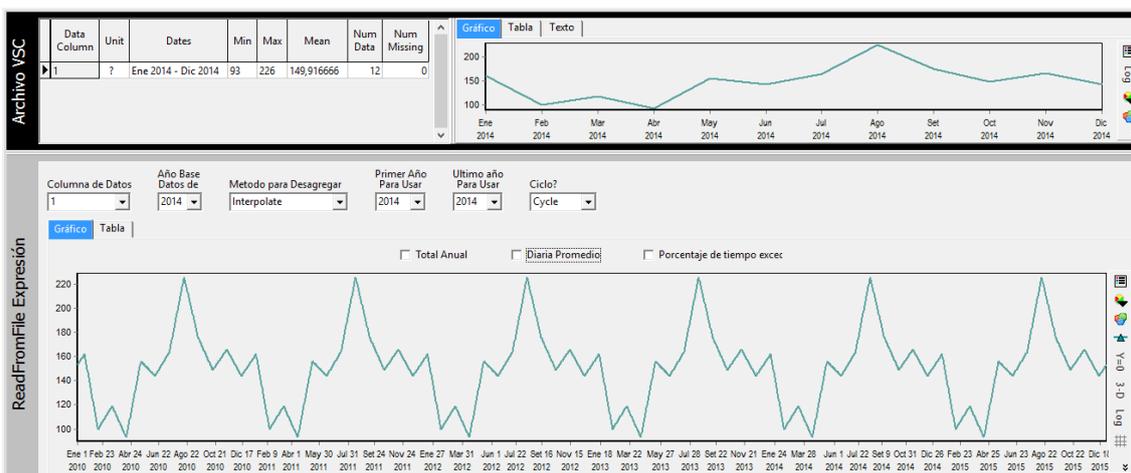


Figura 30. Heliofanía de Nono en el programa WEAP

Los valores de heliofanía corresponden al año 2014 por lo que WEAP utiliza el método de interpolación para los valores faltantes de los años anteriores, además considera un sistema cíclico dentro del modelo.

Nubosidad

Las nubes tienen una unidad de medida llamada octas en la cual se puede calcular el promedio de nubes al día de un lugar determinado y crear códigos de programación binarios, o con rangos de 0 a 1, como es el caso del programa WEAP, donde 0= completamente nublado y 1= sin nubes, por lo que se consideró un factor de 0,5= parcialmente nublado, tomando en cuentas los criterios y mediciones de nubosidad por parte del INAMHI. A continuación, se observa la nubosidad de la parroquia de Nono.

Tabla 16.

Nubosidad parroquia de Nono años 2014-2015

Nubosidad Mensual Nono (Octas)		
Año	Mes	Suma
2014	3	197
	5	220
	6	171
	7	151
	8	143
	9	150
	11	138
2015	1	122
	2	97
	3	162
	4	165
	5	156
	6	114
	7	150
	8	166
	9	145
	10	151
	11	141

La tabla 16 muestra la sumatoria de valores mensuales de nubosidad de la parroquia rural de Nono, expresados en octas. En el año 2014 el mayor valor de nubosidad corresponde al mes de mayo con 220 octas, por otra parte, el año 2015 presenta en el mes de agosto su mayor valor de nubosidad con 166 octas.

3.2. Uso y ocupación del suelo

Precipitación efectiva

Se considera precipitación efectiva al porcentaje de lluvia disponible para los procesos de evapotranspiración, es decir la evaporación de agua de la superficie en conjunto con la cantidad de transpiración de las plantas expresadas en milímetros (Sistema de Información Agroclimática para el Regado, 2017).

Se calcula utilizando la siguiente fórmula, otorgada por la FAO:

Precipitación Fiable

Ecuación 1

$$Pe = 0.6 Pt - 10 \text{ para } Pt < 70 \text{ mm}$$

$$Pe = 0.8 Pt - 24 \text{ para } Pt > 70 \text{ mm}$$

Donde;

Pe= precipitación efectiva

Pt= precipitación total

Considerando la media ponderada de precipitaciones mensuales de los años 2010-2015, se tiene un valor de precipitaciones de 88,3 mm, insertando este valor en la formula, se obtendrá lo siguiente:

$$Pe = 0,8 (88,3) - 24 = 46,64 \text{ mm}$$

Es decir, se utilizó el valor de 46,64 en el modelo como valor de referencia general en el dato de precipitación efectiva.

Máxima tasa de infiltración

Para la obtención de la máxima tasa de infiltración se debe considerar la clase de suelo que posee la parroquia rural de Nono, según el mapa de suelos de GAD de Nono, la parroquia presenta un suelo mixto variable y equitativo, es decir un fraccionamiento variable de los tipos de suelo, por lo que se realizó una media ponderada de cálculo entre los valores promedio de infiltración de cada tipo de suelo.

Tabla 17.

Valores promedio de infiltración

Tipo de suelo	Capacidad de Infiltración (mm/h)
Arena	50
Limo arenoso	25
Limo arcilloso	12

Tomado de Universidad de Piura, 2017, p. 29

La capacidad media de infiltración es de 29 mm/h, es decir, 696 mm/día.

Máxima tasa de percolación

En este campo WEAP define a esta variable como la cantidad de agua que llega a las capas más profundas del suelo, es decir, a las aguas superficiales, está variables se encuentra directamente relacionada con la permeabilidad.

Tabla 18.

Permeabilidad media para diferentes texturas de suelo

Tipo de Suelo	Permeabilidad (cm/h)
Arenosos	5
Franco arenosos	2,5
Franco	1,3
Franco arcillosos	0,8
Arcilloso limosos	0,25
Arcilloso	0,05

Tomado de FAO, 2017

La media de permeabilidad del suelo es de 1,65 cm/h, es decir 396 mm/día, valor que se tomó como referencia para la máxima tasa de percolación.

Espesor total del suelo

El programa WEAP considera el espesor total de la capa del suelo a la profundidad de las raíces de los cultivos y al espesor total de la capa superficial, por defecto el modelo mantiene el valor predeterminado de 2 metros.

Espesor de la capa superficial

El programa refiere este apartado al espesor de la capa superficial que está sujeta al secado por evaporación, por defecto considera el valor de 0,1 metros, es decir 10 cm de la capa superficial.

Fracción de cobertura

La fracción de cobertura se refiere a la fracción del suelo cubierta por vegetación, se maneja en un rango de 0 a 1, siendo 0 son cobertura vegetal y 1 con cobertura vegetal, es así que para propósitos del modelamiento se ha tomado el valor del

uno a las áreas que comprender cultivos, bosque y pasto y 0,1 a las zonas sin uso agropecuario.

3.2.1. Taxonomía y Textura

La diversidad de suelos en la parroquia de Nono se observa a continuación:

Tabla 19.

Clases de tierra por capacidad de uso parroquia de Nono

CLASES DE TIERRAS POR CAPACIDAD DE USO		DESCRIPCIÓN
AGRICULTURA Y OTROS USOS ARABLES	Sin limitaciones a ligeras	CLASE II Estos suelos poseen ligeras limitaciones para el uso agrícola, pecuario y forestal de manera intensiva, se localizan en pendientes de 2 a 5 %, son suelos moderadamente profundos a profundos, de texturas franca, franco arcillosa, franco arenosa hasta franco limosa; buen drenaje natural, algunos con poca pedregosidad, que no limita o imposibilita las labores de maquinaria agrícola, pero que requieren prácticas de manejo más cuidadosas que los suelos de la Clase I. Se presentan en regímenes de temperatura del suelo isohipertérmico e isotérmico y en régimen de humedad údico y ústico.
	Con limitaciones ligeras a moderadas	CLASE III Suelos que poseen ligeras limitaciones de suelo y clima, se ubican en pendientes de hasta el 12 %, son suelos poco profundos, moderadamente profundos e inclusive profundos, de texturas arcillosa, franco arcillosa, franca, franco arcillo-arenosa, franco limosa, franco arenosa, franco francosa, con drenaje bueno a moderado, algunos con muy poca a poca pedregosidad que no limitan o imposibilitan las labores de maquinaria. Son tierras ubicadas en regímenes de temperatura del suelo isohipertérmico e isotérmico y en régimen de humedad údico y ústico. Puede incluirse además aquellas unidades con pendientes menores a 5 %, pero que presentan otras limitaciones.
		CLASE IV Suelos que se ubican en pendientes hasta el 25 %, poco profundos a profundos, con muy poca a poca pedregosidad, de texturas franca, franco arenosa, franco arcillo arenosa, arcillosa, con drenaje bueno a moderado. Esta clase de tierras requiere un tratamiento especial en cuanto a las labores de maquinaria agrícola, pues permiten un laboreo "ocasional". Se presentan en regímenes de temperatura del suelo isohipertérmico e isotérmico y en régimen de humedad údico y ústico.
POCO RIESGO DE EROSIÓN	Con limitaciones fuertes a muy fuertes	CLASE V Suelos que se localizan en pendientes menores al 12 %, generalmente, con profundidad efectiva superficial, poco profundos e inclusive moderadamente profundos, de texturas variables, con problemas de drenaje sea este excesivo o mal drenado, la mayoría presentan frecuente pedregosidad que dificulta su mecanización. Estas tierras requieren de un tratamiento "muy especial", ya que presentan limitaciones difíciles de eliminar en la práctica. Esta clase agrológica se presenta en el régimen de temperatura del suelo isohipertérmico e isotérmico y en regímenes de humedad ácuico, údico y ústico..
APROVECHAMIENTO FORESTAL O CON FINES DE CONSERVACIÓN	Con limitaciones muy fuertes	CLASE VI Tierras que se ubican en pendientes hasta el 40 %, son suelos moderadamente profundos a profundos, de texturas franca, franco arenosa, franco arcillo arenosa, franco arcillosa, drenaje natural de bueno a mal drenado, con muy poca a poca pedregosidad. Las labores de maquinaria son "muy restringidas", por lo cual son tierras aptas para aprovechamiento forestal, ocasionalmente pueden incluir cultivos permanentes y pastos. Se presentan en regímenes de temperatura del suelo isohipertérmico, isotérmico e isoméxico y en régimen de humedad údico y ústico.
		CLASE VII Tierras que se localizan en pendientes hasta el 70 %, poco profundos e inclusive profundos, de texturas variables, drenaje natural de bueno a excesivo, algunos con problemas de toxicidad por carbonatos y pedregosidad que va de muy poca, poca hasta frecuente. Estas tierras tienen limitaciones muy fuertes para el laboreo debido a la pendiente. Esta clase agrológica muestra condiciones para uso forestal con fines de conservación, se presentan en los regímenes de temperatura del suelo isohipertérmico, isotérmico e isoméxico y en régimen de humedad údico y ústico.
		CLASE VIII Tierras que presentan diferentes características tanto físicas, químicas, climáticas y de relieve, las cuales, solas o combinadas, constituyen muy fuertes limitantes para la producción sea esta agrícola o pecuaria, ya que de manera natural presentan condiciones extremas con pendientes de hasta el 150 %, en regímenes de temperatura que va desde el isofrígido al isohipertérmico, por lo que la única alternativa de manejo para las mismas es la conservación y evitar la erosión de estos suelos.

Tomado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Nono (SNI), 2012

Según el plan de ordenamiento territorial la parroquia rural de Nono presenta texturas de suelo muy variables de acuerdo a su zonificación, la tabla 19 muestra los distintos tipos de suelo según su actividad. Los suelos areno arcillosos son los suelos predominantes en las zonas boscosas, el franco arcillo limosos en las

zonas cultivables y los suelos pedregosos en las zonas sin mayor uso agropecuario.

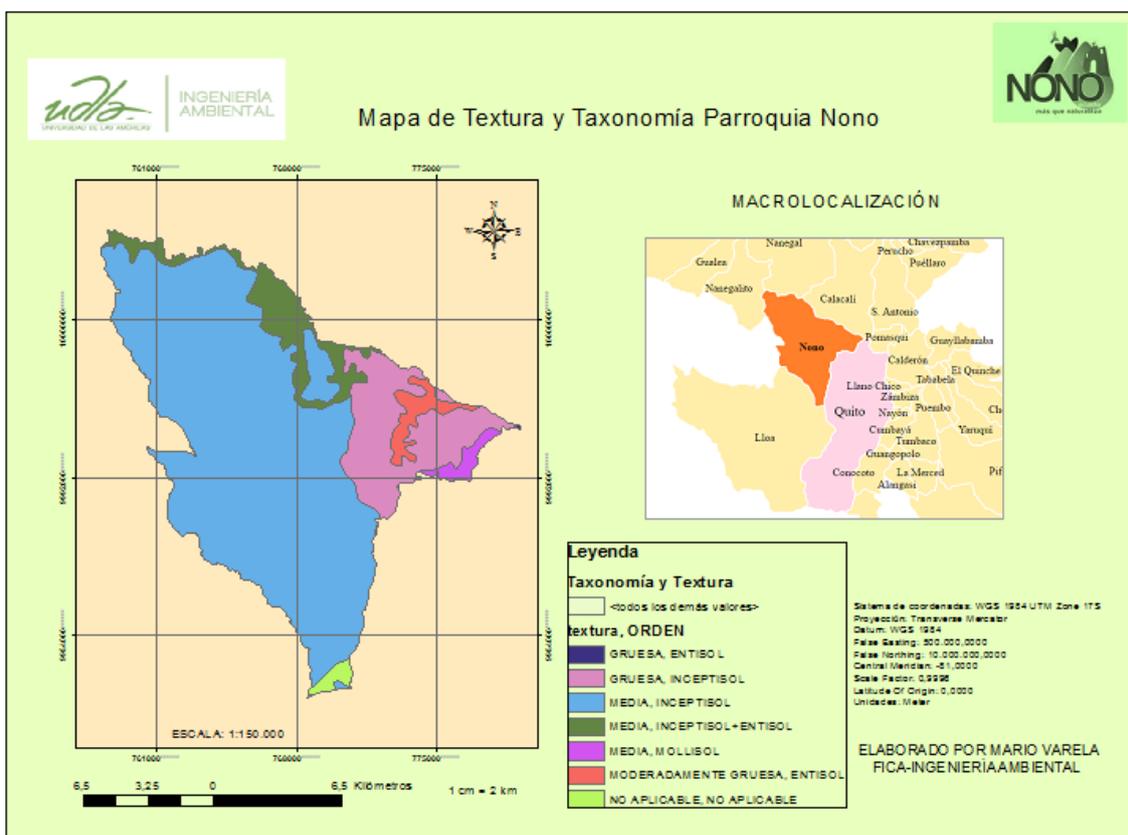


Figura 31. Textura y taxonomía parroquia de Nono

La figura 31 indica de manera sectorizada la textura y la taxonomía de suelos de la parroquia rural de Nono. El mapa de textura y taxonomía muestra suelos en su mayoría de textura media y de orden inceptisol. La escala del mapa es de 1:150.000 y la macrolocalización de la parroquia de Nono permite conocer sus límites parroquiales dentro de la provincia de Pichincha.

3.2.2. Cobertura

Los diferentes tipos de cobertura de la parroquia rural de Nono se evidencian a continuación.

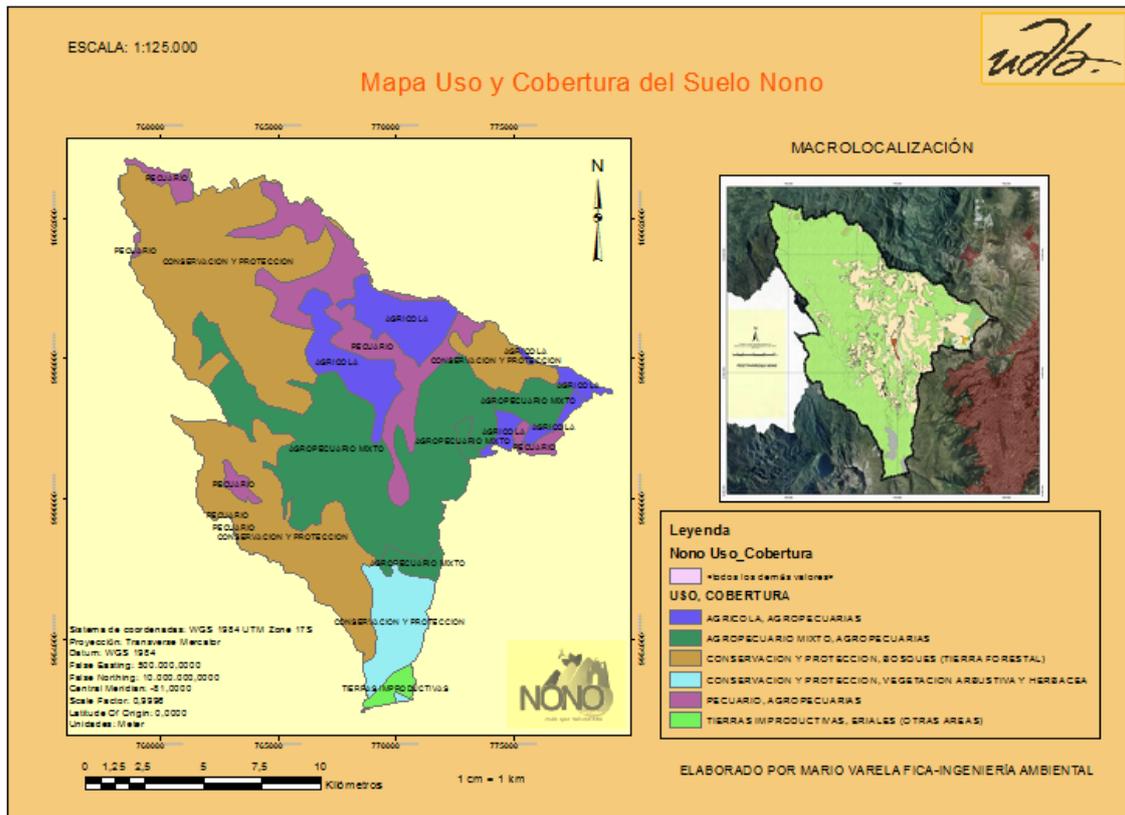


Figura 32. Uso y cobertura del suelo parroquia rural de Nono

Los distintos usos del suelo van desde un suelo agrícola, de conservación y protección, pecuario y de tierras improductivas, con sus respectivas coberturas, ya sean de bosque, pastos o vegetación arbustiva, tal como muestra en la figura 32. El mapa presenta un sistema de coordenadas GWS84 y su escala gráfica es de 1:125.000.

3.2.3. Nono Agrícola

La parroquia rural de Nono posee un sin número de cultivos de en los distintos ciclos productivos del año, los principales cultivos de Nono son:

- Maíz -Papas -Zapallo -Frejol -Cebollas -Coliflor
- Habas -Fréjol -Zambo -Tomate de árbol -Lechuga

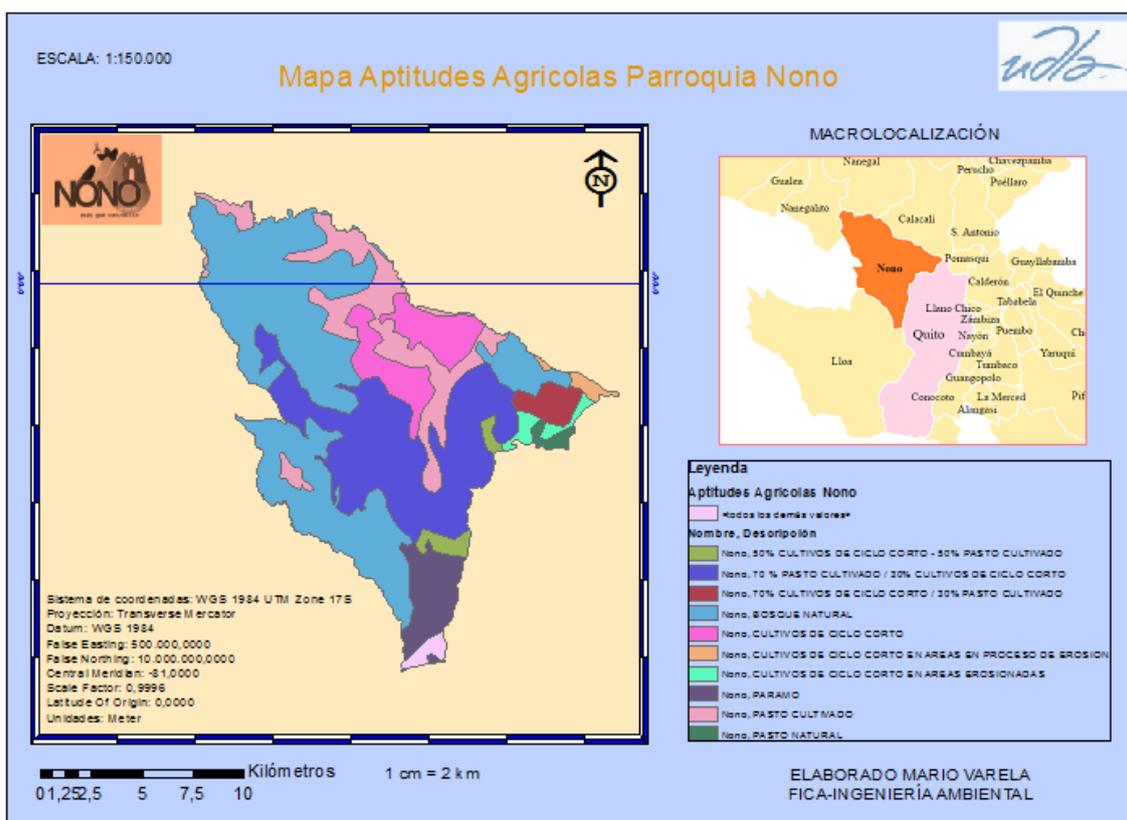


Figura 33. Aptitudes agrícolas parroquia Nono

Las aptitudes agrícolas de la parroquia de Nono muestran las diferentes áreas de suelo y los tipos de cultivos que pueden ser sembrados en dichos lugares de acuerdo al ciclo de siembra, para el modelo de WEAP se han seleccionado los cultivos de maíz, lechuga y papa, siendo estos los más representativos del sector.

3.3. Vestigios de aguas subterráneas

El estudio de aguas subterráneas es escaso en la parroquia de San Miguel de Nono, la cantidad de acuíferos existentes y la ubicación de los mismos representa un campo de estudio aún por explotar, de esta manera se procedió a realizar cálculos tentativos de los posibles acuíferos ubicados en las 5 microcuencas de la parroquia de Nono y la capacidad promedio de almacenamiento que estos tendrían.

La fórmula para dicho cálculo se expresa de la siguiente manera:

Vestigios de Aguas Subterráneas

Ecuación 2

$(A) \times (Po) \times (Pa) = \text{Valor resultante}$

Donde;

A= área de la microcuenca

Po= porosidad del suelo

Pa= profundidad del acuífero

La fórmula parte del principio de cálculo de volúmenes de agua subterránea de Darcy, acoplado la fórmula general en función de la información poseída (Universidad de Salamanca, 2014, pp. 1-13).

Tabla 20.

Área de las microcuencas de Nono

Microcuenca	Área (ha)
Pichán	9632
Alambi	7154
Cinto	120
San Antonio	933
Mindo	2707
Pichán 2	500
Alambi 2	350

La tabla 20 muestra las distintas áreas que presenta cada unidad hidrológica producto del modelamiento.

Existen distintos rangos de porosidad de los suelos según su composición, entre los más comunes se tiene:

- Suelos ligeros: 30 – 45 %
- Suelos medios: 45 – 55 %
- Suelos pesados: 50 – 65 %
- Suelos turbosos: 75 – 90 %

La porosidad de referencia del suelo utilizada fue de 0,5, esto considerando una porosidad de suelos medios que va del 45 al 55% (Grisales, 2014).

Se tomó una profunda referencial de 10 metros para el calculod de la cacidad de almacenamiento de los acuíferos.

Tabla 21.

Capacidad de almacenamiento total de los acuíferos presentes por unidad hidrológica

Capacidad de Almacenamiento.			
Agua Subterránea	2010	Escala	Unidad
ASCRM	135	Millón	m ³
ASCRSA	45	Millón	m ³
ASCRA	350	Millón	m ³
ASCRC	5	Millón	m ³
ASCRP2	25	Millón	m ³
ASCRA2	17	Millón	m ³
ASCRP	481	Millón	m ³

La tabla 21 muestra la capacidad de almacenamiento de los acuíferos en las distintas microcuencas de la parroquia de Nono expresados en millones de metros cúbicos.

Es pertinente mencionar que el programa WEAP solicita información referente a la capacidad de almacenamiento inicial del acuífero y un estimado de la máxima extracción mensual que dicho cuerpo de agua subterránea puede tener según los índices de demanda. Por motivos estrictamente relacionados al modelamiento de datos, se tomó como valor de capacidad inicial de almacenamiento al valor medio de la capacidad total de almacenamiento, por otra parte, el valor máximo de extracción correspondió al 5% de la capacidad de almacenamiento inicial del acuífero.

3.4. Sitios de demanda

La matriz de análisis demográfico muestra la densidad poblacional y su proyección al futuro.

