

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental

TRABAJO DE TITULACIÓN

**“DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD HÍDRICA DEL RÍO
GUANO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, EN CANTIDAD Y
CALIDAD Y SU DISPONIBILIDAD FRENTE AL CAMBIO
CLIMÁTICO”**

Autor:

LIZBETH JHOANNA CABRERA ALVAREZ

Tutor:

ING. PATRICIA ANDRADE

**Riobamba - Ecuador
2018**

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de tema: **“DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD HÍDRICA DEL RÍO GUANO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, EN CANTIDAD Y CALIDAD Y SU DISPONIBILIDAD FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO”** presentado por: Lizbeth Jhoanna Cabrera Alvarez y dirigida por: MsC. Ana Patricia Andrade O.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación, se constató el cumplimiento de las observaciones realizadas y se remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Dra. Ana Mejía

Presidente de Tribunal

Firma

MsC. Ana Patricia Andrade

Tutor del Proyecto

Firma

MsC. Patricio Santillán

Miembro del Tribunal

Firma

MsC. Juan Carlos Caicedo

Miembro del Tribunal

Firma

DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de **INGENIERO AMBIENTAL**. Con el Tema: “**DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD HÍDRICA DEL RÍO GUANO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, EN CANTIDAD Y CALIDAD Y SU DISPONIBILIDAD FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO**”, ha sido elaborado por LIZBETH JHOANNA CABRERA ALVAREZ, el mismo que ha sido revisado y analizado en un cien por ciento con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutora, por lo que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



MsC. Ana Patricia Andrade O.

C.I.: 060214249-9

AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN

Yo, **LIZBETH JHOANNA CABRERA ALVAREZ**, con cédula de identidad N° 060404162-4; hago constar que soy autora del presente trabajo de investigación, titulado: “**DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD HÍDRICA DEL RÍO GUANO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, EN CANTIDAD Y CALIDAD Y SU DISPONIBILIDAD FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO**”, el cual constituye una elaboración, dirigida por la Tutora del Proyecto, MsC. Ana Patricia Andrade O.

En tal sentido, manifiesto la originalidad de la Conceptualización del trabajo, interpretación de datos y la elaboración de las conclusiones, con el aporte de varios autores que se han referenciado debidamente en el texto del documento.



Lizbeth Jhoanna Cabrera Alvarez

C.I.: 060404162-4

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme con la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia y ser la fortaleza de seguir adelante en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: José, Nelly y a mis hermanas Dany y Majos por ser mi mayor inspiración y los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, apoyándome incondicionalmente en mis triunfos y adversidades, y a mi hermano José David que me cuida desde el cielo.

A toda mi familia, quienes de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres y tristes, gracias por su cariño y apoyo.

Gracias a mis amigos con quienes compartí momentos de estudio y diversión, nombrar a todos sería muy extenso y podría cometer algún olvido injusto, por ello ¡gracias amigos! Por estar ahí conmigo en las buenas y malas.

También quiero agradecer a mi tutora Ing. Patricia Andrade, la que con su amplia experiencia y conocimientos me orientó al correcto desarrollo y culminación de este trabajo.

Hago extensivo mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo, por confiar en mí. Además, a directivos y profesores, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

De verdad gracias, mil gracias a todos,
siempre los llevo en mi corazón.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres por guiarme con su amor y sacrificio en todos estos años, por su apoyo constante y sabios consejos, lo cual me ha servido para cumplir hoy un sueño más.

A mis hermanas que las amo infinitamente, por llenarme de alegría día tras día y estar siempre acompañándome con su apoyo.

A mi tía Inés a quien quiero como una segunda madre por compartir momentos significativos.

A toda mi familia, amigos y demás personas que me apoyaron de una u otra manera, para que culmine con éxito mi carrera.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.2. Justificación.....	5
2. OBJETIVOS:	6
2.1. General.....	6
2.2. Específicos.....	6
3. ESTADO DEL ARTE.....	6
3.1. Recurso Hídrico.....	6
3.2. Clima.....	6
3.2.1. Elementos del Clima.....	7
3.3. Cambio Climático.....	7
3.4. Vulnerabilidad Hídrica.....	8
3.4.1. El Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH).....	9
3.4.2. El Índice de Aridez (IA).....	9
3.4.3. Índice de Stress Hídrico Relativo (RWSI). -	10
3.4.4. Índice de Uso de Agua o Índice de Escasez (IUA).....	10
3.4.5. El Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento	11
3.5. Caudal.....	11
3.6. Calidad de Agua.....	11
3.7. Índices de Calidad.....	11
3.8. ICA según Montoya.....	12
4. METODOLOGÍA.....	13
4.1. Caracterización de la Zona de Estudio.....	13
4.2. Caracterización de Calidad y Cantidad del Recurso Hídrico.....	13
4.2.1. Muestreo	13
4.2.2. Medición de Caudal.....	14
4.2.3. Análisis de Laboratorio	15
4.3. Caracterización Climatológica.....	17
4.4. Vulnerabilidad Hídrica.....	17
4.4.1. El Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH).....	17
4.4.2. El Índice de Aridez (IA).....	17
4.4.3. Índice de Stress Hídrico Relativo.....	18
4.4.4. Índice de Uso de Agua o Índice de Escasez.....	18

4.4.5.	El Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento.	19
5.	RESULTADOS.	19
5.1.	Caracterización de la microcuenca del río Guano.	19
5.1.1.	Localización.	19
5.1.2.	Medio Físico del área de estudio.	23
5.1.3.	Medio Biótico del área de estudio.	24
5.2.	Calidad y Cantidad del recurso Hídrico.	26
5.2.1.	Georeferenciación de puntos de Muestreo.	26
5.2.2.	Cantidad de Agua.	27
5.2.3.	Calidad de Agua	29
5.3.	Caracterización Climatológica.	43
5.3.1.	Caracterización de la Temperatura	43
5.3.2.	Caracterización de la Precipitación	45
5.3.3.	Caracterización de la Humedad Relativa.	47
5.3.4.	Caracterización del Viento	49
5.4.	Vulnerabilidad Hídrica.	50
6.	DISCUSIÓN.	56
7.	CONCLUSIONES.	57
8.	RECOMENDACIONES.	58
9.	BIBLIOGRAFÍA.	59
10.	ANEXOS	61
	Anexo 1. Tablas de límites permisibles de la norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes del recurso Agua, Libro VI Anexo 1 del TULAS.	61
	Anexo 2: Datos de Estaciones utilizadas.	64
	Anexo 3: Mapa de variación de precipitaciones	66
	Anexo 4: Tablas de Caudales y Temperaturas calculadas	67
	Anexo 5: Fotografías	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Calificación del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH).....	9
Tabla 2: Calificación del Índice de Aridez.....	9
Tabla 3: Umbrales del Índice de Stress Hídrico.....	10
Tabla 4: Categorías para la evaluación del Índice de Uso de Agua.	10
Tabla 5: Criterios generales del ICA de Montoya.....	13
Tabla 6: Parámetros del Índice de Calidad de Agua de Montoya.	16
Tabla 7: Matriz de Relación para categorizar el Índice de Vulnerabilidad	19
Tabla 8: Pisos Climáticos de Guano.....	24
Tabla 9: Principales especies de flora en Guano.	25
Tabla 10: Principales especies de fauna en Guano.....	25
Tabla 11: Puntos de Muestreo	26
Tabla 12: Índice de Calidad de Montoya.....	41
Tabla 13: Determinación de Vulnerabilidad Hídrica de la zona de estudio.....	50

ÍNDICE DE GRÁFICAS.

Gráfico 1: Caudales del río Guano.	27
Gráfico 2: Oxígeno Disuelto en el río Guano.....	29
Gráfico 3: Conductividad en el río Guano	30
Gráfico 4: pH en el río Guano.	31
Gráfico 5: Turbidez en el río Guano	31
Gráfico 6: Sólidos Totales Disueltos en el río Guano.	32
Gráfico 7: Sólidos Suspendidos en el río Guano.....	33
Gráfico 8: Color en el río Guano.	33
Gráfico 9: Nitratos en el río Guano	34
Gráfico 10: Nitrógeno Amoniacal en el río Guano.	35
Gráfico 11: Fosfatos en el río Guano.	35
Gráfico 12: Dureza en el río Guano.....	36
Gráfico 13: Cloruros en el río Guano.	37
Gráfico 14: Alcalinidad en el río Guano.	38
Gráfico 15: Coliformes Fecales en el río Guano.	38
Gráfico 16: Coliformes Totales en el río Guano.	39
Gráfico 17: Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Guano.	40
Gráfico 18: Temperaturas máximas, medias y mínimas (°C)	44
Gráfico 19: Precipitación Acumulada (mm).	46
Gráfico 20: Humedad Relativa máxima, media y mínima (%).	48
Gráfico 21: Velocidad del Viento (m/s).	49
Gráfico 22: Caudales calculados debido al cambio climático.....	53
Gráfico 23: Variación de Temperaturas a los largo de los 30 años.....	54
Gráfico 24: Caudales registrados por la estación hidrometeorológica de Batzacón	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del Río Guano.....	20
Figura 2: División Hidrográfica del río Guano.	21
Figura 3: Morfometría de la zona de estudio	22
Figura 4: Usos de Suelo	23
Figura 5: Acumulación de flujo del río Guano.	27
Figura 6: Comportamiento de caudal en el río Guano.	28
Figura 7: Índice de Calidad de Montoya.....	42
Figura 8: Piso Climático del Valle Interandino y Piso Climático Alto.....	43

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 1: Cálculo de Caudal.....	15
Ec. 2: ICA Montoya	15
Ec. 3: índice de Retención y Regulación Hídrica.	17
Ec. 4: Índice de Aridez.....	17
Ec. 5: Índice de Stress Hídrico Relativo.	18
Ec. 6: Índice de uso de agua o índice de escasez.	18

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la vulnerabilidad hídrica del río Guano de la provincia de Chimborazo, en cantidad y calidad y su disponibilidad frente al cambio climático. Inicialmente se caracterizó al río Guano que atraviesa el cantón del mismo nombre de noroeste a sureste, con una longitud de 18,8 Km, se ubica dentro de la subcuenca del río Chambo perteneciente a la cuenca del Pastaza, en el piso climático Alto Andino con alturas desde los 2280 a los 3800 m.s.n.m., esta zona se identifica por realizar actividades agrícolas predominando los cultivos de ciclo corto, y la ganadería ya que existen grandes extensiones de pastos, además se dedican a la industria y al turismo. Luego se establecieron 10 puntos de muestreos desde la Quebrada de Llio hasta Cubijés, en los cuales se midió el caudal arrojando como resultado que en la parte alta tiene un caudal de 0,10 m³/s y en el trayecto del río aumenta la cantidad de agua debido a los drenajes que alimenta el mismo, desembocando en el río Chambo con un caudal de 3,42 m³/s, con ayuda del Multiparámetro se midió oxígeno disuelto y conductividad in situ y se tomó muestras de agua las cuales fueron analizadas en laboratorio, mismas que permitieron conocer la calidad en la que se encuentra el agua del río. Según los resultados del laboratorio determinaron que el río Guano presenta tres índices de calidad, en la parte alta Aceptable, en la media Poco Contaminada y en la Baja Contaminada, debido a las actividades que realiza la población de este sector. Los datos registrados por la estación meteorológica de la ESPOCH en los últimos 30 años, permitieron conocer el comportamiento de las temperaturas, precipitaciones, humedades relativas y velocidad del viento, las cuales después del análisis evidencian que están íntimamente relacionadas entre ellas, en algunos años muestran alteraciones bruscas mismas que afectan directamente al sistema hídrico y por su intermedio a quienes se benefician de este recurso. La Vulnerabilidad de la microcuenca muestra que se encuentra en la categoría MEDIO, lo cual indica que el Índice de Retención de la Humedad (IRH) es Muy Baja y los valores del Índice de Uso de Agua (IUA) son Muy Bajas, esto demuestra que la Oferta Hídrica existente aún cubre las Demandas necesarias de la población, pero la categoría ya nos muestra el riesgo inminente que podría presentarse con el transcurso de los años ya que se encuentra amenazada por la variación climática y el accionar del hombre. Esta investigación puede ser útil para entidades que busquen el bienestar del cantón.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the water vulnerability of the Guano River of the Chimborazo province, in quantity and quality and its availability to face the climate change. Initially, it was characterized the Guano River which crosses the canton of the same name from northwest to southeast with a length of 18.8 km, it is located within the sub-basin of the Chambo River which belongs to the Pastaza basin, on the High Andean climatic floor with altitudes from 2280 to 3800 meters above sea level, this area is identified by agricultural activities predominantly short-cycle crops, and cattle raising as there are large areas of pasture, in addition, they dedicate to industry and tourism. Then, the 10 sampling points were established from the Brook of Llio to Cubijies, in which the flow was measured, Giving as a result, that in the upper part it has a flow of 0.10 m³ / s and in the course of the river the account of water increases due to the drains that it feeds, it flows into the Chambo River with a flow of 3.42 m³ / s, with the help of the Multiparameter, the dissolved oxygen, and the place conductivity were measured, and water samples were taken, which were analyzed in the laboratory, it allowed to know the quality in which the water of the river is. According to the results of the laboratory, it determined that the Guano River has three quality indices; the high part is Acceptable, in the middle part is Medium Contaminated and in the bottom part is contaminated, due to the activities carried out by the population of this sector. The data recorded by the meteorological station of the ESPOCH in the last 30 years allowed us to know the behavior of temperatures, rainfall, relative humidity and wind speed, which after the analysis show that it is closely related to each other, in some years it shows abrupt alterations that directly affect to the water system and through it to those who benefit from this resource. The Vulnerability of the micro-basin shows that it is in the MEDIUM category, which indicates that the Humidity Retention Index (IRH) is Very Low and the Water Use Index (WUA) values are Very Low, this shows that The existing Water Supply still covers the necessary Demands of the population, but the category already shows us the imminent risk that could occur over the years as it is threatened by climatic variation and the human action. This research may be useful for entities which seek the welfare of the canton.


SIGNATURE



Reviewed by: Maldonado, Ana
Language Center Teacher

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se vive en un constante desequilibrio de los ciclos naturales principalmente el ciclo hidrológico, considerando que este es un recurso renovable esta situación preocupa por la incertidumbre de hasta cuando dejará de serlo, por ello existe la necesidad de integrar la variable del efecto del cambio climático sobre la disponibilidad de agua.

Según el IPCC 2008, hay evidencia que en las últimas décadas los pronósticos mundiales del planeta hablan de que se han dado grandes cambios climáticos, los mismos que afectan a los recursos hídricos en cuanto a su disminución y calidad siendo este el elemento más vulnerable y uno de los problemas principales más difíciles de resolver, los cuales traen graves consecuencias sobre el ser humano y los ecosistemas.

Ecuador no se aleja de la realidad mundial a pesar de que es uno de los pocos países que goza de una biodiversidad y que la oferta hídrica permite satisfacer la demanda existente, se ha observado últimamente como ha ido cambiando y los sistemas hidrológicos se han visto afectados tanto en su calidad y cantidad por motivos de contaminación antrópica, contaminación natural y por el cambio climático que con llevan a la alteración de todo tipo de sistema.

Guano es un cantón que se encuentra ubicado en la provincia de Chimborazo en la zona centro del país, cercano a la ciudad de Riobamba con una extensión que alcanza los 473.3 Km² y una altura que oscila entre los 2000 y 6310 msnm, con un número aproximadamente de habitantes 42 730 personas. Este cantón se caracteriza por poseer tierras agrícolas, en la parte alta y media cultivan productos de ciclo corto y en la parte baja se dedican a la actividad ganadera, en la parte urbana fabrican artesanías en cuero y tejido de alfombras las mismas que han permitido que se la llame “Capital Artesanal del Ecuador”, todas estas actividades que se llevan a cabo en la zona requieren de una gran demanda hídrica.

Guano tiene la ventaja de poseer un río con el mismo nombre del cantón, el cual atraviesa de norte a sur, permitiendo que el agua que fluye por el mismo sea de beneficio para toda la población. Con el pasar del tiempo se ha podido observar como la oferta hídrica del río ha ido disminuyendo debido al uso desmedido en las actividades anteriormente mencionadas, así mismo se ha visto la afectación en cuando a la calidad,

debido a que se ha podido observar que los propios beneficiarios del cantón descargan en este río sus aguas domiciliarias, aguas de procesos industriales, desechos y otros.

Las actividades naturales también son factores que influyen, según (GAD de Chimborazo, 2015) señala que Guano se encuentra afectado por la actividad eruptiva del volcán Tungurahua tanto por la caída de ceniza y por encontrarse ubicado en una área definida como “zona de mayor peligro de lahares”, causas que perjudican el sistema hídrico, sectores productivos y por ende la calidad de vida.

Por lo general los cambios climáticos también se relacionan con el aumento y disminución de caudal del río y la calidad del mismo, entre los principales podemos mencionar los cambios de temperatura y precipitaciones como: heladas granizadas, vientos huracanados, sequías, inundaciones y variaciones de la estacionalidad del invierno y verano afectando el estilo de vida de los habitantes del cantón.

Debido a las causas anteriormente mencionadas se vió la necesidad de desarrollar un estudio de Vulnerabilidad Hídrica en el río Guano, para determinar la situación actual en cuanto a calidad y cantidad de agua, además conocer los factores que influyen directa e indirectamente en el funcionamiento de los ecosistemas y el estilo de vida de los moradores de esta zona.

1.1.Planteamiento del problema.

El cambio climático es uno de los problemas principales que afecta a todas las regiones de la tierra sin excepción, este constituye el principal desafío ambiental global, siendo una de las mayores amenazas para el proceso del desarrollo y bienestar humano.

En nuestra provincia de Chimborazo, se ha presenciado condiciones climáticas extremas que no se han visto en el pasado, como temporadas lluviosas en meses que no se presentaban, ocasionando inundaciones y deslaves, también temporadas extremas de sequías, estos cambios bruscos inciden en la pérdida de biodiversidad provocando el deterioro de los recursos hídricos, efectos negativos en la agricultura, la silvicultura y la ganadería.

Estos problemas se presentan en la microcuenca del río Guano, sobre todo en el deterioro de la calidad y cantidad de agua, ya que se han visto afectadas por cambios

bruscos del clima que son consecuencias de las actividades desarrolladas por el ser humano que no cuenta con el conocimiento necesario ni el asesoramiento técnico para el control y distribución del agua, en el recorrido del río se ha podido evidenciar puntos en el cual el caudal es mínimo llegando incluso a perderse, pero también existen afluentes que alimentan el caudal sobretodo en la parte baja. En el curso principal del río se puede determinar el grado de afectación de estas aguas por la incidencia de las actividades dentro de agricultura, ganadería, industrias, lavanderías y entre otras.

1.2.Justificación.

Según la (Asamblea Constituyente., 2008), de la Constitución de la República del Ecuador en el artículo 411 dispone que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Tomando en consideración que el recurso hídrico es un elemento de vital importancia para todas las actividades que desarrolla el ser humano, se ha visto la necesidad de realizar un estudio en el río Guano acerca de vulnerabilidad hídrica, calidad, cantidad y disponibilidad de agua, teniendo como objetivo generar información, misma que sirva de insumo para que implementen programas y acciones, orientados a la reducción de la vulnerabilidad frente a eventos antrópicos, naturales y climáticos, los que permitirán concientizar a beneficiarios de este río y contribuir en el desarrollo económico, social y natural de los moradores del cantón Guano.

2. OBJETIVOS:

2.1.General

Determinar la vulnerabilidad hídrica del río Guano de la provincia de Chimborazo, en cantidad y calidad y su disponibilidad frente al cambio climático.

2.2.Específicos.

- Caracterizar la Microcuenca del río Guano, en base a la información bibliográfica disponible para la zona de estudio.
- Caracterizar climatológicamente la Microcuenca del río Guano, de acuerdo a los datos de las estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio y mapeo cartográfico.
- Analizar la cantidad y calidad del agua, en puntos específicos de la parte alta, media y baja del río Guano, y su debida comparación.

3. ESTADO DEL ARTE

3.1.Recurso Hídrico.

El agua es un elemento fundamental para la vida en el planeta, ligado al desarrollo integral de la sociedad y a la calidad ambiental. Aunque es un recurso natural renovable, también tiene la particularidad de ser un recurso finito, por lo que la disponibilidad está limitada espacial y temporalmente, y su aprovechamiento está condicionado por los criterios de prioridad en el uso, así como por su calidad.

La situación del agua en muchas regiones del mundo se está haciendo cada vez más crítica, con problemas de escasez y calidad que generan crisis de salud, hambrunas y hasta conflictos armados. La crisis se ve acelerada por el rápido crecimiento demográfico y la falta de conocimiento y conciencia entre las personas que compiten por el agua, la derrochan y la contaminan (Mendoza, 2008)

3.2.Clima.

El clima es el estado promedio de la atmósfera en lapsos de tiempo y es modulado por un conjunto de fenómenos que caracterizan el estado medio atmosférico de un lugar. Estas variables pueden ser la humedad, la presión atmosférica, las precipitaciones y desde luego, la temperatura. (Orellana Lanza)

3.2.1. Elementos del Clima

Los elementos son el producto de las relaciones que se producen entre distintos fenómenos físicos que les dan origen que a su vez se relacionan con otros elementos y resultan modificados por los factores climáticos.

Los principales elementos del clima, y también los más conocidos, son:

Elementos geodinámicos: temperatura, presión, viento.

Elementos acuosos: precipitación, humedad, nubosidad, evaporación.

- Temperatura: es la cantidad de energía calórica acumulada en el aire, medida en grados.
- Precipitaciones: agua que cae sobre la superficie terrestre, puede ser en forma líquida o sólida.
- Humedad: es la cantidad de vapor de agua contenida en el aire.
- Viento: es el movimiento del aire en la atmósfera.
- Presión atmosférica: es el peso que ejerce una masa de aire sobre la superficie terrestre.
- Evaporación: es un proceso físico que consiste en el paso lento y gradual de un estado líquido hacia un estado gaseoso.
- Nubosidad: es la cantidad de nubes en la atmósfera.

3.3.Cambio Climático.

De acuerdo a la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC), el cambio climático se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. (Araque, 2016)

Por otro lado, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) define el cambio climático como cualquier cambio en el clima con el tiempo, debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas.

Según el (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2011) el cambio climático es el "Cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la

composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables".

El Informe Stern, el (IPCC, 2008) y la UNESCO, coinciden en que los principales efectos del cambio climático en los humanos y el medio ambiente se manifiestan a través del agua.

La transformación del clima es una de las principales causas que ocasionan cambios en los recursos hídricos y un generador de estrés adicional por sus efectos sobre otros factores, como la salud pública, la seguridad alimentaria, los ecosistemas, la protección civil, el combate a la pobreza, los procesos productivos, entre muchos otros más.

