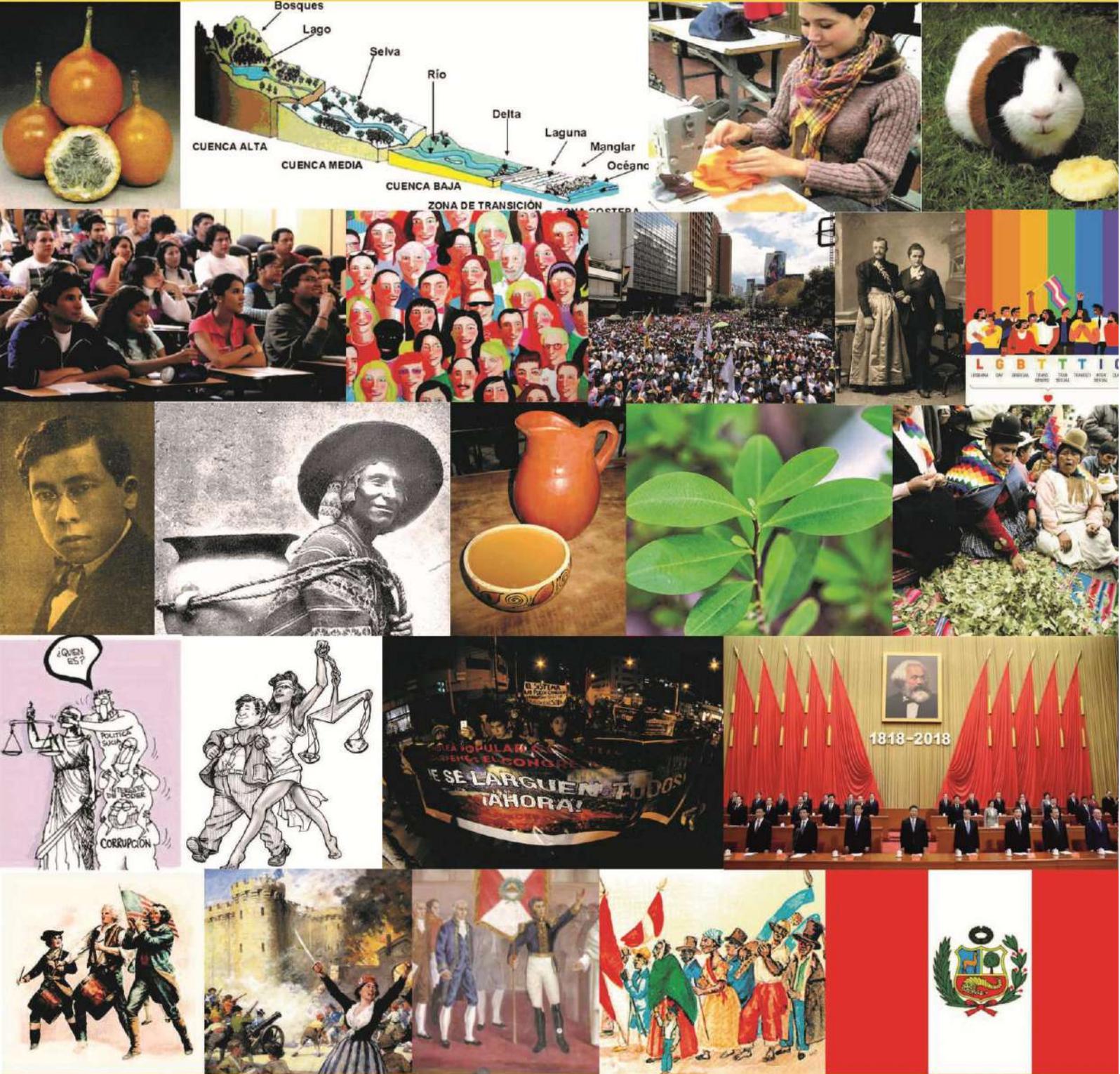




CTSCAFE PARA CIUDADANOS.....

<http://www.ctscafe.pe>

ISSN 2521-8093



Volumen II- N° 5 Julio 2018

<http://www.ctscafe.pe>

Lima - Perú

Diagnóstico ambiental de la micro cuenca Chorunga



Lic. Sofía Vargas Paredes
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo Electrónico: vargasofia.p@gmail.com

RECIBIDO: 04/05/2018
APROBADO: 20/06/2018

Resumen: La presente investigación tiene como objetivo principal el conocer las características Hidrogeoquímicas de los acuíferos en el sector Esbilla y Chalhuané de la Microcuenca San Juan de Chorunga, el determinar la hidroquímica para conocer las facies hidroquímicas del área de estudio y determinar los factores que influyen en la composición química mediante el análisis geoquímico. Los resultados de este estudio concluyeron que el ambiente en que discurren las aguas subterráneas presenta una facies bicarbonatada cálcica y en menor medida clorurada cálcica la que es producida por el entorno predominantemente carbonatado y presencia de rocas calizas muy fracturadas, las que dan la condición básica a la zona de estudio.

40

Palabras claves: Hidrogeoquímica / Aguas subterráneas / Hidroquímica / Chorunga.

Abstract: The present research has as main objective to know the hydrogeochemical characteristics of the aquifers in Esbilla and Chalhuané sector of San Juan de Chorunga Micro-basin, to determine the hydrochemistry to know the hydrochemical facies of the study area and to determine the factors that influence the chemical composition by geochemical analysis. The results of this study concluded that the groundwater environment presents a calcium bicarbonated and in less content calcium chloride, which is produced by the predominantly carbonated environment and presence of very fractured limestone rocks, which give the basic condition in the study area.

Keywords: Hydrogeochemistry / Groundwater / Hydrochemistry / Chorunga.