Tabla 22.

Demografía Nono

Descripción	2010	2015	2020
PICHINCHA	2.667.953	2.947.627	3.228.233
DMQ	2.239.191	2.551.721	2.781.641
NONO	1732	1974	2152

Tomado de INEC, 2010

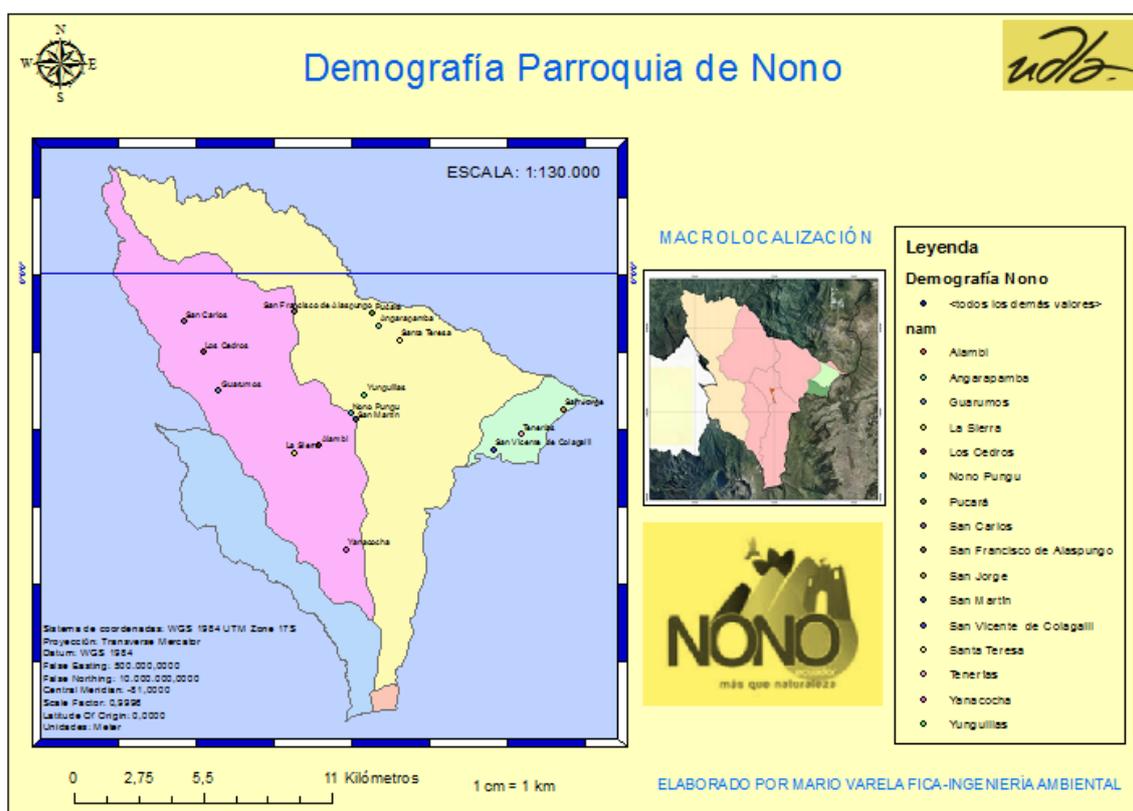


Figura 34. Demográfica de la parroquia de Nono

La figura 34 muestra la distribución demográfica de la parroquia rural de Nono en 16 puntos de interés habitacional, otorgando nombres a cada barrio de la parroquia y delimitando su sectorización en cada microcuenca hidrográfica.

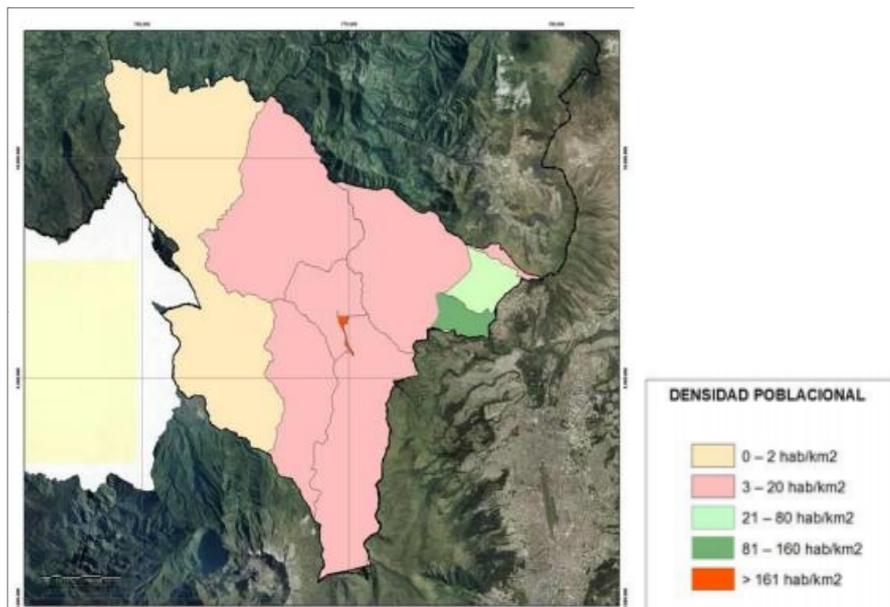


Figura 35. Macrolocalización de la parroquia y densidad poblacional

Por otra parte, la macrolocalización del mapa muestra el índice de distribución de los pobladores por kilómetro cuadrado. Se observa que la cabecera cantonal de la parroquia rural de Nono posee el mayor número de habitantes, con más de 161 habitantes por kilómetro cuadrado.

Tabla 23.

Distribución de la población de la parroquia de Nono en los sitios de demanda (Número de personas por sitios de demanda).

Nivel de Actividad Anual			
Sitios de demanda y Cuenca	2010	Escala	Unidad
SDRA1	50		per cá...
SDRA2	59		per cá...
SDRA3	55		per cá...
SDRA6	111		per cá...
SDRP1	216		per cá...
SDRSA3	147		per cá...
SDRSA2	175		per cá...
SDRA7	95		per cá...
SDRA4	109		per cá...
SDRA5	120		per cá...
SDRP2	208		per cá...
SDRP3	135		per cá...
SDRP6	115		per cá...
SDRP5	105		per cá...
SDRP4	122		per cá...
SDRSA1	152		per cá...

La tabla 23 muestra los 16 poblados de la parroquia de Nono, como potenciales puntos de demanda.

La tasa anual de uso del agua se calcula tomando como dato de referencia el consumo diario promedio de un ciudadano de Quito, el cual es de 220 litros por día, por lo cual la tasa de consumo anual se traduce a 80,35 m³/s (EPMAPS, 2015).

Se considera un 5% de caudal afluyente consumido por pérdidas del sistema, esto se produce durante las distintas etapas del proceso de conducción y suministro, en los distintos nodos de demanda, ya sea por factores naturales de evaporación o por procesos de tratamiento de aguas (WEAP, 2017).

3.5. Modelamiento de datos

Luego de insertar todas las variables expuestas en el programa WEAP, se procede a correr el modelo, con el fin de obtener los resultados de los diferentes puntos de análisis y generar los escenarios propuestos según la configuración de la periodicidad real o prospectiva del estudio.

4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. Análisis de escenarios

Con la finalidad de analizar los resultados obtenidos en función de las variables insertadas, se debe conocer en primera instancia el esquema gráfico de modelamiento de WEAP, el mismo que incluye las capas generadas, la delimitación geográfica de la parroquia, las unidades hidrológicas, los sitios de demanda y los posibles puntos de aguas subterráneas, además de los ríos presentes en cada microcuenca hidrográfica.

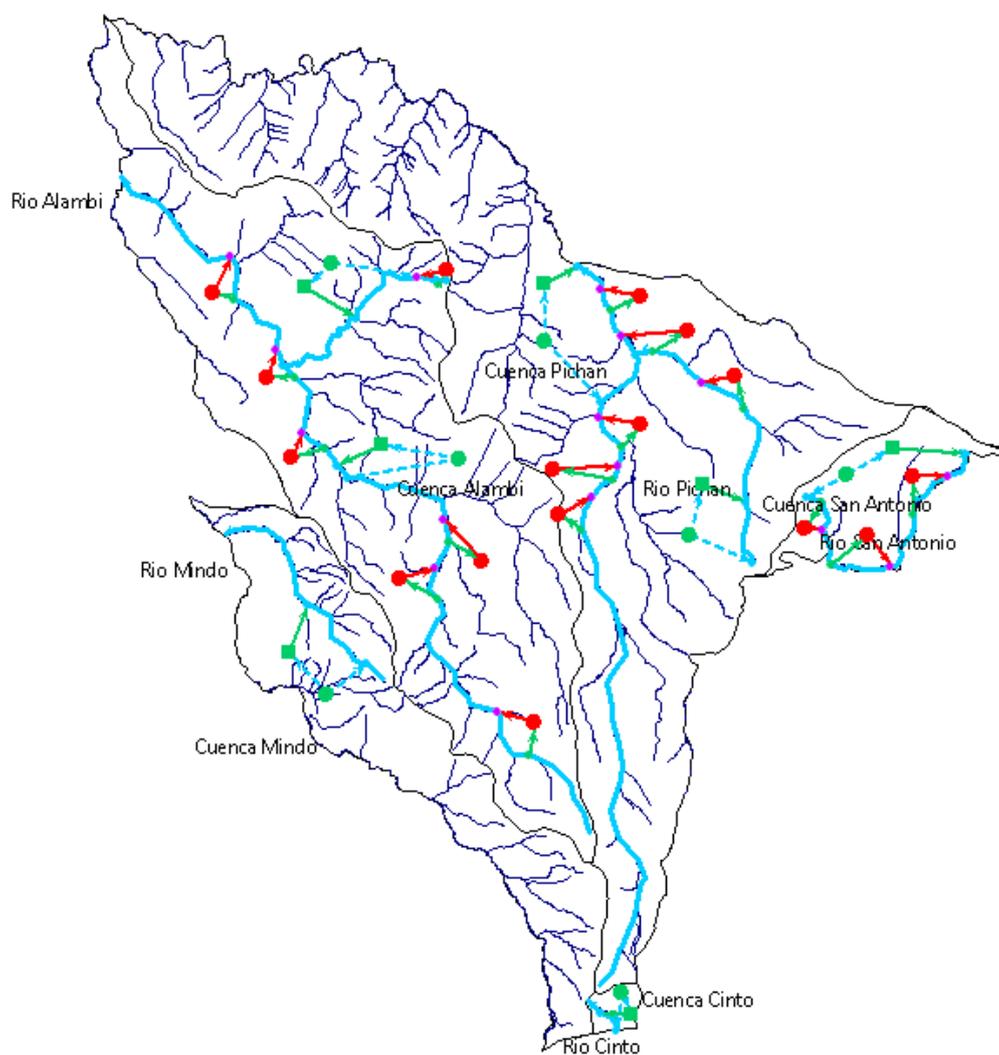


Figura 36. Modelo hidrológico de la parroquia rural de Nono

La figura 36 muestra de manera expresa el modelo hidrológico de la parroquia de Nono con la respectiva simbología mostrada a continuación en la figura 37.

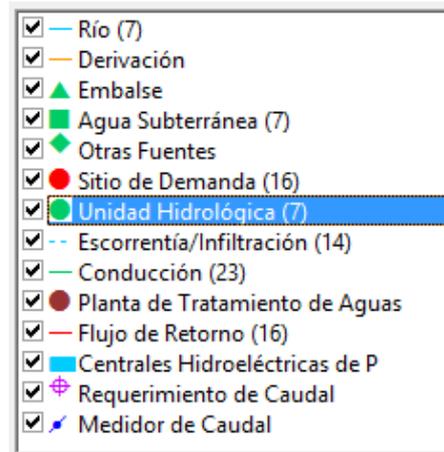


Figura 37. Simbología de modelamiento

4.1.1. Crecimiento del caudal

La variable que más afecta al crecimiento del caudal en los 5 ríos principales de la parroquia rural de Nono es la precipitación, manteniendo una proporcionalidad directa en el aumento del caudal superficial del río principalmente en los meses de invierno, ocasionando en ciertos casos el desbordamiento de los ríos y producto de ello, inundaciones en ciertos sectores colindantes a las unidades hídricas.

Río Alambi

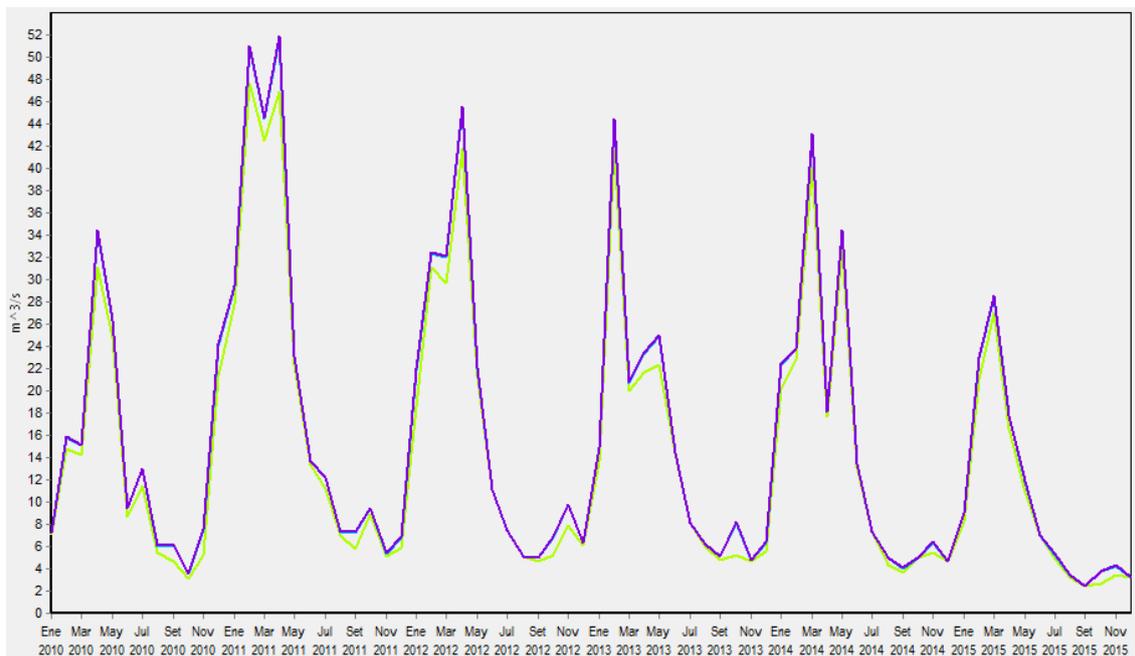


Figura 38. Caudales del río Alambi, período 2010-2015

La figura muestra los años de mayor incremento del caudal, evidenciándose los picos más altos de crecimiento en el invierno del año 2011, con un caudal aproximado de 53 m³/s en el pico más alto.

Año 2010

Tabla 24.

Caudales del río Alambi año 2010

Tramo	Caudal Río Alambi 2010 (m ³ /s)												Suma
	Mensual Promedio												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2 \ Tramo	7,08	14,82	14,22	31,07	24,77	8,62	11,47	5,43	4,70	3,16	5,27	21,27	151,88
4 \ Tramo	7,08	14,82	14,22	31,07	24,77	8,62	11,47	5,43	4,70	3,16	5,27	21,27	151,88
6 \ Tramo	7,08	14,82	14,22	31,07	24,77	8,62	11,47	5,43	4,70	3,16	5,27	21,27	151,88
8 \ Tramo	7,08	14,82	14,22	31,07	24,77	8,62	11,47	5,43	4,70	3,16	5,27	21,27	151,88
10 \ Tramo	7,08	14,82	14,22	31,07	24,77	8,62	11,47	5,43	4,70	3,16	5,27	21,27	151,88
12 \ Tramo	7,08	14,82	14,22	31,07	24,77	8,62	11,47	5,43	4,70	3,16	5,27	21,27	151,88
14 \ Tramo	7,24	15,82	15,05	34,28	26,28	9,45	12,94	6,04	6,09	3,56	7,45	24,02	168,22
16 \ Tramo	7,24	15,82	15,05	34,28	26,28	9,45	12,94	6,04	6,09	3,56	7,45	24,02	168,22
18 \ Tramo	7,24	15,82	15,05	34,28	26,28	9,45	12,94	6,04	6,09	3,56	7,45	24,02	168,22
20 \ Tramo	7,24	15,82	15,05	34,28	26,28	9,45	12,94	6,04	6,09	3,56	7,45	24,02	168,22
22 \ Tramo	7,24	15,82	15,05	34,28	26,28	9,45	12,94	6,04	6,09	3,56	7,45	24,02	168,22
24 \ Tramo	7,25	15,87	15,09	34,43	26,35	9,49	13,01	6,07	6,16	3,58	7,56	24,15	169,02
26 \ Tramo	7,25	15,87	15,09	34,43	26,35	9,49	13,01	6,07	6,16	3,58	7,56	24,15	169,02
28 \ Tramo	7,25	15,87	15,09	34,43	26,35	9,49	13,01	6,07	6,16	3,58	7,56	24,15	169,02
30 \ Tramo	7,25	15,87	15,09	34,43	26,35	9,49	13,01	6,07	6,16	3,58	7,56	24,15	169,02

La tabla de caudales del río Alambi del año 2010, muestra claramente que el mayor incremento del caudal se dio en los meses de abril, mayo y diciembre, con caudales que van desde 24,15 m³/s en el mes de diciembre, 26, 35 m³/s en el mes de mayo y 34,43 m³/s en mes de abril. Estos datos presentan suma coherencia entre sí, ya que, si se comparan con los niveles de pluviosidad de los meses mencionados, se observa que son directamente proporcionales a cantidad de lluvia en la parroquia rural de Nono. Los meses de febrero y julio presentan caudales regulares que van desde 15,87 m³/s a 13,01 m³/s respectivamente, en cambio los meses de enero, agosto septiembre, octubre y noviembre presentan caudales por debajo 7,25 m³/s.

Año 2011

Tabla 25.

Caudales del río Alambi año 2011

Caudal Río Alambi 2011 (m ³ /s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2 \ Tramo	27,75	47,64	42,47	46,85	22,35	13,31	11,18	7,04	5,72	8,87	5,15	5,91	244,24
4 \ Tramo	27,75	47,64	42,47	46,85	22,35	13,31	11,18	7,04	5,72	8,87	5,15	5,91	244,24
6 \ Tramo	27,75	47,64	42,47	46,85	22,35	13,31	11,18	7,04	5,72	8,87	5,15	5,91	244,24
8 \ Tramo	27,75	47,64	42,47	46,85	22,35	13,31	11,18	7,04	5,72	8,87	5,15	5,91	244,24
10 \ Tramo	27,75	47,64	42,47	46,85	22,35	13,31	11,18	7,04	5,72	8,87	5,15	5,91	244,24
12 \ Tramo	27,75	47,64	42,47	46,85	22,35	13,31	11,18	7,04	5,72	8,87	5,15	5,91	244,24
14 \ Tramo	29,32	50,80	44,40	51,65	23,05	13,67	12,21	7,35	7,21	9,46	5,38	6,82	261,32
16 \ Tramo	29,32	50,80	44,40	51,65	23,05	13,67	12,21	7,35	7,21	9,46	5,38	6,82	261,32
18 \ Tramo	29,32	50,80	44,40	51,65	23,05	13,67	12,21	7,35	7,21	9,46	5,38	6,82	261,32
20 \ Tramo	29,32	50,80	44,40	51,65	23,05	13,67	12,21	7,35	7,21	9,46	5,38	6,82	261,32
22 \ Tramo	29,32	50,80	44,40	51,65	23,05	13,67	12,21	7,35	7,21	9,46	5,38	6,82	261,32
24 \ Tramo	29,39	50,95	44,50	51,89	23,09	13,69	12,27	7,37	7,28	9,48	5,39	6,87	262,16
26 \ Tramo	29,39	50,95	44,50	51,89	23,09	13,69	12,27	7,37	7,28	9,48	5,39	6,87	262,16
28 \ Tramo	29,39	50,95	44,50	51,89	23,09	13,69	12,27	7,37	7,28	9,48	5,39	6,87	262,16
30 \ Tramo	29,39	50,95	44,50	51,89	23,09	13,69	12,27	7,37	7,28	9,48	5,39	6,87	262,16

El año 2011 presenta un mayor crecimiento de los caudales en los meses de invierno de febrero a abril con caudales que van desde 50,95 m³/s a, 44,50 m³/s y 51,89 m³/s respectivamente. Los meses de enero, junio y julio presentan caudales de 29,39 m³/s, 13, 69 m³/s y 12,27 m³/s en ese orden, en cambio los meses restantes del año presentan caudales por debajo de 9,48 m³/s.

Año 2012

Tabla 26.

Caudales del río Alambi año 2012

Caudal Río Alambi 2012 (m ³ /s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2 \ Tramo	18,51	31,12	29,69	41,75	21,36	11,12	7,42	5,15	4,65	5,19	7,87	6,12	189,95
4 \ Tramo	18,51	31,12	29,69	41,75	21,36	11,12	7,42	5,15	4,65	5,19	7,87	6,12	189,95
6 \ Tramo	18,51	31,12	29,69	41,75	21,36	11,12	7,42	5,15	4,65	5,19	7,87	6,12	189,95
8 \ Tramo	18,51	31,12	29,69	41,75	21,36	11,12	7,42	5,15	4,65	5,19	7,87	6,12	189,95
10 \ Tramo	18,51	31,12	29,69	41,75	21,36	11,12	7,42	5,15	4,65	5,19	7,87	6,12	189,95
12 \ Tramo	18,51	31,12	29,69	41,75	21,36	11,12	7,42	5,15	4,65	5,19	7,87	6,12	189,95
14 \ Tramo	21,81	32,34	31,98	45,38	22,01	11,12	7,42	5,15	4,94	6,77	9,73	6,34	204,99
16 \ Tramo	21,81	32,34	31,98	45,38	22,01	11,12	7,42	5,15	4,94	6,77	9,73	6,34	204,99
18 \ Tramo	21,81	32,34	31,98	45,38	22,01	11,12	7,42	5,15	4,94	6,77	9,73	6,34	204,99
20 \ Tramo	21,81	32,34	31,98	45,38	22,01	11,12	7,42	5,15	4,94	6,77	9,73	6,34	204,99
22 \ Tramo	21,81	32,34	31,98	45,38	22,01	11,12	7,42	5,15	4,94	6,77	9,73	6,34	204,99
24 \ Tramo	21,97	32,40	32,09	45,55	22,04	11,12	7,42	5,15	4,96	6,85	9,82	6,35	205,72
26 \ Tramo	21,97	32,40	32,09	45,55	22,04	11,12	7,42	5,15	4,96	6,85	9,82	6,35	205,73
28 \ Tramo	21,97	32,40	32,09	45,55	22,04	11,12	7,42	5,15	4,96	6,85	9,82	6,35	205,72
30 \ Tramo	21,97	32,40	32,09	45,55	22,04	11,12	7,42	5,15	4,96	6,85	9,82	6,35	205,73

El año 2012 concentra los caudales máximos en los meses de febrero, marzo y abril en los distintos tramos del río Alambi, con caudales que van desde 32,40 m³/s, 32,09 m³/s y 45,55 m³/s respectivamente. Los meses de enero y junio presentan caudales regulares de 21,97 m³/s y 11,12 m³/s en ese orden, por otra parte, los meses restantes poseen caudales menores a 9,82 m³/s.

Año 2013

Tabla 27.

Caudales del río Alambi año 2013

Caudal Río Alambi (m ³ /s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2 \ Tramo	13,64	41,61	19,98	21,63	22,27	14,31	8,07	5,97	4,74	5,17	4,64	5,57	167,60
4 \ Tramo	13,64	41,61	19,98	21,63	22,27	14,31	8,07	5,97	4,74	5,17	4,64	5,57	167,60
6 \ Tramo	13,64	41,61	19,98	21,63	22,27	14,31	8,07	5,97	4,74	5,17	4,64	5,57	167,60
8 \ Tramo	13,64	41,61	19,98	21,63	22,27	14,31	8,07	5,97	4,74	5,17	4,64	5,57	167,60
10 \ Tramo	13,64	41,61	19,98	21,63	22,27	14,31	8,07	5,97	4,74	5,17	4,64	5,57	167,60
12 \ Tramo	13,64	41,61	19,98	21,63	22,27	14,31	8,07	5,97	4,74	5,17	4,64	5,57	167,60
14 \ Tramo	14,87	44,33	20,70	23,34	24,84	14,45	8,07	6,18	5,10	8,11	4,72	6,36	181,07
16 \ Tramo	14,87	44,33	20,70	23,34	24,84	14,45	8,07	6,18	5,10	8,11	4,72	6,36	181,07
18 \ Tramo	14,87	44,33	20,70	23,34	24,84	14,45	8,07	6,18	5,10	8,11	4,72	6,36	181,07
20 \ Tramo	14,87	44,33	20,70	23,34	24,84	14,45	8,07	6,18	5,10	8,11	4,72	6,36	181,07
22 \ Tramo	14,87	44,33	20,70	23,34	24,84	14,45	8,07	6,18	5,10	8,11	4,72	6,36	181,07
24 \ Tramo	14,93	44,46	20,74	23,43	24,97	14,45	8,07	6,19	5,11	8,25	4,73	6,40	181,73
26 \ Tramo	14,93	44,46	20,74	23,43	24,97	14,45	8,07	6,19	5,11	8,25	4,73	6,40	181,73
28 \ Tramo	14,93	44,46	20,74	23,43	24,97	14,45	8,07	6,19	5,11	8,25	4,73	6,40	181,73
30 \ Tramo	14,93	44,46	20,74	23,43	24,97	14,45	8,07	6,19	5,11	8,25	4,73	6,40	181,73

La crecida del caudal del río en el mes de febrero sobrepasa los límites normales para la media anual, con un caudal de 44,46 m³/s, por otro lado, los meses de enero, marzo, abril, mayo y junio poseen caudales por debajo 23,43 m³/s, los meses restantes mantienen caudales por debajo de 8,07 m³/s.