Por citar algunos ejemplos, las proyecciones derivadas del aumento en la temperatura y la variabilidad del clima prevén escenarios como los siguientes:

- Ciclo hidrológico afectado.
- Alteraciones en la periodicidad, magnitud y duración de precipitaciones y escurrimientos.
- Mayores riesgos por falta de agua: sequías, desertificación, olas de calor, pérdida de ecosistemas, disminución en la humedad del suelo, contaminación por intrusión salina y menor recarga de los acuíferos.
- Mayores riesgos por exceso de agua: inundaciones, huracanes, precipitaciones más intensas, erosión, deslaves y movimientos de tierra.
- Áreas costeras de poca elevación más expuestas a inundaciones y mareas.
- Incremento de enfermedades infecciosas relacionadas con el agua, como el dengue y la malaria.
- Mayor estrés y desgaste de la infraestructura hidráulica.
- Afectaciones a los cultivos. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015)

3.4.Vulnerabilidad Hídrica.

La vulnerabilidad del recurso hídrico es el proceso que conlleva a situaciones críticas e irreversibles en torno a la calidad y cantidad de los recursos hídricos que ponen en riesgo el desarrollo humano y el funcionamiento de los ecosistemas. (Instituto de Hidrología, 2014).

Hay evidencia que los recursos hídricos son vulnerables al cambio climático y que las consecuencias sobre la sociedad y los ecosistemas dependen de las medidas de adaptación. El estrés hídrico y los problemas de calidad del agua son los eventos adversos más probables a escala global. Se estima además, una mayor demanda de agua para el riego en los climas cálidos, lo cual puede generar un incremento de la competencia por el uso entre los distintos sectores. (Ocampo, 2012)

3.4.1. **El Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH).** - mide la cantidad de humedad que pueden retener las cuencas. Tabla 1.

Tabla 1: Calificación del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH).

IRH	Calificación cualitativa	Descripción
>0,85	Muy alta	Muy Alta retención y regulación de Humedad
0,75-0,85	Alta	Alta retención y regulación de humedad
0,65-0,75	Moderada	Media retención y regulación de humedad
0,50-0,65	Baja	Baja retención y regulación de humedad
<0,5	Muy Baja	Muy baja retención y regulación de humedad

Fuente: (Ocampo, 2012)

3.4.2. **El Índice de Aridez (IA).** - es una característica cualitativa del clima, que permite medir el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región. Identifica áreas deficitarias o de excedentes de agua, calculadas a partir del balance hídrico superficial. Tabla 2.

Tabla 2: Calificación del Índice de Aridez.

Índice de Aridez	Calificación cualitativa	Descripción
< 0,15	Altos excedentes	Altos excedentes de agua
0,15- 0,19	Excedentes	Excedentes de agua
0,20 – 0,29	Moderado y excedentes	Moderado y excedentes de agua
0,30 – 0,39	Moderado	Moderado
0,40 – 0,49	Bajo	Moderado y deficitario de agua
0,50-0,59	Deficitario	Deficitario de agua
>0,60	Altamente deficitario	Altamente deficitario de agua

Fuente: (Ocampo, 2012)

3.4.3. **Índice de Stress Hídrico Relativo (RWSI).** - establece la demanda disponible para uso industrial, doméstico y de agricultura. Tabla 3.

Tabla 3: Umbrales del Índice de Stress Hídrico.

Índice de Escasez	Calificación cualitativa	Observaciones
> 0,4	Alto	Existe fuerte presión sobre el recurso hídrico. Es insuficiente la oferta hídrica para atender la alta demanda de agua por los sectores productivos y se restringe el desarrollo económico. Se requieren fuertes inversiones para mejorar la eficiencia de utilización en los sectores productivos
0,2 – 0,4	Medio	La oferta hídrica llega al límite máximo para atender la demanda. Es necesario el ordenamiento de la cuenca y asignar prioridades a los distintos usos.
0,10- 0,2	Moderado	La disponibilidad de agua se puede convertir en factor limitante del desarrollo. Se debe implementar un mejor sistema de monitoreo y seguimiento a largo plazo
<0,1	Bajo	No se experimenta presiones sobre el recurso hídrico en términos de cantidad de agua

FUENTE: (Ocampo, 2012)

3.4.4. **Índice de Uso de Agua o Índice de Escasez (IUA).** - Es la relación porcentual entre la demanda de agua con la oferta hídrica disponible. Tabla 4.

Tabla 4: Categorías para la evaluación del Índice de Uso de Agua.

Índice de Escasez o uso de agua	Calificación cualitativa	Observaciones
>50%	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20 – 50%	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10-20%	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1-10%	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
< 1%	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

FUENTE: (Ocampo, 2012)

3.4.5. **El Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento:** Mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas por períodos largos de estiaje o eventos. (Ocampo, 2012).

3.5.Caudal.

El caudal es la medida de la cantidad de volumen de agua que fluye a lo largo del río y que es medida en una sección transversal del cauce del río en un intervalo de tiempo y se expresa en m^3/s o en otras unidades de caudal como: l/s, m^3/s , pie^3/s , gal/min. (Marbello Pérez, 2013)

3.6.Calidad de Agua.

La calidad del agua es un factor que influye claramente en el bienestar de los seres humanos y en la salud de los ecosistemas; se considera que la calidad del agua desde la perspectiva de su gestión, se define por su uso final, entendiéndose a su vez que el agua es de calidad cuando al ser utilizada no provoca daños. El estado de las características físicas, químicas, microbiológicas y biológicas del agua influyen estrechamente en el concepto de “calidad”; es decir, que el agua es de óptima calidad cuando está exenta de microorganismos dañinos y sustancias que transmitan efectos desagradables para el consumo, como el color, el olor, el sabor o la turbiedad. El agua potable es aquella agua que se recomienda para el consumo del hombre, generalmente es tratada para eliminar cualquier tipo de contaminación, ya que proviene de diversas fuentes subterráneas o superficiales. (Cevallos, 2015).

3.7.Índices de Calidad.

La valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles.

Para simplificar la interpretación de los datos de su monitoreo, existen índices de calidad de agua (ICA) e índices de contaminación (ICO), los cuales reducen una gran cantidad de parámetros a una expresión simple de fácil interpretación entre técnicos, administradores ambientales y el público en general. La principal diferencia entre unos

y otros está en la forma de evaluar los procesos de contaminación y el número de variables tenidas en cuenta en la formulación del índice respectivo. (Torres, Cruz, & Patiño, 2009)

El ICA es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad del agua. (Torres, Cruz, & Patiño, 2009)

3.8.ICA según Montoya.

El grado de contaminación del agua es medido en términos del índice, definido como el grado de contaminación existente en el agua de la muestra, expresado como un porcentaje de agua pura. Así, para el agua totalmente contaminada tendrá un índice de calidad cercano o igual a 0 y para aguas de excelentes condiciones de 100.

Por lo tanto, el índice es un porcentaje promedio del efecto que causan los diferentes niveles de cada uno de los variables medidos en un cuerpo de agua.

El índice de Calidad del Agua está constituido por 18 variables clasificados dentro de cuatro categorías:

- **Cantidad de Materia Orgánica:** determinadas por el porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto (OD) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (BDO₅).
- **Materia Bacteriológica:** determinada por Coliformes totales (COT) y Coliformes fecales (COF).
- **Características Físicas:** determinadas por el color (COL) y la Turbiedad (TUR).
- **La Materia Orgánica** es determinada por alcalinidad (ALC), dureza (DUR), Cloruros (CLO), conductividad específica (CON), concentración de iones Hidrogeno (pH), sólidos suspendidos (SST), sólidos disueltos (SDT), nutrientes: nitratos (NO₃), nitrógeno amoniacal (N-NH₃), fosfatos (P₀₄). (Universidad de Pamplona, 2010)

El grado de contaminación del agua es medido en términos del índice, definido como el grado de contaminación existente en el agua de la muestra expresado como un porcentaje de agua pura. Así, para el agua totalmente contaminada tendrá un índice de calidad cercano o igual a 0 y para aguas de excelentes condiciones de 100.

Para determinar la calidad de agua se debe contar con los resultados de los parámetros físico, químicos y bacteriológicos de las muestra y se aplican las fórmulas de la tabla 6 según la metodología aplicada por Montoya para el factor I; posteriormente el índice señala que se debe hacer una corrección de los resultados obtenidos en I, por lo que se efectúa una regla de tres a la que el 100% le corresponde el valor del índice (ICORR), además cada parámetro tiene un valor de ponderación W, el mismo que servirá para obtener el ICA correspondiente. (Universidad de Pamplona, 2010)

El valor de Icorr se aplicará en la fórmula para obtener el Índice de Calidad, y al obtener los datos se debe realizar la debida comparación de los valores con los criterios establecidos en la siguiente tabla 5, los mismos que indicaran la descripción de la zona.

Tabla 5: Criterios generales del ICA de Montoya.

ICA	CRITERIO GENERAL
85-100	No Contaminado
70-84	Aceptable
50-69	Poco Contaminado
30-49	Contaminado
0-29	Excesivamente Contaminado

Fuente: (Universidad de Pamplona, 2010)

4. METODOLOGÍA.

4.1. Caracterización de la Zona de Estudio.

Se llevó a cabo a través de recorridos a lo largo del río Guano permitiendo el establecimiento de los principales componentes de la zona de estudio tales como: la ubicación geográfica e hidrográfica, morfología, usos del suelo, principales afluentes y efluentes, zonas de influencia directa e indirecta, medio físico y biótico, facilitando el proceso de selección de puntos de muestreo para los posteriores procesos.

4.2. Caracterización de Calidad y Cantidad del Recurso Hídrico.

4.2.1. Muestreo

La selección de puntos de muestreo se determinó en base a los siguientes criterios:

Accesibilidad. – se definieron lugares fácilmente accesibles con vías de acceso vehicular y peatonal que permitieron transportar la carga que implican los equipos y materiales de muestreo y la toma de muestras.

Representatividad. – fue necesario tomar en cuenta la importancia de los afluentes que alimentan al río y la influencia de las actividades de las zonas aledañas permitiendo que el cuerpo de agua sea lo más homogéneo posible en el lugar de muestreo, relacionado específicamente con la turbulencia, velocidad y apariencia física del mismo, además fue necesario considerar las condiciones meteorológicas para la toma de muestras tanto para calidad y la medición del caudal.

Almacenamiento y transporte. – Las muestras fueron almacenadas en recipientes diseñados para el procedimiento, evitando el uso de hielo seco y asegurando la temperatura adecuado para evitar la alteración de las características permitiendo el transporte seguro de las mismas al laboratorio. (CHARLIEG Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2012).

4.2.2. Medición de Caudal.

En cada punto de muestreo se determinó caudal a través del método de flotador, para el cual se midió una longitud alrededor de 10m a lo largo de río que fue la distancia que recorrió el flotador a la vez se tomó el tiempo de desplazamiento, este paso se lo repitió 5 veces en cada punto para poder obtener un tiempo promedio, la división entre la longitud recorrida por el flotador y el tiempo promedio en que tarda sirve para calcular la velocidad del agua en m/s.

Para el cálculo del área del río se obtuvo en primera las áreas de sus secciones, todas estas expresadas en m², donde el área de cada sección fue calculada por el producto de sus promedios de su base y de su altura, determinando de esa manera el área del río mediante el promedio de las secciones calculadas.

El caudal del río fue determinado por el producto entre el promedio de su área, la velocidad del agua y el factor de correlación en cada punto de muestreo y fue expresado en m³/s.

Expresa así:

Ec. 1: Cálculo de Caudal.

$$Q = A * Vel * Fc$$

Donde:

Q = Caudal,

A = Área

Vel = Velocidad,

Fc = Factor de Correlación (0.8)

4.2.3. Análisis de Laboratorio

A través de una serie de procedimientos propios de laboratorio se logró definir las características del recurso hídrico según la metodología de índice de calidad de agua de Montoya como se muestra en la tabla 6.

Ciertos parámetros como: pH y oxígeno disuelto (OD), fueron medidos in situ con la utilización del equipo Multiparámetro HACH.

Debido a que ciertas pruebas son más representativas de la calidad de agua que otras, se asignan ciertos pesos específicos a las diferentes variables, representados por W, estos pesos específicos están de acuerdo con la naturaleza del cuerpo de agua en estudio, es decir lago, bahía o río, de tal manera que la fórmula que proporciona el índice de calidad de agua es:

Ec. 2: ICA Montoya

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n (I_i * W_i)}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Donde:

ICA= Índice de Calidad del Agua,

I_i=Función Subíndice del parámetro i,

W_i= Peso de importancia del parámetro (Factor de Ponderación) i,

N= Número de variables empleados. (Universidad de Pamplona, 2010)

Tabla 6: Parámetros del Índice de Calidad de Agua de Montoya.

PARAMETRO	ECUACIÓN	W (PONDERACIÓN)
Oxígeno Disuelto-OD	$(100)(OD)/14.492-0.384T+0.064T^2$	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno. DBO	$120(DQO)^{(0.673)}$	5
Coliformes Totales CT	$97.5(5*(CT)^{0.27}$	0.5
Coliformes Fecales CF	$97.5(5*(CF)^{0.27}$	0.5
Conductividad	$97.9(9(COND)^{0.27}$	1
Cloruros	$(CLO)^{(0.223)}$	0.5
Dureza Total	$97.6(6(Dureza Total)^{0.27}$	1
Alcalinidad	$97.2(2(Alcalinidad)^{0.27}$	0.5
ph	$97.6(6(Ph)^{0.27}$	1
Solidos Suspendidos SS	$97.2(2(SS)^{0.27}$	1
Solidos Disueltos SD	$97.5(5(SD)^{0.27}$	0.5
Nitratos	$97.7(7*(Nitratos)^{0.27}$	2
Color Pt-Co	$97.4(4*(Color Pt-Co)^{0.27}$	1
Turbiedad	$97.3(3*(Turbiedad)^{0.27}$	0.5
Fosfatos	$34.215(FOS)^{-0.343}$	3
Nitrógeno Amoniacal.	$45.8(NA)^{0.343}$	3

Fuente: (Universidad de Pamplona, 2010)

4.3. Caracterización Climatológica

Con información obtenida de la estación meteorológica “ESPOCH” se pudo elaborar una base de datos con las características climatológicas de la zona de estudio que permitan la elaboración de mapas y diagramas para la interpretación de dicha información.

4.4. Vulnerabilidad Hídrica.

Según (Ocampo, 2012), se determina la vulnerabilidad hídrica, calculando varios índices los cuales permitirán conocer los estados reales de la zona de estudio, a continuación se detalla el procedimiento a seguir.

4.4.1. El Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH).

Se calcula a partir de la curva de duración de caudales medios diarios, según la ecuación.

Dónde:

Ec. 3: índice de Retención y Regulación Hídrica.

$$IRH = \frac{VP}{V_t}$$

VP: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio.

Vt: Volumen total representado por el área bajo la curva.

4.4.2. El Índice de Aridez (IA).

Es determinado a partir de la evapotranspiración potencial y real, empleando la ecuación:

Ec. 4: Índice de Aridez.

$$I_a = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde:

I_a : Índice de aridez

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm). (Ocampo, 2012)

4.4.3. Índice de Stress Hídrico Relativo.

Se calcula a partir de la siguiente expresión.

Ec. 5: Índice de Stress Hídrico Relativo.

$$RWSI = \frac{D + I + A}{Q}$$

Donde:

Q: Suministro de agua- km³/año

D: Demanda de agua para uso doméstico- km³/año

I: Demanda de agua para uso industrial- km³/año

A: Demanda de agua para la agricultura - km³/año. (Ocampo, 2012)

4.4.4. Índice de Uso de Agua o Índice de Escasez.

Se calcula a partir de la siguiente expresión:

Ec. 6: Índice de uso de agua o índice de escasez.

$$I_{ua} = \frac{D_h}{O_n} * 100\%$$

Donde:

I_{ua} : Índice de uso de agua

D_h: Demanda hídrica sectorial

O_n: Oferta hídrica superficial neta m³. (Ocampo, 2012)

4.4.5. El Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento.

Se determinará a través de la matriz de relación entre el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) y el Índice de Uso de Agua o Índice de Escasez (IUA), como se presenta en la tabla 7.

Tabla 7: Matriz de Relación para categorizar el Índice de Vulnerabilidad .

INDICE DE VULNERABILIDAD – IV				
CATEGORIAS	IRH-Alto	IRH-Moderado	IRH-Bajo	IRH-Muy Bajo
IUA-Muy alto	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
IUA-Alto	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
IUA-Moderado/Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
IUA-Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio
IUA-Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Medio	Medio

Fuente: (Ocampo, 2012)

5. RESULTADOS.

5.1. Caracterización de la microcuenca del río Guano.

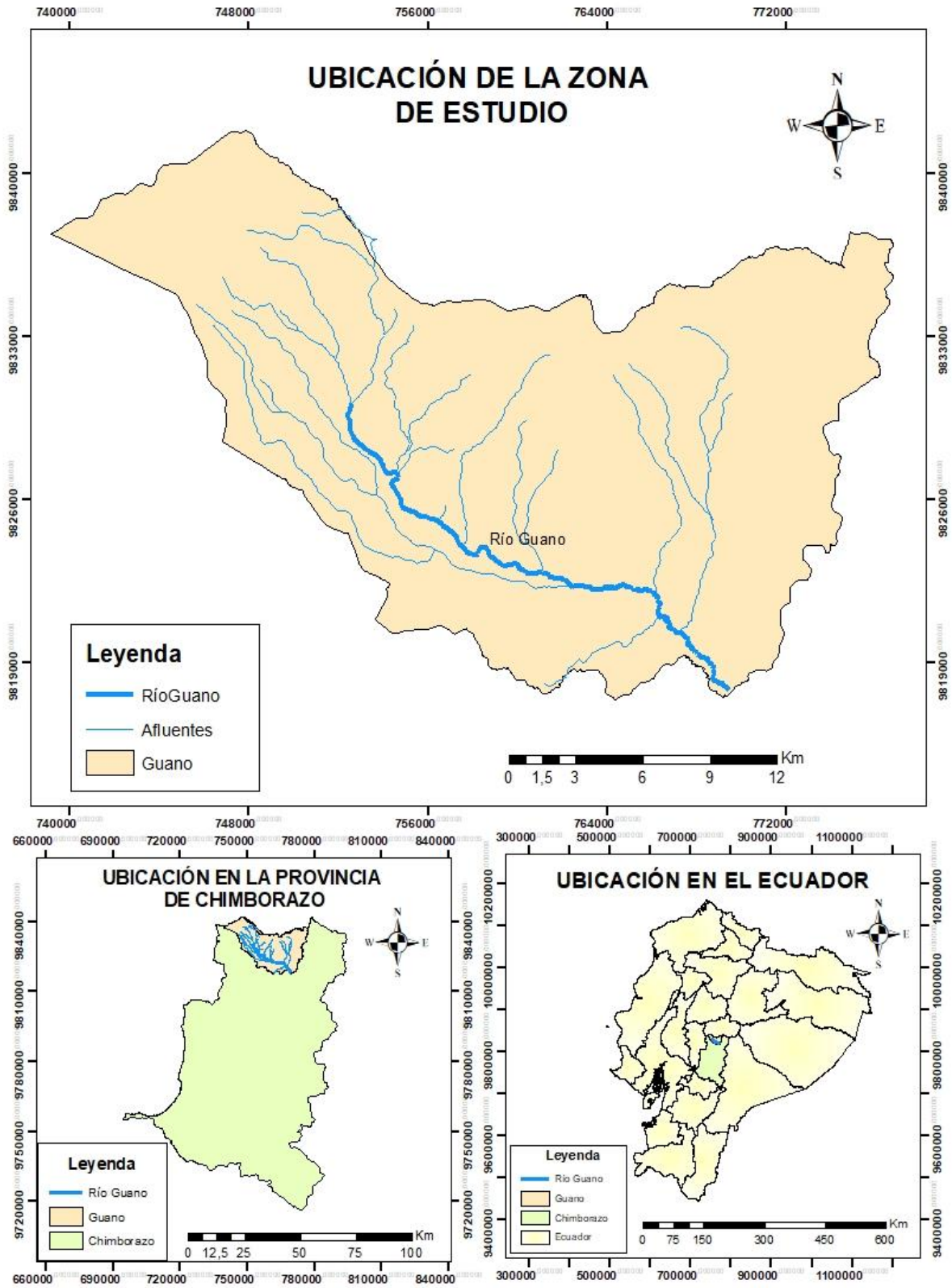
5.1.1. Localización.

- **Ubicación Geográfica.**

El caso de estudio comprende la microcuenca del río Guano y drenajes menores que se encuentran ubicados en el cantón Guano en la provincia de Chimborazo.

El río Guano se extiende desde las faldas del Chimborazo a 3120 m.s.n.m. y desemboca en el río Chambo a 2470 m.s.n.m., atravesando el cantón del mismo nombre de noroeste a sureste, con una longitud de 18,8 Km como se observa en la Figura 1.

Figura 1: Ubicación del Río Guano.



Elaborado por: Autor

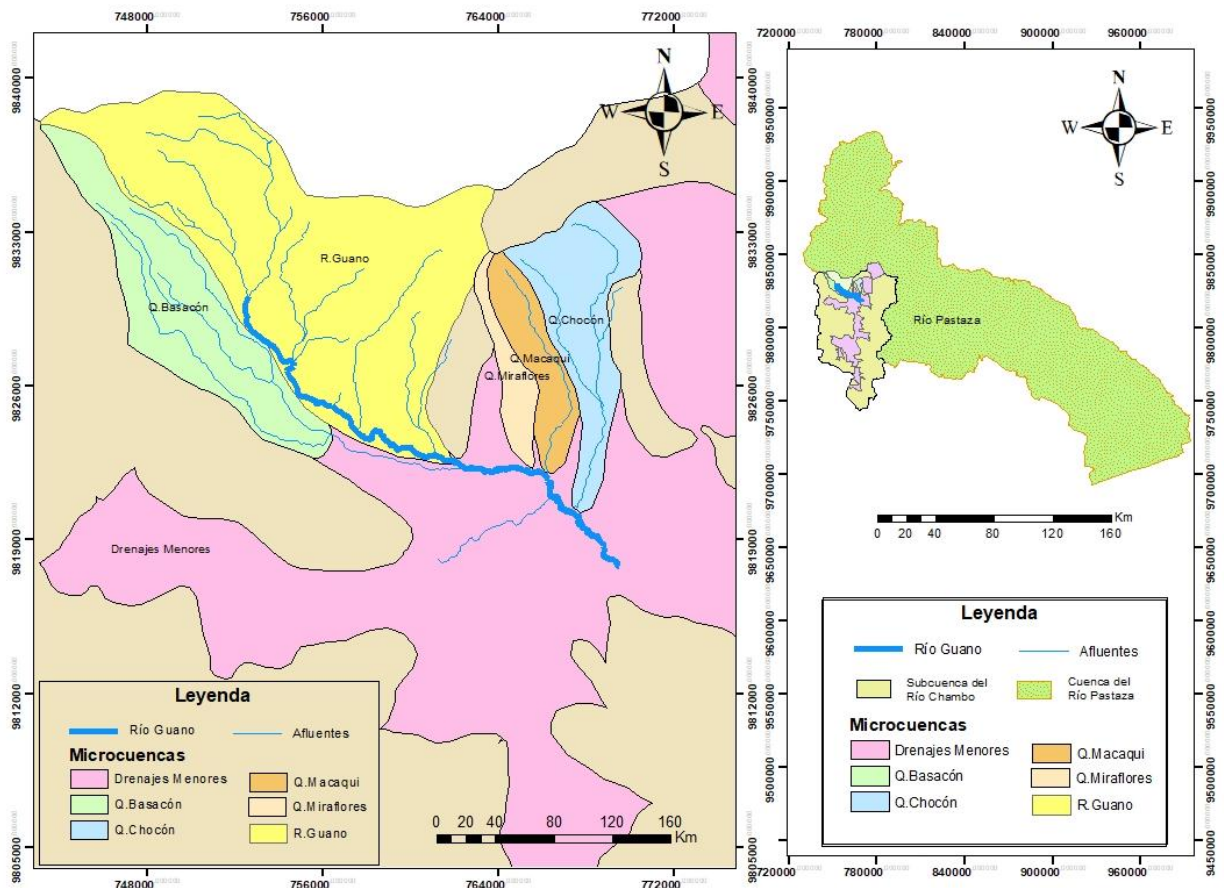
- **Ubicación Hidrográfica.**

El río forma parte de la sub cuenca del río Chambo y del sistema hidrográfico de la cuenca del río Pastaza.