Résumé : L'objectif principal de cette recherche est de connaître les caractéristiques hydrogéochimiques des aquifères dans le secteur d'Esbilla et Chalhuané du San Juan de Chorunga Microbasin, de déterminer l'hydrochimie pour connaître les caractéristiques hydrochimiques de la zone d'étude et de déterminer les facteurs qui influencent la composition chimique par analyse géochimique. Les résultats de cette étude ont conclu que l'environnement dans lequel circule l'eau souterraine possède un fascia bicarbonaté au calcium et, dans une moindre mesure, du chlorure de calcium, produit par l'environnement principalement carbonaté et la présence de roches calcaires très fracturées, qui donne l'état basique de la zone d'étude.

Mots-clés: L'Hydrogéochimie / Les Eaux souterraines / L'Hydrochimie / Chorunga.

1. Introducción

La disponibilidad hídrica en el entorno de la microcuenca es un aspecto importante ya que este sirve de fuente de abastecimiento urbano para las poblaciones que viven en el entorno de la microcuenca (Poblado San Juan) y para las actividades económicas que ahí se desarrollan. En el caso de la minería utilizan sustancias químicas como el cianuro para el tratamiento de mineral y para aprovechar los de baja ley, lo que produce acidificación de las aguas y su bioacumulación; en el caso de la población estos generan contaminación por los efluentes urbanos alterando su calidad, por la invasión a las fajas marginales de la microcuenca originando deforestación y la remoción de suelos que genera la contaminación del recurso con partículas suspendidas sólidas lo que ocasiona el enturbiamiento de las aguas superficiales, asimismo las actividades agrícolas y ganaderas que se desarrollan en el entorno.

2. Material y métodos

En la primera etapa se recopiló información de instituciones encargadas de los Recursos Hídricos e Información geográfica y geológica del país, la cual fue procesada e interpretada en gabinete. En la segunda etapa se procedió a evaluar la zona de estudio y ejecución del monitoreo, la elección de los puntos se realizó en base a su ubicación y con énfasis a los tanques de relave y botaderos de estériles, escogiendo pozos aguas arriba y aguas abajo de éstos. La información con que se cuenta corresponde a la época seca, con el fin de conocer el peor escenario. La metodología de análisis de resultados se determinó utilizando diagramas Piper (1944), Stiff (1951) y Schoeller (1964), los que arrojan tendencias químicas de las aguas en un acuífero. En la Tercera etapa se procederá a procesar toda la información obtenida a lo largo de las fases anteriores, y con ello inferir que factores influyen en su alteración química.

3. Resultados

3.1. Análisis hidrológico.

En la zona del estudio se han delimitado 03 sistemas hidrográficos: Microcuencas de la Quebrada Esbilla, Quebrada Chalhuane y Quebrada Chorunga.

3.2. Descripción morfológica de la cuenca

3.2.1. Parámetros de la forma

Factor de Forma: El factor de forma (Kf, adimensional). El factor de forma en el ámbito de estudio indica que las cuencas tienen forma alargada.

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Dónde:

Kf = factor de forma.

A = área de la cuenca, y

L = longitud de la cuenca, medida a lo largo del curso de agua más largo.

Coefficiente de Compacidad: El coeficiente de compacidad es la razón del perímetro de la cuenca a aquella del círculo equivalente. Indica que la cuenca no tiene alta torrencialidad, y el tiempo de concentración será mayor; por lo tanto, no es propensa a las crecidas.

$$K_c = \frac{0.282P}{A^{1/2}}$$

Dónde:

K = coeficiente de compacidad,

P = perímetro de la cuenca, y

A = área de la cuenca, con P y A dados en cualquier grupo consistente de unidades.

3.2.2. Parámetros de relieve

Altura media: Aplicamos el índice $Hm = \sum (\text{Cota media} * \text{área}) / \text{Área Total} = 2506.06 \text{ msnm}$. Este valor da una idea de las condiciones de temperatura, sedimentos y por ende de las condiciones biológicas y de evapotranspiración de la zona.

Cuadro N°01: Calculo de la altura media

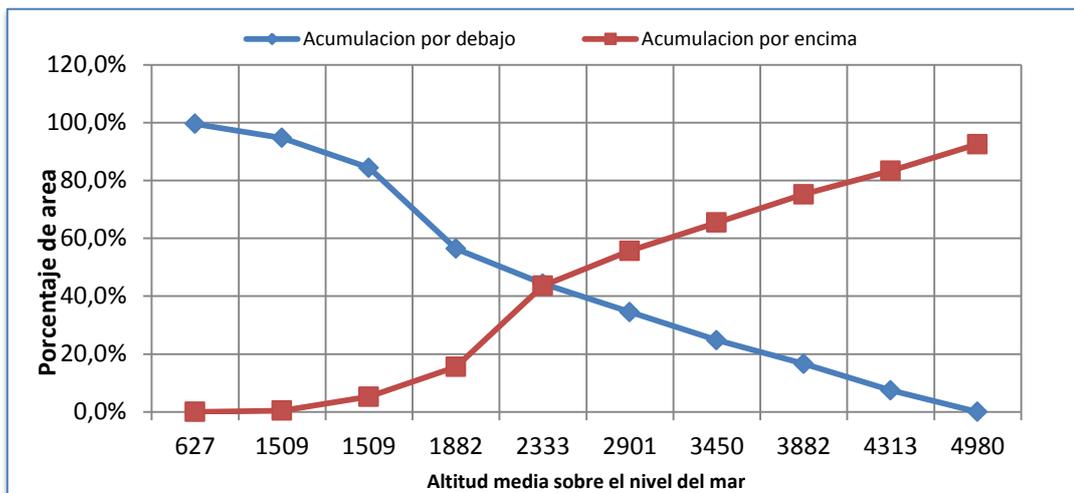
Cota menor	Cota mayor	Cota media	Área	Área acumulada	% Acumulación por debajo	% total	% Acumulación por encima	Cota media *área
0	627	313.5	4.7	1.56	15095.1%	0.44%	0.0%	1473.45
627	1509	1068	51.16	55.86	14363.2%	4.83%	0.4%	54638.88
1137	1509	1323	109.46	165.32	12797.3%	10.33%	4.8%	144815.58
1509	1882	1695.5	296.64	461.96	8553.5%	27.99%	10.3%	502953.12
1882	2333	2107.5	128.08	590.04	6721.2%	12.08%	28.0%	269928.6
2333	2901	2617	103.92	693.96	3757.7%	9.81%	12.1%	271958.64
2901	3450	3175.5	103.23	797.19	2524.0%	9.74%	9.8%	273823.365
3450	3882	3666	86.23	883.42	1131.8%	8.14%	9.7%	356775.12
3882	4313	4097.5	97.32	980.74	15162.4%	9.18%	8.1%	324153.225
4313	4980	4646.5	79.11	1059.85	0.0%	7.46%	9.2%	4924593.025
TOTAL			1059.85					2656047.6