Año 2014

Tabla 28.

Caudales del río Alambi año 2014

Caudal Río Alambi 2014 (m ³ /s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2 \ Tramo	20,26	22,71	40,11	17,66	32,65	13,10	7,31	4,36	3,64	4,98	5,49	4,62	176,89
4 \ Tramo	20,26	22,71	40,11	17,66	32,65	13,10	7,31	4,36	3,64	4,98	5,49	4,62	176,89
6 \ Tramo	20,26	22,71	40,11	17,66	32,65	13,10	7,31	4,36	3,64	4,98	5,49	4,62	176,89
8 \ Tramo	20,26	22,71	40,11	17,66	32,65	13,10	7,31	4,36	3,64	4,98	5,49	4,62	176,89
10 \ Tramo	20,26	22,71	40,11	17,66	32,65	13,10	7,31	4,36	3,64	4,98	5,49	4,62	176,89
12 \ Tramo	20,26	22,71	40,11	17,66	32,65	13,10	7,31	4,36	3,64	4,98	5,49	4,62	176,89
14 \ Tramo	22,30	23,71	42,92	18,11	34,37	13,40	7,32	5,00	4,04	4,98	6,38	4,62	187,14
16 \ Tramo	22,30	23,71	42,92	18,11	34,37	13,40	7,32	5,00	4,04	4,98	6,38	4,62	187,14
18 \ Tramo	22,30	23,71	42,92	18,11	34,37	13,40	7,32	5,00	4,04	4,98	6,37	4,62	187,14
20 \ Tramo	22,30	23,71	42,92	18,11	34,37	13,40	7,32	5,00	4,04	4,98	6,38	4,62	187,14
22 \ Tramo	22,30	23,71	42,92	18,11	34,37	13,40	7,32	5,00	4,04	4,98	6,37	4,62	187,14
24 \ Tramo	22,40	23,76	43,06	18,13	34,45	13,41	7,32	5,03	4,06	4,98	6,42	4,62	187,64
26 \ Tramo	22,40	23,76	43,06	18,13	34,45	13,41	7,32	5,03	4,06	4,98	6,42	4,62	187,65
28 \ Tramo	22,40	23,76	43,06	18,13	34,45	13,41	7,32	5,03	4,06	4,98	6,42	4,62	187,64
30 \ Tramo	22,40	23,76	43,06	18,13	34,45	13,41	7,32	5,03	4,06	4,98	6,42	4,62	187,65

A diferencia del mes de febrero del año 2013, el caudal mayoritario en este año se ubica en el mes de marzo con un caudal promedio de 43,06 m³/s, seguido de mes de mayo que presenta caudales de 34,45 m³/s, los meses de enero, abril, y junio poseen valores de caudal con un rango de 13,41 a 22,40 m³/s, los meses restantes mantienen un caudal menor a 6,42 m³/s.

Año 2015

Tabla 29.

Caudales del río Alambi año 2015

Caudal Río Alambi 2015 (m ³ /s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2 \ Tramo	8,27	21,01	26,93	16,52	10,93	6,95	4,93	3,24	2,44	2,69	3,49	3,25	110,65
4 \ Tramo	8,27	21,01	26,93	16,52	10,93	6,95	4,93	3,24	2,44	2,69	3,49	3,25	110,65
6 \ Tramo	8,27	21,01	26,93	16,52	10,93	6,95	4,93	3,24	2,44	2,69	3,49	3,25	110,65
8 \ Tramo	8,27	21,01	26,93	16,52	10,93	6,95	4,93	3,24	2,44	2,69	3,49	3,25	110,65
10 \ Tramo	8,27	21,01	26,93	16,52	10,93	6,95	4,93	3,24	2,44	2,69	3,49	3,25	110,65
12 \ Tramo	8,27	21,01	26,93	16,52	10,93	6,95	4,93	3,24	2,44	2,69	3,49	3,25	110,65
14 \ Tramo	8,97	22,86	28,45	17,73	11,81	6,97	5,26	3,40	2,44	3,74	4,25	3,25	119,11
16 \ Tramo	8,97	22,86	28,45	17,73	11,81	6,97	5,26	3,40	2,44	3,74	4,25	3,25	119,11
18 \ Tramo	8,97	22,86	28,45	17,73	11,80	6,97	5,26	3,40	2,44	3,74	4,25	3,25	119,11
20 \ Tramo	8,97	22,86	28,45	17,73	11,81	6,97	5,26	3,40	2,44	3,74	4,25	3,25	119,11
22 \ Tramo	8,97	22,86	28,45	17,73	11,80	6,97	5,26	3,40	2,44	3,74	4,25	3,25	119,11
24 \ Tramo	9,00	22,95	28,53	17,79	11,85	6,97	5,28	3,41	2,44	3,79	4,28	3,25	119,53
26 \ Tramo	9,00	22,95	28,53	17,79	11,85	6,97	5,28	3,41	2,44	3,79	4,28	3,25	119,53
28 \ Tramo	9,00	22,95	28,52	17,79	11,85	6,97	5,28	3,41	2,44	3,79	4,28	3,25	119,53
30 \ Tramo	9,00	22,95	28,53	17,79	11,85	6,97	5,28	3,41	2,44	3,79	4,28	3,25	119,53

El año 2015 a diferencia de años anteriores presenta un caudal máximo de 28,53 m³/s en el mes de marzo, seguido de un caudal de 22,95 m³/s en el mes de febrero, los demás meses mantienen caudales menores a 11,85 m³/s.

Tabla 30.

Caudales del río Alambi años 2010-2015, balance global

Caudal Río Alambi 2010-2015 Balance Global (m ³ /s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2 \ Tramo	15,92	29,82	28,90	29,25	22,39	11,23	8,40	5,20	4,31	5,01	5,32	7,79	173,53
4 \ Tramo	15,92	29,82	28,90	29,25	22,39	11,23	8,40	5,20	4,31	5,01	5,32	7,79	173,54
6 \ Tramo	15,92	29,82	28,90	29,25	22,39	11,23	8,40	5,20	4,31	5,01	5,32	7,79	173,53
8 \ Tramo	15,92	29,82	28,90	29,25	22,39	11,23	8,40	5,20	4,31	5,01	5,32	7,79	173,54
10 \ Tramo	15,92	29,82	28,90	29,25	22,39	11,23	8,40	5,20	4,31	5,01	5,32	7,79	173,53
12 \ Tramo	15,92	29,82	28,90	29,25	22,39	11,23	8,40	5,20	4,31	5,01	5,32	7,79	173,53
14 \ Tramo	17,42	31,64	30,58	31,75	23,73	11,51	8,87	5,52	4,97	6,10	6,32	8,57	186,98
16 \ Tramo	17,42	31,64	30,58	31,75	23,73	11,51	8,87	5,52	4,97	6,10	6,32	8,57	186,98
18 \ Tramo	17,42	31,64	30,58	31,75	23,73	11,51	8,87	5,52	4,97	6,10	6,32	8,57	186,98
20 \ Tramo	17,42	31,64	30,58	31,75	23,73	11,51	8,87	5,52	4,97	6,10	6,32	8,57	186,98
22 \ Tramo	17,42	31,64	30,58	31,75	23,73	11,51	8,87	5,52	4,97	6,10	6,32	8,57	186,98
24 \ Tramo	17,49	31,73	30,67	31,87	23,79	11,52	8,89	5,54	5,00	6,16	6,36	8,61	187,63
26 \ Tramo	17,49	31,73	30,67	31,87	23,79	11,52	8,89	5,54	5,00	6,16	6,36	8,61	187,63
28 \ Tramo	17,49	31,73	30,67	31,87	23,79	11,52	8,89	5,54	5,00	6,16	6,36	8,61	187,63
30 \ Tramo	17,49	31,73	30,67	31,87	23,79	11,52	8,89	5,54	5,00	6,16	6,36	8,61	187,63

El balance global muestra la concentración mayoritaria de caudales en los meses de enero a junio con caudales que van desde 17,49 m³/s a 31,73 m³/s considerados meses de invierno, mientras tanto los meses restantes poseen caudales menores a 8,89 m³/s, esto da a entender que si bien existen datos

atípicos en ciertos años, en meses específicos, el ciclo hidrológico ha cambiado notablemente en el balance global, adelantando o retrasando los periodos invernales y de verano en los distintos meses del año.

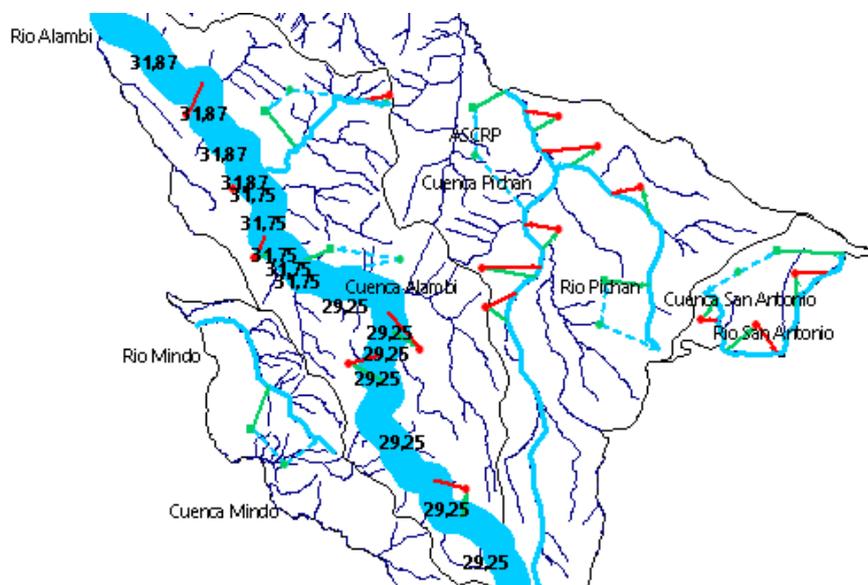


Figura 39. Mayor caudal promedio río Alambi periodo 2010-2015, mes de abril

La figura 39 muestra el mes con mayor crecimiento de caudal promedio del río Alambi en los años 2010-2015.

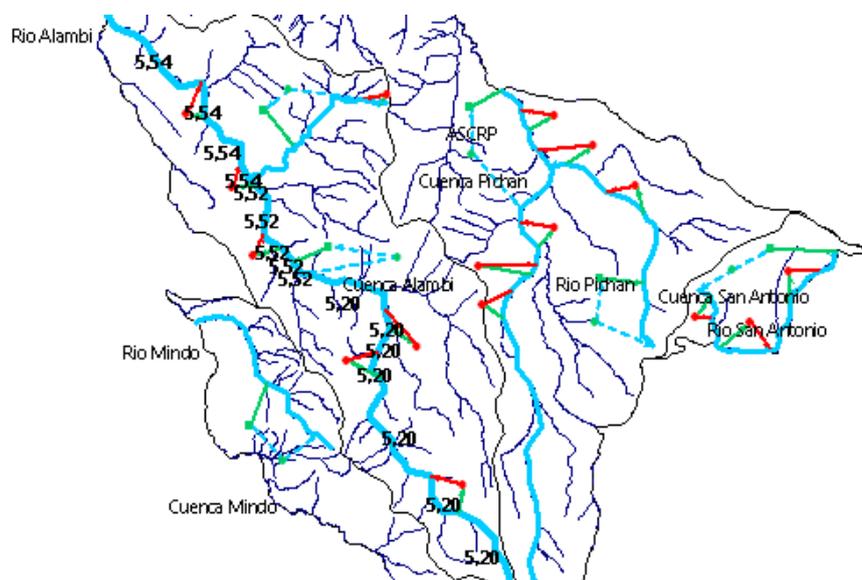


Figura 40. Menor caudal promedio río Alambi periodo 2010-2015, mes de agosto

En época de verano el caudal del río Alambi disminuye considerablemente, la figura 40 muestra el caudal promedio del río Alambi en mes de agosto, en el período 2010-2015.

Río Pichán

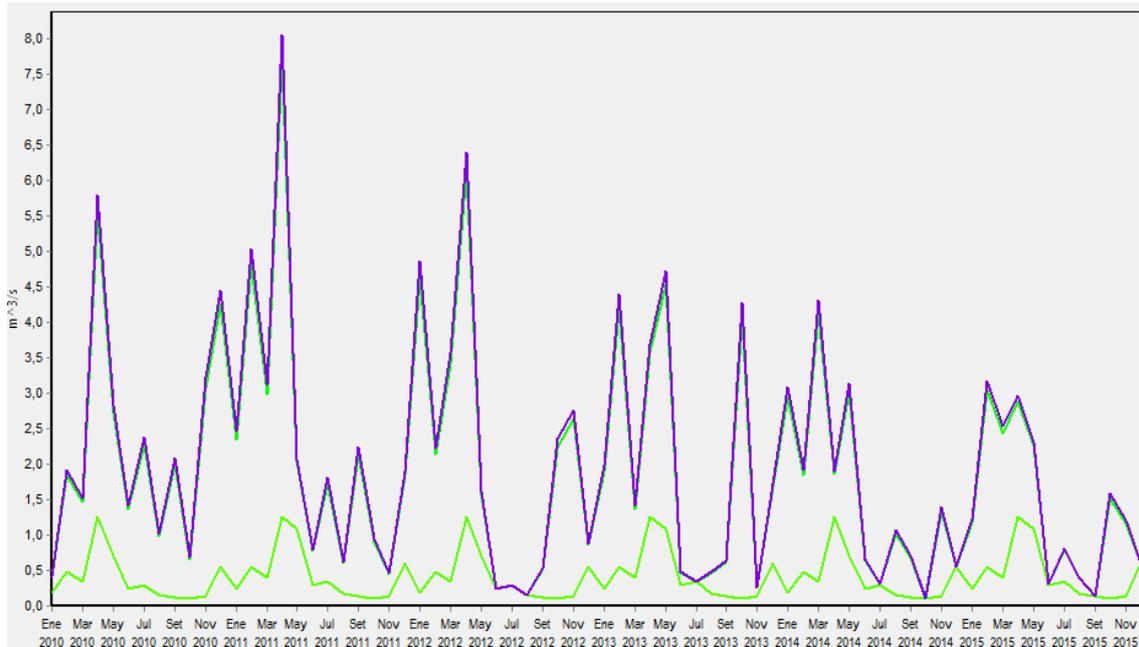


Figura 41. Caudales del río Pichán, período 2010-2015

La figura muestra los años de mayor incremento del caudal, evidenciándose los picos más altos de crecimiento en el invierno del año 2011, con un caudal aproximado de 8 m³/s en el pico más alto.

Año 2010

Tabla 31.

Caudales del río Pichán año 2010

Caudal Río Pichán (m³/s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
4 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
6 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
8 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
10 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
12 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
14 \ Tramo	0,41	1,84	1,46	5,58	2,73	1,36	2,28	0,98	2,00	0,66	3,08	4,26	26,63
16 \ Tramo	0,42	1,91	1,52	5,80	2,84	1,41	2,38	1,02	2,09	0,68	3,23	4,45	27,76
18 \ Tramo	0,42	1,91	1,52	5,80	2,84	1,41	2,38	1,02	2,09	0,69	3,23	4,45	27,77
20 \ Tramo	0,42	1,91	1,52	5,80	2,84	1,41	2,38	1,02	2,09	0,68	3,23	4,45	27,76
22 \ Tramo	0,42	1,91	1,52	5,80	2,84	1,41	2,38	1,02	2,09	0,69	3,23	4,45	27,77
24 \ Tramo	0,42	1,91	1,52	5,80	2,84	1,41	2,38	1,02	2,09	0,69	3,23	4,45	27,77

La tabla 31 muestra que la diferencia de caudales del río Pichán es muy diferente a los caudales del río Alambi, esto se debe al área superficial del río, a los ensanchamientos de los tramos y a las diferentes secciones que atraviesan la parroquia rural de Nono. El mes de abril presenta su caudal más elevado de 5,8 m³/s, seguido del mes diciembre con un caudal de 4,45 m³/s, de ahí los meses de septiembre y mayo poseen caudales de 2,09 m³/s y 2,84 m³/s respectivamente, los meses restantes mantienen caudales por debajo de 1,91 m³/s.

Año 2011

Tabla 32.

Caudales del río Pichán año 2011

Caudal Río Pichán 2011 (m³/s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,32
4 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,33
6 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,32
8 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,33
10 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,32
12 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,33
14 \ Tramo	2,35	4,81	2,99	7,72	2,03	0,77	1,73	0,60	2,14	0,90	0,45	1,84	28,33
16 \ Tramo	2,46	5,03	3,13	8,06	2,08	0,80	1,80	0,62	2,24	0,94	0,46	1,90	29,52
18 \ Tramo	2,46	5,03	3,13	8,06	2,08	0,80	1,80	0,62	2,24	0,94	0,46	1,90	29,52
20 \ Tramo	2,46	5,03	3,13	8,06	2,08	0,80	1,80	0,62	2,24	0,94	0,46	1,90	29,52
22 \ Tramo	2,46	5,03	3,13	8,06	2,08	0,80	1,80	0,62	2,24	0,94	0,46	1,90	29,52
24 \ Tramo	2,46	5,03	3,13	8,06	2,08	0,80	1,80	0,62	2,24	0,94	0,46	1,90	29,52

El año 2011 presenta el pico más alto de crecimiento del río Pichán con un caudal de 8,06 m³/s en el mes de abril, seguido del mes de febrero con un caudal de 5,03 m³/s en uno de sus tramos, por último, los meses restantes mantienen caudales por debajo de 3,13 m³/s.

Año 2012

Tabla 33.

Caudales del río Pichán año 2012

Caudal Río Pichán 2012 (m ³ /s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
4 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
6 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
8 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
10 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
12 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
14 \ Tramo	4,63	2,13	3,42	6,14	1,58	0,24	0,30	0,16	0,52	2,25	2,64	0,86	24,87
16 \ Tramo	4,86	2,22	3,58	6,39	1,62	0,24	0,30	0,16	0,54	2,36	2,77	0,88	25,92
18 \ Tramo	4,86	2,22	3,58	6,40	1,62	0,24	0,30	0,16	0,54	2,36	2,77	0,88	25,92
20 \ Tramo	4,86	2,22	3,58	6,39	1,62	0,24	0,30	0,16	0,54	2,36	2,77	0,88	25,91
22 \ Tramo	4,86	2,22	3,58	6,40	1,62	0,24	0,30	0,16	0,54	2,36	2,77	0,88	25,92
24 \ Tramo	4,86	2,22	3,58	6,40	1,62	0,24	0,30	0,16	0,54	2,36	2,77	0,88	25,92

El año 2012 concentra sus caudales máximos en los meses de enero, marzo y abril en los diferentes tramos del río, con valores que van desde 4,86 m³/s, 3,58 m³/s y 6,40 m³/s respectivamente, los meses de febrero, octubre y noviembre poseen caudales de 2,22 m³/s, 2,36 m³/s y 2,77 m³/s en ese orden, los meses restantes mantienen valores por debajo de 1,62 m³/s.

Año 2013

Tabla 34.

Caudales del río Pichán año 2013

Caudal Río Pichán 2013 (m ³ /s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,32
4 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,33
6 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,32
8 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,33
10 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,32
12 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,33
14 \ Tramo	1,89	4,22	1,36	3,57	4,54	0,47	0,34	0,46	0,61	4,07	0,25	1,68	23,47
16 \ Tramo	1,98	4,41	1,41	3,69	4,72	0,48	0,34	0,48	0,64	4,28	0,26	1,73	24,41
18 \ Tramo	1,98	4,41	1,41	3,69	4,72	0,48	0,34	0,48	0,64	4,28	0,26	1,73	24,41
20 \ Tramo	1,98	4,41	1,41	3,69	4,72	0,48	0,34	0,48	0,64	4,28	0,26	1,73	24,41
22 \ Tramo	1,98	4,41	1,41	3,69	4,72	0,48	0,34	0,48	0,64	4,28	0,26	1,73	24,41
24 \ Tramo	1,98	4,41	1,41	3,69	4,72	0,48	0,34	0,48	0,64	4,28	0,26	1,73	24,41

Los meses de febrero, abril y octubre presentan una crecida de caudales significativos, que van desde 4,41 m³/s, 3,69 m³/s y 4,28 m³/s respectivamente, los demás meses del año mantienen valores de caudales que fluctúan dentro del rango de valores de 0,26 a 1,98 m³/s.

Año 2014

Tabla 35.

Caudales del río Pichán año 2014

Caudal Río Pichán 2014 (m ³ /s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
4 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
6 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
8 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
10 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
12 \ Tramo	0,20	0,49	0,34	1,26	0,70	0,24	0,30	0,16	0,13	0,11	0,14	0,56	4,62
14 \ Tramo	2,94	1,84	4,12	1,87	3,01	0,64	0,31	1,02	0,67	0,11	1,33	0,56	18,43
16 \ Tramo	3,09	1,91	4,32	1,90	3,13	0,66	0,31	1,06	0,70	0,11	1,39	0,56	19,14
18 \ Tramo	3,09	1,91	4,32	1,90	3,13	0,66	0,31	1,06	0,70	0,11	1,39	0,56	19,15
20 \ Tramo	3,09	1,91	4,32	1,90	3,13	0,66	0,31	1,06	0,70	0,11	1,39	0,56	19,14
22 \ Tramo	3,09	1,91	4,32	1,90	3,13	0,66	0,31	1,06	0,70	0,11	1,39	0,56	19,15
24 \ Tramo	3,09	1,91	4,32	1,90	3,13	0,66	0,31	1,06	0,70	0,11	1,39	0,56	19,15

La concentración de caudales máximos se concentra en los meses de enero, marzo y mayo, caudales de 3,09 m³/s, 4,32 m³/s y 3,13 m³/s respectivamente, los demás meses del año mantienen caudales menores a 1,91 m³/s.

Año 2015

Tabla 36.

Caudales del río Pichán año 2015

Caudal Río Pichán 2015 (m ³ /s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,32
4 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,33
6 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,32
8 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,33
10 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,32
12 \ Tramo	0,24	0,56	0,39	1,26	1,08	0,29	0,34	0,18	0,13	0,11	0,14	0,61	5,33
14 \ Tramo	1,18	3,05	2,44	2,89	2,26	0,32	0,79	0,39	0,13	1,52	1,16	0,61	16,72
16 \ Tramo	1,22	3,17	2,54	2,97	2,32	0,32	0,81	0,40	0,13	1,59	1,21	0,61	17,31
18 \ Tramo	1,22	3,17	2,54	2,97	2,32	0,32	0,81	0,40	0,14	1,59	1,21	0,61	17,32
20 \ Tramo	1,22	3,17	2,54	2,97	2,32	0,32	0,81	0,40	0,13	1,59	1,21	0,61	17,31
22 \ Tramo	1,22	3,17	2,54	2,97	2,32	0,32	0,81	0,40	0,14	1,59	1,21	0,61	17,32
24 \ Tramo	1,22	3,17	2,54	2,97	2,32	0,32	0,81	0,40	0,14	1,59	1,21	0,61	17,32

El año 2015 concentra sus caudales máximos en los meses de febrero a mayo con caudales que van desde 2,32 m³/s a 3,17 m³/s, los demás meses del año mantienen caudales menores a 1,22 m³/s.

Tabla 37.