Atraviesa de oeste a este, originándose en las faldas del nevado Chimborazo y de los diferentes drenajes hidrográficos de la parte alta como son las siguientes quebradas: Cascajal, Chuquipogio, Abras, Puluchaca, Patulú, Igualata, Asaco, que forman un drenaje de tipo dendrítico.

Este río atraviesa diferentes microcuencas como son: la Q.Balsacón y río Guano en la parte alta, también la Quebrada de Miraflores, Macaqui, Chocón y Drenajes Menores son principales afluentes que alimentan al río Guano en la parte media y baja de la zona como se muestra en la Figura 2.

Figura 2: División Hidrográfica del río Guano.



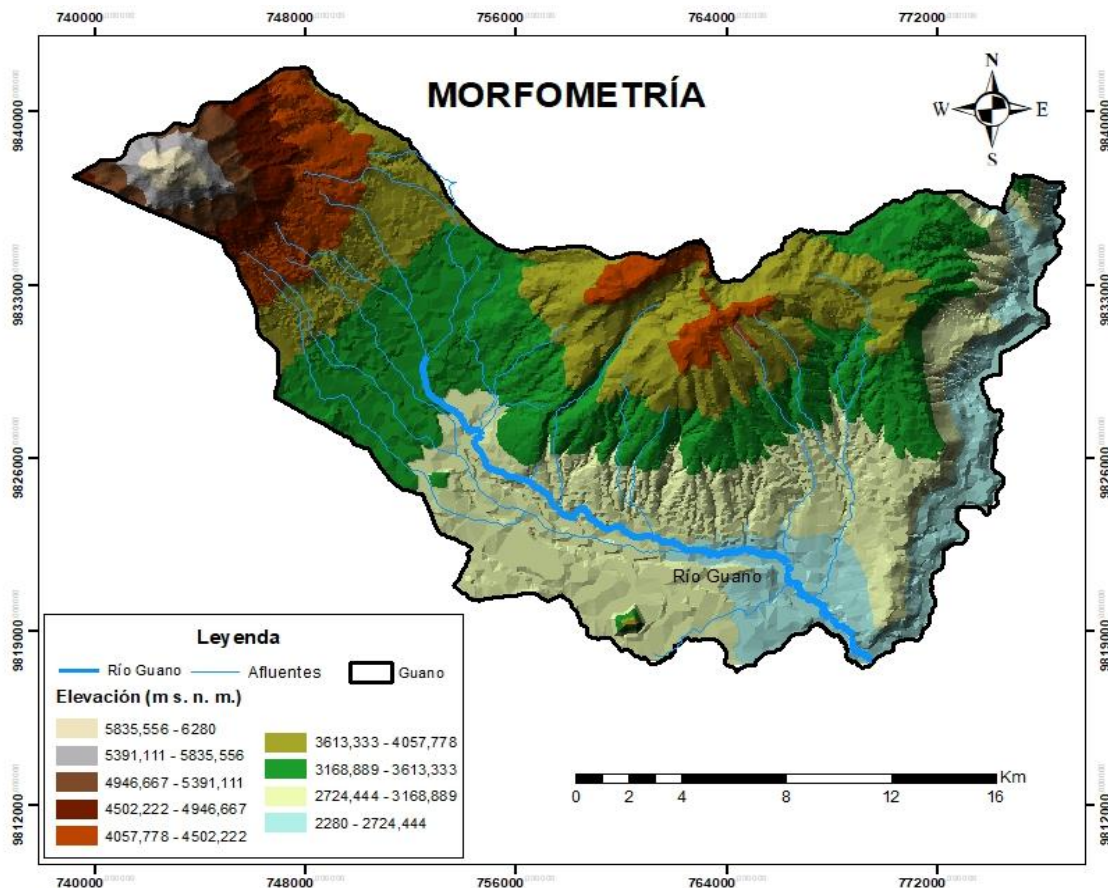
Elaborado por: Autor

- **Morfometría de la zona de estudio.**

El cantón Guano posee formas de relieve y paisajes geomorfológicos vinculados con la formación de la cordillera de los Andes, donde los glaciares, los procesos volcánicos, y las características climáticas determinadas por las heladas, los energéticos vientos y las sequías derivadas de la Sierra, han originado una diversidad de relieves. (GADM del Cantón Guano., 2014)

En el territorio del cantón se localizan diferentes estratos, los mismos que se ubican a alturas que van desde los 2280 hasta los 6280 m.s.n.m., siendo en los 3800 m.s.n.m. donde se forma el río Guano. La parte baja se sitúa entre los 2280 y los 3000 m.s.n.m., siendo una zona Montano inferior o zona Andino; la media se ubica desde los 3000 hasta los 3500 m.s.n.m., zona Montano superior o zona Sub Andino; la parte alta desde los 3500 hasta los 3800 m.s.n.m., zona Andino y Páramos sobre los 3800 m.s.n.m. Este aspecto origina una variedad climática que posibilita el desarrollo de una amplia gama de actividades (Figura 3). (GADM del Cantón Guano., 2014)

Figura 3: Morfometría de la zona de estudio



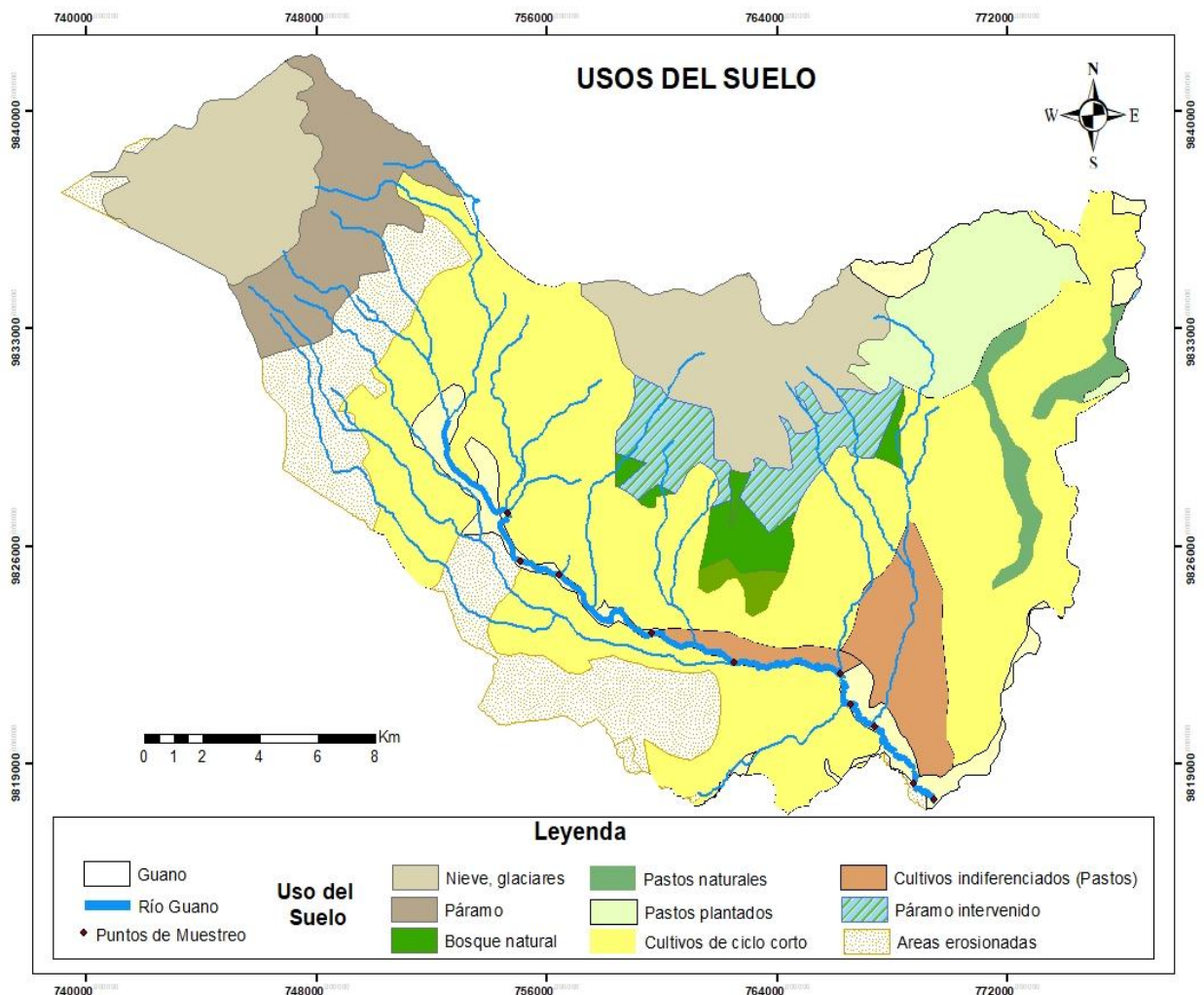
Elaborado por: Autor

5.1.2. Medio Físico del área de estudio.

- **Uso y Cobertura del Suelo.**

La figura 4, muestra los diferentes usos del suelo en los sectores que se encuentran aledaños al río Guano, en mayor porcentaje se puede observar los cultivos de ciclo corto (maíz, papas, fréjol, chocho, entre otros) que se extienden desde la parte alta hasta la parte baja, luego le sigue los cultivos indiferenciados como son los pastos naturales y plantados (avena, trigo, cebada, alfalfa), y podemos también evidenciar que en parte alta media y baja existen zonas erosionadas.

Figura 4: Usos de Suelo



Elaborado por: Autor

- **Características Climáticas**

Las características climáticas del lugar de estudio, se detallan en la tabla 8.

Tabla 8: Pisos Climáticos de Guano

TIPO DE CLIMA	CARACTERISTICAS
Nivel frío seco de alta montaña	A 4000 m de altitud se localiza este clima. La temperatura media en el año es menor que 4 °C, obedeciendo a la altura, la altitud y exposición influyen en la precipitación que se encuentra sobre los 2000 mm
Ecuatorial de alta montaña	En el cantón este clima es el que prevalece. En las montañas la temperatura disminuye con la altitud, mientras que aumentan las precipitaciones. Tiene una aproximación térmica menor que 12 °C y las precipitaciones son mayores a los 750 mm, siendo más fuertes en verano que en invierno.
Ecuatorial meso térmico semi-húmedo	Presenta dos épocas de lluvia: febrero-mayo y octubre noviembre La precipitación al año está entre 550 a 2 000 mm. La temperatura media se encuentra entre 10 y 12 °C. Este ambiente está sobre los 3000 m de altura.
Ecuatorial meso térmico seco	Este clima se presenta en el fondo de los valles. Las precipitaciones son inferiores a los 550 mm anuales. Las temperaturas medias anuales fluctúan entre 12 y 22 °C.

Fuente: (GADM del Cantón Guano., 2014)

5.1.3. Medio Biótico del área de estudio.

Guano se caracteriza por la diversidad de flora y fauna. Las mismas que se detallan a continuación en la tabla 9 sobre flora y en la tabla 10 sobre la fauna.

- **Flora.**

Tabla 9: Principales especies de flora en Guano.

FORESTAL		ARBUSTIVAS	
Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico
Capulí	<i>Prunus serótina</i> Kunth	Tuna	<i>Opuntia indica</i>
Guarango	<i>Caesalpinia spinosa</i> O Mol Kuntze	Tatora	<i>Scirpus californicus</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	Cabuya negra	<i>Agave americana</i>
Aliso	<i>Alnus acuminata</i> H.B.K	Cabuya blanca	<i>Fourcraea andina</i> Trel
Ciprés	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Retama	<i>Spartium Junseum</i> Lin P
Guaba	<i>Inga edulys</i> sp	Achupalla	<i>Puya lanata</i> Belongs
Chilca	<i>Baccharis balsamifera</i> Benth	Espino blanco	<i>Crataegus monojina</i> Jaquin
Nogal	<i>Junglas neotropica</i> Diels	Llinllín	<i>Llinllín Cassia canescens</i> Kunth
Pino	<i>Pinus radiata</i> D Don.	Supirroza	<i>Lantana rugulosa</i> H.B.K
Quishuar	<i>Buddleja incana</i> Ruiz Pav	Marco	<i>Ambrosia arbórea</i>
Yagual	<i>Polylepis</i> sp. Van Lanata	Sábila	<i>Aloe vera</i> L.

Fuente: (GADM del Cantón Guano., 2014)

- **Fauna.**

Tabla 10: Principales especies de fauna en Guano.

Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico
Lobo de páramo	<i>Pseudalopex culpaeus</i>	Jilguero	<i>Carduelis magallonica</i>
Conejo silvestre	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Colibrí	<i>Oreotrichlilus estella</i>
Ratón marsupial	<i>Caenolestes fuginosos</i>	Raposa común	<i>Didelphys marsupialis</i>
Cóndor andino	<i>Vultur gryphus</i>	Curiquingue	<i>Phalcoboenus carunculatus</i>
Guarro	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Huairacchuro	<i>Pheuticus auriventris</i>
Garza blanca	<i>Ardea alba</i>	Gorrión	<i>Zonotrichia capensis</i>
Codorniz	<i>Colis cristatus</i>	Perdiz	<i>Aletoris rufa</i>
Golondrina	<i>Notiochelidon murina</i>	Mirlo	<i>Turdus fusacater</i>

Fuente: (GADM del Cantón Guano., 2014)

5.2. Calidad y Cantidad del recurso Hídrico.

5.2.1. Georeferenciación de puntos de Muestreo.

A lo largo del río se establecieron 10 puntos para los muestreos y monitoreos, los cuales se detallan a continuación en la tabla 11. Estos sitios estratégicos permiten conocer valores reales en medición de caudales y la toma de muestras para los respectivos análisis de calidad.

Tabla 11: Puntos de Muestreo

N°	REFERENCIA	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN	COORDENADAS UTM WGS 1984 17S		
			LONGITUD X	LATITUD Y	ALTITUD m.s.n.m
1	Quebrada de Llio	QL-1	754653,58	9827051,37	3116
2	Antes de San Andrés	ASA-2	755062,164	9825504,59	3062
3	Puente San Isidro de Patulú	PSI-3	756433,838	9825066,83	2960
4	Antes de Guano	AG-4	759644,138	9823199,015	2799
5	Parque de las Vertientes.	PV-5	762504,224	9822265,11	2718
6	Santa Teresita	ST-6	766181,477	9821885,71	2650
7	Puente Los Elenes	PLE-7	766560,877	9820922,62	2578
8	Quebrada de Chocon	QC-8	767378,044	9820193,01	2535
9	Puente de Tamaute-Cubijés.	PTC-9	768720,533	9818383,56	2498
10	Cubijés-Descarga al Río Chambo	CDRC-10	769450,147	9817858,24	2469

Elaborado por: Lizbeth Cabrera

En la figura 5, se observa la ubicación de cada uno de los puntos de muestreo en la zona de estudio.

Figura 5: Acumulación de flujo del río Guano.

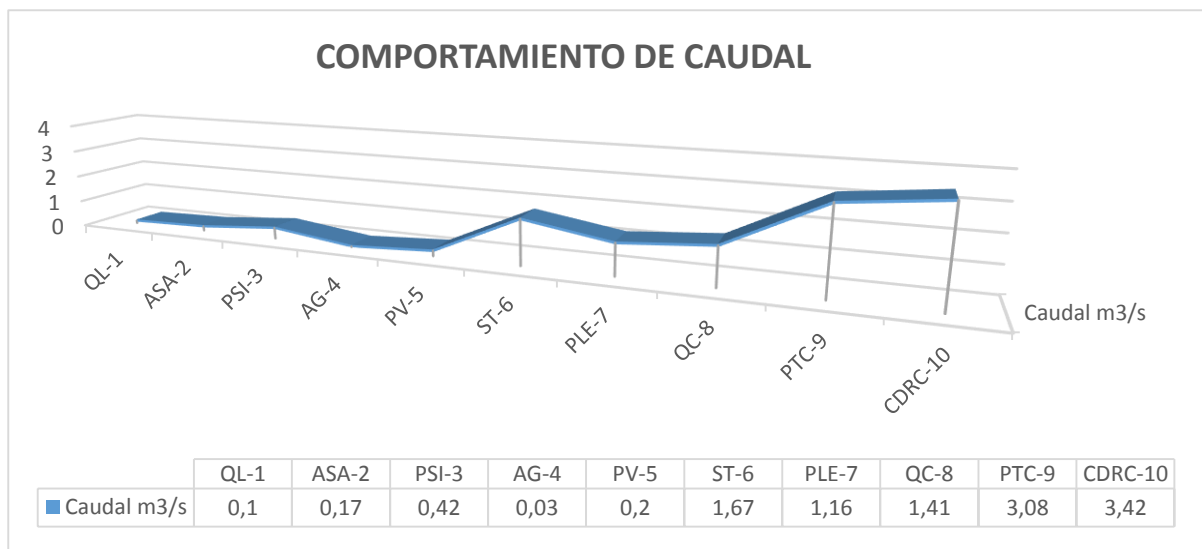


Elaborado por: Autor

5.2.2. Cantidad de Agua.

Se determinaron los caudales en los lugares establecidos, conociendo el comportamiento variado que existe en cada punto, como se indica en el siguiente Gráfico 1.

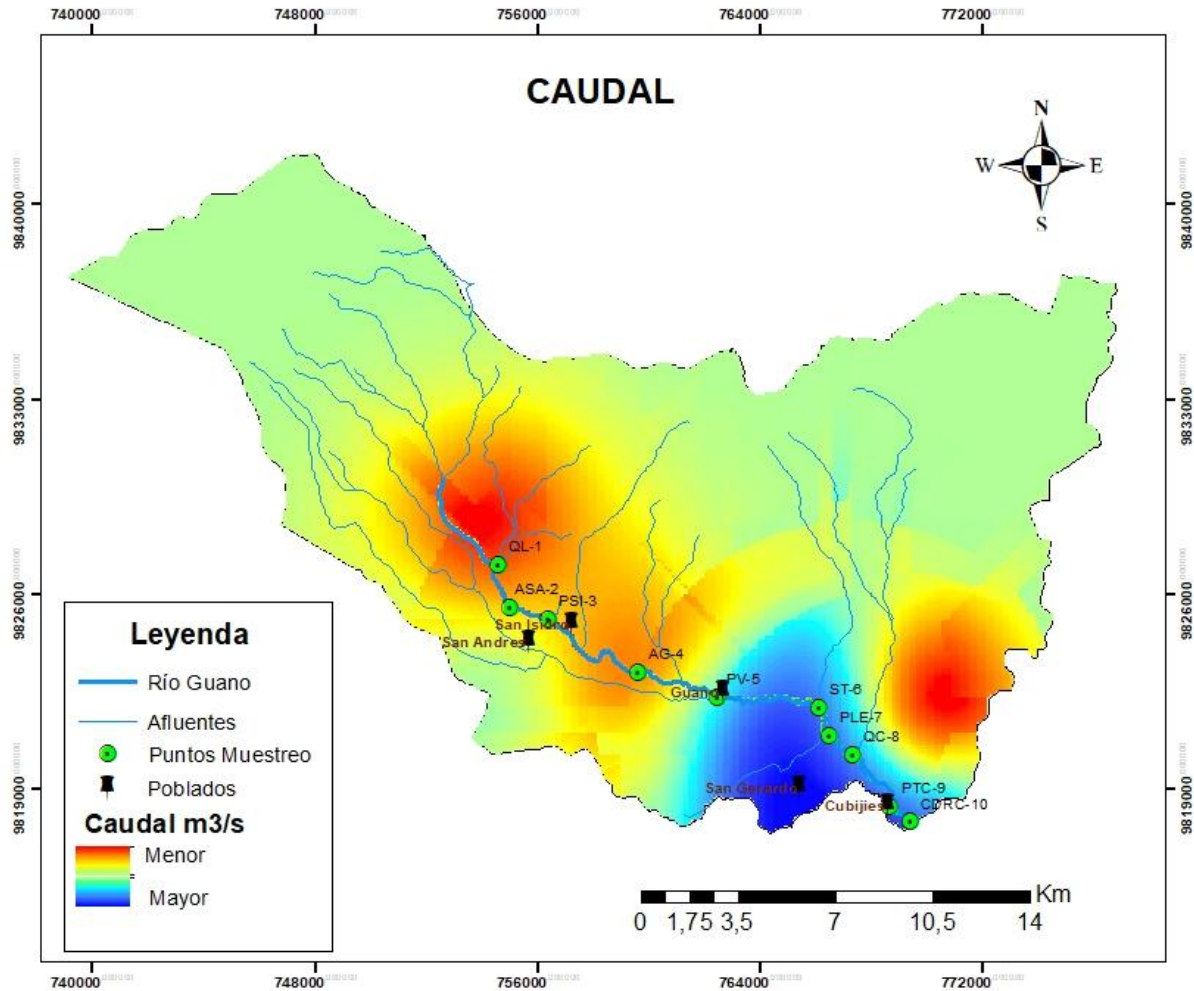
Gráfico 1: Caudales del río Guano.



Elaborado por: Autor

En la Figura 6 se observa el comportamiento del caudal del río Guano, representando el color rojo la parte en la cual existe menor cantidad y la azul mayor cantidad.

Figura 6: Comportamiento de caudal en el río Guano.



Elaborado por: Autor

En los puntos de aforo iniciales existe menor cantidad de agua debido a que esta zona existen pocos afluentes que aporten al río y además es una zona agrícola y ganadera a diferencia de los siguientes puntos que se encuentran a menor altura en los cuales el caudal va incrementando debido a los afluentes existentes, siendo en la parte baja en donde exista mayor cantidad de agua con 3,42 m³/s.