Fuente: Elaboración propia

Índice de Pendiente: Es el valor medio de las pendientes, para sus cálculos se necesitan los valores de Cota mayor (HM) y cota menor (Hm): $I_p = HM - Hm / 1000 = 4.353 \%$

Curvas Hipsométricas: La curva hipsométrica nos muestra que la cuenca tiene una pendiente pronunciada y por ello mayor turbulencia y erosión. Este cálculo nos indica que la zona es de tipo llanura propensa a la inundación.

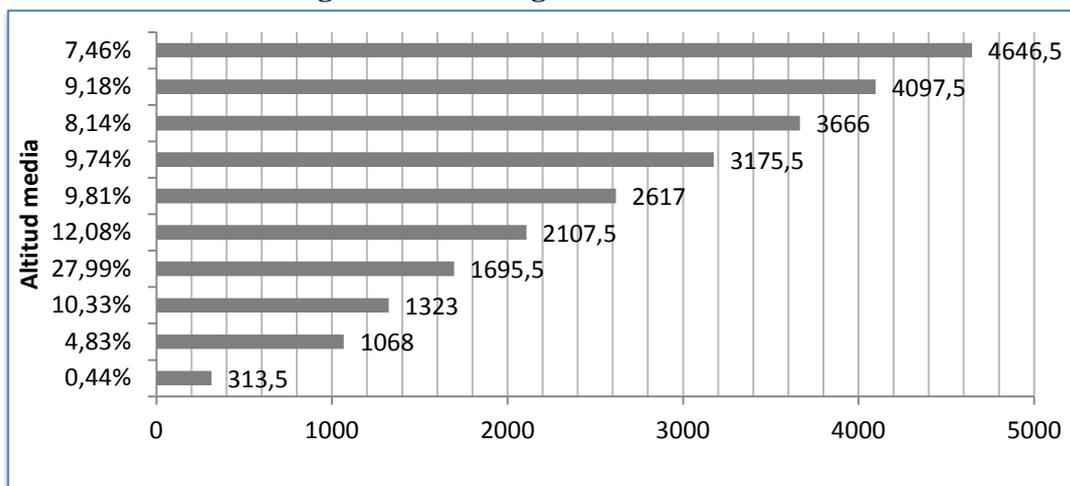
Figura N° 01: Curva Hipsométrica



Fuente: Elaboración propia

Curva o Polígono de Frecuencias: Es la representación gráfica del porcentaje de áreas entre cotas frente al área total con las cotas a partir desde el punto más bajo, hasta el más alto.

Figura N°02: Polígono de frecuencias



Fuente: Elaboración propia

Densidad de drenaje: Indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua: efímeros, intermitentes o perennes de una cuenca (Lt) y el área total de la misma (A).

$$Dd = Lt / A \text{ (Km/Km}^2\text{)}$$

Dónde:

Lt: Suma de longitudes de todos los tributarios (incluye cauce principal) en (Km).

A: Área de la cuenca (Km²).

Las cuales indican que poseen una densidad de drenaje regular por encontrarse entre los valores de $0 < Dd < 1.5$, e indica que es una microcuenca muy drenada que tiene respuesta hidrológica rápida, al influjo de la precipitación.

Cuadro N° 02: Resumen de parámetros geomorfológicos de la cuenca

PARÁMETROS			Símbolo	UND	Esbilla	Chalhuane	Chorunga
Área (km2)			A	Km2	252.26	337.67	469.91
Perímetro (km)			P	km	93.8	130.02	189.96
RELACIONES DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Factor de forma	Ff	-	0.03	0.02	0.01
		Coeficiente de Compacidad	Kc	-	1.67	2.00	2.47
		longitud del rio principal	Lp	km	39.71	62.12	72.47
	Rectángulo equivalente	lado mayor	L	km	40.70	59.31	89.74
		lado menor	l	km	6.20	5.690	5.24
SISTEMA DE DRENAJE	GRADO DE RAMIFICACIÓN	LONGITUD TOTAL	Orden 1	Km	108.57	134.44	181.3
			Orden 2	Km	37.51	47.88	56.6
			Orden 3	Km	22.93	23.14	16.03
			Orden 4	Km	-	21.54	33.41
			Orden 5	Km	-	11.46	-
	Longitud total de los ríos		Lt	km	169.01	238.46	287.34
	Densidad de drenaje		Dd	km/km2	0.67	0.71	0.61
	Extensión media superficial		Em	km	1.59	1.36	1.62
	Frecuencia de ríos		Fr	ríos/km2	0.24	0.14	0.14
Altura media de la cuenca			Hm	msnm	1515	1890	3600
Índice de pendiente				%	2.65	3.75	4.25
Pendiente media de la quebrada			Pm	%	0.004	0.016	0.039
Altura de la naciente del rio			-	msnm	1600	1200	1000
Altura de la salida de la cuenca			-	msnm	2400	5000	5000