Caudales del río Pichán años 2010-2015, balance global

Caudal Río Pichán 2010-2015 Balance Global (m ³ /s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2 \ Tramo	0,22	0,52	0,36	1,26	0,89	0,26	0,32	0,17	0,13	0,11	0,14	0,58	4,97
4 \ Tramo	0,22	0,52	0,36	1,26	0,89	0,26	0,32	0,17	0,13	0,11	0,14	0,58	4,98
6 \ Tramo	0,22	0,52	0,36	1,26	0,89	0,26	0,32	0,17	0,13	0,11	0,14	0,58	4,97
8 \ Tramo	0,22	0,52	0,36	1,26	0,89	0,26	0,32	0,17	0,13	0,11	0,14	0,58	4,98
10 \ Tramo	0,22	0,52	0,36	1,26	0,89	0,26	0,32	0,17	0,13	0,11	0,14	0,58	4,97
12 \ Tramo	0,22	0,52	0,36	1,26	0,89	0,26	0,32	0,17	0,13	0,11	0,14	0,58	4,98
14 \ Tramo	2,23	2,98	2,63	4,63	2,69	0,63	0,96	0,60	1,01	1,58	1,49	1,63	23,07
16 \ Tramo	2,34	3,11	2,75	4,80	2,78	0,65	0,99	0,62	1,06	1,66	1,55	1,69	24,01
18 \ Tramo	2,34	3,11	2,75	4,80	2,78	0,65	0,99	0,62	1,06	1,66	1,56	1,69	24,01
20 \ Tramo	2,34	3,11	2,75	4,80	2,78	0,65	0,99	0,62	1,06	1,66	1,55	1,69	24,01
22 \ Tramo	2,34	3,11	2,75	4,80	2,78	0,65	0,99	0,62	1,06	1,66	1,56	1,69	24,01
24 \ Tramo	2,34	3,11	2,75	4,80	2,78	0,65	0,99	0,62	1,06	1,66	1,56	1,69	24,01

El balance global del río Pichán muestra la concentración mayoritaria de caudales en los meses de enero a mayo con caudales que van desde 2,34 m³/s a 4,80 m³/s considerados meses de invierno, mientras tanto los meses restantes poseen caudales menores a 1,69 m³/s, esto da a entender que si bien existen datos atípicos en ciertas años, en meses específicos, el ciclo hidrológico ha cambiado notablemente en el balance global, adelantando o retrasando los periodos invernales y de verano en los distintos meses del año y a diferencia del análisis anterior se puede denotar que el verano comienza en el mes de junio, prolongándose hasta el mes de diciembre, con periodos de crecimiento mínimos en ciertos meses del año.

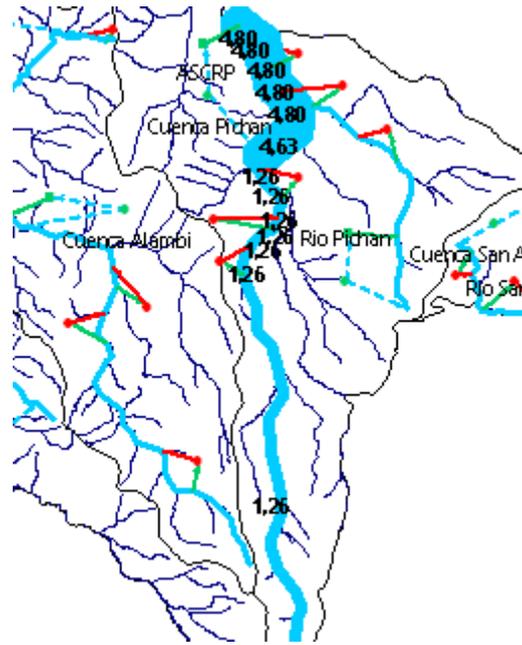


Figura 42. Mayor caudal promedio río Pichán periodo 2010-2015, mes de abril

La figura 42 muestra el mes con mayor crecimiento de caudal promedio del río Pichán en los años 2010-2015.

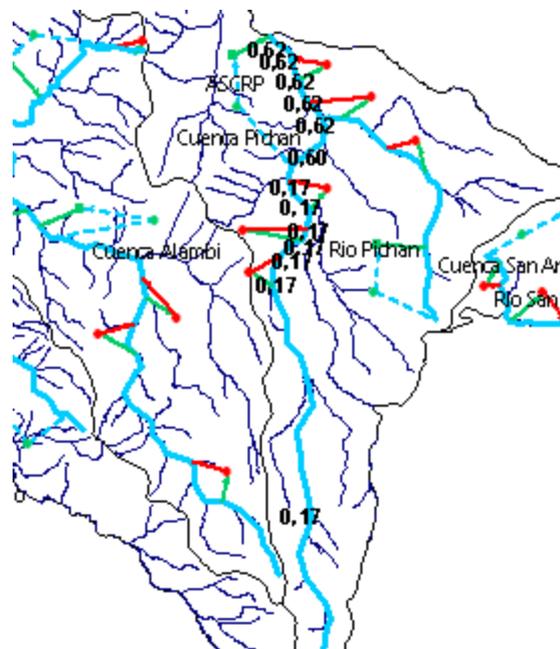


Figura 43. Menor caudal promedio río Pichán periodo 2010-2015, mes de agosto

En época de verano el caudal del río Pichán disminuye considerablemente, la figura 43 muestra el caudal promedio del río Pichán en mes de agosto, en el período 2010-2015.

Río Cinto

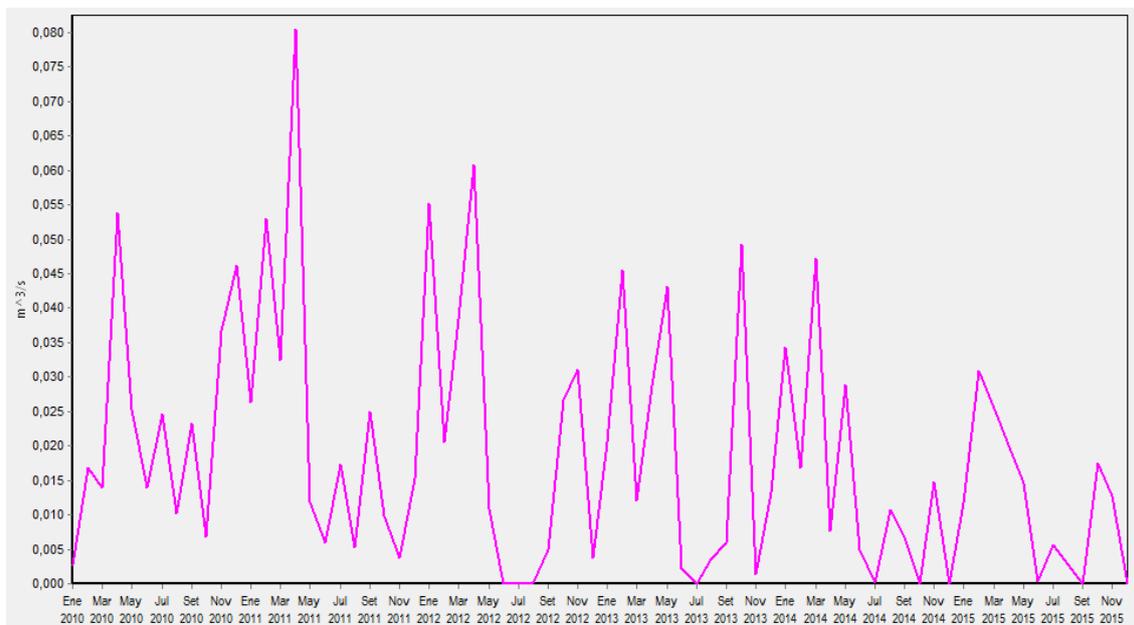


Figura 44. Caudales del río Cinto, período 2010-2015

La figura de los caudales del río cinto en el periodo comprendido entre el año 2010-2015 muestra su pico más alto de crecimiento en el año 2011, con un caudal máximo de 0,08 m³/s.

Tabla 38.

Caudales del río Cinto años 2010-2015, balance global

Caudal Río Cinto 2010-2015 Balance Global (m ³ /s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1 \ Cuenca Cinto Escorrentía	0,025	0,031	0,028	0,042	0,022	0,005	0,008	0,005	0,011	0,018	0,017	0,013	0,225
2 \ Tramo	0,025	0,031	0,028	0,042	0,022	0,005	0,008	0,005	0,011	0,018	0,017	0,013	0,225
3 \ Caudal Afluyente Tributario 3	0,025	0,031	0,028	0,042	0,022	0,005	0,008	0,005	0,011	0,018	0,017	0,013	0,225
4 \ Tramo	0,025	0,031	0,028	0,042	0,022	0,005	0,008	0,005	0,011	0,018	0,017	0,013	0,225
5 \ Caudal Afluyente Tributario 6	0,025	0,031	0,028	0,042	0,022	0,005	0,008	0,005	0,011	0,018	0,017	0,013	0,225
6 \ Tramo	0,025	0,031	0,028	0,042	0,022	0,005	0,008	0,005	0,011	0,018	0,017	0,013	0,225

El balance global del caudal del río Cinto muestra que la concentración de caudales máximos se encuentra en el mes de enero a abril con caudales que van desde 0,025 a 0,042 m³/s, y los demás meses presentan caudales por debajo de 0,022 m³/s. Cabe mencionar que la cuenca del río cinto solo ocupa 120 ha de la parroquia de Nono, por lo que el tramo del río analizado no es representativo al momento de generar la información del caudal ya que el tramo de río presente en la parroquia no es significativo.



Figura 45. Mayor caudal promedio río Cinto periodo 2010-2015, mes de abril

La figura 45 muestra el mayor caudal promedio del río Cinto en el mes de abril en el período señalado, con un valor de 0,04 m³/s.



Figura 46. Menor caudal promedio río Cinto periodo 2010-2015, mes de junio

La figura 46 muestra el mínimo caudal del río cinto en ft^3/s , con un valor 0,16 a diferencia de todos los datos anteriores expresados en m^3/s , esto se debe a las minúsculas unidades del caudal.

Río San Antonio

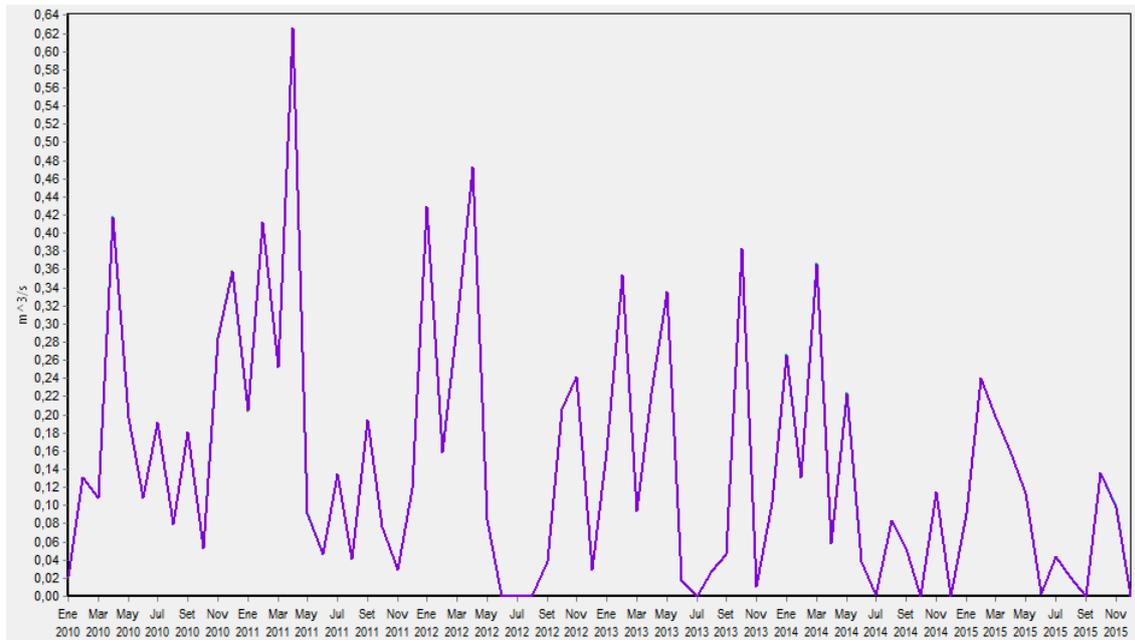


Figura 47. Caudales del río San Antonio, período 2010-2015

La figura de caudales del río San Antonio en el periodo comprendido entre el año 2010-2011 muestra su pico más alto de crecimiento en el año 2011, con un caudal máximo de $0,62 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabla 39.

Caudales del río San Antonio años 2010-2015, balance global

Caudal Río San Antonio 2010-2015 Balance Global (m ³ /s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1 \ Cuenca San Antonio Escorrentía	0,20	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75
2 \ Tramo	0,20	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75
3 \ Nodo de retirada 11	0,19	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75
4 \ Tramo	0,19	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75
5 \ SDRSA1 Return	0,20	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75
6 \ Tramo	0,20	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75
7 \ Nodo de retirada 14	0,19	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75
8 \ Tramo	0,19	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75
9 \ SDRSA3 Return	0,20	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75
10 \ Tramo	0,20	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75
11 \ Nodo de retirada 15	0,19	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75
12 \ Tramo	0,19	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75
13 \ SDRSA1 Return	0,20	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75
14 \ Tramo	0,20	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75
15 \ Caudal Afluente Tributario 5	0,20	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75
16 \ Tramo	0,20	0,24	0,22	0,33	0,17	0,04	0,06	0,04	0,09	0,14	0,13	0,10	1,75

El balance global del caudal del río San Antonio muestra que la concentración de caudales máximos se encuentra en el mes de enero a mayo con caudales que van desde 0,17 a 0,33 m³/s, los demás meses presentan caudales por debajo de 0,14 m³/s. Cabe mencionar que la cuenca del río San Antonio solo ocupa 933 ha de la parroquia de Nono.



Figura 48. Mayor caudal promedio río San Antonio periodo 2010-2015, mes de abril

La figura 48 muestra el mayor caudal promedio del río San Antonio en el mes de abril en el período señalado.

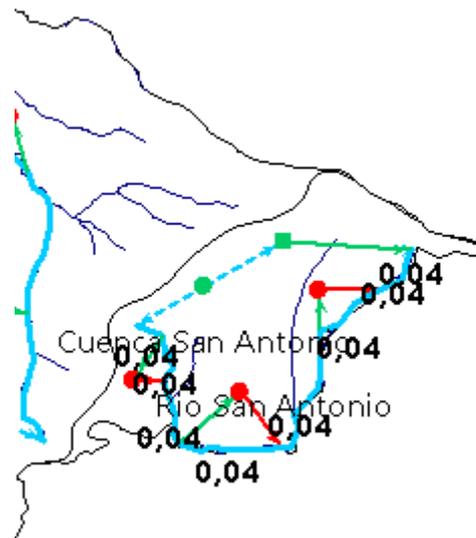


Figura 49. Menor caudal promedio río San Antonio periodo 2010-2015, mes de junio

La figura 49 muestra el mínimo caudal del río cinto en ft^3/s a diferencia de todos los datos anteriores expresados en m^3/s , esto se debe a las minúsculas unidades del caudal.

Río Mindo

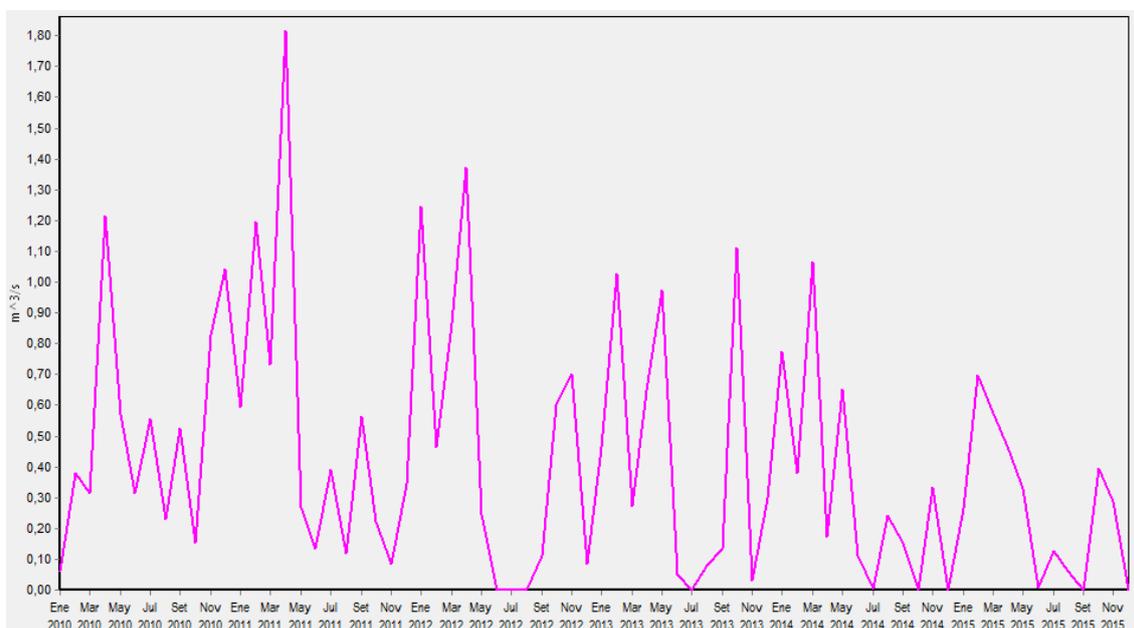


Figura 50. Caudales del río Mindo, período 2010-2015

La figura de caudales del río Mindo en el periodo comprendido entre el año 2010-2011 muestra su pico más alto de crecimiento en el año 2011, con un caudal máximo de 1,8 m³/s.

Tabla 40.

Caudales del río Mindo años 2010-2015, balance global

Caudal Río Mindo 2010-2015 Balance Global (m ³ /s)													
Tramo	Mensual Promedio												Suma
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1 \ Cuenca Mindo Escorrentía	0,57	0,69	0,64	0,95	0,51	0,10	0,18	0,12	0,25	0,41	0,38	0,30	5,09
2 \ Tramo	0,57	0,69	0,64	0,95	0,51	0,10	0,18	0,12	0,25	0,41	0,38	0,30	5,09
3 \ Caudal Afluyente Tributario 2	0,57	0,69	0,64	0,95	0,51	0,10	0,18	0,12	0,25	0,41	0,38	0,30	5,09
4 \ Tramo	0,57	0,69	0,64	0,95	0,51	0,10	0,18	0,12	0,25	0,41	0,38	0,30	5,09

El balance global del caudal del río San Antonio muestra que la concentración de caudales máximos se encuentra en el mes de enero a mayo con caudales que van desde 0,51 a 0,95 m³/s, y los demás meses presentan caudales por debajo de 0,41 m³/s. Cabe mencionar que la cuenca del río Mindo ocupa 2707 ha de la parroquia de Nono.

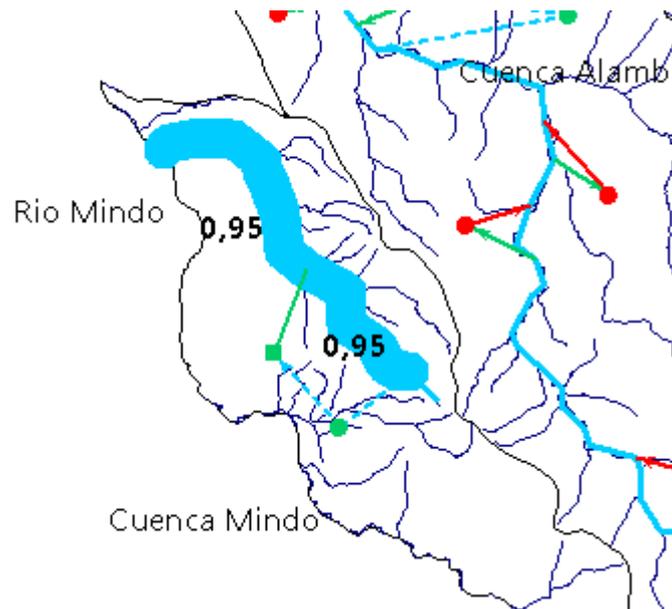


Figura 51. Mayor caudal promedio río Mindo periodo 2010-2015, mes de abril

La figura 51 muestra el mayor caudal promedio del río San Antonio en el mes de agosto en el período señalado.

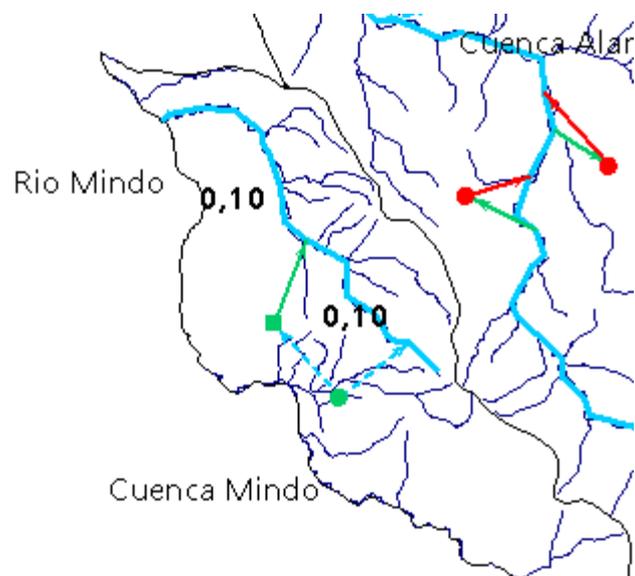


Figura 52. Menor caudal promedio río Mindo periodo 2010-2015, mes de junio

La figura 52 muestra el mínimo caudal del río Mindo en el mes de junio, en el período comprendido entre los años 2010 y 2015.

Tramos de río Alambi y Pichan

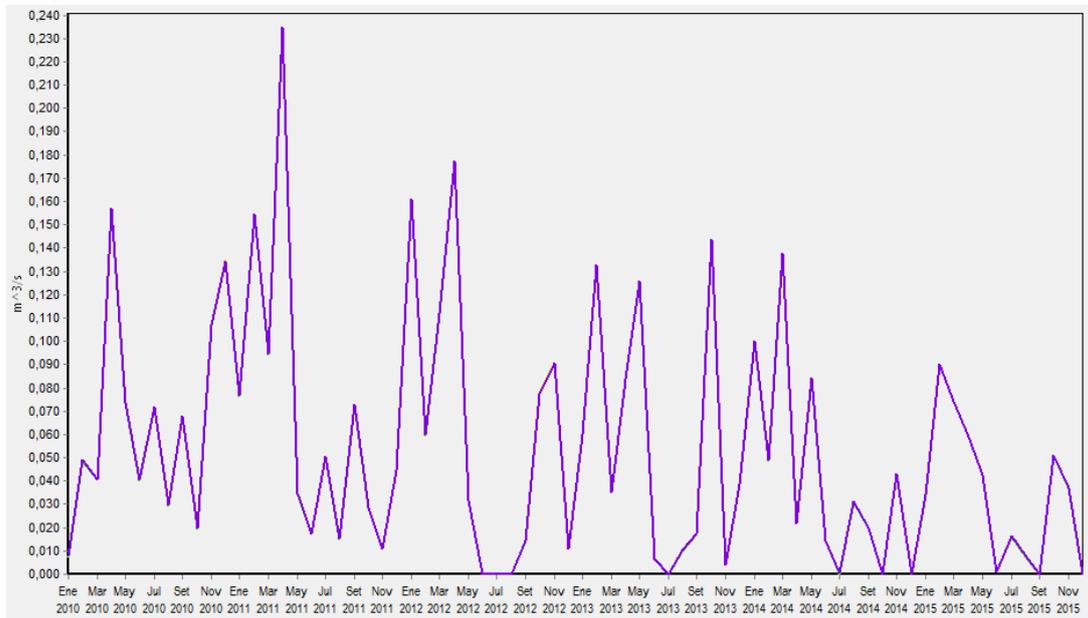


Figura 53. Tramo del río Alambi 1

El caudal máximo del río Alambi 1, como tramo del río principal corresponde a 0,23 m³/s, en el periodo comprendido entre los años 2010 y 2015, específicamente el año 2011, considerando una micro cuenca de abasto de 350 ha.

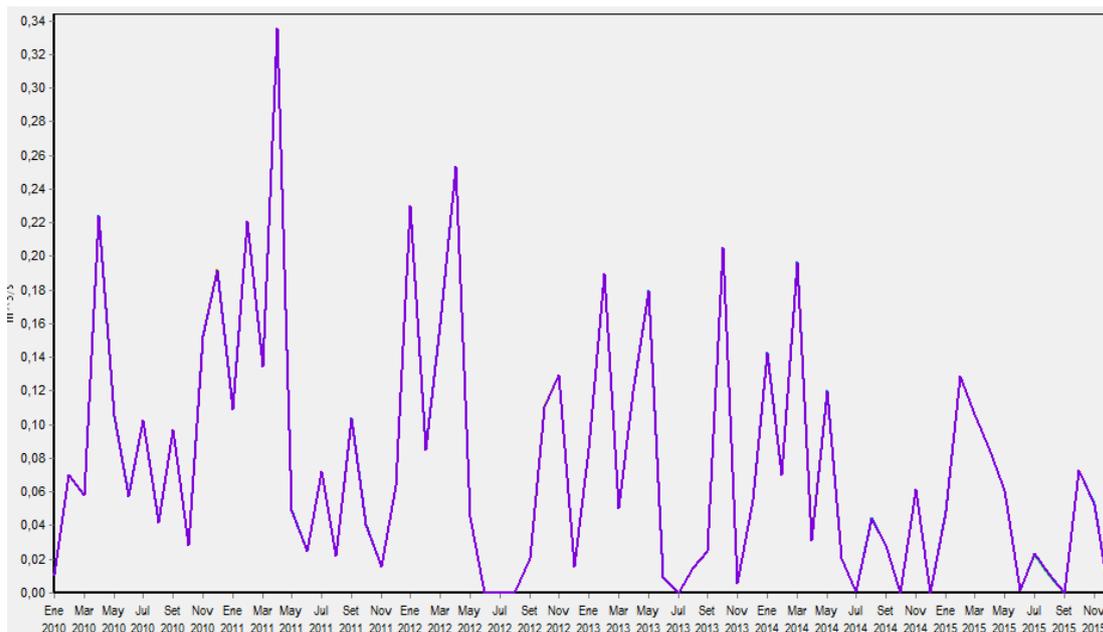


Figura 54. Tramo del río Pichán 1

El caudal máximo del río Pichán 1, como tramo del río principal corresponde a $0,34 \text{ m}^3/\text{s}$, en el periodo comprendido entre los años 2010 y 2015, específicamente el año 2011, considerando una micro cuenca de abasto de 500 ha.