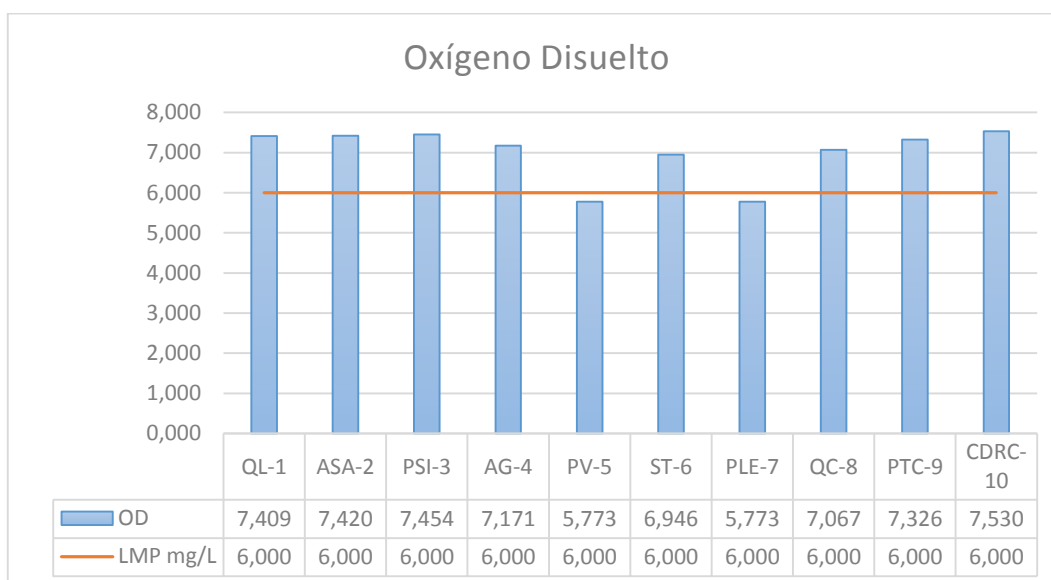
5.2.3. Calidad de Agua

En cada uno de los puntos establecidos de muestreo, se analizaron diferentes parámetros físico-químicos y biológicos, los cuales permiten conocer la calidad de agua en el río Guano, a continuación, se detalla cada uno de ellos y se compara con los límites permisibles del Texto Unificado de Legislación Ambiental, libro VI de Calidad Ambiental mostradas en el Anexo 1.

- **Oxígeno Disuelto**

El OD es una condición fundamental para el desarrollo de la vida acuática y la descomposición aeróbica de materia orgánica.

Gráfico 2: Oxígeno Disuelto en el río Guano.



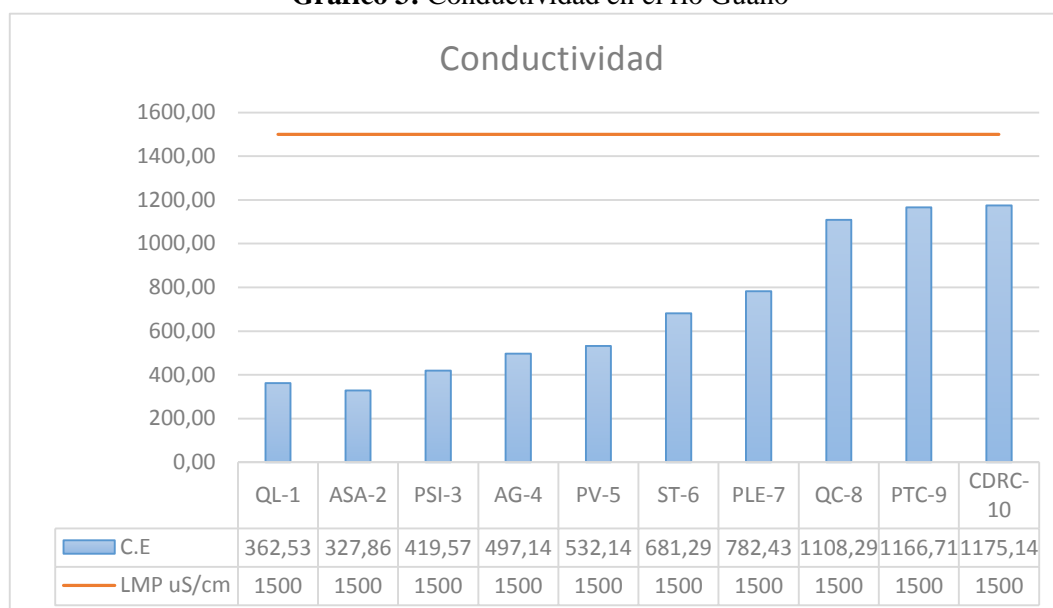
Elaborado por: Autor

Como se observa en la gráfica 2, la mayoría de los puntos cumple con límites máximos permisibles establecidos, a diferencia de los puntos PV-5 y PLE-7 que son valores menores a lo indicado en la normativa en la cual menciona que el OD no debe ser menor al 80% de saturación y no menor a 6mg/L.

- **Conductividad.**

La conductividad eléctrica (CE) es una medida de la capacidad del agua para pasar una corriente eléctrica, correlacionados con la cantidad de sólidos disueltos ya que estos son en su mayoría compuestos iónicos de calcio y magnesio. (Teves Aguirre , 2016)

Gráfico 3: Conductividad en el río Guano



Elaborado por: Autor

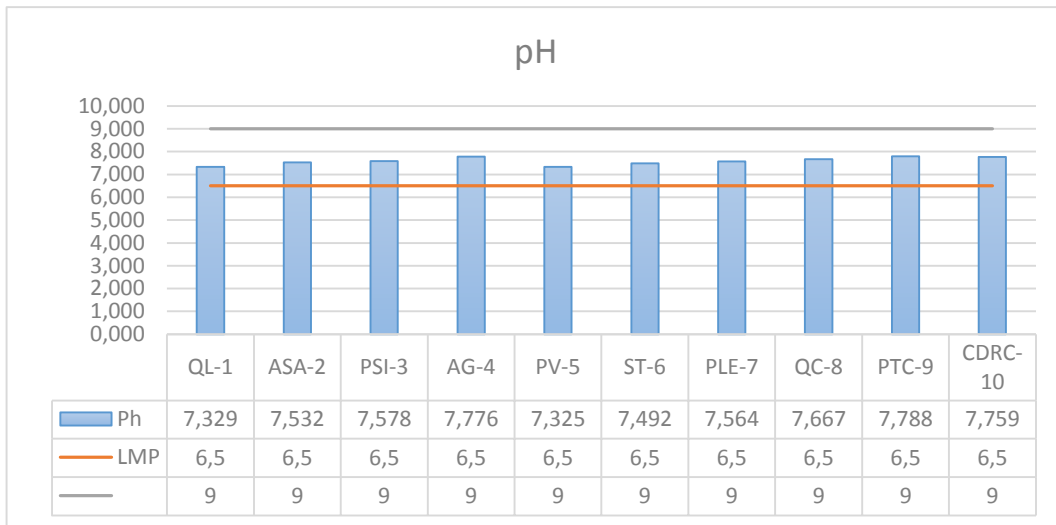
La conductividad de todos los puntos muestreados se encuentra por debajo del límite máximo permisible, el cual indica que la conductividad no deberá ser mayor a 1500 us/cm. Se puede apreciar en la gráfica 3, existe un aumento súbito de la conductividad desde el punto QL-1 al CRDR-10, estos valores se justifican debido a que existe la acumulación de sales disueltas.

- **Potencial de Hidrógeno**

El pH del agua indica el comportamiento ácido o básico de la misma y es de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática, ya sea generando daño en los peces o proliferando el crecimiento de algas. (Teves Aguirre , 2016)

Los valores de pH muestreados tienen una tendencia a la neutralidad y permanecen constantes a lo largo del curso del río, encontrándose en los rangos establecidos de 6,5 a 9,00 cumpliendo la normativa vigente. (Gráfico 4)

Gráfico 4: pH en el río Guano.

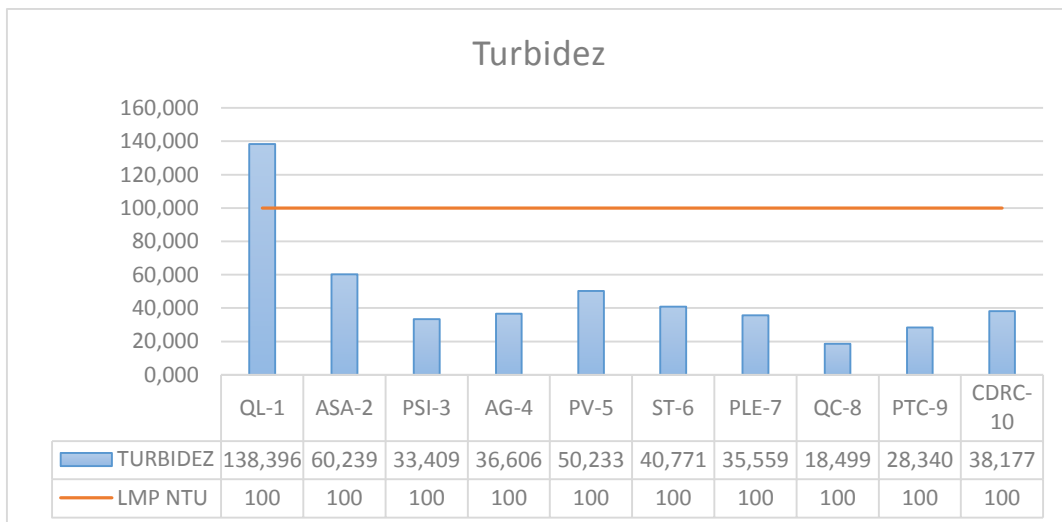


Elaborado por: Autor

- **Turbidez**

La turbidez hace referencia a la cantidad de materia en suspensión que interfieren el paso de la luz a través del agua, y por tanto modifica la flora y fauna subacuática. (Zhen Wu, 2009)

Gráfico 5: Turbidez en el río Guano



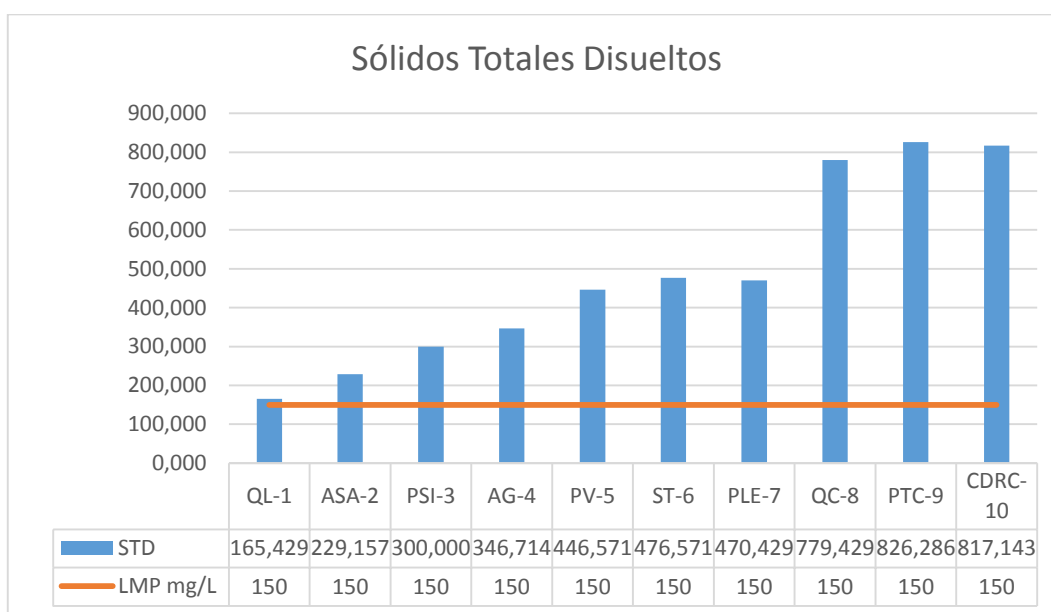
Elaborado por: Autor

La turbidez a lo largo del río se mantiene bajo los 100 NTU que es el valor establecido en la normativa, a diferencia del primer punto QL-1 que su valor es de 138,396 NTU y esto se debe al poco caudal que existe en esta zona y a los sedimentos que son arrastrados por el mismo. (Gráfico 5)

- **Sólidos Totales Disueltos.**

Los STD son moléculas e iones que se encuentran disueltos en el agua; la concentración de STD en el agua se debe a la presencia de minerales, gases, productos de la descomposición de materia orgánica, metales y compuestos químicos orgánicos que dan color, olor, sabor y eventualmente toxicidad al agua que los contiene. (Teves Aguirre , 2016)

Gráfico 6: Sólidos Totales Disueltos en el río Guano.



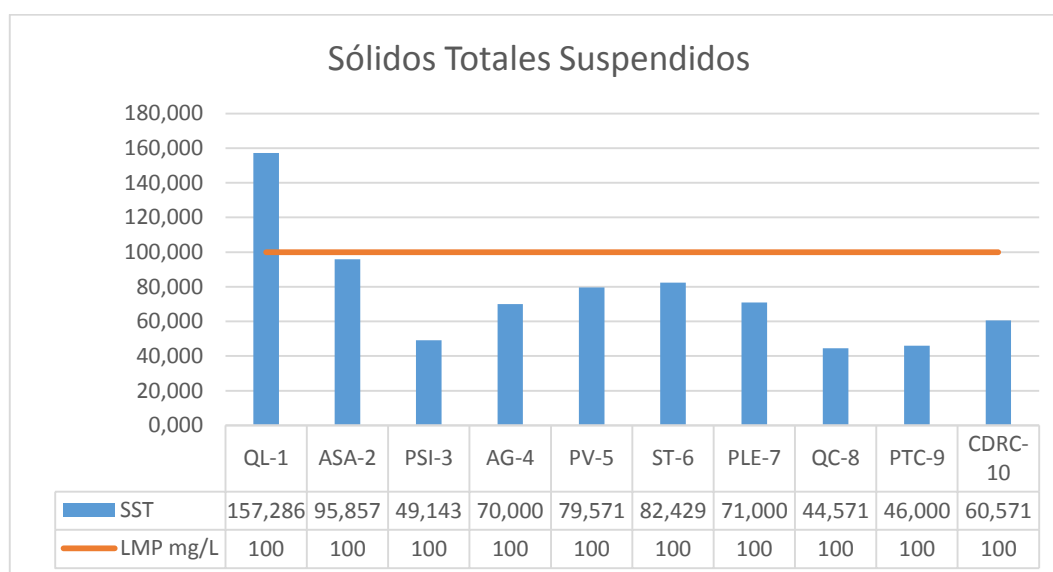
Elaborado por: Autor

Los valores de STD se observan en el gráfico 6, todos los puntos muestreados se encuentran sobre el valor de 150 mg/L que es el límite de referencia, además se puede ver que a manera que los muestreos en el río descienden los valores de los sólidos disueltos incrementan, esto se debe a la presencia de materia orgánica, este parámetro está relacionado directamente con la conductividad.

- **Sólidos Totales Suspendedos.**

Los STS son partículas en suspensión de sólidos inorgánicos y materia orgánica en proporciones muy variables, pueden ser aportados tanto por procesos de arrastre como de remoción de tierras y también por vertimientos urbanos e industriales. (Teves Aguirre , 2016)

Gráfico 7: Sólidos Suspendidos en el río Guano.



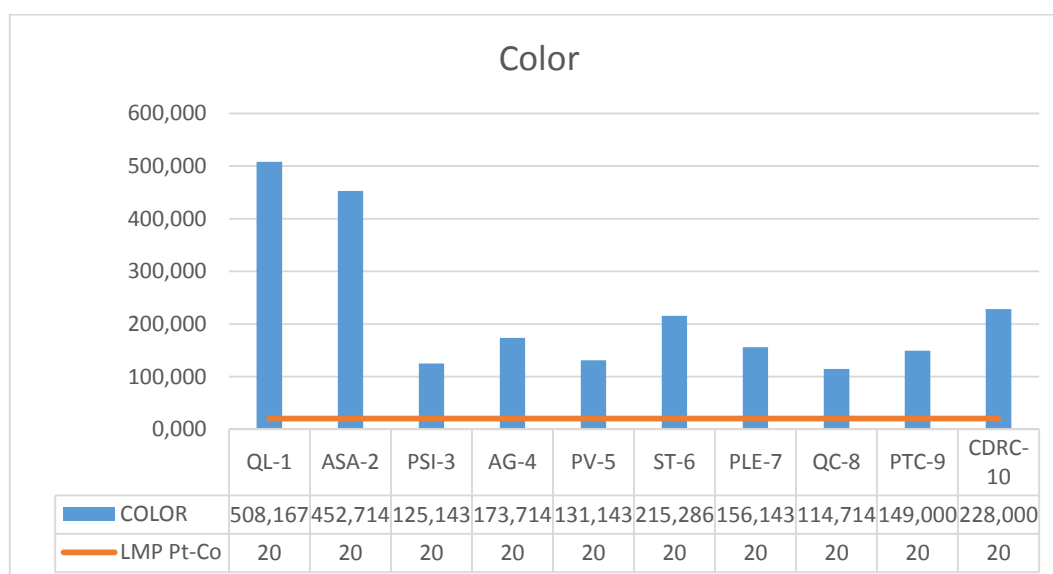
Elaborado por: Autor

El contenido de sólidos suspendidos en el agua del río Guano se muestran en la gráfica 7, en la cual se observa que la mayoría se encuentran por debajo del valor de la normativa a excepción de QL-1 con un valor de 157,286 mg/L sobrepasando los 100mg/L.

- **Color**

El color se puede determinar dependiendo de la cantidad de sólidos y sales minerales disueltas en el agua.

Gráfico 8: Color en el río Guano.



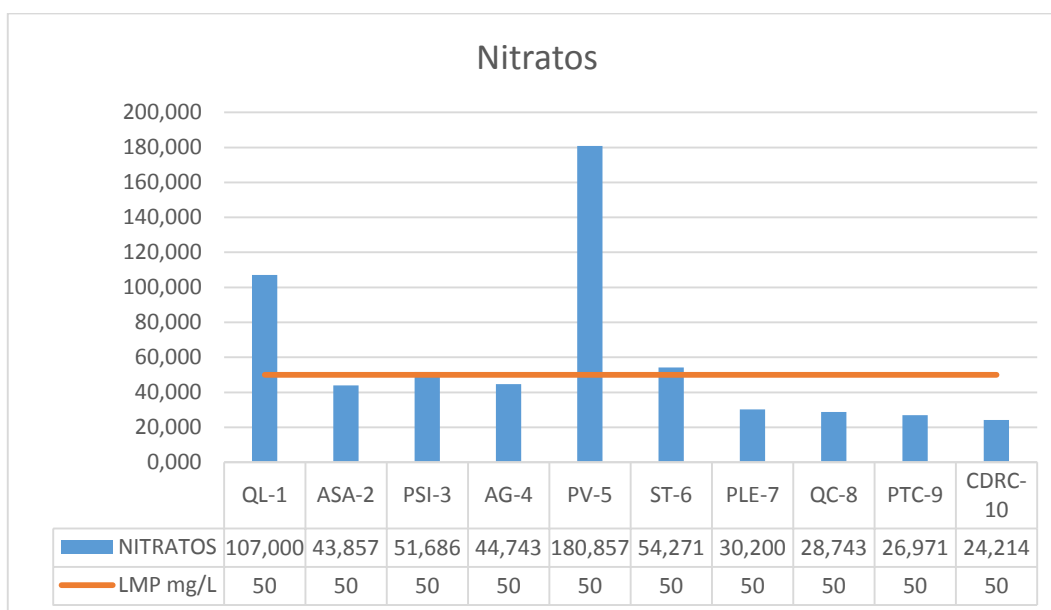
Elaborado por: Autor

En el gráfico 8 se observan los valores de color a lo largo del río, en el cual todos los valores se encuentran por encima del valor permisible, QL-1 y ASA-2 son valores mucho más altos a los demás y estos tiene una relación con los Sólidos suspendidos.

- **Nitratos**

Los nitratos son responsables de los procesos de eutrofización, la cual es el enriquecimiento desmesurado de nutrientes en el agua.

Gráfico 9: Nitratos en el río Guano



Elaborado por: Autor

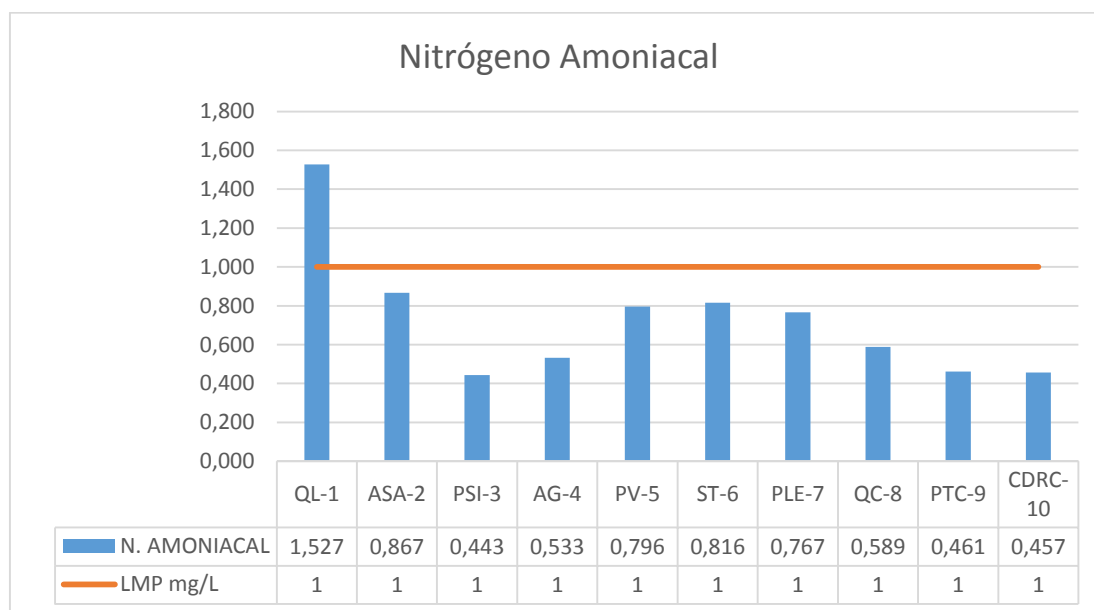
Los valores de nitratos se observan en la gráfica 9, en la cual el punto QL-1 con 107 mg/L; PSI-3 CON 51,686 mg/L; PV-5 con 180,857 mg/L y ST-6 con 54,271 mg/L sobrepasan el límite permisible de 50mg/L, esto se debe a la descomposición de materia orgánica y la utilización de fertilizantes nitrogenados.

- **Nitrógeno Amoniacal.**

Es originado por procesos metabólicos, agricultura e industria.

En el gráfico 10 se puede apreciar lo valores de Nitrógeno Amoniacal, los cuales se encuentran por debajo del límite permisible de la normativa a excepción de QL-1 con un valor de 1,527 mg/L el cual sobrepasa a 1 mg/L. Esto puede deberse a la actividad agrícola y ganadera.

Gráfico 10: Nitrógeno Amoniaco en el río Guano.