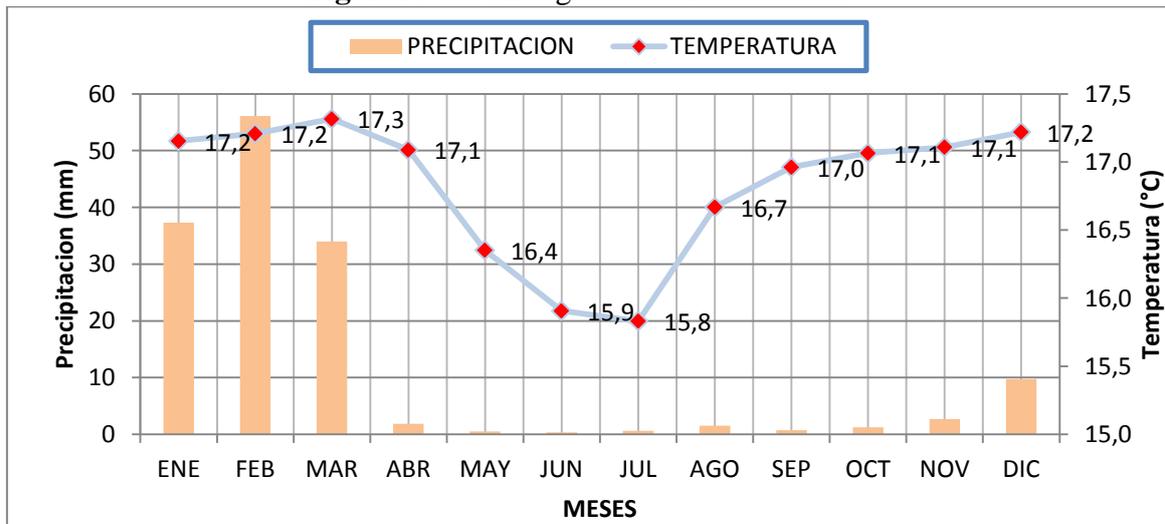
44

Fuente: Elaboración propia

3.3. Climatología

Se elaboró el climograma con los datos de precipitación media de la estación Yanaquihua y la temperatura media de la estación meteorológica Chichas.

Figura N° 03: Climograma del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

3.3.1. Análisis de precipitación altitud

Cuadro N° 03: Ubicación de estaciones meteorológicas.

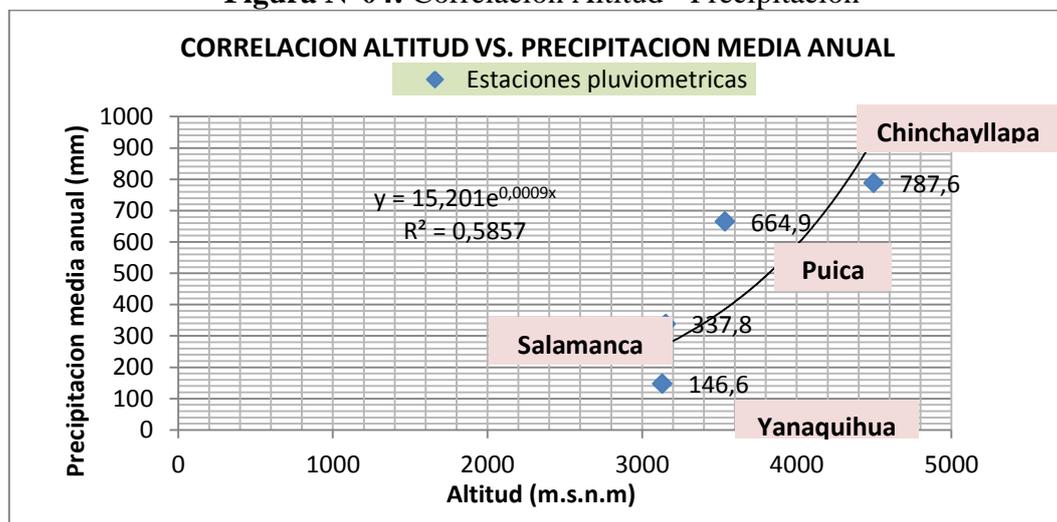
ESTACIÓN	UBICACIÓN	TIPO	UTM WGS 84 - 18 S		ALTITUD	PRECIPITACIÓN ANUAL
			ESTE	NORTE		
SALAMANCA	Condesuyos - Arequipa	Pluviométrica	732196	8282960	3153	337.8
PUICA	Camaná - Arequipa	Pluviométrica	695932	8226118	3536	664.9
CHINCHAYLLAPA	La Unión - Arequipa	Pluviométrica	745372	8345551	4497	787.6
YANAQUIHUA	Condesuyos - Arequipa	Pluviométrica	726850	8253869	3130	146.6

Fuente: SENAMHI

Existe una dependencia entre la precipitación y la altitud, esta dependencia se puede hallar mediante una serie de ecuaciones de regresión. Como resultado se obtiene la ecuación exponencial: $P = 15.201 e^{0.0009(ALTITUD)}$

Reemplazando los datos correspondientes se obtiene lo siguiente: Esbilla: 152.21 mm; Chalhuané: 247.47 mm. y Chorunga: 226.18 mm.

Figura N°04: Correlación Altitud - Precipitación



Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Precipitación máxima 24 horas.

Se efectuó un análisis de la precipitación máxima en 24 horas empleando registros de la estación Yanaquihua entre los años 1992 – 2016 (15 años). Para el análisis de frecuencia se utilizó las siguientes distribuciones: Gumbel, Normal, Log Normal, Pearson Tipo III y Log Pearson. Para el análisis de frecuencias de las precipitaciones máximas diarias, se aplicó la Prueba de Smirnov – Kolmogorov con el software HIDROESTA. Para la determinación de las distribuciones de probabilidad se empleó el modelo HYFRAN, para ello se usó los valores de significancia de Smirnov - Kolmogorov.