4.1.2. Caudal de infiltración

Tabla 41.

Caudal de escorrentía total anual, periodo 2010-2015 (Infiltración).

Infiltración/Caudal de Escorrentía 2010-2015 Balance General (m ³)							
Tramo	Total Anual						Suma
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Escorrentía/Infiltración de Cuenca Alambi a ASCRA	35917886	37619874	32931365	29562604	22572796,4	18028157,9	176632683,3
Escorrentía/Infiltración de Cuenca Alambi a Río Alambi	42853805	44346359	39456354	35184692	27030790,6	22018571,2	210890571,8
Escorrentía/Infiltración de Cuenca Cinto a ASCRC	574897,11	632381,42	512970,87	490645,8	361896,25	302954,18	2875745,63
Escorrentía/Infiltración de Cuenca Cinto a Río Cinto	718821,48	743858,99	661832,4	590181,89	453410,123	369336,157	3537441,04
Escorrentía/Infiltración de Cuenca Mindo a ASCRM	13771918	14533185	12557206	11447354,1	8681391,96	7132983,9	68124038,96
Escorrentía/Infiltración de Cuenca Mindo a Río Mindo	16215419	16780204	14929851	13313528,4	10228161,1	8331601,3	79798764,8
Escorrentía/Infiltración de Cuenca Pichan a ASCRP	45179354	47674906	41218675	37018012	28208375,1	22123595,3	221422917,4
Escorrentía/Infiltración de Cuenca Pichan a Río Pichan	57697399	59706994	53123062	47371920	36393647,4	29645392,8	283938415,2
Escorrentía/Infiltración de Cuenca Río Alambi 2 a Río Alambi 2	2095653,9	2169587,5	1930349,8	1721363,8	1322444,21	1077227,83	10317537,04
Escorrentía/Infiltración de Cuenca Río Pichán 2 a Río Pichan 3	2995092,7	3099411,5	2757640,8	2459091,9	1889207,79	1538899,69	14739344,38
Escorrentía/Infiltración de Cuenca San Antonio a ASCRSA	2928311,3	3196644,2	2569589,9	2290326,4	1740645,78	1258946,86	13984464,44
Escorrentía/Infiltración de Cuenca San Antonio a Río San Antonio	5588838	5783497,8	5145749,1	4588666,9	3525261,94	2871588,78	27503602,52
Todos los demás	333806	562625,6	0	0	0	0	896431,6
Suma	226872111,5	236849529	207794645,9	186038387,2	142408028,7	114699255,9	1114661958

La tabla 41 muestra de manera general los caudales de escorrentía total anual en metros cúbicos, entre los valores de la tabla se puede destacar que la mayor cantidad de infiltración de agua hacia las diferentes cuencas hidrográficas se produjo en el año 2011 con un total de 236,85 millones de metros cúbicos, por otra parte, la menor infiltración ocurrió en el año 2015 con un total de 114,70 millones de metros cúbicos.

Se puede mencionar que las distintas unidades hidrológicas proveen de agua a los ríos y a las aguas subterráneas de la parroquia manteniendo de esta manera el equilibrio hídrico.

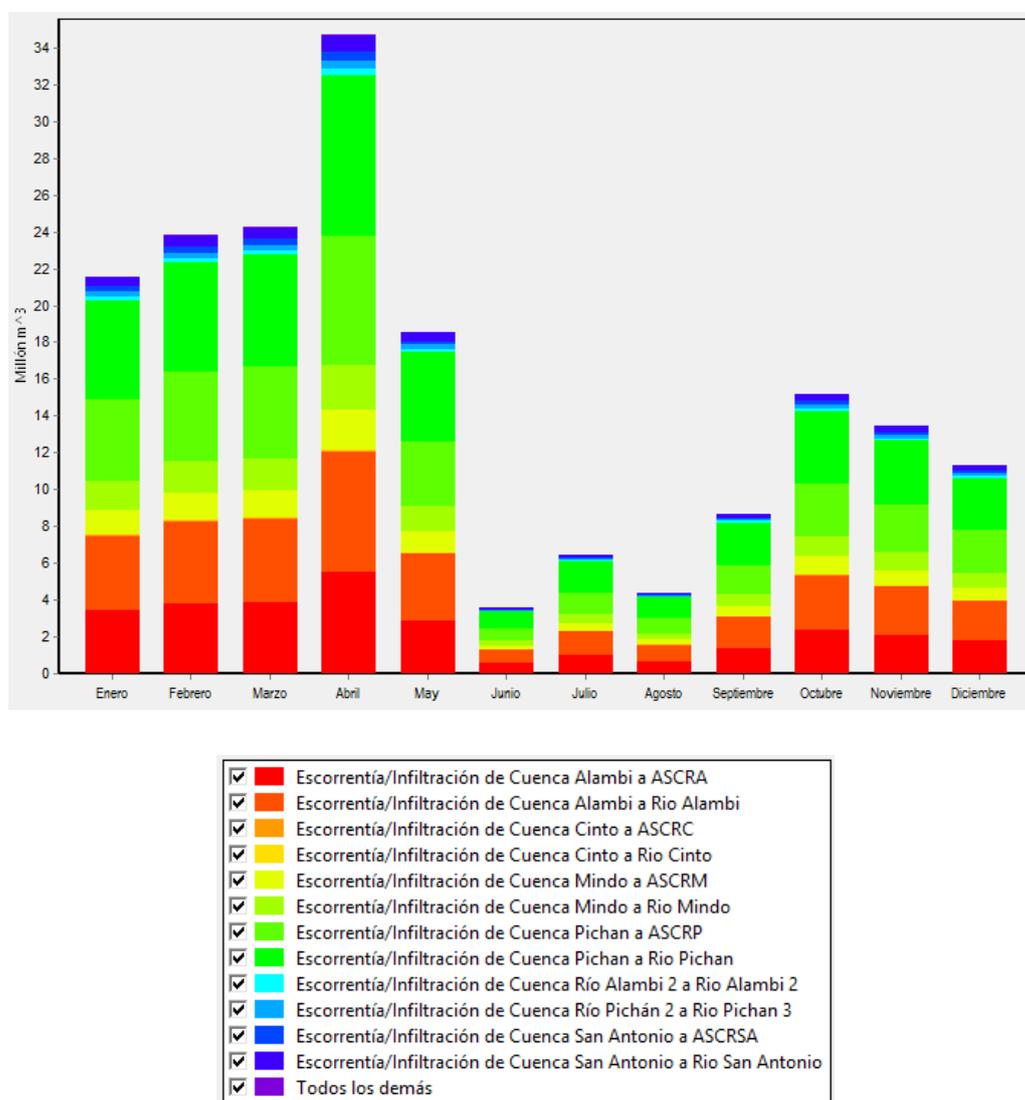


Figura 55. Caudales de escorrentía totales anuales, periodo 2010-2015

El esquema mostrado por la figura 55 denota los valores de la tabla 41, mediante una expresión gráfica representada por barras.

4.1.3. Patrones de demanda y suministro de agua

Tabla 42.

Patrones de demanda y suministro anual

Demanda y Suministro de Agua 2010-2015 Balance General (m ³)							
Sitios de Demanda	Total Anual						Suma
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
SDRA4	8758,15	8758,15	8758,15	8758,15	8758,15	8758,15	52548,9
SDRA5	9642	9642	9642	9642	9642	9642	57852
SDRA6	8918,85	8918,85	8918,85	8918,85	8918,85	8918,85	53513,1
SDRP1	17355,6	17355,6	17355,6	17355,6	17355,6	17355,6	104133,6
SDRP2	16712,8	16712,8	16712,8	16712,8	16712,8	16712,8	100276,8
SDRP3	10847,25	10847,25	10847,25	10847,25	10847,25	10847,25	65083,5
SDRP4	9802,7	9802,7	9802,7	9802,7	9802,7	9802,7	58816,2
SDRP5	8436,75	8436,75	8436,75	8436,75	8436,75	8436,75	50620,5
SDRP6	9240,25	9240,25	9240,25	9240,25	9240,25	9240,25	55441,5
SDRSA1	12213,2	12213,2	12213,2	12213,2	12213,2	12213,2	73279,2
SDRSA2	14061,25	14061,25	14061,25	14061,25	14061,25	14061,25	84367,5
SDRSA3	11811,45	8436,75	8436,75	8436,75	8436,75	8436,75	53995,2
Todos los demás	20810,65	14864,75	14864,75	14864,75	14864,75	14864,75	95134,4
Suma	158610,9	149290,3	149290,3	149290,3	149290,3	149290,3	905062,4

De los 16 puntos de demanda de la parroquia rural de Nono, se puede destacar que la mayor demanda de agua se concentra en la microcuenca del río Pichán específicamente en la cabecera cantonal, donde se encuentran 2 sitios de demanda de agua que sobresalen sobre los demás, el primero corresponde al sitio de demanda número 1 de la cuenca del río Pichán denominado SDRP1, el cual consume en promedio anual la cantidad de 20,83 mil metros cúbico de agua, eso suma un total de 104,13 mil metros cúbicos en el período 2010-2015, el otro nodo de demanda a tener en cuenta corresponde al sitio de demanda del río Pichán 2 denominado SDRP2, con un promedio de consumo anual de 14,4 mil metros cúbicos, esto suma un total de 100,28 mil metros cúbicos de agua en un periodo de 5 años.

Para tener una idea más generalizada del suministro agua en la parroquia de Nono, el total de consumo promedio asciende a 181 mil metros cúbicos de agua cada año.

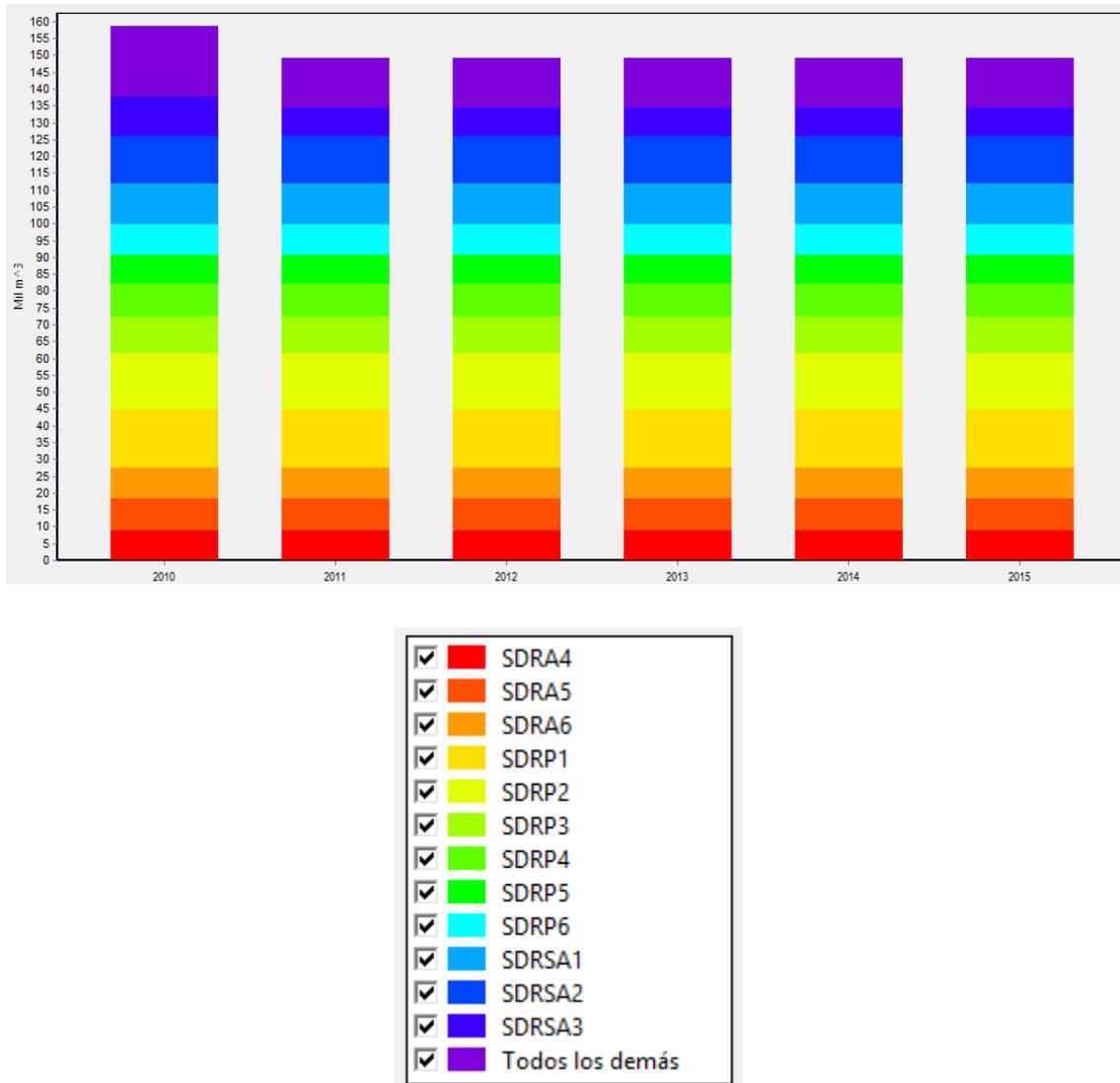


Figura 56. Demanda de agua por nodo total anual, periodo 2010-2015

La figura 56 representa un esquema gráfico de los valores obtenidos en la tabla 42, con su respectiva leyenda.

4.1.4. Demanda no cubierta

Existen nodos de la parroquia rural de Nono que presentan deficiencias en la demanda de agua, ya sea porque están alejados de los cuerpos hídricos principales o por el crecimiento poblacional descontrolado, por esta razón el programa WEAP localizó los puntos críticos del sistema, los mismo que deberán tomar medidas correctivas para tener un correcto suministro del recurso agua para el correcto desenvolvimiento de sus actividades diarias.

Tabla 43.

Demanda no cubierta parroquia rural de Nono

Demanda no Cubierta de Agua 2010-2015 Balance General (m ³)							
Sitios de Demanda	Total Anual						Suma
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
SDRA5	0	0	0	0	0	0	0
SDRA6	0	0	0	0	0	0	0
SDRA7	0	0	1924	648,3	1296,6	1275,7	5144,6
SDRP1	0	0	0	0	0	0	0
SDRP2	0	0	0	0	0	0	0
SDRP3	0	0	0	0	0	0	0
SDRP4	0	0	0	0	0	0	0
SDRP5	0	0	0	0	0	0	0
SDRP6	0	0	0	0	0	0	0
SDRSA1	0	0	3078,4	1037,3	2074,6	2041,1	8231,4
SDRSA2	0	0	3544,1	1194,2	2388,4	2349,9	9476,6
SDRSA3	0	0	2126,4	716,5	1433	1409,9	5685,8
Todos los demás	0	0	0	0	0	0	0
Suma	0	0	10672,9	3596,3	7192,6	7076,6	28538,4

El nodo del río Alambi 7 por su lejanía de los otros poblados presenta un déficit de agua que asciende a 1924 m³ en el año 2012, 648,30 m³ en el año 2013, 1296 m³ en el 2014 y 1275 m³ en el 2015, con un total de 5144,6 metros cúbicos en el periodo 2012-2015.

Por otra parte, el sector más preocupante se ubica en la microcuenca de la quebrada de monjas perteneciente al río San Antonio, ya que sus tres nodos de demanda presentan valores faltantes en su suministro anual sumando entre los tres un valor total 23394 metros cúbicos en el período comprendido entre los

años 2012-2015, esto quiere decir que el caudal del río San Antonio no es suficiente para proveer de agua a los habitantes de dicho sector, por lo cual se deben tomar alternativas de captación de caudal de otros cuerpos hídricos cercanos.

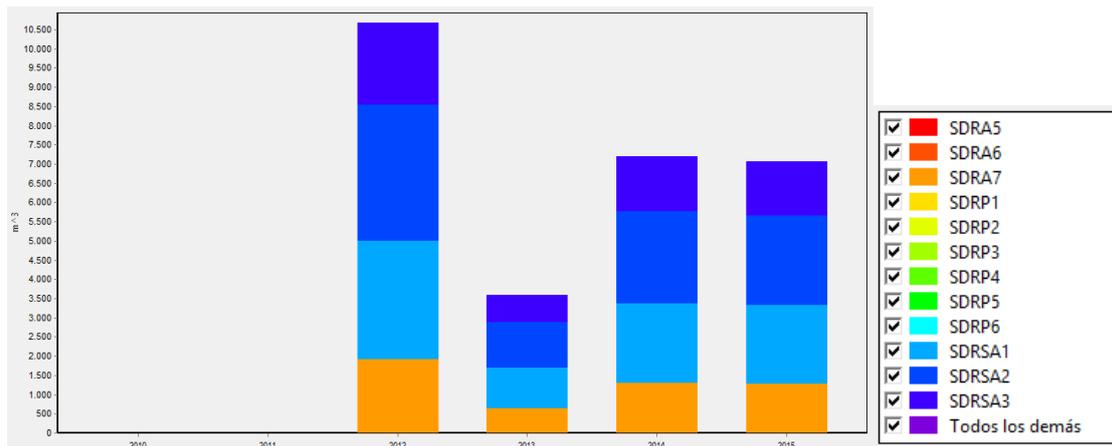


Figura 57. Demanda no cubierta parroquia rural de nono

El esquema gráfico de la figura 57 contempla los valores expuestos en la tabla 43, representándolos mediante un diagrama de barras.

4.2. Propuesta de aprovechamiento hídrico sustentable

El aprovechamiento hídrico sustentable canalizado a la parroquia rural de Nono, centra su eje principal de análisis en tres puntos vitales:

- Aprovechamiento de los recursos hídricos provenientes de aguas subterráneas, mediante la construcción de pozos de agua.
- Represamiento de cauces hídricos y construcción de un pequeño reservorio que abastezca a los sectores vulnerables de la población.

La figura 58 muestra los nodos con mayor demanda dentro de la parroquia rural de Nono, donde se puede identificar que la cabecera cantonal posee los índices más elevados de demanda de agua anual. Los sitios de demanda ubicados en la microcuenca del río Pichán presentan valores de consumo anual que van desde 9,24 a 17,36 mil metros cúbicos, debido a la masiva concentración de la población en el centro de la parroquia. Por otra parte, la microcuenca del río San Antonio en la Quebrada de Monjas presenta índices de consumo anual que van desde 8,44 a 14,06 mil metros cúbicos.

Tabla 44.

Cantidad de agua de consumo

Cantidad de Agua de Consumo Anual		
Sitios de Demanda	Número de Habitantes por Nodo	Cantidad de Agua (m³/hab)
SD Río Alambi 1	50	4017,5
SD Río Alambi 2	59	4740,65
SD Río Alambi 3	55	4419,25
SD Río Alambi 6	111	8918,85
SD Río Pichán 1	216	17355,6
SD Río San Antonio 3	147	11811,45
SD Río San Antonio 2	175	14061,25
SD Río Alambi 7	95	7633,25
SD Río Alambi 4	109	8758,15
SD Río Alambi 5	120	9642
SD Río Pichán 2	208	16712,8
SD Río Pichán 3	135	10847,25
SD Río Pichán 6	115	9240,25
SD Río Pichán 5	105	8436,75
SD Río Pichán 4	122	9802,7
SD Río San Antonio 1	152	12213,2
Total	1974	158610,9
Tasa Anual de Consumo (m³/hab)	80,35	

La tabla 44 muestra valores aproximados de agua consumida por parte de los habitantes de Nono en cada nodo. El saldo resultante de consumo hídrico de los

Tabla 45.

Caudal aprovechable anual

Caudal Aprovechable Anual		
Ríos Nono	Caudales Máximos (Millón m ³)	Valor de consumo (Millón m ³)
Río Pichán	72,79	3,64
Río Alambi	443,61	22,18
Río Cinto	0,72	0,04
Río San Antonio	5,59	0,28
Río Mindo	16,22	0,81
Total	538,93	26,95
Tasa de caudal afluente consumido	0,05	

La tabla 45 muestra los valores que los habitantes de la parroquia de Nono pueden consumir del cauce total del río tomando en cuenta una tasa de caudal afluente consumido del 5%. En total existe un valor de 26,95 millones de metros cúbicos al año disponibles para el consumo de los 1974 habitantes que dispone la parroquia.

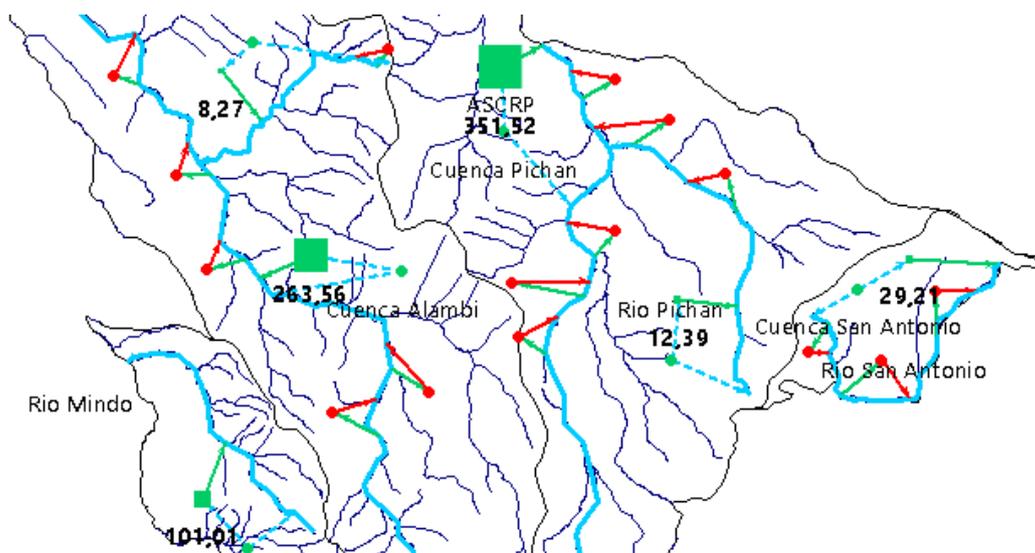


Figura 60. Capacidad de Almacenamiento subterráneo mensual promedio

Aparte de los cuerpos hídricos de agua superficial, existen depósitos de agua subterránea capaces de ser explotados y consumidos por parte de los habitantes de Nono en la búsqueda del aprovechamiento hídrico sustentable. La figura 60 muestra la cantidad de agua capaz de ser almacenada por cada acuífero de la zona durante el transcurso del año, con valores que van desde 3,44 millones de metros cúbicos en el caso del acuífero ubicado en la microcuenca del río Cinto, hasta 351,52 millones de metros cúbicos en el caso del acuífero ubicado en la microcuenca del río Pichán.

Tabla 46.

Máxima extracción de acuíferos

Máxima Extracción de Acuíferos	
Media Ponderada (2010-2015)	
Ubicación Acuífero	Cantidad (Millones m³)
Acuífero Mindo	0,9
Acuífero Pichán	3,21
Acuífero Alambi	2,34
Acuífero San Antonio	0,3
Acuífero Cinto	0,03
Coefficiente de Extracción 0,05	

Los cuerpos hídricos de aguas subterráneas presentes en cada microcuenca de Nono, pueden proveer a los habitantes de cada poblado una cantidad significativa de agua si se los explota correctamente. Considerando un factor mínimo de extracción del 5%, se puede observar que la microcuenca del río Pichán presenta un valor aproximado de 3,21 millones de metros cúbicos en su media ponderada, el río Alambi presenta un valor de 2,34 millones de metros cúbicos y el río San Antonio presenta un valor de 0,3 millones de metros cúbicos. Los valores observados corresponden al periodo analítico 2010-2015.

Para el cumplimiento del modelo hídrico sustentable es necesario generar un escenario prospectivo que sectorice puntos estratégicos de demanda, fuentes de agua subterránea, sistemas de medición del caudal, embalses compensadores y una pequeña planta de tratamiento de agua. La figura 61 presentada a continuación muestra el modelo esquemático prospectivo mencionado.