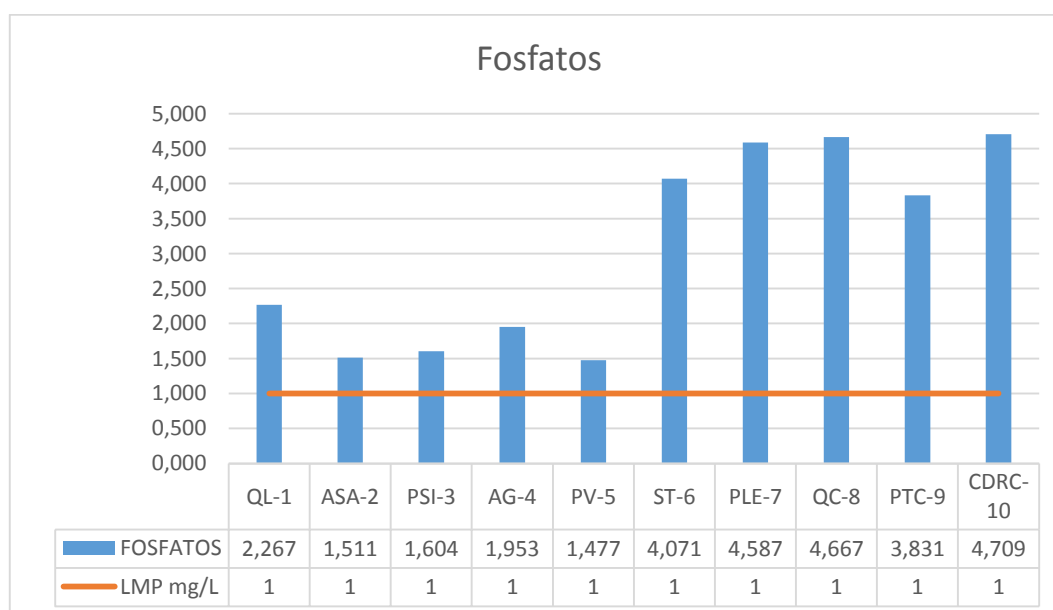


Elaborado por: Autor

- Fosfatos**

Los fosfatos son compuestos químicos formados por fósforo y oxígeno. Un incremento desmesurado de fosfatos en agua puede ocasionar problemas de agotamiento de oxígeno del agua y exceso de materia orgánica, las cuales dan lugar a la eutrofización. (León Carrasco, 2014)

Gráfico 11: Fosfatos en el río Guano.



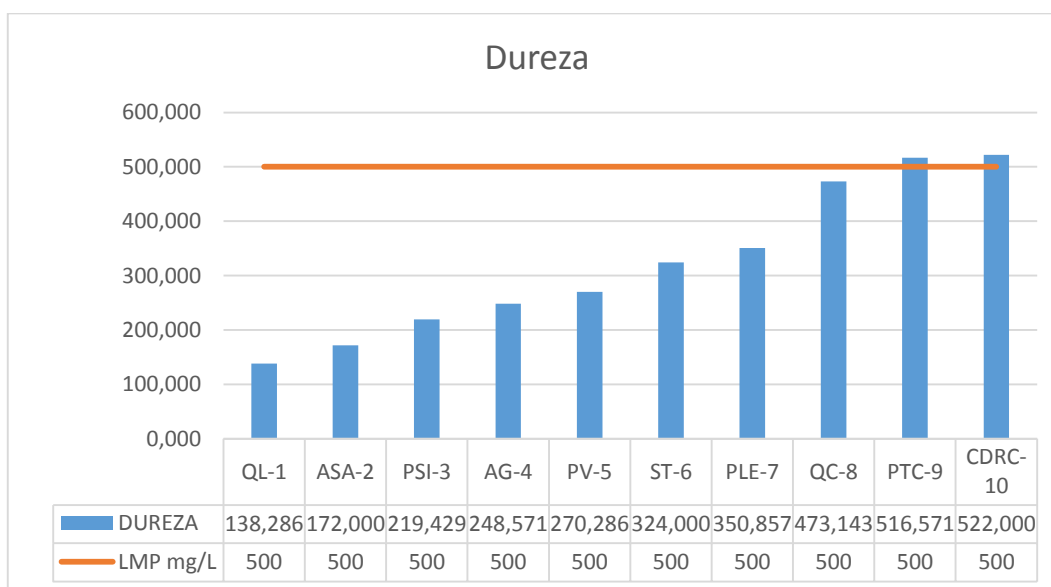
Elaborado por: Autor

Los valores de fosfatos en los diferentes puntos de muestreos variaron entre 1,477 a 4,709 mg/L, los cuales sobrepasan el valor establecido en la normativa y se puede observar que en los puntos muestreados de menor altura hay mayor cantidad de fosfatos. Esto puede deberse a las actividades ganaderas y al vertimiento de desechos domésticos.

- **Dureza**

Es una característica química que está determinada por el contenido de carbonatos, cloruros, sulfatos y nitratos de calcio y magnesio, le da un sabor indeseable al agua, proviene de fuente naturales como rocas y por escorrentía. (Mejía Clara , 2005)

Gráfico 12: Dureza en el río Guano.



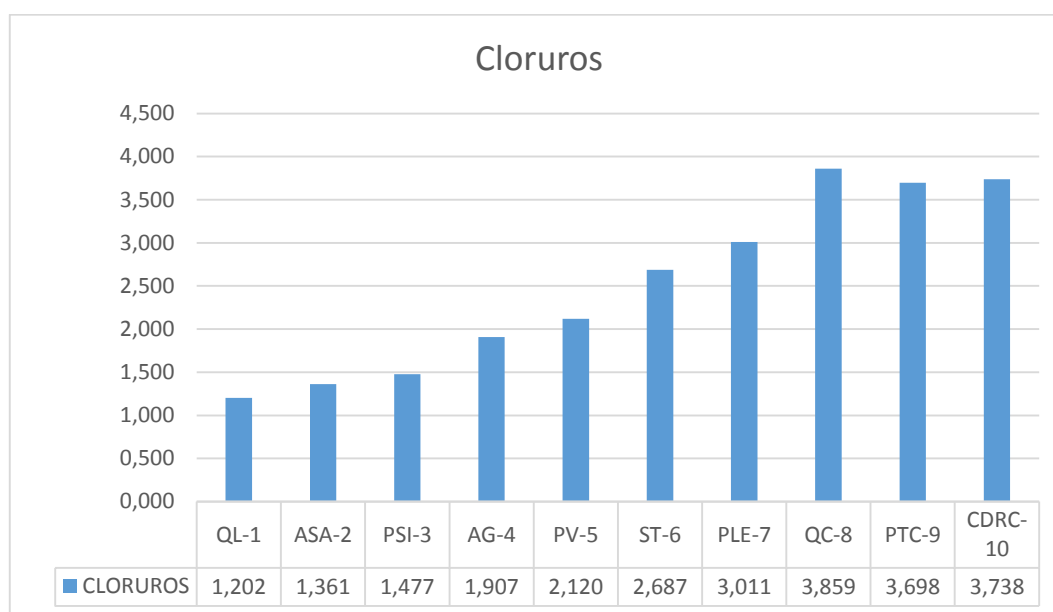
Elaborado por: Autor

En el gráfico 12 se observa los valores de dureza, desde el punto QL-1 al QC-8 son menores a 500 mg/L que es el valor de referencia, a diferencia de los puntos PTC-9 Y CDRC-10 que sobrepasan a lo establecido por la normativa. Se evidencia en el gráfico que los valores de dureza van aumentando mientras el río desciende, esto se puede deber a la acumulación de sales de calcio y magnesio.

- **Cloruros**

Los cloruros son buenos indicadores de salinidad y están normalmente asociados con cantidades de sodio. La presencia de cloruro en aguas superficiales puede deberse a la disolución de depósitos minerales. (Teves Aguirre , 2016)

Gráfico 13: Cloruros en el río Guano.



Elaborado por: Autor

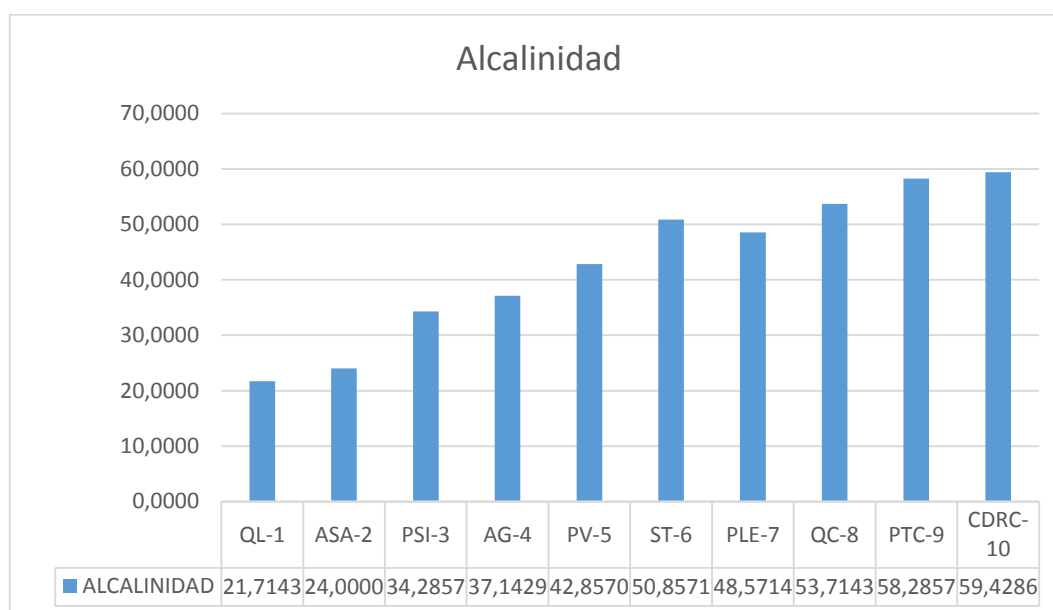
Se puede visualizar en la gráfica 13, que a lo largo de la trayectoria del río hay un incremento de cloruros hasta la desembocadura, los cuales se deben a la acumulación de sales por el riego agrícola, así como las descargas de aguas residuales domésticas o industriales.

- **Alcalinidad**

La alcalinidad es indicadora de la concentración del contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. Es la capacidad que posee el agua para neutralizar los ácidos. En concentraciones inferiores a 10 mg/L produce un sabor desagradable y convierte al agua en muy corrosiva y en altas concentraciones puede provocar depósitos salinos en suelos agrícolas. (Valencia Delfa , 2007)

Los valores de alcalinidad se pueden apreciar en la gráfica 14, como podemos ver todos los valores están sobre los 10 mg/L y estos aumentan a lo largo de la trayectoria del río, mismos que indican que existe una acumulación de carbonatos en la parte baja. Se presume que esto se debe a la desechos orgánicos e industriales.

Gráfico 14: Alcalinidad en el río Guano.

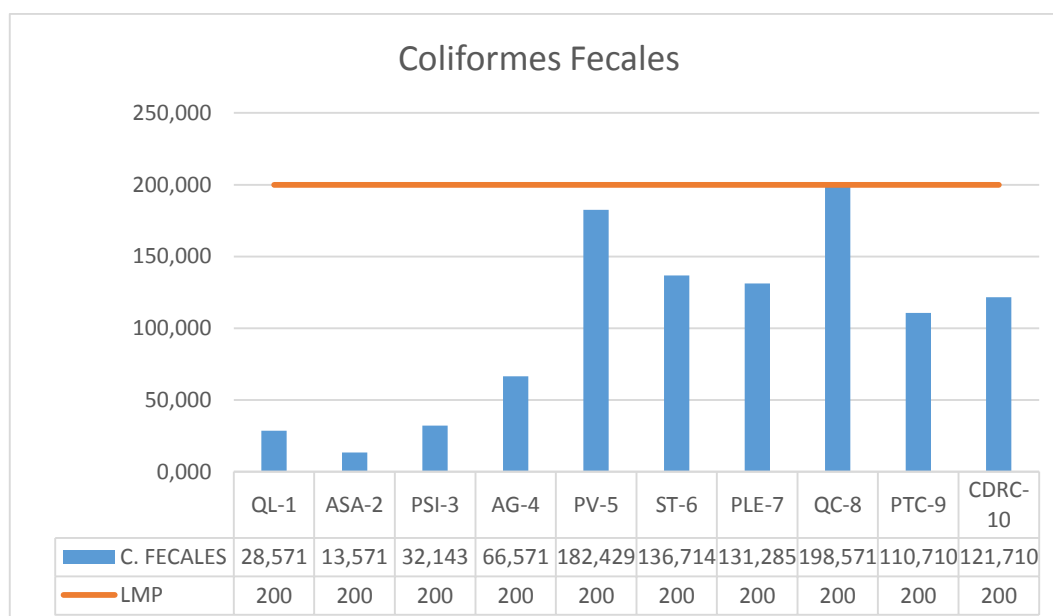


Elaborado por: Autor

- **Coliformes Fecales**

Coliformes fecales, es un término que se designa principalmente a los órdenes de bacterias *Escherichia* y *Klebsiella spp*, las cuales son indicadoras por excelencia de contaminación fecal del agua por heces de seres vivos. (Mejía Clara , 2005)

Gráfico 15: Coliformes Fecales en el río Guano.



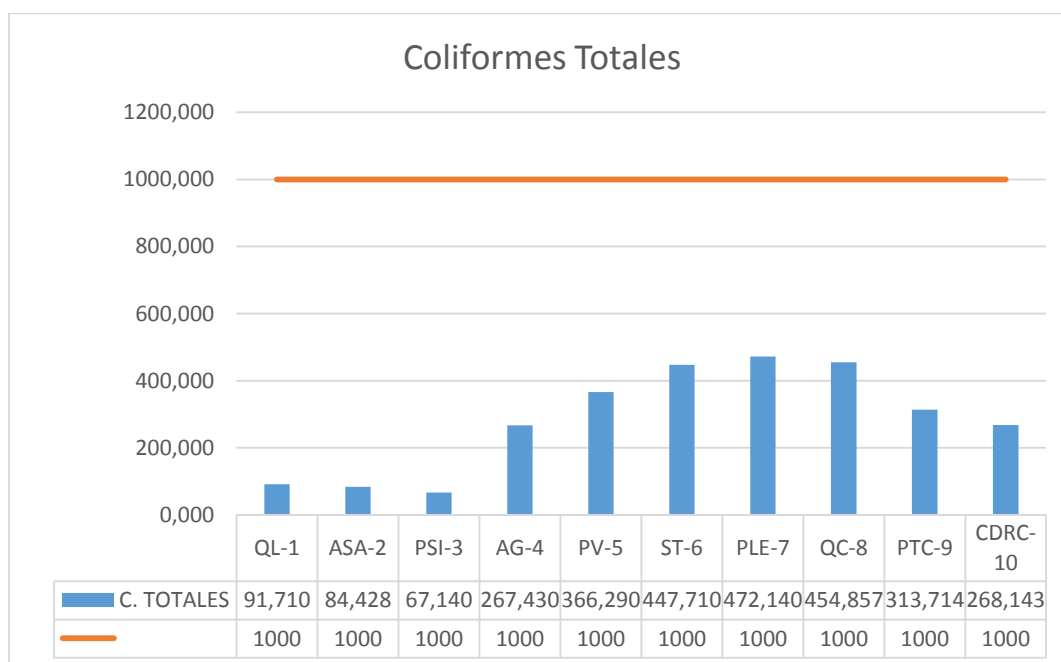
Elaborado por: Autor

La cantidad de Coliformes fecales encontrados en los sitios muestreados se presentan en el gráfico 15, en el cual se puede observar que ninguno sobre pasa el limite permisible, pero son valores cercanos al mismo, lo que indica que existe el riesgo de que se contaminen los seres vivos que se benefician del agua del río.

- **Coliformes Totales**

Coliformes totales es un término para referirse a la familia de bacterias de los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*; la mayoría de estos organismos se encuentran en vida libre, es decir en el ambiente y materia en descomposición, excepto el género *Escherichia* que vive solo en organismos como el hombre y animales de sangre caliente. (Teves Aguirre , 2016)

Gráfico 16: Coliformes Totales en el río Guano.



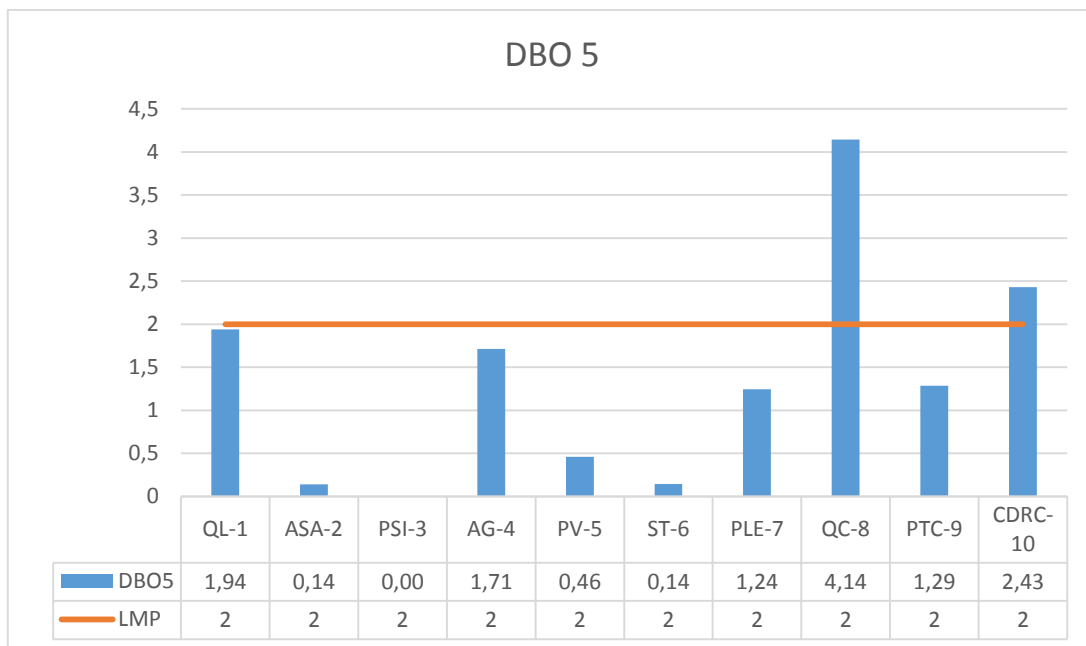
Elaborado por: Autor

En los puntos de monitoreo se tienen valores desde 91,710 hasta 472,857 ufc, los cuales no sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos, pero se puede apreciar que los valores más altos están en la parte media y baja del río y esto se debe a las descargas de aguas negras y a la ganadería existente.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno.**

Este parámetro indica la cantidad de oxígeno que necesitan las bacterias para oxidar o estabilizar la materia orgánica, bajo condiciones aeróbicas durante 5 días a 20°C. (Zhen Wu, 2009)

Gráfico 17: Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Guano.



Elaborado por: Autor

Como se puede apreciar en el gráfico 17, existen puntos en los cuales los valores sobrepasan el valor de 2mg/L que es el límite permisible, tal es el caso de QC-8 con 4,14 mg/L y CDRC-10 con 2,43 mg/L, en los cuales se puede asumir que existe menor cantidad de oxígeno que permita a los microorganismos descomponer la materia orgánica existente.

- **Índice de Calidad de Montoya.**

Los resultados obtenidos en el diagnóstico físico-químico y microbiológico de las muestras, permiten definir la calidad de agua que existe en cada uno de los puntos de muestreos establecidos en el río.

A continuación, en la tabla 12, apreciamos con claridad los valores y la descripción del índice de calidad de Montoya.

Tabla 12: Índice de Calidad de Montoya.

N°	REFERENCIA	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN	INDICE DE CALIDAD	
			VALOR	DESCRIPCION
1	Quebrada de Llio	QL-1	71,61	Aceptable
2	Antes de San Andrés	ASA-2	64,17	Poco Contaminado
3	Puente San Isidro de Patulú	PSI-3	63,22	Poco Contaminado
4	Antes de Guano	AG-4	67,96	Poco Contaminado
5	Parque de las Vertientes.	PV-5	47,26	Contaminado
6	Santa Teresita	ST-6	39,73	Contaminado
7	Puente Los Elenes	PLE-7	38,81	Contaminado
8	Quebrada de Chocón	QC-8	41,74	Contaminado
9	Puente de Tamaute-Cubijíes.	PTC-9	38,23	Contaminado
10	Cubijíes-Descarga al Río Chambo	CDRC-10	38,09	Contaminado

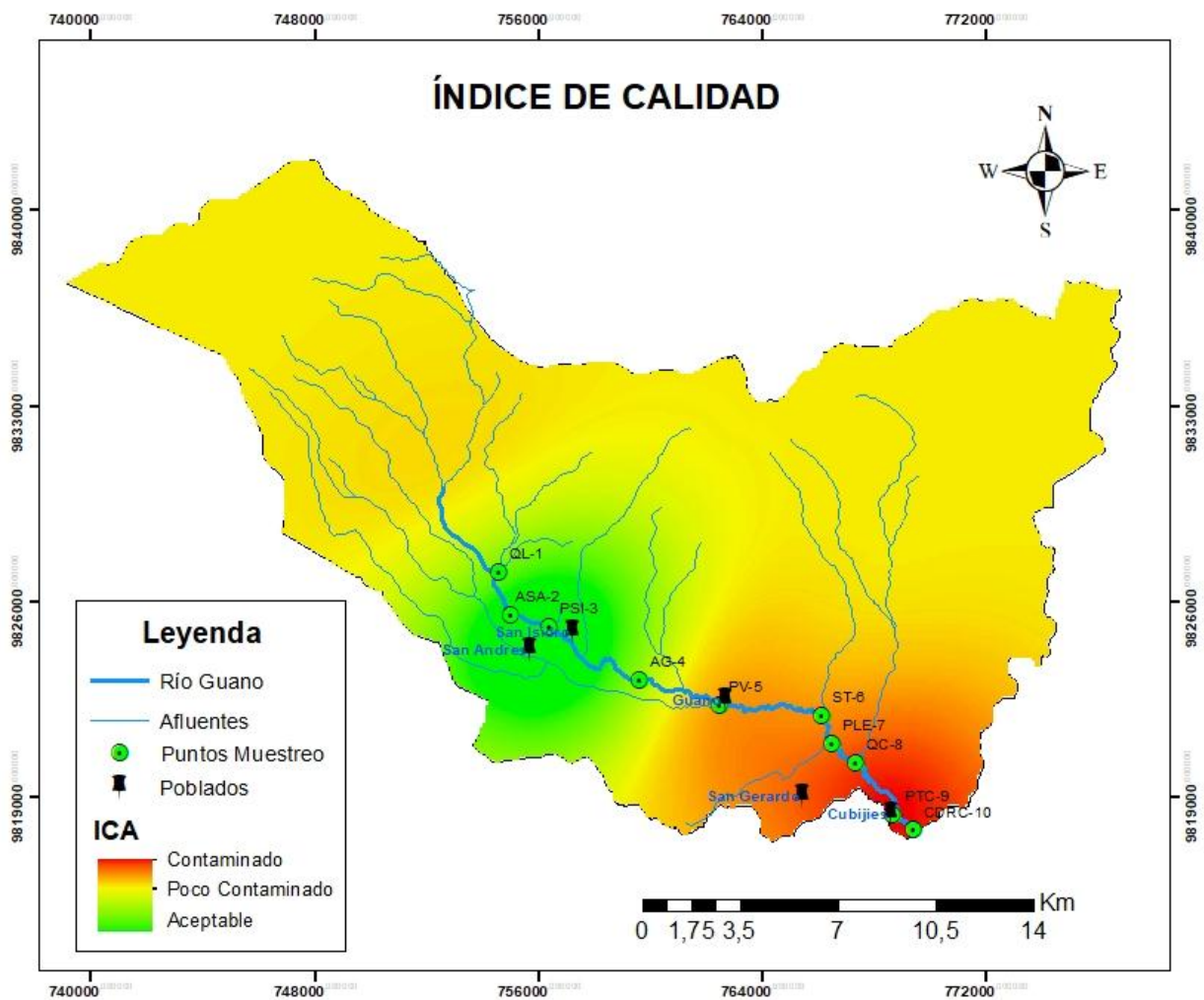
Elaborado por: Autor

Se observa la variación del Índice de calidad del agua en los diferentes puntos de muestreo a lo largo del río Guano, evidenciándose que en el primer punto QL-1 es el único sector que mantiene una calidad de agua “ACEPTABLE “con un valor de 71,61 probablemente porque en este punto no existe una alteración antrópica considerable.