Cuadro N° 04: Prueba de Smirnov – Kolmogorov

TAMAÑO DE LA MUESTRA	NIVEL DE SIGNIFICANCIA α				
	0.200	0.100	0.050	0.020	0.010
n	0.200	0.100	0.050	0.020	0.010
1	0.900	0.950	0.975	0.990	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.900	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.689	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.734
5	0.477	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.410	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.359	0.410	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.430	0.480	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.486
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.295	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.390	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
30	0.190	0.218	0.242	0.270	0.290
40	0.165	0.189	0.210	0.235	0.252
n grande	$1.07/n^{1/2}$	$1.22/n^{1/2}$	$1.36/n^{1/2}$	$1.52/n^{1/2}$	$1.63/n^{1/2}$

46

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 05: Prueba de Smirnov – Kolmogorov.

Distribucion	Delta
Gumbel	0.1038
Normal	0.1132
Log Pearson Tipo III	No se ajusta
log normal	0.1938
Pearson Tipo III	0.1244
Menor valor	0.1038

Datos:

n = 49 **D α = 0.338**

$\alpha = 0.05$ Dn < D α

Fuente: Elaboración propia

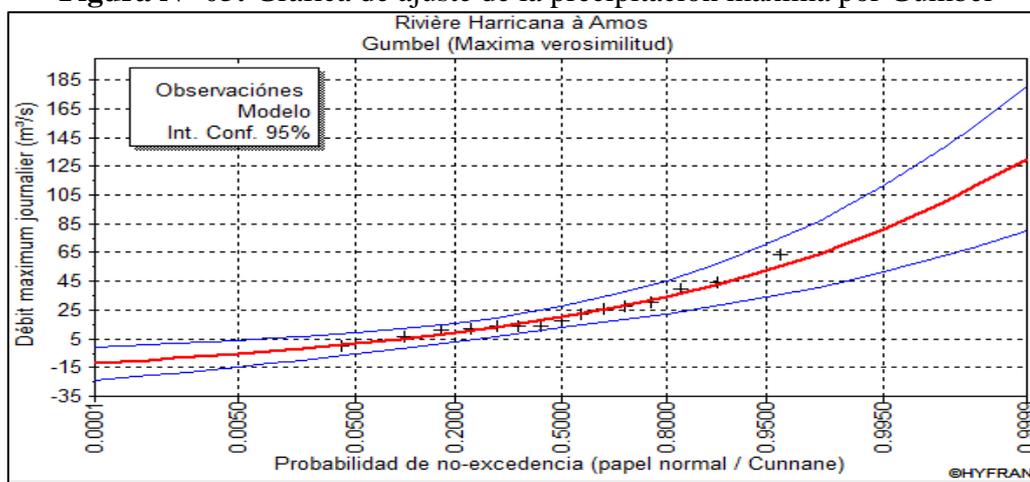
Cuadro N° 07: Precipitación Máxima en 24 Horas.

Periodo de Retorno (Años)	Precipitación Máxima 24 Horas (mm)
	Gumbel
2	14.8
3	27.7
5	42.2
10	60.3
20	77.7
50	100
100	117
200	134

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que los registros de precipitación se ajustan a una distribución Gumbel. Con los registros de precipitación máxima resultante se procedió a evaluar los niveles de precipitación extrema probable con el uso del Software HYFRAN.

Figura N° 05: Gráfica de ajuste de la precipitación máxima por Gumbel



Fuente: Elaboración propia

3.3.3. CURVA INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA

En base a los valores obtenidos de las precipitaciones y el tiempo de concentración se han generado las intensidades máximas mediante la expresión del Soil Conservation Service (SCS) para las microcuencas en estudio.

$$I_{TR} = \frac{0.280049 * Pp_{TR}}{T_c^{0.6}}$$

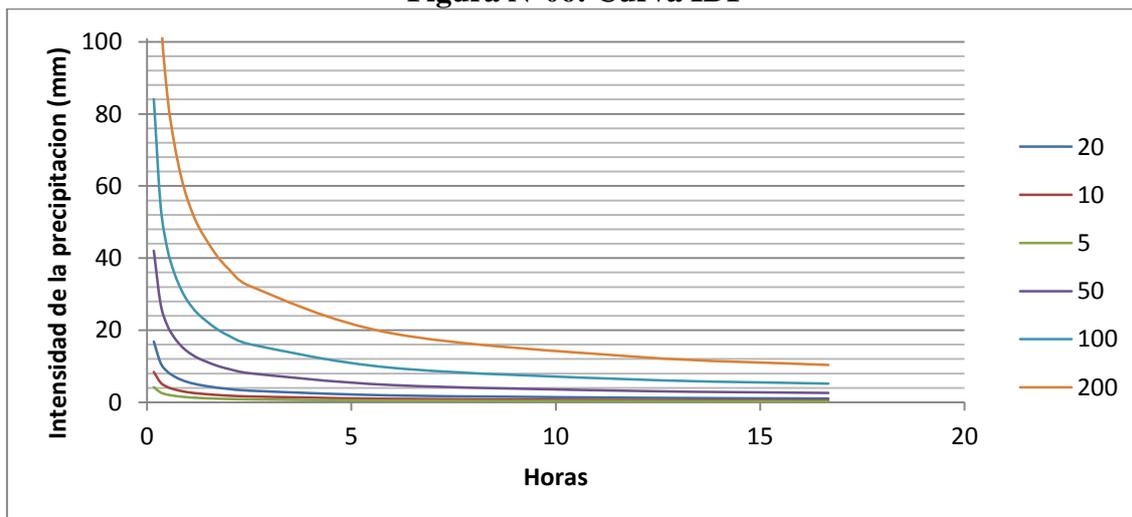
Dónde:
 ITR = Intensidad máxima de lluvia para un tiempo de retorno (mm/hr)
 PpTR = Precipitación máxima 24 horas para un Tr (mm)
 Tc = Tiempo de concentración (horas).