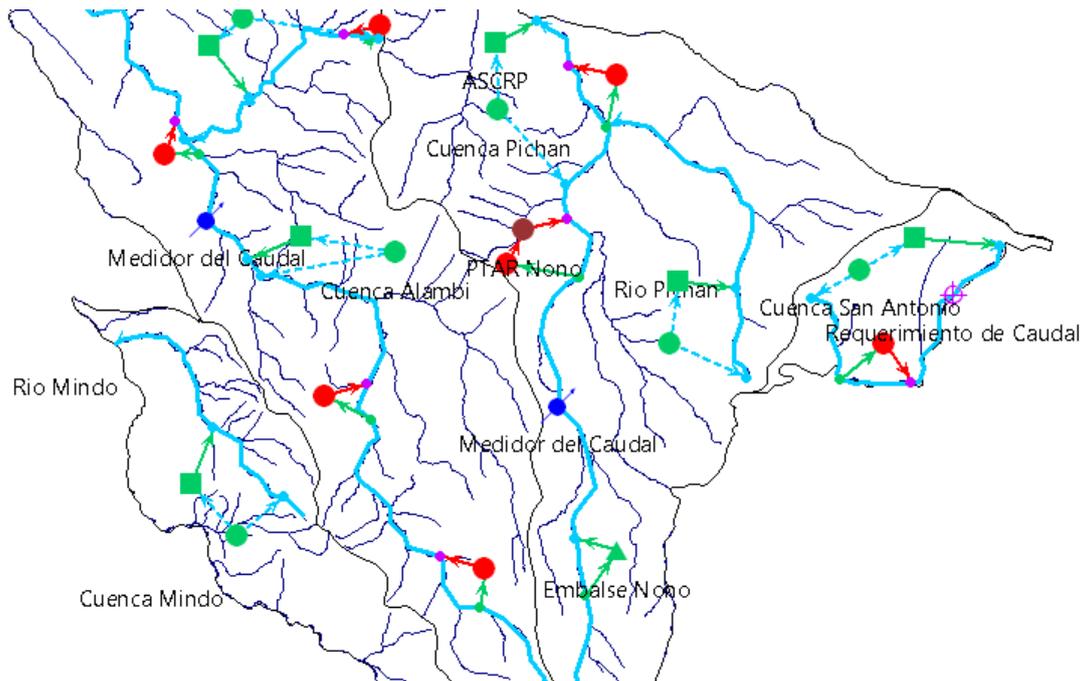


Figura 61. Modelo hidrológico prospectivo

La figura 61 muestra los principales sitios de demanda de la parroquia de Nono representados con el punto rojo, los mismos que concentran la mayor cantidad de personas por kilómetro cuadrado y requieren de mayor suministro de agua. Los puntos y cuadros verdes representan las unidades hidrológicas y los cuerpos de aguas subterránea de cada microcuenca. Los medidores de caudal representados por el círculo azul atravesados por una flecha del mismo color muestran los puntos críticos para monitoreo de caudales. El triángulo verde representa el embalse compensador, mismo deberá ser ubicado en un área perteneciente a la cuenca del río Pichán, lugar donde se presenta la mayor cantidad de demanda de agua en la parroquia. La planta de tratamiento de aguas

residuales, representada por el nodo marrón, se encuentra ubicada en una zona cercana a los principales sitios de demanda de la cabecera cantonal, donde el crecimiento demográfico se vuelve una constante cada año, debido a las actividades turísticas que presenta la parroquia, como a la concentración de vivienda que ofrece un sector que cuenta con sistemas de alcantarillado y agua centralizada. La PTAR minimizará los efectos de efluentes contaminados, hacia el río Pichán.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Nono presentará un incremento poblacional del 9% para el 2020, es decir un promedio de 178 habitantes, lo cual marca una tendencia de crecimiento sostenido que debe ser controlada por el Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia, con miras a mantener la gestión hídrica de recursos de manera sostenida, sustentable y equitativa.

4.3. Incidencias del cambio climático

El ciclo hidrológico del agua se ha visto afectado en los últimos años por diferentes variaciones climatológicas naturales, pero sobre todo por efectos negativos que causa el ser humano en la naturaleza. El calentamiento global y el efecto invernadero son producto de los procesos de explotación recursos naturales, el consumismo desmedido y la industrialización acelerada del mundo tecnológico, todos estos factores mencionados contribuyen activamente a acelerar el derretimiento de los polos, calentar la tierra cada vez más y desfasar las estaciones del año, a tal punto que predecir los cambios climáticos en ciertas zonas de la tierra se ha vuelto todo un reto (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2008).

Los efectos del cambio climático dentro de la parroquia rural de Nono se evidencian dentro de ciertas variables puntuales, como por ejemplo, el desfase de las estaciones climáticas y periodos de lluvia prolongados (precipitación), microclimas muy variados en escasas áreas de influencia, caudales de los ríos que crecen de manera abrupta provocando desbordamiento, incremento de

temperatura en ciertos periodos del año (Calentamiento global), entre otros factores antrópicos tales como; el mal uso del suelo y avance de la frontera agrícola, encargados de potenciar el aceleramiento del cambio climático.

La determinación específica de las variables producto del cambio climático que afectan directamente a los patrones de demanda y suministro, considerando factores naturales y antrópicos, son las siguientes:

- Precipitación
- Temperatura
- Demografía
- Uso y ocupación del suelo

Precipitación

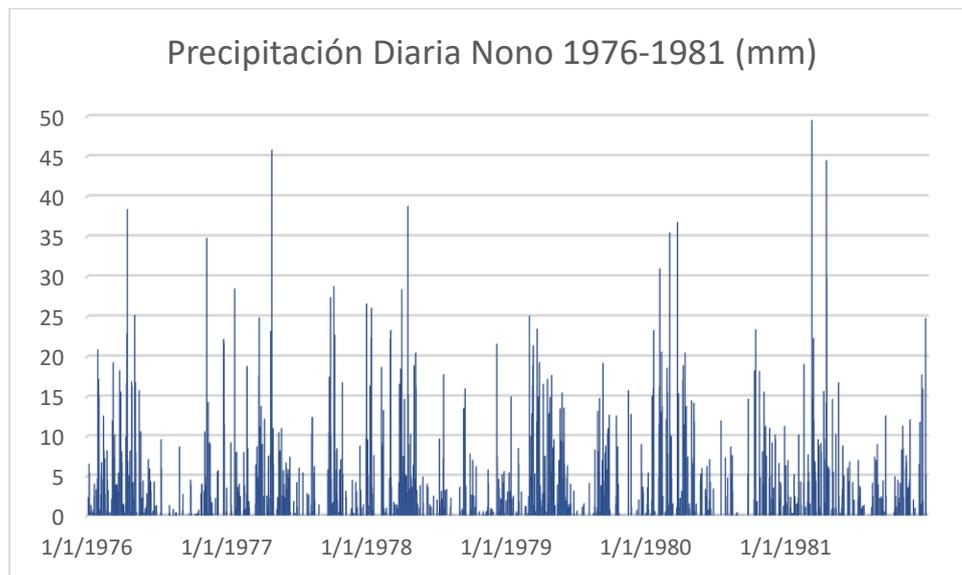


Figura 62. Precipitación diaria de Nono, período 1976-1981

La figura 16 mostraba la precipitación de la parroquia rural de Nono en los años 2010-2015; con la finalidad de conocer los efectos producidos por parte del

cambio climático en los patrones de demanda y suministro de agua, es necesario conocer los índices de precipitación que se presentaron en los años 1976-1981, es decir, 30 años antes del periodo analizado.

La figura 62 muestra los valores de precipitación diaria en el período 1976-1981, con picos diarios de lluvia que sobrepasan los 45 mm. El año 1981 presenta el valor más elevado de precipitación con 50 mm, por otra parte, el año 1979 presenta valores por debajo de 25 mm.

Tabla 47.

Comparación de valores de precipitación

Comparación Valores de Precipitación Cambio Climático (mm)														
Período	Total Mensual												Total (Anual)	Balance Global
(1976-1981)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1976	95,4	70,3	135,6	169,6	109,4	38,7	16,2	11,7	12,1	17	107,3	70,5	853,8	857,8
1977	67,9	53,1	122,6	144,4	52	49,7	17,1	52,1	91,8	119,4	16,4	72,4	858,9	
1978	86,7	95,1	140,4	158,8	84,3	17,3	52	7,4	73,4	21,7	15	71,5	823,6	
1979	51	53,1	191,5	136,4	131,6	27,1	2,7	64,4	100,7	37,6	29,7	29,3	855,1	
1980	105,8	220,7	78,8	169,7	36,9	31,3	26,5	25,2	20	108,6	95,3	44,4	963,2	
1981	36,8	55	161,7	162,8	57,9	26,8	24,5	39,6	24,4	51,6	52,6	98,5	792,2	
Período	Total Mensual												Total (Anual)	Balance Global
(2010-2015)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
2010	11,2	63,5	58,5	217,7	105,8	56,3	103,2	42,5	94,4	28,4	148,2	192,9	1122,6	928,9
2011	109,9	200,3	135,6	326	49,4	24,4	72,6	22	101	41,1	15,3	64,1	1161,7	
2012	231,1	77,4	160,4	246,2	45,7	0	0	0	19,9	111,2	126	15,7	1033,6	
2013	86,2	172,2	50,7	116,4	180,3	9,2	0	14,9	24,2	206,3	5,6	55,7	921,7	
2014	143,2	63,5	197,2	30,6	120,5	20,2	0,7	44,6	27,5	60,1	48,8		756,9	
2015	48,8	117,1	106,7	82	61,4	1,4	23,4	11,3	0	73,4	51,3		576,8	

La tabla 47 muestra el cambio de los valores de precipitación en los últimos 30 años, comprando dos períodos de tiempo distintos. El período de tiempo comprendido entre los años 1976-1981 posee valores totales anuales que van desde 792,2 a 953,2 mm de lluvia, con un balance global promedio de 857,8 mm. Por otra parte, el período de tiempo comprendido entre los años 2010-2015 posee valores totales anuales que van desde 576,8 a 1161,7 mm de lluvia, con un balance global promedio de 928,9 mm.

Es inminente que los índices de precipitación han variado en los últimos 30 años; el período de tiempo 2010-2015 presenta un incremento del 8% de precipitación

en relación al período 1976-1981, es decir, un promedio de 71.1 mm de incremento en el balance global de los 6 años analizados.

Temperatura

El grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático han manifestado que entre los años 1880 y 2012, la temperatura media anual de la tierra ha incrementado en 0,85 grados Celsius. Entre los años 1901-2010 se conoce que el nivel medio del mar incrementó 19 cm, producto de los deshielos de glaciares y cuerpos de hielo (ONU, 2017).

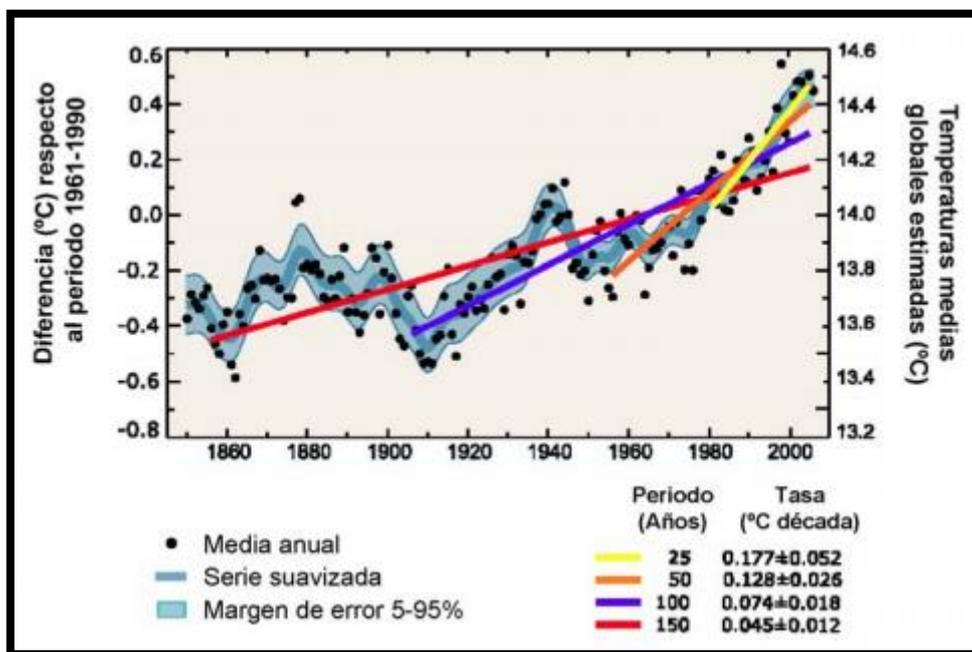


Figura 63. Tendencias en las temperaturas globales

Tomado de Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2007

La figura 63 muestra que en los últimos 100 años el calentamiento global medio en cada década, ha registrado valores de 0,075 °C, teniendo al año 2000 como punto de quiebre en la variación climática global.

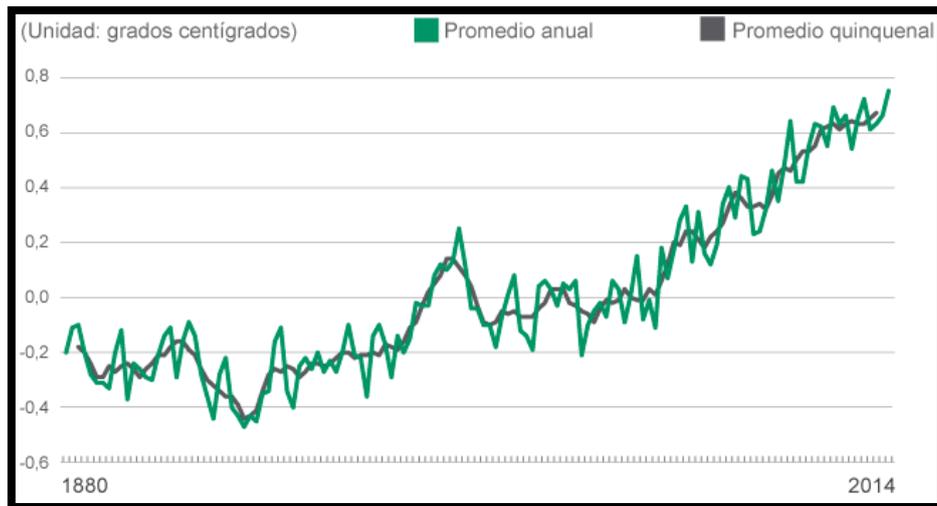


Figura 64. Temperatura global en la superficie

Tomado de NASA-GISS, 2014

La figura 65 muestra que los 10 años más cálidos se han producido desde el año 2000. El año 2014 presentó un incremento en la variación de temperatura de 0,75 grados, constituyéndose en el año más cálido en los últimos 134 años.

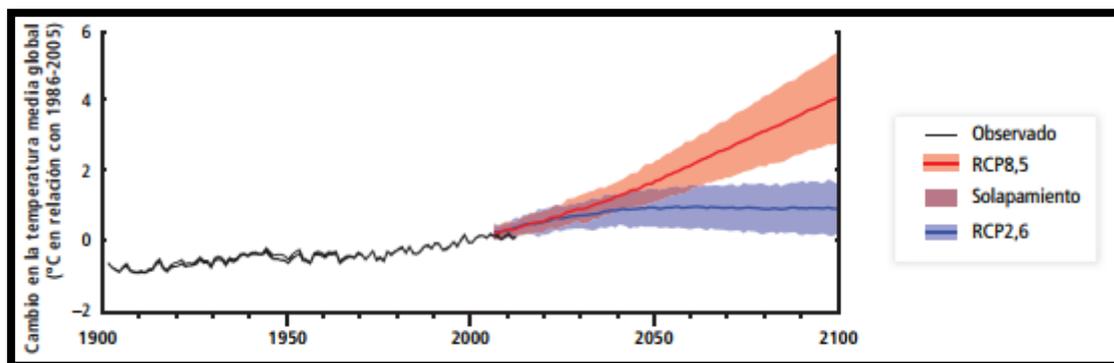


Figura 65. Cambio de temperatura media global

Tomado de Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014

La figura 64 muestra el aumento gradual de temperatura en dos escenarios; el primero representando en color azul con un bajo nivel de emisiones y el segundo representado en color rojo con altos niveles de emisiones de gases del efecto invernadero a la atmósfera, es decir que en el transcurso del siglo XXI existirá un aumento de temperatura con umbrales aproximados entre 1 a 2 °C, con un escenario de emisiones bajo, y de 4°C o superior, con un escenario de emisiones alto.

Con la finalidad de conocer la variación de temperaturas en los períodos analizados, la figura 65 presenta la evolución de temperaturas anuales desde 1880 al 2015.

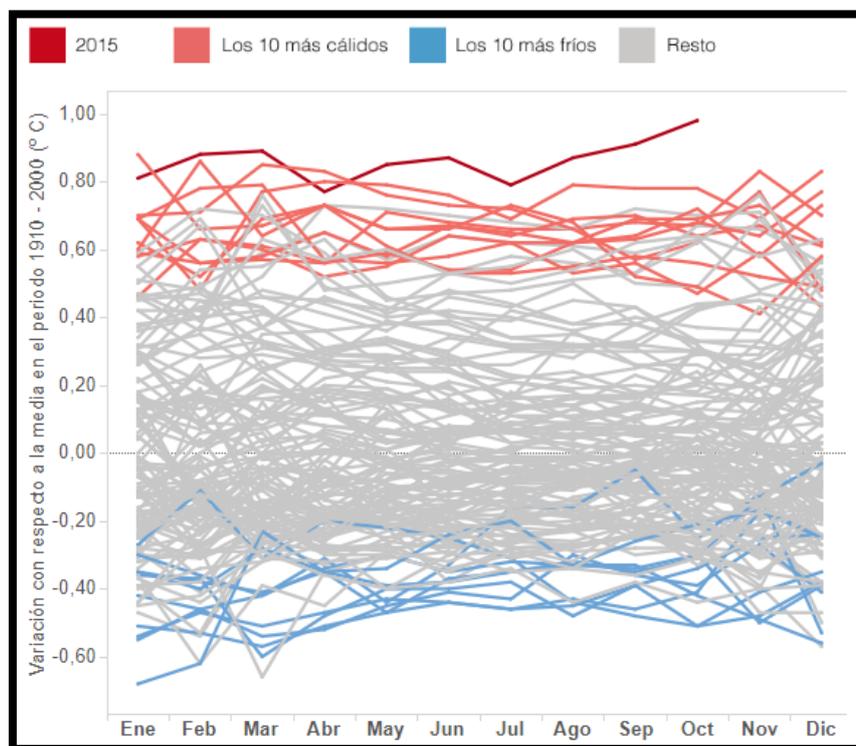


Figura 66. Evolución de temperaturas anuales (1880-2015)

Tomado de National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015

El gráfico interactivo muestra la variación de las temperaturas con respecto a la media en el período 1910-2000, expresada en grados Celsius.

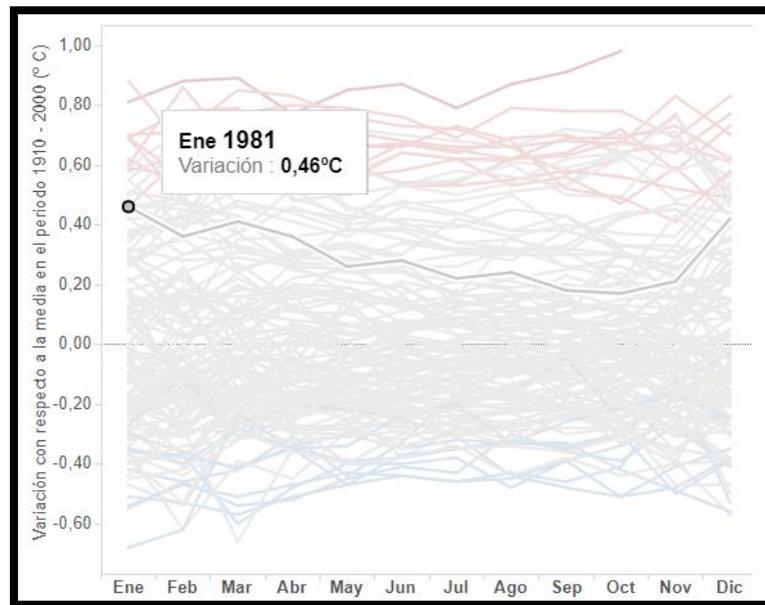


Figura 67. Variación de temperatura año 1981

Tomado de National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015

La figura 67 presenta su pico más alto de variación en el mes de enero, con un estimado de 0,46 grados Celsius. El valor mínimo de variación es de 0,17 grados Celsius en el mes de octubre, y su valor promedio anual es de 0,3 grados Celsius.

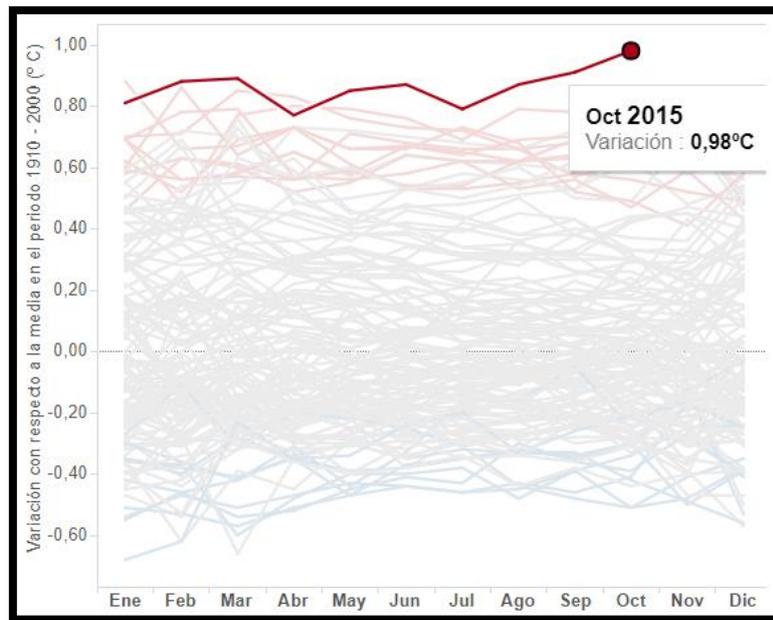


Figura 68. Variación de temperatura año 2015

Tomado de National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015

La figura 68 presenta su pico más alto de variación en el mes de octubre, con un estimado de 0,98 grados Celsius. El valor mínimo de variación es de 0,77 grados Celsius en el mes de abril, y su valor promedio anual es de 0,86 grados Celsius.

Tabla 48.

Comparación de temperaturas Nono

Comparación temperatura de Nono (Celsius)												
Temperatura Mínima												
Período	Total Mensual											Balance Global Promedio
1980-1981	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1980			4,8		6,2	5,5	4,6	4,4	4,5		6,5	5,2
1981	4,9	6,1	6,3	6,4	6,7	6,3	5,1	4,8	4,7	5,2	5,9	5,7
2014-2015	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	
2014			5,8		7,2	6,5	5,6	5,4	5,5		7,5	6,2
2015	5,9	7,1	7,3	7,4	7,7	7,3	6,1	5,8	5,7	6,2	6,9	6,7
Temperatura Máxima												
Período	Total Mensual											Balance Global Promedio
1980-1981	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1980			17			18	19,6	18,6	18,8		19	18,5
1981	18,2	18,1	17	19	19	19,8	18,5	20,7	21,3	20,1	18,5	19,1
2014-2015	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
2014			18			19	20,6	19,6	19,8		20	19,5
2015	19,2	19,1	18	20	20	20,8	19,5	21,7	22,3	21	19,5	20,1
Tasa de decremento= 1 grado Celsius												

La tabla 48 muestra valores comparativos de la temperatura máxima y mínima de los periodos 2014-2015 y 1980-1981, con una tasa de decremento en la temperatura de 1 grado Celsius. Los datos del período 1980-1981 han sido extrapolados en función de los valores actuales de temperatura producto del análisis (2014-2015), con la finalidad de crear un escenario retrospectivo que brinde una noción aproximada de las afecciones que ha provocado el cambio climático en los últimos años, para motivos netamente de modelamiento.

Demografía

Tabla 49.

Tasa de crecimiento poblacional intercensal 2001-2010

DESCRIPCIÓN	POBLACIÓN			Tasa de crecimiento	
	2010	2001	1990	1990-2001	2001-2010
PICHINCHA	2.576.287	2.388.817	1.756.228	2,8	0,84
DMQ	2.239.191	1.839.853	1.396.070	2,51	2,18
NONO	1.732	1.753	1.455	1,69	-0,13

Tomado de INEC, 2010

La tabla 49 muestra una tasa de crecimiento poblacional del 1,69 % en el período 1990-2001, y una tasa de decremento del -0,13 % en el período 2001-2010, es decir, en el año de 1990 existían 1455 habitantes, en el año 2001 este valor incrementa a 1753 habitantes, para finalmente disminuir en el 2010 a 1732 habitantes.