Mientras que los puntos ASA-2, PSI-3 y AG-4 presentan una calidad “POCO CONTAMINADA”, esto puede deberse a que en estas zonas existen actividades agrícolas y ganaderas.

A partir del punto PV-5 al CDRC-10 revela una calidad de agua “CONTAMINADA”, esta condición posiblemente se debe a que en estos puntos se descargan aguas negras y grises de la urbe de Guano y otras actividades que se desarrollan en el cantón.

Figura 7: Índice de Calidad de Montoya



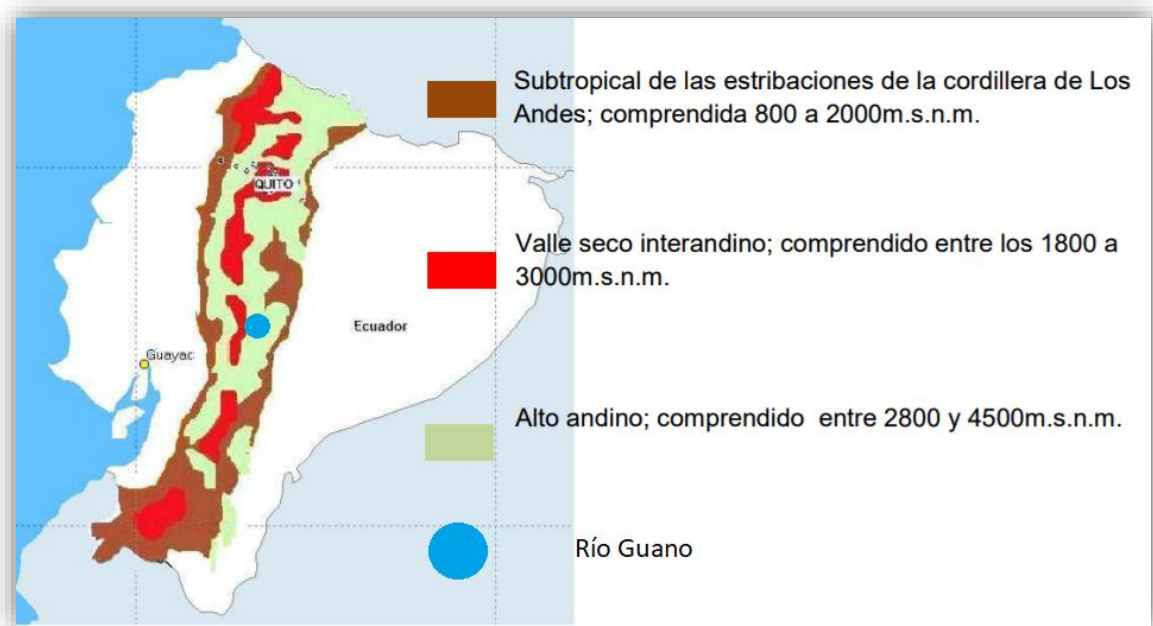
Elaborado por: Autor

5.3. Caracterización Climatológica.

El río Guano se encuentra ubicada en el piso climático alto andino que corresponde a la región interandina, este presenta un clima típicamente frío, las temperaturas promedio de este sitio bordean los 9 a 11°C, pudiendo también llegar a los extremos de 0°C hasta 24°C, dependiendo de la época del año y hora del día. Las precipitaciones que recibe esta región están comprendidas entre 600 y 1800mm/año; siendo mayor en la parte oriental que recibe la influencia de la cuenca amazónica. La humedad relativa comprende el rango de 60 a 85%. Este piso se encuentra entre los 2800 a 4500 metros sobre el nivel del mar. (Vásquez Játiva, 2008)

En la figura 6 se indica los pisos climáticos en la región interandina.

Figura 8: Piso Climático del Valle Interandino y Piso Climático Alto.



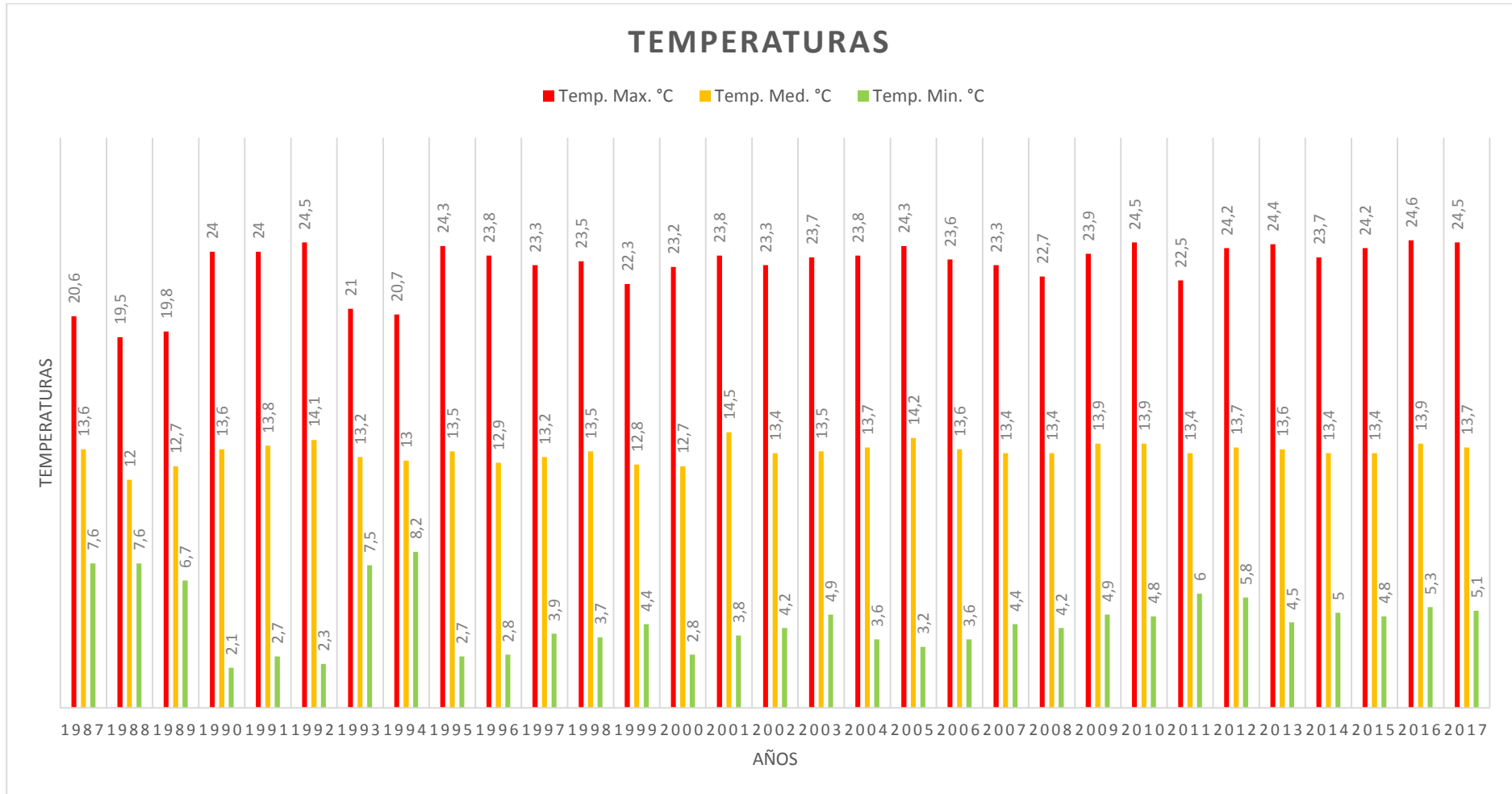
Fuente: (Vásquez Játiva, 2008)

A continuación, se detalla los siguientes elementos climáticos, temperaturas, precipitaciones, humedad relativa y viento.

5.3.1. Caracterización de la Temperatura

Para el estudio se analizaron los registros de los últimos 30 años, tomando en consideración la temperatura máxima, media y mínima.

Gráfico 18: Temperaturas máximas, medias y mínimas (°C)



Elaborado por: Autor

Según el piso climático de la región interandina, indica que la temperatura máxima puede llegar hasta los 24°C, cómo podemos ver en el gráfico 18, las temperaturas máximas han sobrepasado este valor en los años 1992, 1995, 2005, 2012, 2013, 2015, 2016 y 2017. Según (IPCC, 2008) indica que los cambios de temperatura entre años tienen una tendencia que puede variar de 0,56 a 0,92 °C, se observa en el gráfico los valores de las temperaturas de los 3 primeros años se mantienen, pero del año 1989 a 1990 se da un cambio brusco de 4,20 °C y este se mantiene por otros 3 años, en 1993 y 1994 se da nuevamente un cambio brusco de temperatura tendiendo a bajar 3,5 °C, desde 1995 se da un aumento considerado de 3,60 °C el mismo que se mantiene hasta el 2010 entre que sube y baja, nuevamente en el 2011 se ve la disminución brusca de temperatura en 2°C y desde el año 2012 hasta el 2017 subió la temperatura y se mantiene sobre el valor indicado.

Si observamos las temperaturas medias notamos que a lo largo de los 30 años se mantienen en una tendencia lineal de 12 a 14 °C sin notar cambios bruscos.

Las temperaturas mínimas indican que han habido cambios relativamente bruscos desde 2,1°C hasta 8,0 °C y están relacionadas indirectamente con las temperaturas máximas es decir a mayor temperatura máxima menor temperatura mínima y viceversa.

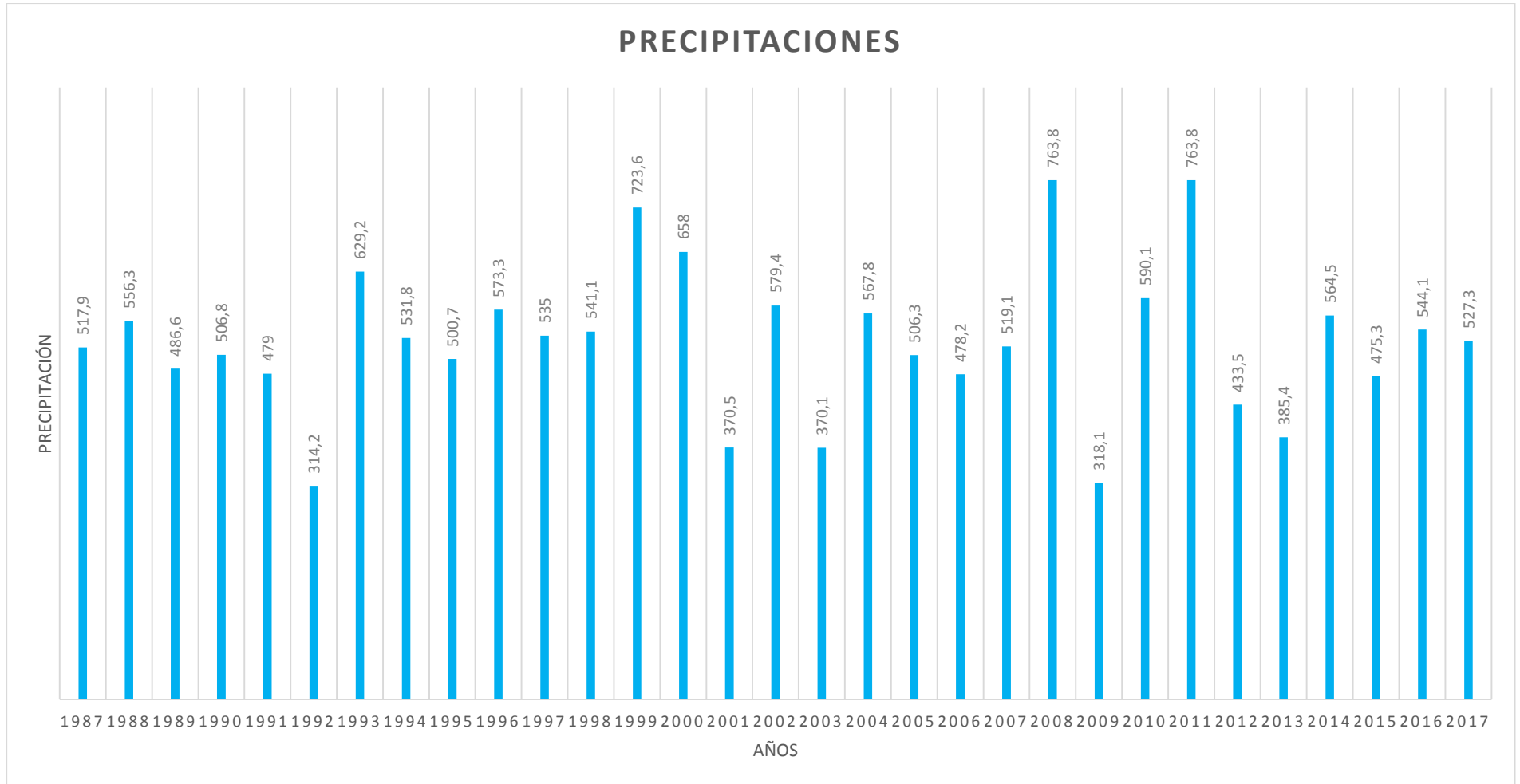
5.3.2. Caracterización de la Precipitación

Para el estudio se analizaron los registros de los últimos 30 años, tomando en consideración las precipitaciones.

Según el (IPCC, 2008) manifiesta que no existe un rango lineal en relación a las precipitaciones ya que presenta un variabilidad tanto en espacio como en el tiempo.

De acuerdo a los valores característicos de precipitación del piso climático se indica que existe alrededor de 600 a 1800 mm de precipitaciones anuales, en el gráfico 19 se observa que en los años 1993, 1999, 2000, 2008 y 2011 son años en los cuales los valores se encuentran dentro de los rangos, a diferencia de los demás años que presentan valores aceptables, en cambio en los años 1992, 2001, 2003, 2009 y 2013 las precipitaciones son mínimas y esto se debe a que está íntimamente relacionada con la temperatura, si observamos en el gráfico 18 en estos años los valores de temperatura son altos, notando que cuando existe mayor temperatura las precipitaciones son menores o viceversa.

Gráfico 19: Precipitación Acumulada (mm).



Elaborado por: Autor

Según (Hidalgo Proaño, 2012) dice que los cambios de precipitación también pueden deberse a la presencia de las corrientes del Niño y la Niña, ya que la corriente del Niño tiende a disminuir y la corriente de la Niña aumenta las precipitaciones, considero que es una razón por la cual se ve los cambios de precipitaciones en los registros de los 30 años.

Para mejor interpretación de los cambios que se han presentado en la zona de estudio se puede observar el Anexo 3.

5.3.3. Caracterización de la Humedad Relativa

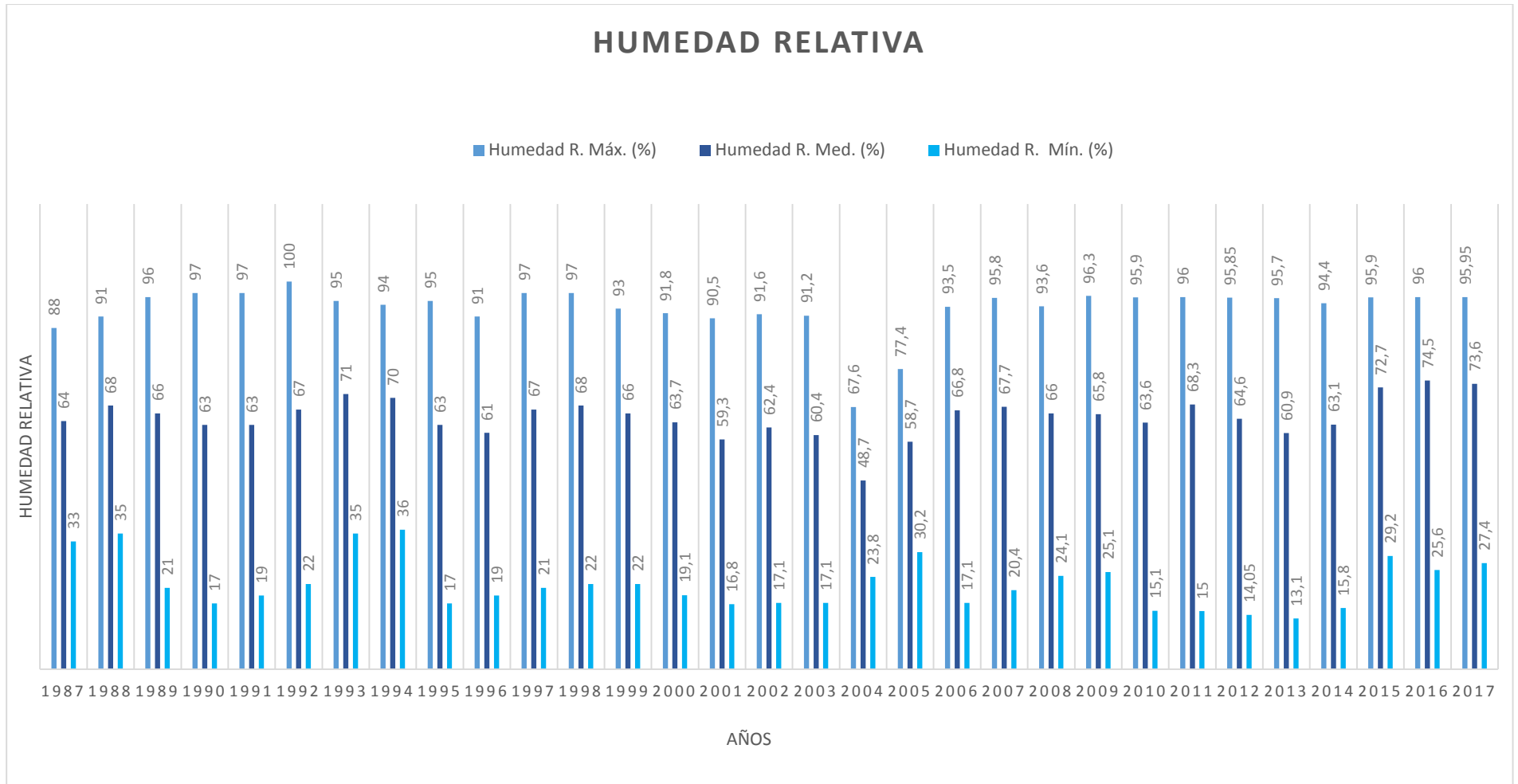
Para el estudio se analizaron los registros de los últimos 30 años, tomando en consideración la humedad relativa máxima, humedad relativa media y humedad relativa mínima.

En el gráfico 20, se puede observar que en el transcurso del tiempo los valores de humedad relativa máxima se encuentran desde el 67,6% al 100%, viendo que ha existido una tendencia lineal entre los primeros 17 años con una diferencia aproximada del 5% entre un año y otro, a diferencia de los años 2003 al 2004 donde hay una disminución brusca de humedad y del 2005 al 2006 un aumento súbito y el mismo que se mantiene hasta el 2017.

En 1992 hubo mayor humedad relativa máxima, si relacionamos con la precipitación fue menor y la temperatura fue mayor en este año, debido a que la humedad se saturó al llegar al 100% a consecuencia de la presencia de la corriente del Niño que fue de mayor intensidad, a diferencia del 2004 y 2005 que fue menor humedad relativa máxima, menor precipitación y mayor temperatura y al igual en los demás años se mantiene la relación normal entre los 3 elementos del clima. De acuerdo a los rangos del piso climático la humedad relativa va de 60 a 85% y cómo podemos observar en el gráfico todos los años están dentro de estos valores a excepción de los años 2004 y 2005 de acuerdo a la humedad media.

Tomando en consideración la humedad relativa mínima tiene una variación desde el 36% hasta el 13,1 % durante los 30 años de registro.

Gráfico 20: Humedad Relativa máxima, media y mínima (%).

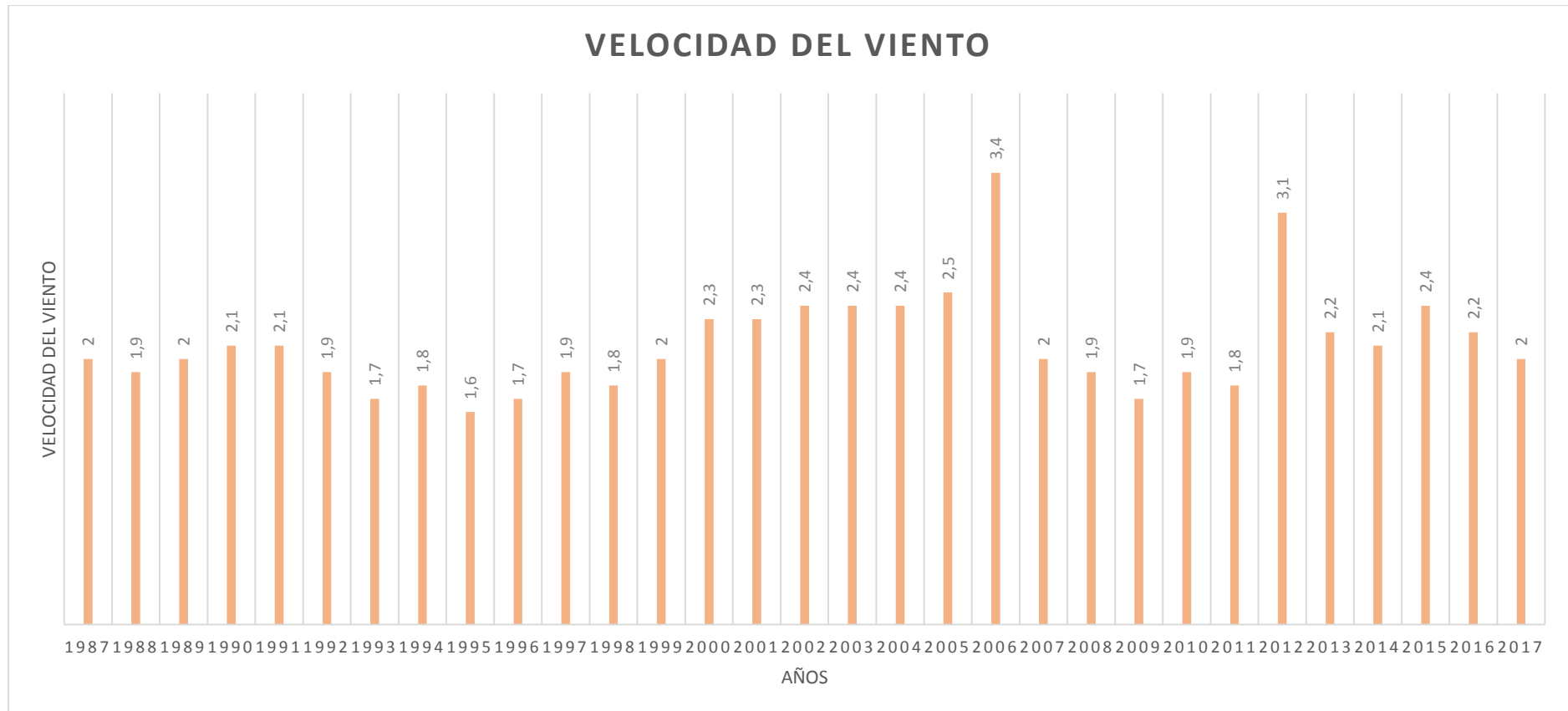


Elaborado por: Autor

5.3.4. Caracterización del Viento

Tomando en consideración para el estudio al viento, se analizaron los registros de los últimos 30 años.