Cuadro N° 08: Intensidad máxima en 24 horas Estación Chugur.

D(min)	I= mm/hr					
	T= 5	T= 10	T=20	T= 50	T=100	T= 200
10	4.20	8.41	16.82	42.05	84.09	168.19
20	2.72	5.45	10.89	27.23	54.47	108.93
30	2.12	4.24	8.49	21.22	42.45	84.89
40	1.80	3.59	7.19	17.97	35.93	71.87
50	1.57	3.13	6.26	15.66	31.32	62.64
60	1.40	2.80	5.60	14.00	28.00	56.01
75	1.22	2.45	4.90	12.25	24.50	48.99
100	1.03	2.07	4.13	10.33	20.66	41.32
120	0.92	1.85	3.70	9.24	18.48	36.95
150	0.81	1.62	3.23	8.08	16.16	32.32
360	0.48	0.96	1.91	4.78	9.56	19.11
720	0.32	0.63	1.26	3.15	6.31	12.61
1000	0.26	0.52	1.04	2.59	5.18	10.36

Fuente: Elaboración propia

Figura N°06: Curva IDF



Fuente: Elaboración propia

48

3.3.4. Coeficiente de escorrentía

En el presente estudio se tomó como coeficiente de escorrentía el valor de $n=0.45$ el cual corresponde a pastos semipermeables con una pendiente entre 5-20%. La precipitación mensual de las quebradas se ha generado a partir de la estación Yanaquihua por ser de mayor representatividad.

Cuadro N° 09: Cálculo de la escorrentía

QUEBRADA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Esbilla	4,68	7,04	4,27	0,23	0,06	0,04	0,08	0,19	0,10	0,15	0,34	1,23	18,41
Chalhuane	5,72	8,61	5,22	0,27	0,08	0,05	0,09	0,23	0,12	0,18	0,41	1,50	22,50

Fuente: Elaboración propia

3.3.5. Balance hídrico

La recarga de agua subterránea en la cuenca se efectúa mediante infiltración descendente de la precipitación. Para elaborar el balance se usó la precipitación de la estación Yanaquihua por ser la de mayor representatividad en el área del proyecto.

Cuadro N° 10: Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ETP) - Thornwaite.

Parámetro	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total
Temperatura (°C)	16.96	17.07	17.11	17.22	17.15	17.21	17.32	17.09	16.35	15.91	15.83	16.67	
Índice de Calor (i)	6.36	6.41	6.44	6.50	6.46	6.50	6.56	6.43	6.01	5.77	5.73	6.19	75.35
ETP sin corregida	63.2	63.9	64.2	64.9	64.4	64.8	65.5	64.0	59.4	56.7	56.3	61.4	
K	1	1.07	1.07	1.12	1.12	0.98	1.05	0.98	0.98	0.94	0.97	1	
ETP corregida.	63.2	68.4	68.7	72.6	72.2	63.5	68.8	62.8	58.2	53.3	54.6	61.4	767.6

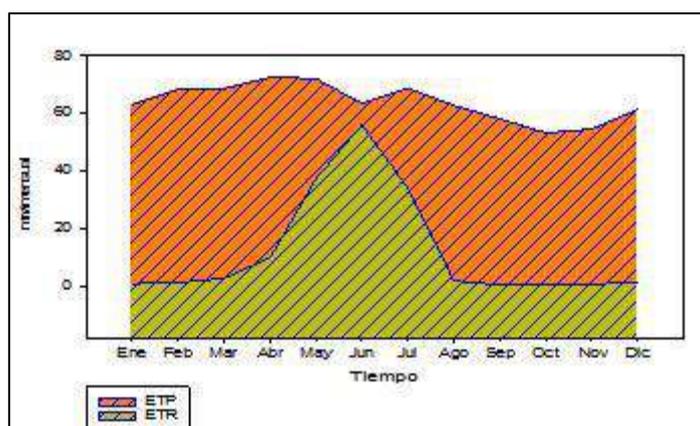
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 11: Cálculo de la Recarga según Thornwaite.

Parámetro	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL
Precipitación	0.8	1.2	2.7	9.8	37.3	56.1	34.0	1.8	0.5	0.3	0.6	1.5	146.6
ETP corregida	63.2	68.4	68.7	72.6	72.2	63.5	68.8	62.8	58.2	53.3	54.6	61.4	767.6
ETR	0.8	1.2	2.7	9.8	37.3	56.1	34.0	1.8	0.5	0.3	0.6	1.5	146.6
Déficit	62.5	67.1	65.9	62.9	34.9	7.4	34.8	60.9	57.7	53.0	54.0	59.9	621.0
Reserva	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Excedentes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 07: Estimación del Déficit.



Fuente: Elaboración propia

Podemos apreciar que el espacio entre la precipitación y la ETP corresponde al déficit, por lo mismo en el área no se presenta recarga por parte de las aguas superficiales.

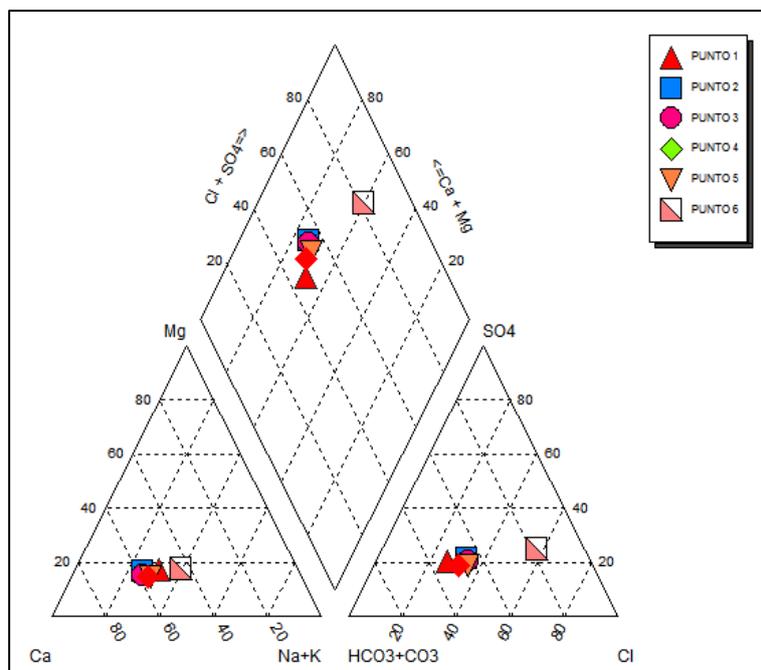
3.3.6. Caracterización hidroquímica de las aguas de la zona de estudio