Utilizando el método geométrico o exponencial utilizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos para la determinación de la población futura, se puede realizar un cálculo estimado del número de habitantes que existía en la parroquia rural de Nono en el año de 1980, considerando una tasa de crecimiento del 1,69% y un número de habitantes de 1455, correspondiente al año de 1990.

Cálculo demográfico retrospectivo

Ecuación 3

$$N_t = N_0 (1 + r)^t$$

Donde,

N_t =Población al final del período

N_0 =Población al inicio del período

t =Tiempo en años entre N_0 y N_t

r =Tasa de crecimiento aproximada

El valor de población al inicio del período corresponde al año de 1980 (incógnita), si se rempazan los datos en la ecuación, se obtiene el siguiente resultado:

$$N_0 = N_t / (1+r)^t$$

$$N_0 = 1455 / (1+0,0169)^{10} = 1230 \text{ hab}$$

La población aproximada de la parroquia de Nono en el año 1980 era de 1230 habitantes, es decir, 744 habitantes menos que la población registrada en el año 2015.

Patrones de demanda y suministro análisis retrospectivo

El escenario de análisis retrospectivo considera variables de precipitación, demografía y temperatura, con valores comprendidos en el período 1976-1981, tal como se muestra a continuación:

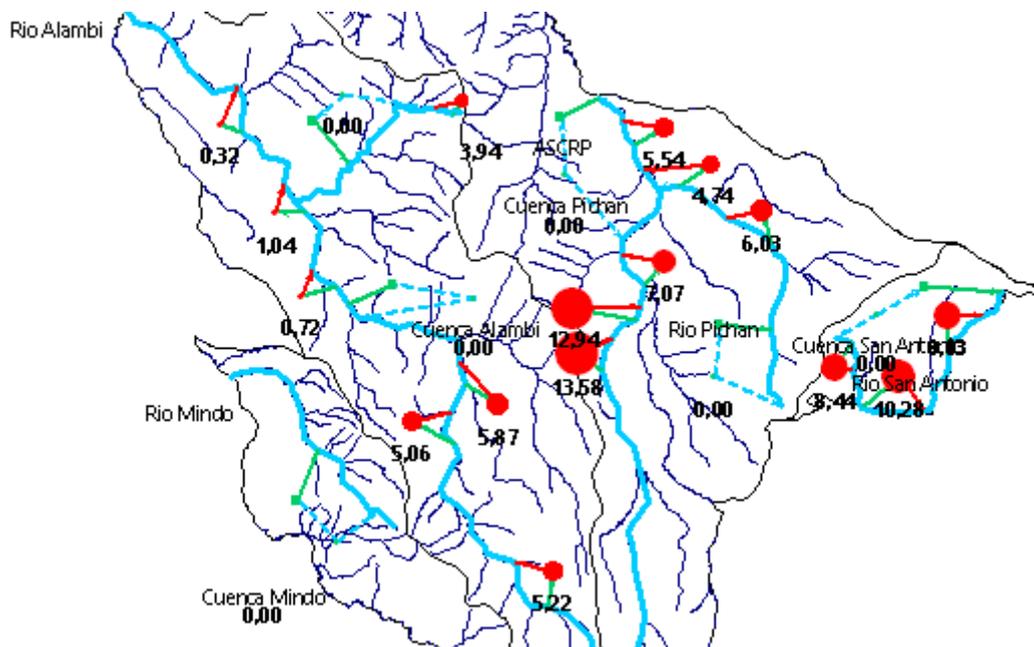


Figura 69. Demanda de agua parroquia de Nono, 1976

La figura 69 muestra los valores de demanda de agua en la parroquia de Nono correspondientes a cada nodo en el año de 1976, con valores que van desde 0,32 mil metros cúbicos a 13,58 mil metros cúbicos anuales.

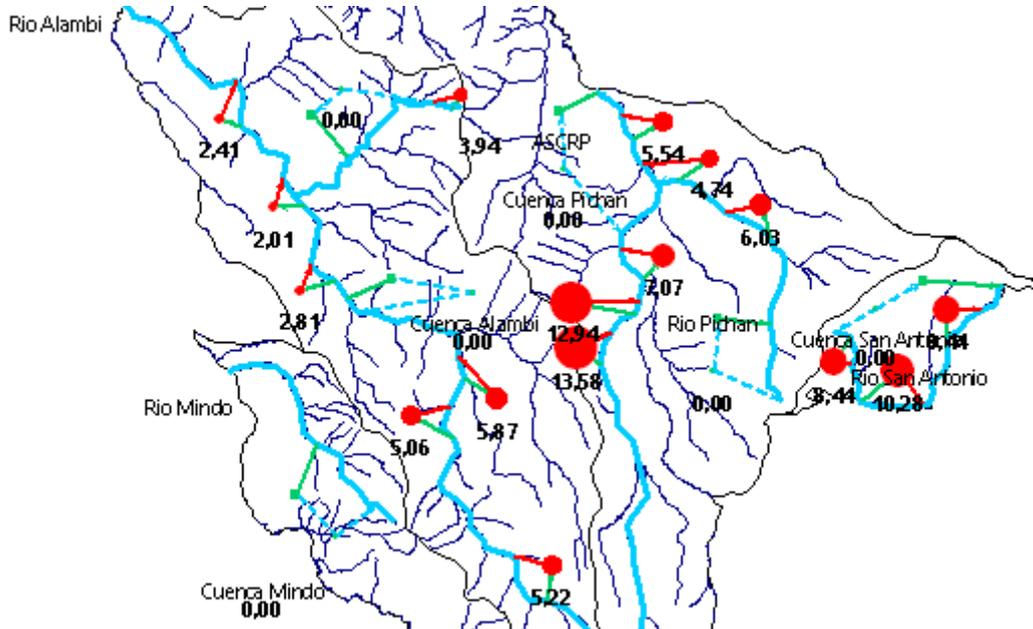


Figura 70. Demanda de agua parroquia de Nono, 1981

La figura 70 muestra los patrones de demanda de agua de la parroquia rural de Nono en el año 1981, con una variación en los nodos de la microcuenca del río Alambi, con valores que van desde 2,01 mil metros cúbicos a 13,58 mil metros cúbicos.

Tabla 50.

Demanda de agua parroquia de Nono, período 1976-1981

Demanda de agua parroquia Nono (m ³)							
Período 1976-1981							
Nodo	Año						Suma
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	
SDRA4	5062,05	5062,05	5062,05	5062,05	5062,05	5062,05	30372,3
SDRA5	5865,55	5865,55	5865,55	5865,55	5865,55	5865,55	35193,3
SDRA6	5222,75	5222,75	5222,75	5222,75	5222,75	5222,75	31336,5
SDRP1	13579,15	13579,15	13579,15	13579,15	13579,15	13579,15	81474,9
SDRP2	12936,35	12936,35	12936,35	12936,35	12936,35	12936,35	77618,1
SDRP3	7070,8	7070,8	7070,8	7070,8	7070,8	7070,8	42424,8
SDRP4	6026,25	6026,25	6026,25	6026,25	6026,25	6026,25	36157,5
SDRP5	4740,65	4740,65	4740,65	4740,65	4740,65	4740,65	28443,9
SDRP6	5544,15	5544,15	5544,15	5544,15	5544,15	5544,15	33264,9
SDRSA1	8436,75	8436,75	8436,75	8436,75	8436,75	8436,75	50620,5
SDRSA2	10284,8	10284,8	10284,8	10284,8	10284,8	10284,8	61708,8
SDRSA3	8035	8436,75	8436,75	8436,75	8436,75	8436,75	50218,75
Todos los demás	6026,25	11168,65	11168,65	11168,65	11168,65	11168,65	61869,5
Suma	98830,5	104374,65	104374,65	104374,65	104374,65	104374,65	620703,75

La tabla 50 muestra los valores de demanda de agua de la parroquia rural e Nono en el periodo 1976-1981, con valores totales anuales de 98,83 mil metros cúbicos de agua en el año 1976, 104,37 mil metros cúbicos en el período 1977-1981. El promedio anual de demanda es de 103,45 mil metros cúbicos y el balance global de demanda es de 620,7 mil metros cúbicos.

Demanda no cubierta

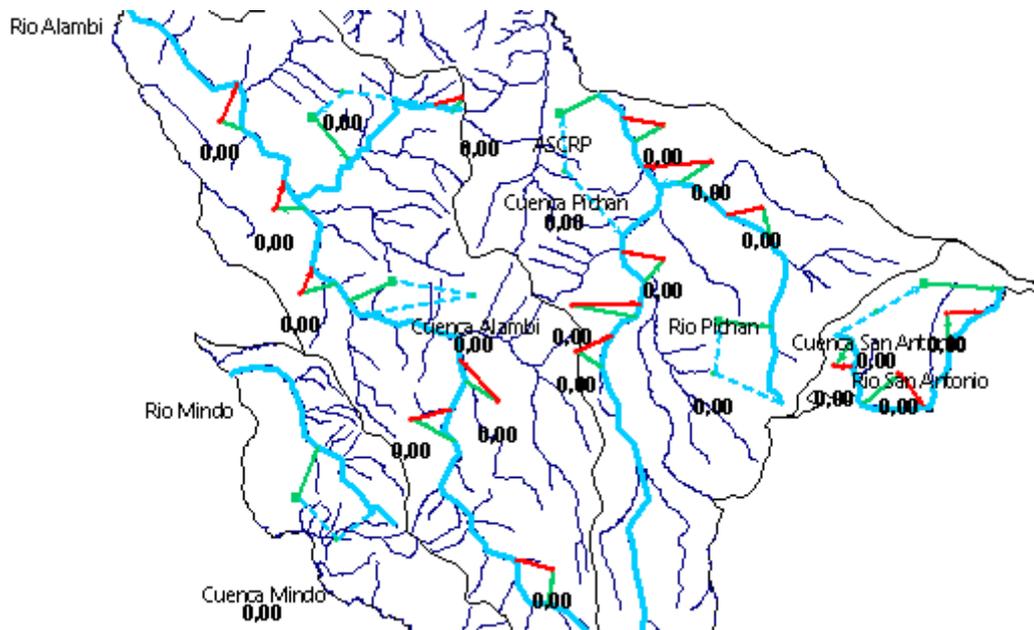


Figura 71. Demanda no cubierta, período 1976-1981

La figura 71 muestra que la demanda no cubierta es inexistente en la parroquia rural de Nono, en el periodo analizado de forma retrospectiva (1976-1981).

El balance hídrico global de los patrones de demanda y suministro de agua en la parroquia rural de Nono, muestra la alteración de los índices de precipitación, temperatura y demografía en los últimos 30 años, provocando cambios en los valores de demanda de agua y demanda no cubierta, ratificando de esta manera los efectos del cambio climático sobre el lugar analizado.

Por otra parte, es de suma importancia considerar que la parroquia rural de Nono se encuentra en una zona aislada con respecto a la ciudad capital, por lo que los factores de contaminación atmosférica, ruido y contaminación lumínica son poco evidentes en el lugar.

Uso y ocupación del suelo

Tabla 51.

Incidencias directas e indirectas del climático sobre el uso y ocupación del suelo, considerando potenciadores antrópicos

Incidencias Directas e Indirectas del Cambio Climático sobre el Uso y Ocupación del Suelo, considerando Potenciadores Antrópicos			
Matriz Causa-Efecto			
Causas	Efectos	Nivel de Incidencia	Catalogación de Causas
Aumento de la temperatura	Períodos de sequía más prolongados, evaporación de cuerpos hídricos superficiales utilizados como agua de riego, desfase de los períodos de cosecha	Bajo	Incidencia directa
Aumento de los índices de precipitación	Inundación de sectores cercanos a los cauces hídricos, deslizamiento de laderas y pendientes, erosión hídrica, pérdida de cultivos	Medio	
Alteración del ciclo hidrológico	Crecida abrupta de los ríos en épocas de invierno, precipitaciones prolongadas, temperaturas por debajo de los parámetros normales	Alto	
Uso inadecuado del suelo	Erosión del suelo, compactación, pérdida de zonas productivas, destrucción de reservas ecológicas	Bajo	Incidencia indirecta
Avance de la Frontera Agrícola	Monocultivos, uso de fertilizantes y herbicidas dañinos, deforestación de zonas boscosas y arbustivas		
Sobrepastoreo	Pérdida de la capa arable del suelo, compactación, desestabilización mineral del suelo por desechos orgánicos		
Movimientos migratorios	Sobrepoblación en sectores vulnerables, crecimiento demográfico descontrolado, migraciones masivas por falta de recursos		

Contaminación de cuerpos hídricos superficiales	Mala calidad de agua utilizada para riego y consumo, represamiento de agua por sedimentos producto de la actividad humana, intoxicación de personas y animales por consumo directo o indirecto de agua	Medio	Potenciador Antrópico
Quema de materia orgánica	Incendios forestales descontrolados, afectación de zonas de protección ecológica, emisión de gases del efecto invernadero a la atmósfera		
Parroquia rural de Nono			

La tabla 51 muestra las incidencias directas e indirectas del cambio climático sobre el uso y ocupación del suelo en la parroquia rural de Nono, considerando potenciadores antrópicos. Cabe mencionar que la tabla se elaboró con información base de las figuras sobre descripción de suelo de la parroquia de Nono (Figura 9), pendientes de la parroquia de Nono (Figura 10) y Nono ecológico (Figura 11), correspondientes al Capítulo 1 (Marco Referencial); además se utilizó información general de figuras sobre textura y taxonomía de la parroquia de Nono (Figura 31), uso y cobertura del suelo parroquia rural de Nono (Figura 32) y aptitudes agrícolas parroquia Nono (Figura 33), correspondientes al apartado 3.2. Uso y ocupación del suelo, perteneciente al Capítulo 3. Los datos sobre demografía Nono (Tabla 22) y tasa de crecimiento poblacional intercensal 2001-2010 (Tabla 49), sirvieron de recursos complementarios en el análisis.

El análisis de los niveles de incidencia destaca la alteración del ciclo hidrológico, con un nivel alto de incidencia; la contaminación de los cuerpos hídricos superficiales, la quema de materia orgánica y el aumento de los índices de precipitación, con un nivel de incidencia medio, por otra parte, el aumento de temperatura, los movimientos migratorios, el avance de la frontera agrícola, el uso inadecuado del suelo y el sobrepastoreo, presentan un nivel de incidencia bajo.

La catalogación de causas, en función de los efectos del cambio climático sobre el uso y ocupación de suelo, presenta puntos de incidencia directa sobre los

factores de precipitación, temperatura y cambio del ciclo hidrológico; incidencia indirecta en factores como: uso inadecuado del suelo, avance de la frontera agrícola, sobrepastoreo y movimientos migratorios; finalmente la contaminación de cuerpos hídricos superficiales y la quema de materia orgánica se consideran potenciadores antrópicos del cambio climático.

Los patrones de demanda y suministro de agua en la parroquia de Nono podrían verse afectados por las incidencias del cambio climático sobre el uso y ocupación del suelo. Las elevadas temperaturas en ciertos meses del año y los desfases recurrentes del ciclo hidrológico, causan períodos de sequía prolongados, afectando los cultivos de siembra; a esto se le suma, las migraciones inesperadas, las cuales producen mayor demanda de agua en sectores alta concentración demográfica. Otros factores como: el riego desmesurado y el sobrepastoreo disminuyen el recurso hídrico de consumo humano.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El periodo de tiempo analizado correspondiente a los años 2010-2015, el año 2011 la mayor crecida del caudal de los diferentes cuerpos hídricos de la parroquia rural de Nono, lo cual se relaciona directamente con la cantidad de pluviosidad que cayó en la Nono en el transcurso de este año, representando el período invernal más fuerte en el rango de análisis escogido.

El año 2015, por otra parte, contiene los índices de los menores caudales registrados en el período analítico 2010-2015, llegando a tener valores estimados correspondientes en algunos casos a la mitad del caudal que existió en el año 2011, esto puede deberse al proceso natural del ciclo hidrológico o a la falta de lluvias en dicho año. El desfase de las estaciones meteorológicas representa un aspecto preocupante en lo que al cambio climático se refiere, ya que existen años con inviernos que traspasan las barreras del período de verano y viceversa, haciendo de los periodos de inundaciones en el caso del invierno y de sequía en casos del verano, una variable cambiante año tras año en el Ecuador.

El río Alambi presenta el mayor caudal en la parroquia rural de Nono, sin embargo, la mayor concentración de población se encuentra ubicada en la cabecera cantonal de la cuenca del río Pichán y parte del Río San Antonio, por lo que aprovechamiento del caudal del río Alambi no es proporcional a sus niveles de agua superficial.

El río Pichán constituye el segundo cuerpo hídrico de mayor caudal en la parroquia de Nono, abasteciendo a 6 sitios de demanda incluyendo la cabecera cantonal de la parroquia, lamentablemente el caudal de este río no representa un valor ni siquiera cercano al volumen de caudal del río Alambi, ocasionando que la distribución del agua en la parroquia no sea equitativa.

Tanto el río Cinto, como el río Mindo, no aportan con la demanda de agua a los habitantes de Nono, ya que se encuentran en zonas donde no existen densidad demográfica conocida.

El año que posee mayor cantidad de infiltración (caudal de escorrentía) es el año 2011, tanto de las cuencas hidrográficas al río, como a las aguas subterráneas. El aporte de la precipitación en el período invernal del año 2011 hace que los niveles de humedad promedio, fracciones de nubosidad y velocidades promedio del viento aumenten, acelerando coeficientes de infiltración de manera significativa.

Los caudales de infiltración promedio proveen de agua a las unidades hidrológicas, haciendo que los caudales de los ríos crezcan notablemente en los periodos invernales, además de saturara la capacidad de almacenamiento de ciertos cuerpos de agua subterráneos, los mismos que llegarán al equilibrio hidráulico en las épocas de verano.

Los periodos de verano prolongados disminuyen notablemente el cauce de los ríos, este fenómeno se observa principalmente en los meses de julio a diciembre con caudales que disminuyen en ciertos casos a menos de la mitad con relacionan a los meses de invierno, en el caso del río Alambi y de agosto a noviembre en el caso del río Pichán.

Los sitios de demanda más significativos de la parroquia rural de Nono corresponden a los ubicados en la cabecera cantonal y a la quebrada de monjas, como parte del río San Antonio, representando aproximadamente el 56% del suministro de demanda neta del lugar, en el periodo comprendiente entre los años 2010 y 2015.

La distribución porcentual de la demanda en la parroquia de Nono en el período comprendido entre los años 2010-2015 se manifiesta de la siguiente manera: los nodos de demanda de la cuenca del río Pichán corresponden al 47,99%, los nodos de demanda de la cuenca del río San Antonio corresponden al 23,39%, siendo estos dos últimos valores los puntos de demanda más representativos con un total de 71,28% de la demanda total de la parroquia. En la cuenca del río

Alambi, por otra parte, existen tres nodos que representan cierta significancia de demanda dentro de la parroquia, estos se encuentran ubicados en la zona centro oeste y sur oeste de la parroquia, figurando con un valor porcentual de 18,11. El 10,51% restante constituye los demás nodos de demanda de la parroquia, los mismos que no suman valores relevantes debido a la poca concentración demográfica en dichos puntos.

La parroquia rural de Nono necesita en promedio un total de suministro neto de agua de 181,01 mil metros cúbicos por años, para satisfacer las necesidades de 1974 habitantes aproximadamente.

La demanda no cubierta de la parroquia rural de Nono establece una problemática a tomar en cuenta en un futuro cercano por parte de las autoridades de Gobierno Autónomo Descentralizado del sector, ya que existen 4 puntos críticos que presentan déficits de agua en periodos de tiempo determinados. Los años 2010 y 2011 obedecen a un período de auge hídrico en la parroquia, por lo que todos los puntos de la zona satisfacen sus necesidades hídricas de manera vasta; el problema surge en el periodo de tiempo comprendido entre los años 2012 al 2015, especialmente en los nodos de demanda de la Quebrada de Monjas, como parte de ríos San Antonio, y en el nodo de demanda más alejado de la cuenca del río Alambi, ubicado en el sector noroeste de la parroquia. La demanda no cubierta de los tres nodos de la cuenca del río San Antonio es de 23.4 mil metros cúbicos en el período comprendido entre los años 2012 al 2015, representando el 81,99% de la demanda faltante en la parroquia. Por otra parte, el nodo ubicado en sector noroeste de la parroquia, tiene un valor de 5,14 mil metros cúbicos de agua faltante, lo que representa el 18 % de la demanda no cubierta en la parroquia.

La cabecera cantonal representa un punto crítico en el proyecto de gestión de los recursos hídricos por parte de las autoridades del Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia Nono, en el camino por lograr el aprovechamiento sustentable, ya que en dicha zona existe la mayor concentración de habitantes de la parroquia, y los mayores índices de demanda van desde 9,24 a 17,36 mil metros cúbicos anuales.

La cantidad de agua anual consumida por parte de los 1974 habitantes del Nono (Población año 2015), asciende a 158610,9 metros cúbicos, con una tasa de consumo anual de 80,35 metros cúbicos por habitante.

Los caudales máximos anuales por parte de los 5 ríos principales que atraviesan la parroquia, ascienden a 538,94 millones de metros cúbicos, de este valor los habitantes de Nono consumen aproximadamente un 5% de total de agua generada por los ríos, es decir, un valor de 26,95 millones de metros cúbicos anuales, considerando consumo personal, actividades de riego, canalización de agua hacia cultivos y consumo animal.

Los acuíferos de la parroquia de Nono pueden albergar cantidad de 3,44 millones de metros cúbicos hasta 351,52 millones de metro cúbicos en promedio mensual, dichas cifras serán las encargadas de nivelar el ciclo hidrológico en los períodos de verano, proveyendo de agua a los cuerpos hídricos superficiales.

Considerando un coeficiente de extracción del 5% de agua subterránea, en función de la capacidad media de almacenamiento, los acuíferos de la parroquia rural de Nono fueron capaces de proveer un valor de 6,78 millones de metros cúbicos en el período analítico 2010-2015.

El modelo hidrológico prospectivo, con miras al aprovechamiento sustentable, concentra los puntos principales de gestión dentro la parroquia de Nono, priorizando criterios de concentración demográfica, demanda no cubierta y mayores caudales mensuales, con la finalidad de colocar instrumentación e infraestructura que ayude a suministrar, controlar y gestionar los recursos de Nono de una manera apropiada; entre los mecanismos instrumentales propuestos constan: una planta de tratamiento de agua modernizada aledaña a la cabecera cantonal, medidores de caudal en los principales cauces hídricos (Monitoreo de caudales), embalses o sistemas de captación de agua en puntos críticos de abasto y simbología de gestión en zonas con requerimiento de caudal.

El balance global de precipitación en función de los efectos del cambio climático sobre los patrones de demanda y suministro de agua, proporciona información alarmante sobre el cambio de los ciclos hidrológicos en la parroquia de Nono. En

el período 1976-1981, el valor anual promedio de precipitación fue de 857, 88 mm, en cambio en el período 2010-2015, el valor anual promedio de precipitación asciende a 928,9 mm, de esta manera se ratifica los efectos del cambio climático en el aumento de los índices de precipitación en los últimos 30 años.

El calentamiento global producto de la industrialización y la emisión de los gases del efecto invernadero a la atmósfera, ha provocado un calentamiento de la tierra sin precedentes en los últimos 100 años, especialmente desde el año 2000 hasta el presente. La temperatura de la tierra ha aumentado en 1 grado Celsius en los últimos años, proyectando valores de aumento de hasta 4 grados en las próximas décadas.

La variación de temperatura en el año 1981 con respecto a la media del período 1910-2000 fue de 0,46 grados Celsius.

La variación de temperatura en el año 2015 con respecto a la media del período 1910-2000 fue de 0,98 grados Celsius.

Los índices de temperatura mínima y máxima en la parroquia de Nono, han aumentado en aproximadamente un grado Celsius en las últimas 3 décadas, con relación al período analítico 2010-2015.

En el año de 1980 los efectos del cambio climático eran poco evidentes y la concentración demográfica de parroquia de Nono tenía 744 habitantes menos que en la actualidad, es decir 1230 habitantes, por lo cual los patrones de demanda y suministro de agua no representaban un problema en la correcta gestión de los recursos hídricos.

El análisis retrospectivo muestra que la demanda de agua en el período 1976-1981 presentó valores totales anuales de 98,83 mil metros cúbicos de agua en el año 1976 y 104,37 mil metros cúbicos en el período 1977-1981, por otra parte, el promedio anual de demanda fue de 103,45 mil metros cúbicos y el balance global de demanda fue de 620,7 mil metros cúbicos, en cambio si se comparan estos valores con el análisis del período 2010-2015, se tiene que, el promedio

anual de demanda fue de 150,84 mil metros cúbicos y el balance global de demanda fue de 905,06 mil metros cúbicos.

El período 1976-1981 presentó índices demográficos relativamente bajos, ciclos hidrológicos estables y hábitos de consumo con un alto grado de conciencia, por lo que la demanda no cubierta en estos años fue de 0 metros cúbicos, es decir, existió cobertura total de suministro en toda la parroquia.