Gráfico 21: Velocidad del Viento (m/s).



Elaborado por: Autor

Basándonos en el gráfico 21, se ve que la velocidad del viento tiene una variación mínima de 1,6 a 2 m/s en los 13 primeros años, durante los 6 siguientes años se nota un aumento que varía de 2,3 a 2,5 m/s, en cambio en el 2006 se ve un aumento considerable a 3,4 m/s, en los 10 años subsiguientes se observa que la velocidad tiende a ser igual a los primeros años, a excepción del 2012 que aumento a 3,1 m/s. Considero que la variación de la velocidad del viento a lo largo de estos 30 años tiene relación con los demás elementos climáticos.

5.4. Vulnerabilidad Hídrica.

La tabla 13, representa la vulnerabilidad hídrica de la zona de estudio, el mismo que nos permite determinar “El Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento”, para el cual se estableció períodos de 10 años para la respectiva comparación.

Tabla 13: Determinación de Vulnerabilidad Hídrica de la zona de estudio.

PARÁMETROS A DETERMINAR	1987-1996		1997-2006		2007-2016	
	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría
Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)	0,34	Muy Baja	0,26	Muy Baja	0,31	Muy Baja
Índice de Aridez (IA)	0,25	Moderado y excedentes	0,25	Moderado y excedentes	0,25	Moderado y excedentes
Índice de stress hídrico relativo (RWSI)	0,004	Bajo	0,007	Bajo	0,02	Bajo
Índice de uso de agua o índice de escasez (IUA)	0,44	Muy Baja	0,69	Muy Baja	2	Bajo
El Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento	MEDIO		MEDIO		MEDIO	

Elaborado por: Autor

Según los datos que constan en la tabla 1 sobre el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH), determina que los valores que se mantienen $< 0,5$ se encuentran en la categoría Muy Baja, entonces los resultados obtenidos en la tabla 13 muestran que IRH en los 10 primeros años arrojó como resultado 0,34, en el siguiente periodo bajó su valor a 0,26 y en los últimos 10 años nuevamente subió a 0,31 lo cual indica que los períodos se ubican en una categoría Muy Baja de retención y regulación de humedad.

Los valores del Índice de Aridez (IA), se puede apreciar en la tabla 13 que en los 3 períodos se mantuvo un valor de 0,25 el mismo que le ubica al IA en la categoría Moderado y Excedentes de agua según la tabla 2.

El Índice de Stress Hídrico Relativo (RWSI), en el primer período se observa un valor de 0,004 el mismo que subió a 0,007 en los siguientes 10 años y en el último período subió a 0,02 y de acuerdo a los datos de la tabla 3 el RWSI se ubica en la categoría Baja que significa que no se experimenta presiones sobre el recurso hídrico en términos de cantidad de agua.

En cuanto al Índice de uso de agua o índice de escasez (IUA) tenemos que en el primer período se encuentra en un valor de 0,44%, en los siguientes ascendió a 0,69% y en el último período subió a 2%, dicho esto concluimos que en los 2 primeros períodos se ubicó en la categoría Muy Baja que indica que la presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible y el último período se encuentra en categoría Baja en el cual la demanda es baja con respecto a la oferta, indicados en la tabla 4.

El Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento se determinó a través de la relación entre el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) y el Índice de Uso de Agua o Índice de Escasez (IUA), matriz que se muestra en la tabla 7 y según los valores de la tabla 13 nos dan como resultado la categoría MEDIA, el cual nos indica que el grado de fragilidad del sistema hídrico de la zona se mantiene con una oferta para el abastecimiento del agua, pero si tomamos en cuenta estos resultados se puede determinar que este sistema es vulnerable y existe la probabilidad de que con el transcurso del tiempo se presenten cambios bruscos en el clima siendo esta la una de las principales amenazas que con lleven a que la zona de estudio se encuentre en riesgo.

En todos los parámetros estudiados en la tabla 13, se evidencia que todos los valores han ascendido de período a período, pero se ha mantenido en la misma categoría, lo cual nos permite pronosticar que en los períodos posteriores seguirán subiendo estos valores ubicándonos en categoría Alta o en el peor de los casos Muy Alta.

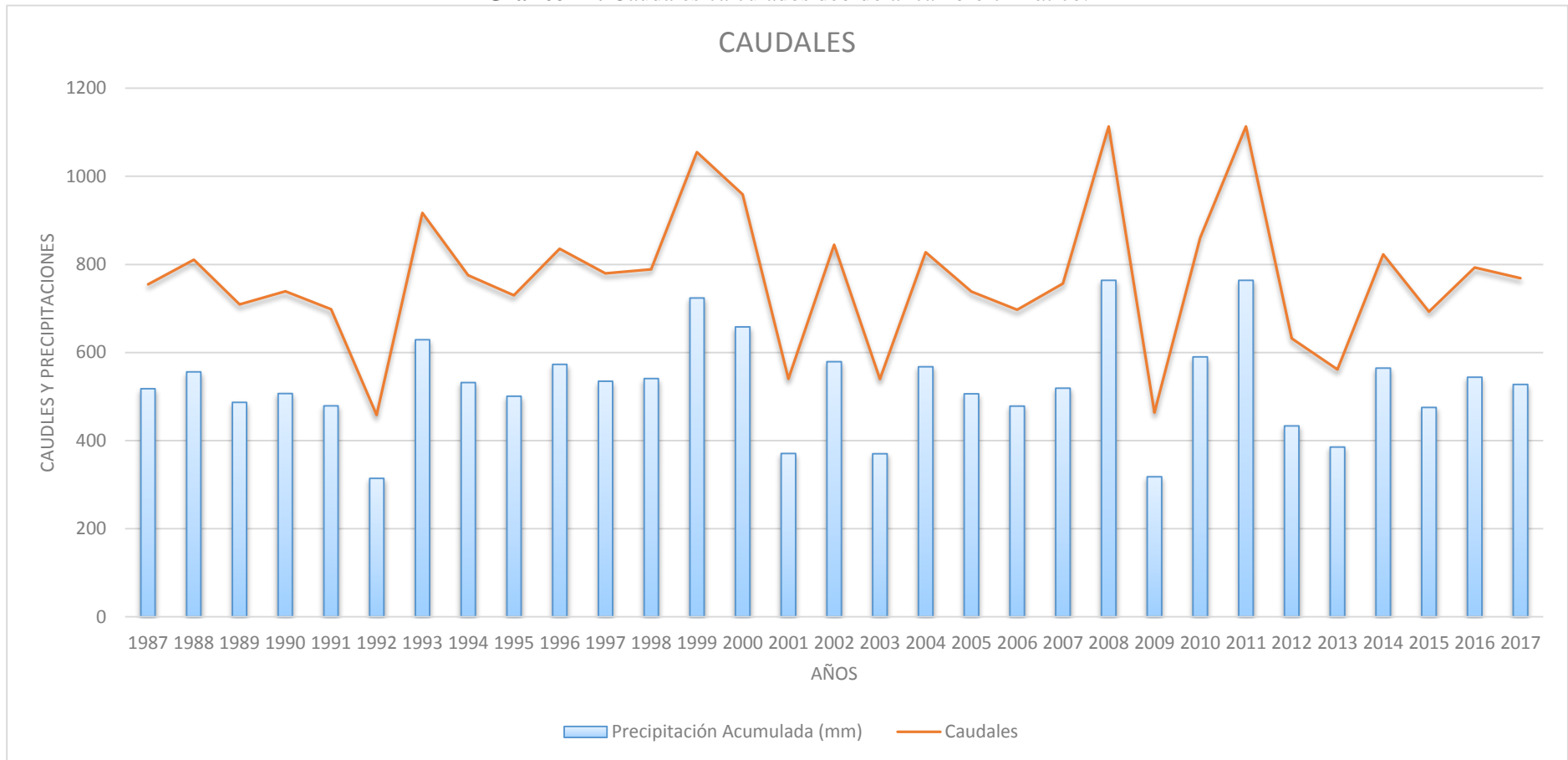
- **Variación del Caudal por Cambio Climático.**

En el gráfico 22, se visualiza la estimación del caudal máximo, calculado con las precipitaciones durante el estudio de los últimos 30 años, en el gráfico 23 se visualiza la variación de temperatura en el transcurso de 30 años, y en el 24 constan los datos tomados por la estación Hidrometeorológica de Batzacón. Como se puede notar los tres gráficos tienen relación en cuando a la tendencia espacio temporal.

Según los gráficos 22, 23 y 24, se evidencia que los cambios climáticos están íntimamente relacionados con el sistema hídrico, tal es el caso de los caudales máximos durante la investigación y se puede constatar que los caudales varían de acuerdo a como se presenten las precipitaciones y las temperaturas, tal es el caso de 1992 en el cual hubo altas temperaturas y se presentaron pocas lluvias y la cantidad de agua disminuyó a diferencia del año 2011 la temperatura bajo y las precipitación fueron más abundantes lo cual hizo que el caudal aumente, llegando a la conclusión que a mayor temperatura, menor precipitación y menor caudal y viceversa.

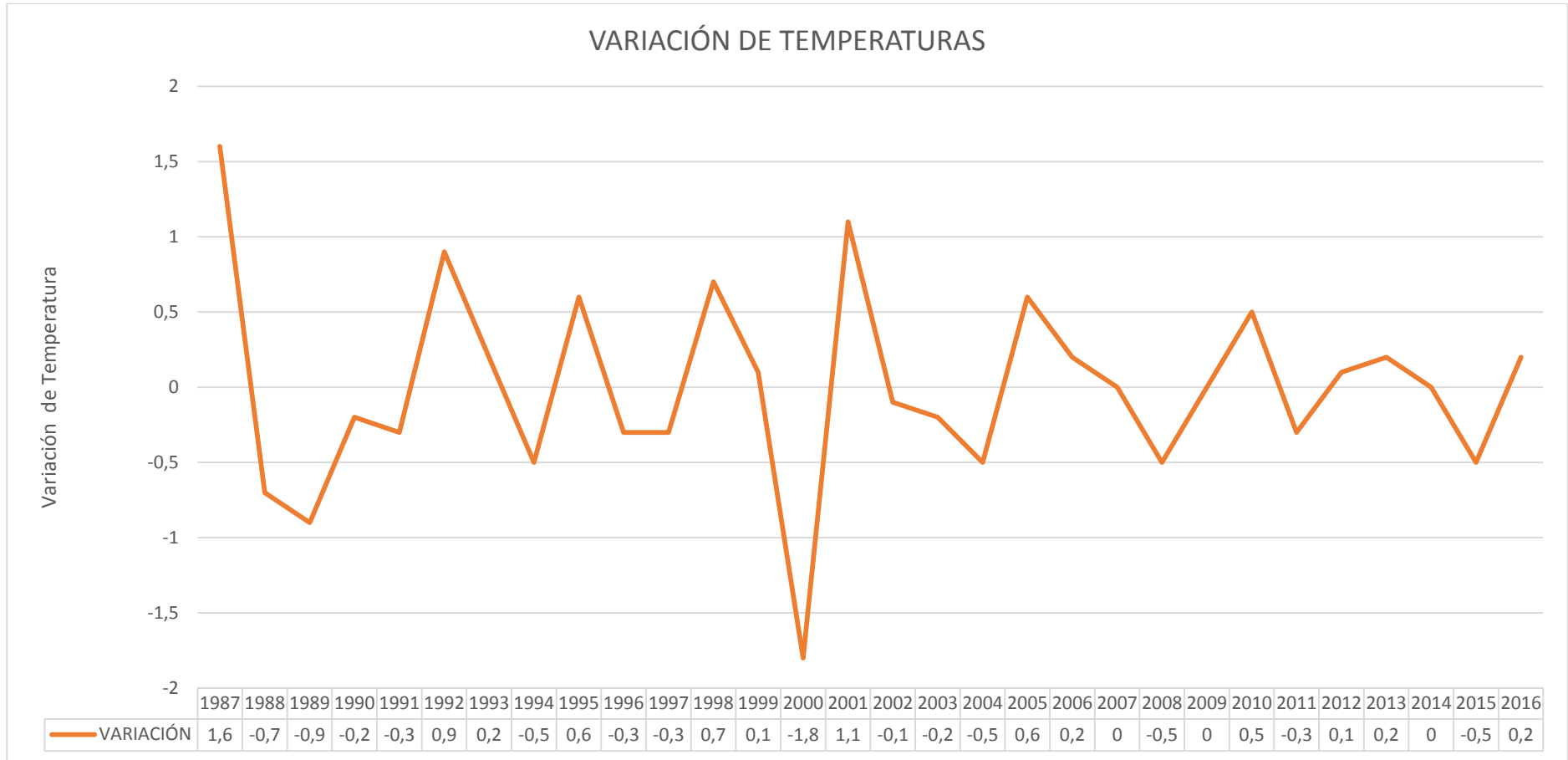
Estos datos concuerdan con los caudales registrados por la estación, concluyendo que en el transcurso de los 30 últimos años han ido disminuyendo las precipitaciones y por ende el caudal debido a las altas temperaturas que se han presentado por causa de las actividades de los seres humanos, las mismas que tienen mayor influencia en los cambios del clima al utilizar combustibles fósiles, talar los bosques, utilización de fertilizantes y otros que producen gases de efecto invernadero.

Gráfico 22: Caudales calculados debido al cambio climático.



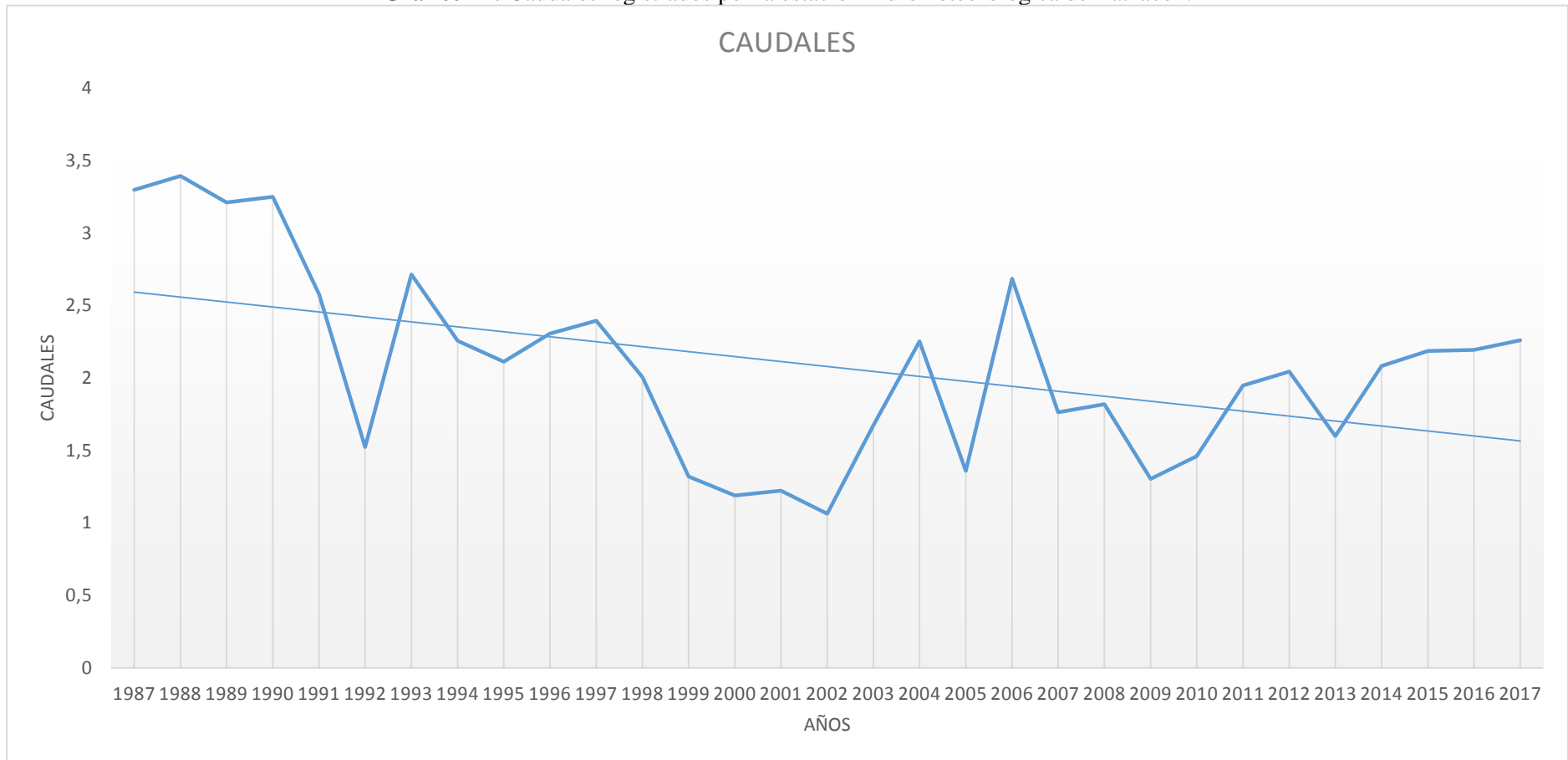
Elaborado por: Autor

Gráfico 23: Variación de Temperaturas a los largo de los 30 años.



Elaborado por: Autor

Gráfico 24: Caudales registrados por la estación hidrometeorológica de Batzacón.



Elaborado por: Autor

6. DISCUSIÓN.

Según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2011) (TULSMA), en el libro VI de Calidad Ambiental en el Anexo 1 Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua, reformado mediante Acuerdo Ministerial No.061, encontramos las tablas que determinan los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado, también los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua. Los resultados de los análisis de los parámetros físico químicos y microbiológicos se representaron gráficamente, los mismos que demostraron que la mayoría se encuentran dentro de los rangos de la normativa, siendo pocos los valores que no cumplen con los límites permisibles, estos determinaron la calidad actual de las aguas del río Guano en cada punto de muestreo, pudiendo así identificar que en el punto QL-1 las aguas se encuentra dentro del ICA Aceptable, a diferencia de los 3 puntos siguientes que indican un ICA Poco Contaminado, pero del punto PV-5 al CDRC-10 muestran un ICA Contaminado, lo cual es preocupante porque en estos sectores se encuentra la mayor cantidad de población de la zona de estudio quienes son causantes de la contaminación y a la vez beneficiarios de este recurso.

Una de las causas de los resultados obtenidos en el estudio son los cambios bruscos de los elementos climatológicos: temperatura, precipitación, humedad relativa y velocidad de vientos, registrados a lo largo de los últimos 30 años, los mismos que mantienen una relación en cuanto a las variaciones espacio temporales, tal es el caso de que a mayor temperatura menor precipitación y menor humedad, lo que permitió apreciar que la variación de precipitaciones determina los caudales es decir a mayor cantidad de precipitaciones mayor cantidad de agua y viceversa.

En cuanto a vulnerabilidad concluimos que a lo largo de los 30 años se ubica en la categoría Medio, lo cual indica que el sistema hídrico es vulnerable, pero existe la probabilidad que años siguientes los valores del IRH y IUA aumenten siendo este uno de las principales amenazas que con lleven a la zona de estudio al riesgo de no cubrir las demandas de abastecimiento de agua.

El mayor responsable de la vulnerabilidad hídrica y el cambio climático es el ser humano, el mismo que por satisfacer sus necesidades y velar por el bienestar no mide el

grado de afectación que provoca al ambiente y que con el transcurso del tiempo las consecuencias serán irremediables.

Todos estos resultados anteriormente indicados tienen concordancia con el “Plan de Ordenamiento Territorial del Gobierno Cantonal de Guano” que muestra la realidad del sector en cuanto a la vulnerabilidad hídrica es decir a la cantidad y calidad del agua y a los cambios climáticos que se han evidenciado los cuales han afectado directamente a la población.

7. CONCLUSIONES.

- Los resultados de vulnerabilidad hídrica de la microcuenca del río Guano es MEDIO, debido a la relación al Muy Bajo índice de retención y regulación de este recurso y las presiones Muy Bajas y Bajas del Índice de Uso de Agua, comparando temperaturas, precipitaciones y caudales se concluye que están relacionados entre ellos, observando que en los últimos 30 años las temperaturas aumentaron y las precipitaciones disminuyeron lo cual provoca que el nivel de agua sea menor. De acuerdo a los resultados la zona de estudio se encuentra vulnerable frente a ciertas amenazas convirtiéndose en un riesgo para la población.
- El río Guano se encuentra ubicado en el cantón del mismo nombre en la provincia de Chimborazo, pertenece a la subcuenta del río Chambo a la cuenca del Pastaza, este se forma en las faldas del Chimborazo y en su trayecto se alimenta de varios drenajes y desemboca en el río Chambo. El río está en el piso climático Alto Andino razón por la cual existen cultivos de ciclo corto y pastos, los mismos que determinan que las actividades de mayor desarrollo son agrícola ganadero y en la parte urbana actividades industriales y turísticas.
- Los resultados determinaron el Índice de Calidad y Cantidad de agua en cada uno de los sectores, en la parte alta tenemos un ICA ACEPTABLE, en cambio en la parte media presenta un ICA POCO CONTAMINADO y en la parte baja el agua tiene un ICA CONTAMINADO, esto se debe a que mientras el río desciende se contamina por las actividades agrícolas, ganaderas, industriales y turísticas que desarrollan los habitantes del sector. En cuanto a cantidad de agua en la parte alta hay menor caudal y en el trayecto se alimenta de drenajes, razón por la cual en la parte baja existe mayor caudal.

- El clima es uno de los factores que interviene en la vulnerabilidad hídrica porque presenta variaciones espacio temporales que no se rigen a los pronósticos esperados, esto se debe a que se presentan eventos como las corrientes frías y calientes además de las actividades antrópicas que son factores que producen el cambio climático, es decir alteran el comportamiento de los elementos del clima, cambios bruscos como el aumento de temperatura, disminución de precipitaciones las cuales se convierten en amenazas que afectan al sistema hídrico, a los ecosistemas y repercusiones en el desarrollo del ser humano.