El grupo de análisis comprende la parte media de la Microcuenca San Juan de Chorunga, en el sector comprendido entre las Quebradas Esbilla y Chahuane Su composición química está asociada a la litología de la zona, sistema rocoso conformado por rocas calizas, granodioritas y paglioclasas. Como consecuencia poseen una fascie bicarbonatada cálcica a clorurada cálcica y una baja mineralización (Conductividad eléctrica < 30 uS/cm). Con los resultados obtenidos en la caracterización de aguas, elaboramos la ilustración gráfica trilinear de Piper, muestra que en los cinco puntos de muestreo se presenta agua carbonatada cálcica, y la última muestra clorurada calcita con predominancia del catión calcio y de los aniones cloruro y carbonatos. El carbonato, alto en los cinco puntos, nos indica que las aguas son de largo recorrido sobre rocas de naturaleza cálcica la que le da un carácter básico a la roca por lo cual esta no genera drenaje ácido.

En la **Figura N° 08: Diagrama de Piper**; se aprecian que estos dos tipos de agua fueron medidos en áreas en donde están influenciadas por la actividad minera y por población urbana. En consecuencia se infiere la existencia de 2 grupos principales de agua: Que la mayoría de aguas son del tipo bicarbonatada cálcica, influenciadas en gran parte por el entorno calcáreo en que se moviliza ya que la roca principal está compuesta por la granodiorita Incahuasi, que además está compuesta de plagioclasas que tienen contenidos de calcio considerables. Su distribución en la zona de estudio abarca zonas relativamente cercanas de las zonas principales de yacimientos mineros. Dentro del rango de clasificación existe una muestra que es el punto P6 que corresponde a las aguas tipo clorurada calcita. En la zona se puede apreciar que el mineral de oro que explota está asociados a sulfuros, estos últimos normalmente viene asociado en la naturaleza con sales y en algunos casos con calcio.

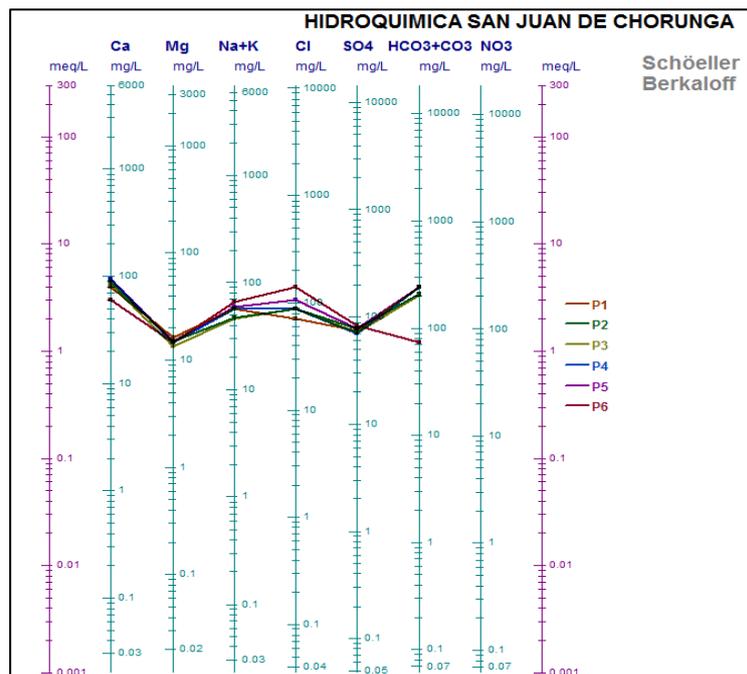
50

Figura N° 08: Diagrama de Piper



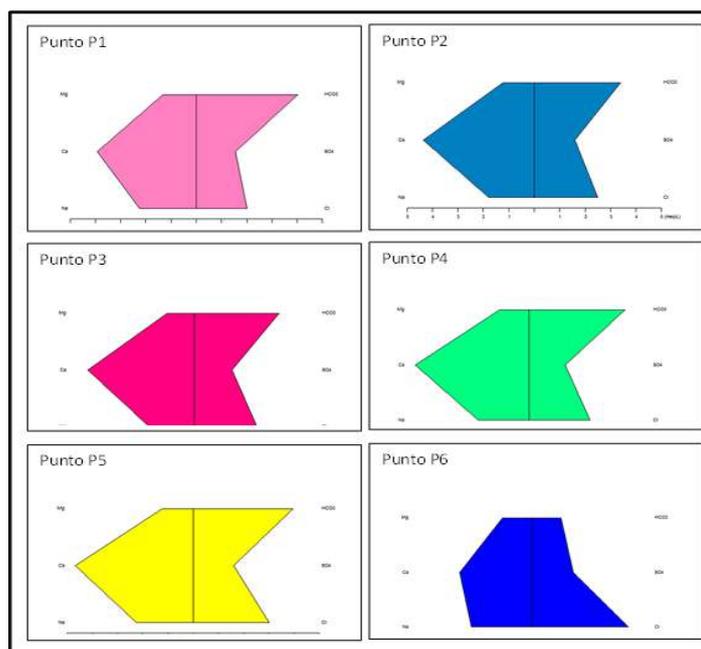
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 09: Diagrama de Schoeller;