El cambio climático además de desestabilizar las variables climatológicas, tiene un impacto negativo sobre uso y ocupación del suelo dentro de la parroquia de Nono; acciones antrópicas negligentes propias de la cotidianidad, o naturales producto del calentamiento global, han provocado que las causas del cambio climático se potencien, causando efectos negativos sobre el suelo. La alteración del ciclo hidrológico (Índices elevados de precipitación), aumento de la temperatura, uso inadecuado del suelo y los movimientos migratorios desnaturalizan las propiedades del suelo, desencadenado la pérdida de cultivos, erosión y compactación del suelo, deforestación de zonas protegidas e invasión de lugares poco habitables; esto dificulta la correcta gestión y distribución equitativa de recursos hídricos dentro de la parroquia, por parte de las autoridades de control, causando un desequilibrio progresivo en los patrones de demanda y suministro de agua.

Es innegable que los indicios del cambio climático afectan significativamente a las parroquias rurales de la capital, ya que en la mayoría de ocasiones no poseen sistemas de agua potable y alcantarillado parcializados, dependiendo de los recursos naturales, como cauces de ríos, cuerpos de agua subterránea o sistemas de recolección de agua lluvia. La parroquia rural de Nono no es la excepción a esta problemática, ya que existen pequeños poblados en la parroquia que no tiene acceso al recurso agua, teniendo que recoger agua lluvia para satisfacer sus necesidades de consumo. El problema central surge en los periodos de escasez de lluvia, donde los pobladores de los sectores críticos tienen que movilizarse grandes distancias para conseguir agua, lo cual no debería suceder en una parroquia llena de cuerpos hídricos y ramales de cauce alternativos. Las estaciones meteorológicas son impredecibles, los retrasos o

adelantos de los períodos de invierno y verano, han hecho que los habitantes de Nono no sepan a ciencia cierta cuando se van a presentar los periodos de escases prolongada y cuando van a tener una disposición masiva de recurso, por lo que el GAD de Nono debe comenzar a explotar los recursos hídricos de la zona, ya sean estos superficiales o subterráneas, con la finalidad de disminuir la incertidumbre de consumo en los periodos de sequía.

Finalmente se concluye de manera general que el sistema hídrico de la parroquia de Nono es capaz de satisfacer la demanda de los pobladores de la zona de manera integral a corto y mediano plazo; lamentablemente no existe un modelo de explotación sostenida del recurso agua por parte de los habitantes y autoridades de Nono que garantice la disponibilidad del agua en un futuro, ya sea por desconocimiento en tácticas de gestión, omisión de criterios hidrológicos básicos, o falta de inversión en programas de estudio sobre el correcto aprovechamiento de recursos hídricos.

5.2. Recomendaciones

El Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia rural de Nono no contempla un proceso de gestión integral de los recursos hídricos como marco prioritario del modelo de trabajo propuesto en el periodo 2012-2025, por lo que se recomienda de manera primordial lo siguiente:

Atender a las necesidades de la demanda de agua faltante en los diferentes puntos críticos de la parroquia.

Explotar de manera sostenida los recursos hídricos superficiales y subterráneos existentes, especialmente en las zonas de difícil acceso al agua potable.

Mantener una expansión demográfica planificada, con el fin de tener fácil acceso a los recursos básicos de primer orden.

Realizar las investigaciones pertinentes sobre la presencia de cuerpos hídricos subterráneos en la parroquia, su ubicación, profundidad a la que se encuentran y capacidad de almacenamiento promedio.

Construir una planta de tratamiento de aguas residuales, con el objetivo de evitar la contaminación de los cuerpos de agua colindantes a las áreas de vivienda.

Represar o reencausar el caudal de los principales ríos de la parroquia rural de Nono, hacia un reservorio centralizado, que provea agua a los habitantes del sector, especialmente en tiempos de sequía, contribuyendo de esta forma al consumo sostenido.

Colocar medidores de caudal en tramos específicos de los principales cuerpos de agua superficiales de la parroquia, con el fin de monitorear constantemente las eventuales variaciones de flujo hídrico.

Registrar periódicamente las variaciones de caudal presentadas en los distintos puntos de control, creando una base de datos histórica, que contribuya a la realización de estudios hídricos posteriores.

Elaborar un plan de mitigación actual y prospectivo dentro del Plan de Ordenamiento Territorial, sobre el desarrollo hídrico sustentable y las incidencias del cambio climático en los patrones de consumo y suministro de agua.

REFERENCIAS

- Agencia Insular de Energía de Tenerife. (2017). *El Cambio Climático*. Tenerife: IPCC. Recuperado el 14 de marzo de 2017 de: http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49b53f6e7cf76/1236619506_graficas_informe_ipcc.pdf
- Banco Mundial. (2016). *Panorama del Banco Mundial sobre agua*. Recuperado el 5 de abril de 2017 de: <http://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>
- Bono, R. (2007). *Diseños Experimentales*. Barcelona, Catalunya, España: Dpto. de Metodología de las Ciencias del Comportamiento. Recuperado el 18 de mayo de 2017 de: <http://www.ub.edu/deia/index.php>
- Burbano, Napoleón; Becerra, Simón; Pasquel, Efrén . (2015). *Introducción a la Hidrogeología del Ecuador*. Recuperado el 2 de junio de 2017 de: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/HIDROGEOLOGIA_2%20EDICION_2014.pdf
- Cattaneo, M., & López, E. (2010). *Los ciudadanos y su relación con el agua*. Recuperado el 25 de noviembre de 2016 de: http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2012/cyt/numero10/10N_ISEU_CyT08.pdf
- Churches, A. (2009). *Taxonomía del Bloom para la Era Digital* . Recuperado el 18 de septiembre de 2016 de: <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/TaxonomiaBloomDigital>
- Dávila, G. (2006). *El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales*. Recuperado el 20 de noviembre de 2016 de: <http://www.redalyc.org/pdf/761/76109911.pdf>
- Definición ABC. (2017). *Definición ABC* . Recuperado el 12 de marzo de 2017 de: <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/precipitacion.php>
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos & Servicio de Conservación de Recursos Naturales. (2006). *Claves para la taxonomía de Suelos*. Montecillo.
- Diccionario del Manual de Lombricultura. (2017). *Manual de Lombricultura*. Recuperado el 1 de abril de 2017 de: <http://www.manualdelombricultura.com/glosario/pal/119.html>

- Ecuador País Turístico. (2017). *Ecuador País Turístico*. Recuperado el 13 de mayo de 2017 de: <http://www.paisturistico.com/ecuador/mindo/attractivos/mindorio>
- Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Saneamiento. (2017). *EPMAPS*. Recuperado el 30 de abril de 2017 de: <https://www.aguaquito.gob.ec/>
- Esri. (2016). *ArcGis*. Recuperado el 7 de diciembre de 2016 de: <https://www.arcgis.com/features/index.html>
- FAO. (2011). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 13 de diciembre de 2016 de: <http://www.fao.org/home/es/>
- Garcés, J., & Duque, E. (2007). *Metodología para el análisis y la revisión crítica de artículos de investigación*. Recuperado el 12 de diciembre de 2016 de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-50512007000100011
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Lloa. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Lloa*. Recuperado el 9 de mayo de 2017 de: http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/leytransparencia/literal_k/ppot/dmq/ppdot_lloa.pdf
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Mindo. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Mindo*. Recuperado el 19 de mayo de 2017 de: http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/leytransparencia/literal_k/ppot/sanmiguelban/ppdot_mindo.pdf
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Nono 2012-2025*. Recuperado el 2 de marzo de 2017 de: http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/leytransparencia/literal_k/ppot/dmq/ppdot_nono.pdf
- González, L. (2016). *Fundamentos básicos de Investigación*. Recuperado el 7 de diciembre de 2016 de: [file:///C:/Users/Varela%20Cevallos/Downloads/Fundamentos%20de%20Investigaci%C3%B3n%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Varela%20Cevallos/Downloads/Fundamentos%20de%20Investigaci%C3%B3n%20(2).pdf)
- Google Earth. (2017). *Google Earth*. Recuperado el 12 de marzo de 2017 de: <https://www.google.com/intl/es/earth/>

- Google Maps. (2017). *Google Maps*. Recuperado el 13 de marzo de 2017 de: <https://www.google.es/maps/>
- Grisales, J. (2014). *Propiedades Físicas y Mecánicas de los Suelos*. Recuperado el 23 de abril de 2017 de: http://www.academia.edu/6386237/PROPIEDADES_FISICAS_Y_MECHANICAS_DE_LOS_SUELOS
- Grupo Chegg. (2016). *Normas APA*. Recuperado el 7 de diciembre de 2016 de: <http://normasapa.com/citas/>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2007). *Cambio Climático 2007 Informe de Síntesis*. Ginebra: Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2008). *El Cambio Climático y el Agua*. Recuperado el 14 de junio de 2017 de: <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/ccw/climate-change-water-sp.pdf>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2014). *Cambio Climático 2014*. Ginebra: Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo II. Recuperado el 4 de junio de 2017 de: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2014). *El Quinto Reporte de Evaluación del IPCC*. Ginebra: Alianza Clima y Desarrollo. Recuperado el 25 de junio de 2017 de: <https://cdkn.org/wp-content/uploads/2014/12/INFORME-del-IPCC-Que-implica-para-Latinoamerica-CDKN.pdf>
- Guzmán, I. (2013). *Base para la Planificación del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca Alta y Media del Río Tempisque, Costa Rica*. Heredia: Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Holdridge, L. (1967). *Life Zone Ecology*. San José: IICA.
- IAEA. (2016). *Proyecto Arcal*. Recuperado el 15 de diciembre de 2016 de: <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/07/1-Aguas-subterra%C2%A6%C3%BCneas.pdf>
- Instituto Geográfico Militar. (2017). *GeoPortal*. Recuperado el 22 de febrero de: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>

- Instituto Geológico y Minero de España. (2011). *Ministerio de Educación y Ciencia*. Recuperado el 24 de enero de 2016 de: http://www.mapama.gob.es/imagenes/en/0904712280005fc9_tcm11-17906.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censos . (2017). *INEC*. Recuperado el 22 de febrero de: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *INEC- Base de Datos Censo Población y Vivienda* . Recuperado el 2 de mayo de 2017 de: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). *Matriz de Análisis Demográfico*. Quito.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2016). *INAMHI*. Recuperado el 7 de diciembre de 2017 de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- Lexicoon . (2017). *Lexicoon Diccionario* . Recuperado el 14 de mayo de 2017 de: <http://lexicoon.org/es/altitud>
- Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. (2017). *Instituto Geológico y Minero de España*. Recuperado el 11 de abril de 2017 de: <http://www.igme.es>
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2017). *La Radiación Solar*. Recuperado el 4 de abril de 2017 de: http://www.aemet.es/documentos/es/el tiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf
- National Aeronautics and Space Administration . (2014). *Goddard Institute for Space Studies*. Recuperado el 30 de mayo de 2017 de: <https://www.giss.nasa.gov/>
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2015). *El Mundo*. Recuperado el 20 de junio de 2017 de: <http://www.elmundo.es/grafico/ciencia/2015/12/02/565df2a4268e3e82728b4666.html>
- ONU-DAES. (2014). *Decenio Internacional para la Acción "El agua fuente de vida" 2005-2015*. Recuperado el 22 de junio de 2017 de: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/iwrm.shtml>
- Ordóñez, A., Andrés, C., Jardón, S., Álvarez, R., Pendás, F., & Jorge, L. (2008). *Aprovechamiento de las Aguas Subterráneas como Recurso Hídrico*

Energético. Recuperado el 2 de noviembre de 2017 de: https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1063352

Ordóñez, J. (2011). *Global Water Partnership*. Recuperado el 15 de septiembre de 2016: de http://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf

Orellana, I. J. (2005). *Conducción de las Aguas*. Recuperado el 25 de enero de 2017 de: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_07_Conduccion_de_las_Aguas.pdf

Organización de las Naciones Unidas. (2017). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 6 de julio de 2017 de: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *Textura del Suelo*. Recuperado el 20 de abril de 2017 de: ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s06.htm

Organización Meteorológica Mundial. (2015). *OMM El agua*. Recuperado el 18 de marzo de 2017 de: <https://public.wmo.int/es/nuestro-mandato/el-agua>

OSGeo. (2017). *OSGeo*. Recuperado el 19 de mayo de 2017 de: <http://www.osgeo.org/>

Plan de Manejo Bosque Protector Mindo-Nambillo. (2005). *Gobierno Autonomo Descentralizado de la Parroquia de Mindo*. Recuperado el 5 de marzo de 2017 de: http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/leytransparencia/literal_k/ppot/sanmiguelban/ppdot_mindo.pdf

Rébori, M., Querner, E., Feler, M., & Barrionuevo, N. (2010). *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*. Recuperado el 23 de noviembre de 2016 de: <http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/revista-geosig/2010/REBORI-QFB.pdf>

RWL Water News Team. (2016). *RWL Water*. Recuperado el 8 de marzo de 2017 de: <https://www.rwlwater.com/que-es-la-percolacion/?lang=es>

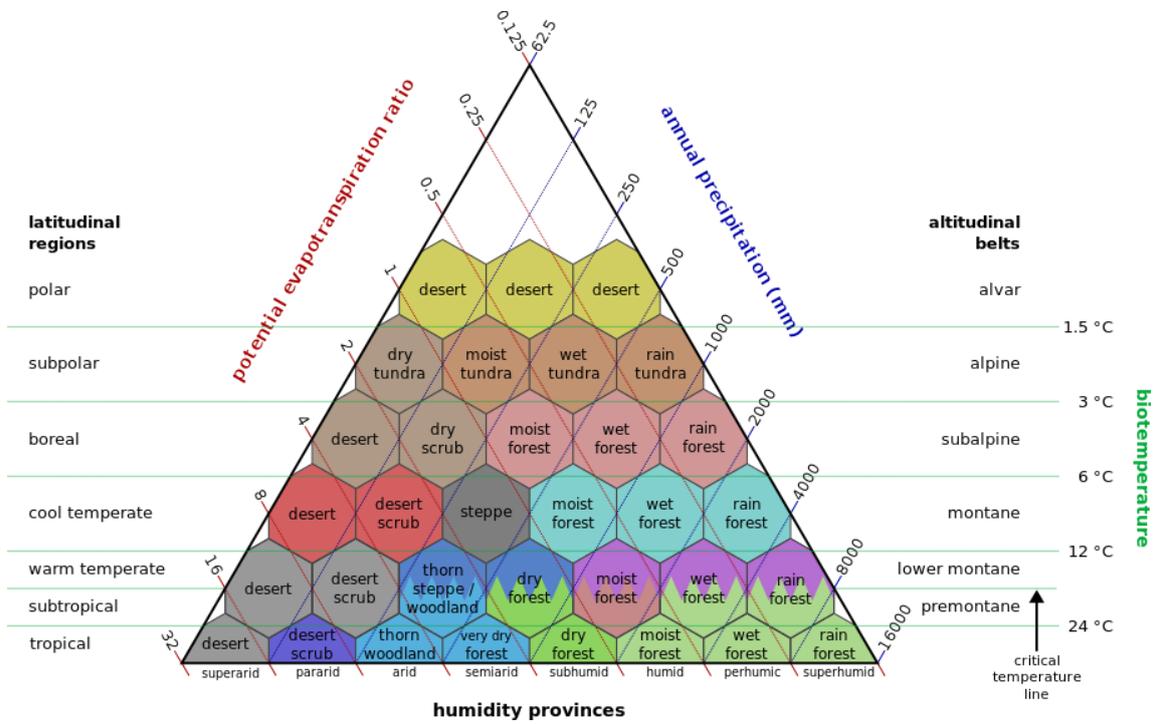
Sánchez, J. (2015). El Ciclo Hidrológico. *Departamento de Geología Universidad de Salamanca*, 1-9.

- Sara Benguría, B. M. (2010). *Metodos de investigación de Educación Especial (Observación)*. Recuperado el 13 de diciembre de 2016 de: https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Présentaciones/Curso_10/Observacion_trabajo.pdf
- Schlumberger. (2017). *Oilfield Glossary*. Recuperado el 13 de mayo de 2017 de: http://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/e/effective_porosity.aspx
- Science for a Changing World. (2016). *USGS Groundwater Software*. Recuperado el 11 de febrero de 2017 de: <http://water.usgs.gov/nrp/gwsoftware/ModelMuse/ModelMuse.html>
- Secretaria de Territorio, Hábitat y Vivienda . (2016). *Cuencas hidrográficas*. Recuperado el 7 de diciembre de 2016 de: http://sthv.quito.gob.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_1_cartografia_basica/9_1_8_1.html
- Secretaria Nacional del Agua. (2009). *Delimitación y Codificación de Unidades Hidrogeológicas del Ecuador*. Recuperado el 21 de marzo de 2017 de: <http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/delimitacion-codificacion-Ecuador.pdf>
- Sistema de Información Agroclimática para el Regadío. (2017). *Calculo de Precipitación Efectiva*. Recuperado el 25 de abril de 2017 de: http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/precipitacionefectiva05_tcm7-380300.pdf
- Sistema de Información Básica para Regadío . (2017). *Evapotranspiración* . Recuperado el 18 de marzo de 2017 de: http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/Evapotranspiraci%C3%B3n_tcm7-188680.pdf
- Sistema Nacional de Información . (2016). *Caracterización de la Parroquia de Nono*. Recuperado el 7 de diciembre de 2016 de: app.sni.gob.ec/.../1768122810001_Documento%20de%20Trabajo%20Nono%20Fase...
- Stockholm Environment Institute. (2017). *SEI*. Recuperado el 2 de febrero de 2017 de: <https://www.sei-international.org/>
- UN DESA. (2010). *United Nations Department of Economic and Social Affairs*. Recuperado el 3 de diciembre de 2016 de: <https://www.un.org/development/desa/en/>

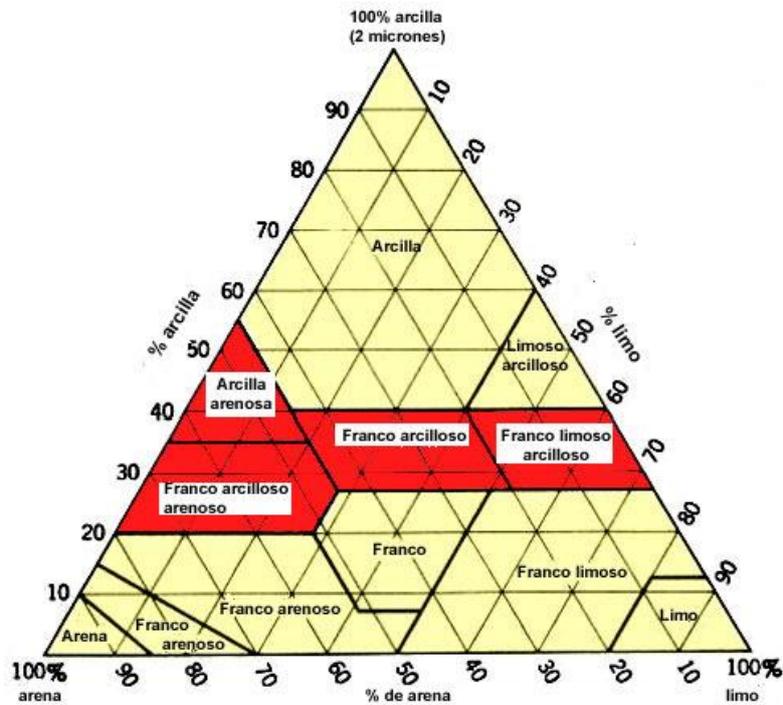
- U.S. Department of Commerce. (2017). *Nacional Oceanic and Athmosferic Administration*. Recuperado el 5 de julio de 2017 de: <http://www.noaa.gov/>
- Universidad de Jaén. (2017). *UJA (Universidad de Jaén)*. Recuperado el 17 de enero de 2017 de: <http://www10.ujaen.es/>
- Universidad de Piura. (2017). *Infiltración* . Recuperado el 15 de abril de 2017 de: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_136_147_89_1258.pdf
- Universidad de Salamanca. (2014). *Ley de Darcy: Conductividad Hidráulica*. Recuperado el 10 de abril de 2017 de: http://hidrologia.usal.es/temas/Ley_Darcy.pdf
- Universidad Nacional del Litoral. (2012). Programa Nacional Olimpiada de Geografía de la República Argentina. Santa Fe.
- Universitat Jaume I. (2017). *Escorrentía*. Recuperado el 3 de mayo de 2017 de: <http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH05.pdf>
- US Army Corps of Engineers. (2017). *Hydrologic Engineering Center*. Recuperado el 25 de abril de 2017 de: <http://www.hec.usace.army.mil/>
- Vargas, J. (2011). *Plan de Manejo Turístico de los Recursos Hídricos de la Parroquia de Nono, Cantón Quito, Provincia de Pichincha*. Recuperado el 12 de noviembre de 2016 de: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/13344/1/44248_1.pdf
- Water Research Foundation . (2017). *Water Research Foundation* . Recuperado el 10 de mayo de 2017 de: <http://www.waterrf.org/Pages/Index3.aspx>

ANEXOS

Anexo 1. Sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge



Anexo 2. Triángulo de las texturas FAO



Términos de Referencia

Precipitación Efectiva: Se define como la fracción parte de la precipitación total destinada a los cultivos, además representa un porcentaje de la precipitación disponible para la evapotranspiración.

Capa superficial o capa arable: Corresponde a la primera capa del suelo o nivel superior destinada a la agricultura o siembra de cultivos, su espesor puede oscilar entre 10cm a 50 cm.

Máxima tasa de infiltración: Se define como el paso del agua desde la capa superficial hasta el interior del suelo en un período de 24 horas, esto variará dependiendo el tipo de suelo, pendiente y la intensidad de lluvia que se produzca en cada estación meteorológica.

Máxima tasa de percolación: A diferencia de la infiltración la percolación se define como la cantidad de agua que se percola desde el suelo hacia las aguas subterráneas de la cuenca hidrográfica en un período de 24 horas.

Precipitación: Se llama precipitación a la caída de agua sólida o líquida producto de la condensación del vapor que se presenta sobre la superficie de la tierra.

Humedad Promedio: Promedio de humedad relativa diario medida en porcentaje, escala de 0 a 100%. La impregnación del agua al vapor disponible en la atmósfera por un proceso de condensación forma las nubes del cielo que a la postre cambiarán su base de formación de vapor a agua o hielo.

Altitud: Se denomina a la distancia vertical presente desde un punto de la superficie terrestre con respecto al nivel del mar.

Evapotranspiración: Se dice de la cantidad de agua presente en el suelo que retorna a la atmósfera como producto de la transpiración de las plantas.

Escorrentía Superficial: Se refiere al agua circulante por la superficie terrestre que terminara en los ríos. Por lo general se produce durante periodos de lluvia considerables.

Latitud: Es la distancia angular que existe desde un punto de la superficie de la tierra en relación al paralelo del ecuador o línea ecuatorial. Sus unidades de medida se expresan en grados, minutos y segundos sobre los meridianos donde se encuentra el punto de medición.

Nubosidad: Se denomina a la fracción del cielo cubierta por nubes, la nubosidad se expresa en octas, también conocida como octavos de bóveda celeste.

Temperatura: Se considera como la magnitud que mide el nivel térmico o calor de un cuerpo o de la atmósfera, sus unidades de medida son en grados Celsius, Rankine, Fahrenheit o Kelvin, esto dependerá de las unidades de medida que utilice cada región de la tierra.

Radicación Solar: Se denomina a la transferencia de energía por ondas electromagnéticas, la cual es producida desde la fuente principal (sol), hacia todas las direcciones de nuestro planeta. La velocidad de desplazamiento de ondas en el vacío es de 299.732 Km/s.

Cuenca Hidrográfica: Denominada también unidad hidrológica, comprende un sistema de interacciones hidrológicas que van desde precipitaciones hasta escorrentías a través de cuerpos de agua superficiales o subterráneas que a la postre definen el sistema como un balance de masa, en la cual existe un caudal de entrada y de salida a la unidad hidrológica, relacionado directamente con las variables meteorológicas, de uso del suelo y de clima del lugar de estudio.

Caudal: Se denomina a la cantidad de agua llevada por una corriente a través de un cuerpo hídrico, manantial o fuente de agua.

Aguas Subterráneas: Se denomina a la cantidad de agua que por procesos de percolación e infiltración ha llegado a alojarse en acuíferos confinados o no confinados bajo la superficie terrestre.

Captación: En ingeniería e hidráulica se define a los procesos de captación, como la derivación de cauces de un río arroyo o canal hacia represas, embalses o lugares donde se pueda utilizar el agua canalizada para fines agrícolas, de suministro o energéticos.

Porosidad efectiva: En geología se denomina porosidad efectiva al volumen de los poros que están interconectados, también llamados espacios intersticial presente en la roca. Estos espacios contribuyen al flujo de fluidos a través de la roca.

Conducción: Movimiento y transporte de sustancias líquidas a través de un canal, hacia fuentes de consumo o almacenamiento.