8. RECOMENDACIONES.

- La vulnerabilidad hídrica del río Guano debido al cambio climático es un fenómeno complejo convirtiéndose en un desafío para todos, para lo cual se recomienda que se realicen estudios utilizando nuevas tecnologías que permitan descubrir estrategias y oportunidades de adaptación que faciliten el desarrollo del ser humano y puedan afrontar la variabilidad climática.
- Para mejorar la situación de la calidad y cantidad del agua del río Guano, se recomienda que las autoridades competentes informen la realidad del estado en el que se encuentra este recurso para que los habitantes se concienticen y exista un mejor control y distribución del agua, además adopten estrategias más efectivas que permiten mejorar la calidad de agua.
- Se recomienda a los moradores del sector fomentar proyectos y programas que ayuden a concientizar para conservar el ambiente, para así evitar la demanda de gases de efecto invernadero los cuales son corresponsables del cambio climático actual.
- Sabiendo que la flora puede contribuir a reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas e incrementar la resiliencia, contribuir con la adaptación al cambio climático, mejorar la conservación de humedad y evitar la erosión del suelo de la microcuenca se recomienda forestar la zona ribereña con plantas endémicas entre las que sugiero: el árbol de papel (*Polylepis reticulata*), quishuar (*Buddleja incana*) y el aliso (*Alnus acuminata*), especies idóneas para la recuperación y mejoramiento de suelos degradados, además de la conservación de la humedad, permitiendo mejorar la variabilidad del clima.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- Valencia Delfa , J. (2007). ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO EBRO. Madrid.
- Aquae, F. (25 de Enero de 2016). *Wiki Explora*. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/sostenibilidad/agua-y-cambio-climatico/>
- Asamblea Constituyente. (2008). *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR*. Manabí.
- Cevallos, C. (2015). *CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD HÍDRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO GUANO*. Riobamba, Ecuador.
- CHARLIEG Ingeniería y Remediación Cía. Ltda. (2012). *CELEC*. Obtenido de https://www.celec.gob.ec/transeselectric/images/stories/baners_home/EIA/cap42_1_t_santo_domingo_esmeraldas.pdf
- GAD de Chimborazo. (2015). *PLAN DE DESARROLLO Y DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE CHIMBORAZO*. Riobamba.
- GAD. del Cantón Guano. (2012). *Plan de Desarrollo y Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Guano*. Guano: Imprenta B&V.
- GADM del Cantón Guano. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Guano*. Guano.
- Hidalgo Proaño, O. (2012). IDENTIFICACIÓN DE PATRONES DE CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA PARA EL ECUADOR Y SU INFLUENCIA PARA LA CIUDAD DE QUITO. Bogotá, Colombia.
- Instituto de Hidrología, M. y. (2014). *Agua*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/ivh>
- IPCC, G. (2008). *EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL AGUA*.
- León Carrasco, M. (Enero de 2014). “DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CONGÜIME Y DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MITIGACIÓN PARA LA ZONA CRÍTICA ESTABLECIDA MEDIANTE EL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA BROWN) EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE CANTÓN PAQUISHA.”. Quito, Ecuador.
- Marbello Pérez, R. (2013). *MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE HIDRÁULICA*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/12697/68/3353962.2005.Parte%2013.pdf>
- Mejía Clara , M. (2005). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala

domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Turrialba, Costa Rica.

- Mendoza, M. (2008). *Metodología para el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para*. Obtenido de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr:8080/bitstream/handle/11554/5323/ Metodologia_para_el_analisis_de_vulnerabilidad.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Ministerio de Agricultura y Riego, P. (2015). *Autoridad Nacional del Agua*. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/portal/gestion-del-conocimiento-girh/agua-y-cambio-climatico>
- Ocampo, O. L. (2012). *Análisis de Vulnerabilidad de la cuenca del río Chinchiná para condiciones estacionarias y de cambio climático*. Manizales, Colombia.
- Orellana Lanza, R. (s.f.). *Estrategia de Cambio Climático de la Península de Yucatan*. Obtenido de Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY): <http://ccpy.gob.mx/clima-yucatan/>
- Peñañiel Romero, A. (2014). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TOMBAMBA MEDIANTE EL ÍNDICE ICA DEL INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA*. Cuenca, Ecuador.
- Santillán, P., & Osorio, M. (2010). *“ESTUDIO DE LOS EFLUENTES, AFLUENTES Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICRO CUENCA DEL RIO GUANO”*. Riobamba.
- Teves Aguirre, B. (2016). *ESTUDIO FÍSICOQUÍMICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CACRA, REGIÓN LIMA*. San Miguel, Lima, Perú.
- Torres, P., Cruz, H., & Patiño, P. (2009). *ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA*. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 8, núm. 15, pp. 79-94.
- Universidad de Pamplona. (06 de 08 de 2010). *CAPITULO III: ÍNDICES DE CALIDAD (ICAs) Y DE CONTAMINACIÓN (ICOs) DEL AGUA DE IMPORTANCIA MUNDIAL*. Obtenido de http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf
- Vásquez Játiva, C. (Marzo de 2008). *ESTUDIO DE CONFORT TÉRMICO E ILUMINACIÓN PARA UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES CON ESTACIONES BASE CELULAR GSM IMPLANTADAS EN LAS PROVINCIAS DE ESMERALDAS, SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, PICHINCHA, NAPO Y SUCUMBÍOS*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Zhen Wu, B. (2009). *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano*. San José, Costa Rica.

10. ANEXOS

Anexo 1. Tablas de límites permisibles de la norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes del recurso Agua, Libro VI Anexo 1 del TULAS.

Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes fecales	Nmp/100ml		⁸ Remoción > al
Color real		unidades de color	99,9% dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.Q ₅	mg/l	0,5
Demanda Química de Oxígeno.	D.Q.O.	mg/l	100
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	250
Estaño	Sn	mg/l	1,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo total	P	mg/l	5,0
Hierro total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos	TPH	mg/l	10,0
Totales de Petróleo			20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	
Materia flotante	Visibles		2,0
Mercurio total	Hg	mg/l	Ausencia
Níquel	Ni	mg/l	0,005
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	2,0
			10,0

Fuente: Modificado de TULAS, Libro VI, Anexo 1, Tabla 12

Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Nitrógeno total	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de Hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos suspendidos		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	° C		< 35
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Fuente: Modificado de TULAS, Libro VI, Anexo 1, Tabla 12

Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas y de estuario

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas Organoclorados Totales	Concentración de Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas de azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Coliformes fecales	Nmp/100 ml		200	200	200

Fuente: Modificado de TULAS, Libro VI, Anexo 1, Tabla 3

Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas y de estuario.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles		mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilospoliclorados/PCBs	Concentración total de PCBs	mg/l	0,001	0,001	0,001
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de Hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9. 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH ₃	mg/l	0,02	0,02	0,04
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro libre	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/l			2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/l			0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles monohídricos	Expresado	mg/l	0,001	0,001	0,001
Grasas y aceites	como fenoles Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Modificado de TULAS, Libro VI, Anexo 1, Tabla 3

Anexo 2: Datos de Estaciones utilizadas.

ESTACIONES METEOROLOGICAS						
CÓDIGO	ESTACION	TIPO	ALTITUD (MSNM)	LONGITUD	LATITUD	OPERADOR
M-390	URBINA	PV	3620	754782	9835944	INAMHI
M-408	GUANO	PV	2690	764849	9822412	INAMHI
M-A10	RIOBAMBA ESPOCH	MET	2740	761472	9817468	ESPOCH

ESTACIÓN HIDROMETEOROLOGICA						
H-791	BALSACON EN SAN ANDRÉS	LM	3000	753900	9826100	INAMHI

Tabla de datos de la estación meteorológica ESPOCH completos.

DATOS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA ESPOCH									
AÑOS	TEMPERATURAS °C			HUMEDAD RELATIVA (%)			Velocidad del Viento (m/s)	Precipitación Acumulada (mm)	Suma Anual de Horas Sol (h)
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima			
1985	12,6	20,4	7,2	63	85	30	1,9	396,1	1913,2
1986	12,7	19,9	7,5	66	88	34	1,8	335,6	1452,6
1987	13,6	20,6	7,6	64	88	33	2	517,9	1585,3
1988	12	19,5	7,6	68	91	35	1,9	556,3	970,1
1989	12,7	19,8	6,7	66	96	21	2	486,6	1829,4
1990	13,6	24	2,1	63	97	17	2,1	506,8	1952,7
1991	13,8	24	2,7	63	97	19	2,1	479	2080,2
1992	14,1	24,5	2,3	67	100	22	1,9	314,2	1974,2
1993	13,2	21	7,5	71	95	35	1,7	629,2	2028,6
1994	13	20,7	8,2	70	94	36	1,8	531,8	1656,6
1995	13,5	24,3	2,7	63	95	17	1,6	500,7	2078,1
1996	12,9	23,8	2,8	61	91	19	1,7	573,3	1965,1
1997	13,2	23,3	3,9	67	97	21	1,9	535	1978,4
1998	13,5	23,5	3,7	68	97	22	1,8	541,1	1798,8
1999	12,8	22,3	4,4	66	93	22	2	723,6	1728,1
2000	12,7	23,2	2,8	63,7	91,8	19,1	2,3	658	1900,9
2001	14,5	23,8	3,8	59,3	90,5	16,8	2,3	370,5	1846,8
2002	13,4	23,3	4,2	62,4	91,6	17,1	2,4	579,4	1500,8
2003	13,5	23,7	4,9	60,4	91,2	17,1	2,4	370,1	1233,2
2004	13,7	23,8	3,6	48,7	67,6	23,8	2,4	567,8	1945,6
2005	14,2	24,3	3,2	58,7	77,4	30,2	2,5	506,3	1917,1
2006	13,6	23,6	3,6	66,8	93,5	17,1	3,4	478,2	1815
2007	13,4	23,3	4,4	67,7	95,8	20,4	2	519,1	1684,9
2008	13,4	22,7	4,2	66	93,6	24,1	1,9	763,8	1677,7
2009	13,9	23,9	4,9	65,8	96,3	25,1	1,7	318,1	1838,1
2010	13,9	24,5	4,8	63,6	95,9	15,1	1,9	590,1	1743,1
2011	13,4	22,5	6	68,3	96	15	1,8	763,8	1939,2
2012	13,7	24,2	5,8	64,6	95,85	14,05	3,1	433,5	1814,5

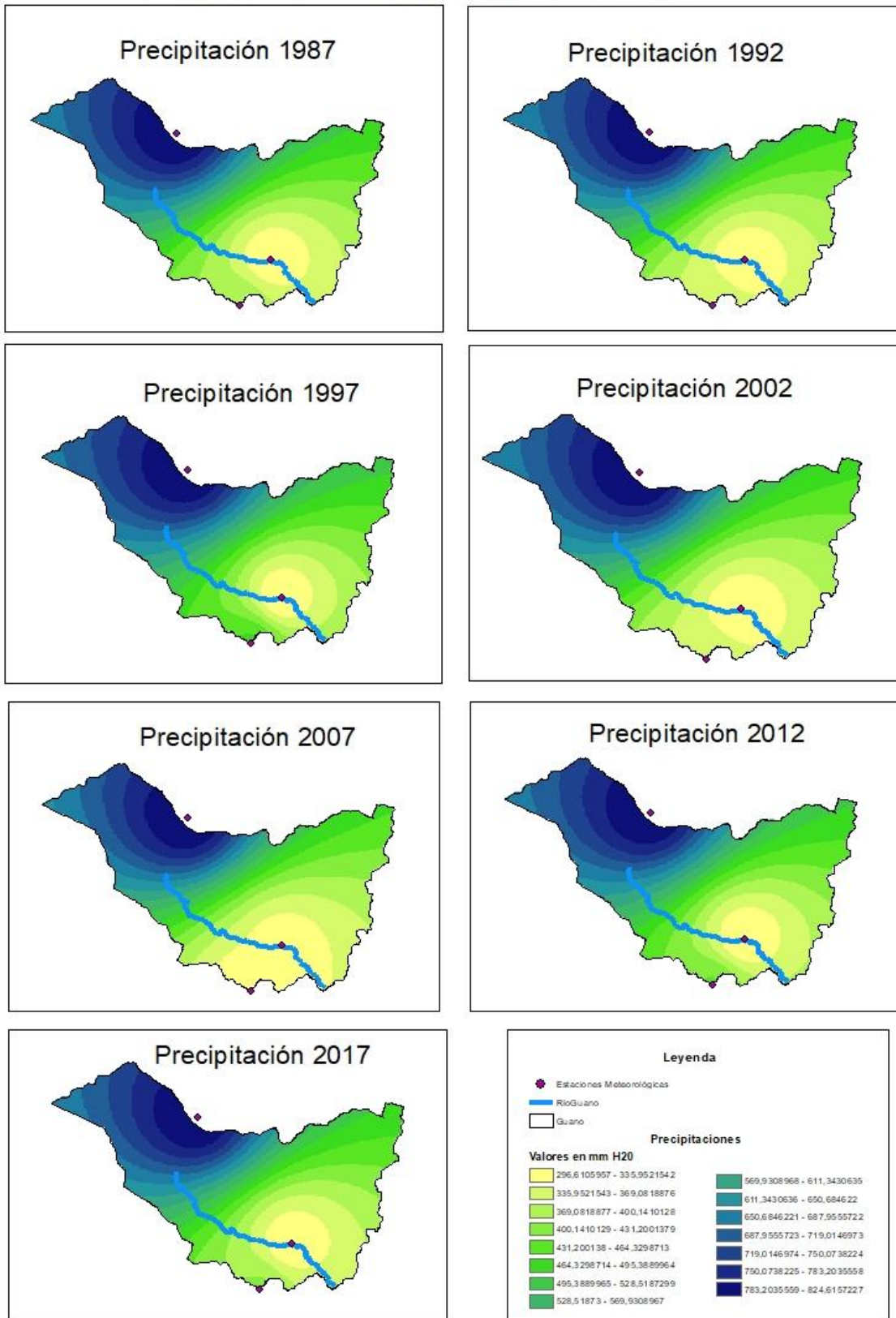
2013	13,6	24,4	4,5	60,9	95,7	13,1	2,2	385,4	1876,9
2014	13,4	23,7	5	63,1	94,4	15,8	2,1	564,5	1834,6
2015	13,4	24,2	4,8	72,7	95,9	29,2	2,4	475,3	1946,5
2016	13,9	24,6	5,3	74,5	96	25,6	2,2	544,1	1933,4
2017	13,7	24,5	5,1	73,6	95,95	27,4	2	527,3	1695,2

Tabla de datos de caudales la estación hidrometeorológica Batzacón completos.

CAUDALES m3/s													
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1987	0,22	0,31	0,34	0,30	0,26	0,26	0,25	0,25	0,34	0,30	0,24	0,24	3,299
1988	0,22	0,26	0,25	0,33	0,30	0,26	0,14	0,27	0,28	0,37	0,42	0,31	3,395
1989	0,31	0,28	0,31	0,26	0,29	0,25	0,24	0,27	0,26	0,22	0,27	0,25	3,211
1990	0,28	0,23	0,27	0,31	0,25	0,25	0,25	0,23	0,34	0,27	0,32	0,25	3,25
1991	0,26	0,22	0,23	0,23	0,23	0,18	0,18	0,18	0,14	0,14	0,29	0,30	2,579
1992	0,23	0,16	0,07	0,01	0,00	0,00	0,04	0,17	0,21	0,26	0,19	0,19	1,524
1993	0,23	0,23	0,37	0,37	0,24	0,21	0,20	0,14	0,17	0,23	0,16	0,18	2,715
1994	0,20	0,21	0,26	0,23	0,23	0,16	0,10	0,19	0,18	0,15	0,22	0,16	2,257
1995	0,17	0,20	0,11	0,22	0,07	0,17	0,28	0,11	0,17	0,18	0,23	0,20	2,113
1996	0,16	0,20	0,20	0,21	0,24	0,21	0,20	0,21	0,14	0,18	0,18	0,19	2,307
1997	0,18	0,18	0,19	0,20	0,20	0,23	0,19	0,18	0,19	0,21	0,25	0,19	2,396
1998	0,18	0,20	0,20	0,20	0,20	0,24	0,11	0,12	0,10	0,16	0,17	0,13	2,007
1999	0,11	0,20	0,14	0,13	0,13	0,10	0,09	0,07	0,08	0,08	0,10	0,09	1,321
2000	0,09	0,08	0,09	0,10	0,09	0,12	0,09	0,10	0,15	0,11	0,09	0,09	1,19
2001	0,07	0,07	0,09	0,11	0,12	0,13	0,13	0,12	0,11	0,09	0,08	0,09	1,222
2002	0,11	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,10	0,08	0,08	1,064
2003	0,08	0,07	0,07	0,08	0,21	0,21	0,17	0,15	0,15	0,16	0,16	0,18	1,675
2004	0,17	0,16	0,15	0,19	0,16	0,20	0,18	0,17	0,21	0,23	0,22	0,22	2,254
2005	0,17	0,14	0,09	0,12	0,14	0,13	0,10	0,09	0,07	0,07	0,12	0,12	1,36
2006	0,11	0,14	0,26	0,54	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,17	0,44	0,20	2,685
2007	0,18	0,16	0,14	0,17	0,16	0,14	0,14	0,11	0,10	0,13	0,16	0,18	1,763
2008	0,13	0,15	0,04	0,16	0,17	0,14	0,15	0,16	0,16	0,19	0,19	0,19	1,819
2009	0,17	0,11	0,10	0,16	0,06	0,13	0,11	0,12	0,07	0,01	0,11	0,15	1,304
2010	0,00	0,05	0,12	0,06	0,12	0,11	0,19	0,15	0,11	0,30	0,14	0,12	1,461
2011	0,13	0,17	0,54	0,06	0,13	0,20	0,13	0,12	0,12	0,07	0,13	0,17	1,949
2012	0,50	0,15	0,18	0,07	0,07	0,10	0,06	0,13	0,21	0,19	0,26	0,13	2,044
2013	0,12	0,15	0,12	0,17	0,16	0,13	0,14	0,11	0,13	0,17	0,09	0,11	1,6
2014	0,11	0,08	0,24	0,24	0,15	0,22	0,20	0,16	0,17	0,15	0,26	0,13	2,084
2015	0,19	0,13	0,17	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	2,187
2016	0,15	0,14	0,21	0,21	0,17	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,22	0,16	2,193
2017	0,19	0,17	0,20	0,20	0,18	0,20	0,19	0,18	0,19	0,18	0,20	0,18	2,26

Anexo 3: Mapa de variación de precipitaciones

VARIACIÓN DE PRECIPITACIÓN



Anexo 4: Tablas de Caudales y Temperaturas calculadas*Tabla de Cálculos de Caudal en base a las precipitaciones*

AÑOS	P EN 24H	P EN 1H	P 1H m	A KM2	A M2	Q (m3/h)
1987	517,9	0,059121	5,9121E-05	459,728	459728000	754,988366
1988	556,3	0,06350457	6,35046E-05	459,728	459728000	810,967423
1989	486,6	0,05554795	5,55479E-05	459,728	459728000	709,359604
1990	506,8	0,05785388	5,78539E-05	459,728	459728000	738,80692
1991	479	0,05468037	5,46804E-05	459,728	459728000	698,280416
1992	314,2	0,03586758	3,58676E-05	459,728	459728000	458,036966
1993	629,2	0,07182648	7,18265E-05	459,728	459728000	917,240162
1994	531,8	0,06070776	6,07078E-05	459,728	459728000	775,251618
1995	500,7	0,05715753	5,71575E-05	459,728	459728000	729,914414
1996	573,3	0,06544521	6,54452E-05	459,728	459728000	835,749817
1997	535	0,06107306	6,10731E-05	459,728	459728000	779,91654
1998	541,1	0,06176941	6,17694E-05	459,728	459728000	788,809046
1999	723,6	0,08260274	8,26027E-05	459,728	459728000	1054,85534
2000	658	0,07511416	7,51142E-05	459,728	459728000	959,224455
2001	370,5	0,04229452	4,22945E-05	459,728	459728000	540,110426
2002	579,4	0,06614155	6,61416E-05	459,728	459728000	844,642324
2003	370,1	0,04224886	4,22489E-05	459,728	459728000	539,527311
2004	567,8	0,06481735	6,48174E-05	459,728	459728000	827,731984
2005	506,3	0,0577968	5,77968E-05	459,728	459728000	738,078026
2006	478,2	0,05458904	5,4589E-05	459,728	459728000	697,114186
2007	519,1	0,05925799	5,9258E-05	459,728	459728000	756,737712
2008	763,8	0,08719178	8,71918E-05	459,728	459728000	1113,45842
2009	318,1	0,03631279	3,63128E-05	459,728	459728000	463,722339
2010	590,1	0,06736301	6,7363E-05	459,728	459728000	860,240654
2011	763,8	0,08719178	8,71918E-05	459,728	459728000	1113,45842
2012	433,5	0,0494863	4,94863E-05	459,728	459728000	631,951065
2013	385,4	0,04399543	4,39954E-05	459,728	459728000	561,831466
2014	564,5	0,06444064	6,44406E-05	459,728	459728000	822,921284
2015	475,3	0,05425799	5,4258E-05	459,728	459728000	692,886601
2016	544,1	0,06211187	6,21119E-05	459,728	459728000	793,18241
2017	527,3	0,06019406	6,01941E-05	459,728	459728000	768,691573

Tabla de Variación de Temperatura

AÑOS	N° AÑOS	T. MEDIA	VARIACIÓN	TIPO DE CAMBIO
1987	1	13,6	1,6	Medio Alto
1988	2	12	-0,7	Bajo Medio
1989	3	12,7	-0,9	Bajo medio
1990	4	13,6	-0,2	Bajo
1991	5	13,8	-0,3	Bajo
1992	6	14,1	0,9	Bajo Medio
1993	7	13,2	0,2	Bajo
1994	8	13	-0,5	Bajo
1995	9	13,5	0,6	Bajo Medio
1996	10	12,9	-0,3	Bajo
1997	11	13,2	-0,3	Bajo
1998	12	13,5	0,7	Bajo Medio
1999	13	12,8	0,1	Bajo
2000	14	12,7	-1,8	Medio Alto
2001	15	14,5	1,1	Medio
2002	16	13,4	-0,1	Bajo
2003	17	13,5	-0,2	Bajo
2004	18	13,7	-0,5	Bajo
2005	19	14,2	0,6	Bajo Medio
2006	20	13,6	0,2	Bajo
2007	21	13,4	0	Bajo
2008	22	13,4	-0,5	Bajo
2009	23	13,9	0	Bajo
2010	24	13,9	0,5	Bajo
2011	25	13,4	-0,3	Bajo
2012	26	13,7	0,1	Bajo
2013	27	13,6	0,2	Bajo
2014	28	13,4	0	Bajo
2015	29	13,4	-0,5	Bajo
2016	30	13,9	0,2	Bajo
2017	31	13,7		

Anexo 5: Fotografías

Puntos de muestreo en el río Guano.



Recolección de muestras



Análisis de muestras en el Laboratorio de Servicios Ambientales.