Fuente: Elaboración propia

La **Figura N° 09: Diagrama de Schoeller;** presenta el contenido mineral de la muestra, los cuatro puntos de muestreo con altos contenidos de calcio, cloro y carbonatos. La conclusión es que la litología, de la cual probablemente proceda el agua de afloramiento, está compuesta de granodiorita y plagioclasas, las cuales están influyendo en la naturaleza de la roca, ya que el anión dominante es el cloruro Cl- seguido del carbonato HCO₃ + CO₃. Además, el catión dominante es el Calcio (Ca⁺). El diseño Stiff, muestra que los seis puntos son abundantes en carbonatos y calcio y la última muestra P6 es abundante en cloro y presenta menor concentración de calcio y carbonatos que las muestras anteriores.

Figura N° 10: Diagrama de Stiff

Fuente: Elaboración propia

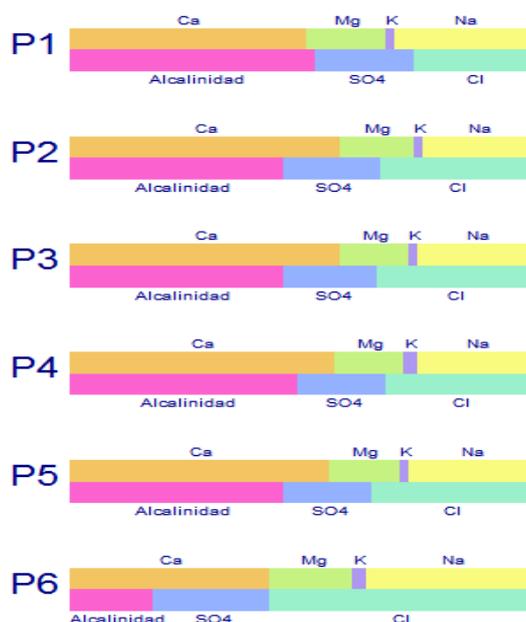
52

Figura N° 10: Diagrama de Stiff, detecta que las muestras en casi todos los puntos pertenecen a la familia de tipo bicarbonatada cálcica en la concentración de estos aniones. En los cinco puntos la forma del diagrama de Stiff resultante son parecidas, esto indica que presentan similares tipos de mineralización. El ancho de las figuras, que superan los límites establecidos, presentando una forma alargada, indica que la mineralización es alta en los cinco casos.

3.3.7. Caracterización química de las aguas

Cationes: Los resultados obtenidos muestran una alta variabilidad en su concentración para toda la zona de estudio, de este modo los valores de Na^+ en los pozos muestreados oscilan entre los 47.84 y 57.46 mg/L con una mediana de 48.52 mg/L; el K^+ cuyos valores en los pozos muestreados oscilan entre los 5.08 y 8.6 mg/L con una mediana de 6.71 mg/L, mostrándose homogénea en todo el curso. En el caso del Ca^{2+} , las concentraciones en los pozos muestreados varían entre 59.71 y 93.78 mg/L, con una mediana de 82.89 mg/L. Su distribución es ligeramente homogénea, indica un aumento paulatino de sus concentraciones en las inmediaciones de la Planta de Beneficio de la U.M. San Juan de Chorunga y del Centro Poblado San Juan; no obstante las más altas concentraciones son observadas hacia los sectores de Cerro Colorado, mostrando una buena concordancia con el más alto valor para la conductividad. Esto corrobora la posible influencia que sobre la composición química de las aguas subterráneas, tiene el proceso de interacción del agua con las rocas que conforman los depósitos aluviales, a través de la meteorización de los minerales calcáreos presentes en la misma, descrita a través de la reacción $\text{CaCO}_{3(s)} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{Ca}^{2+}_{(ac)} + 2\text{HCO}_3^-$. Por su parte, el Mg^{2+} va desde 13.258 hasta 15.07 mg/L, con una mediana de 14,83 mg/L, mostrando la mayor concentración cerca del punto P1 (Minera Nueva Esperanza).

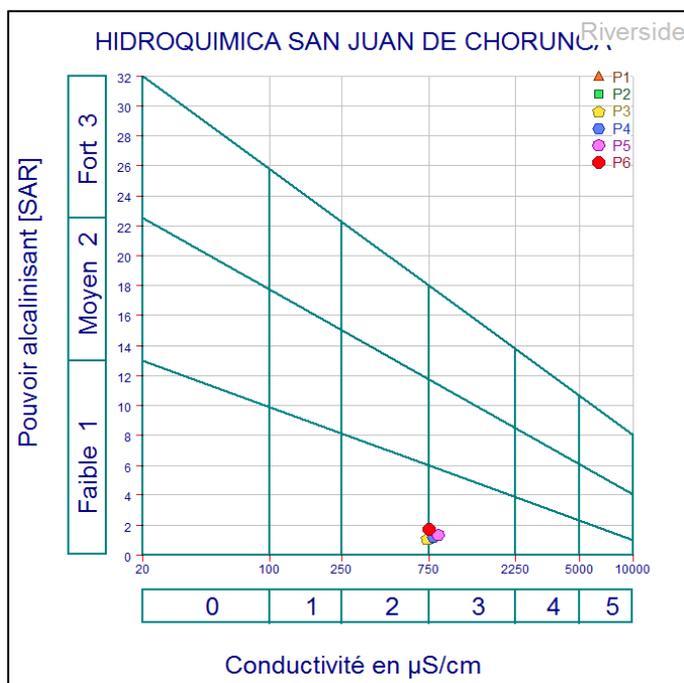
Figura N° 11: Proporción de aniones y cationes de los puntos evaluados



Fuente: Elaboración propia

Aniones: Los valores más altos a los bicarbonatos, presentando como máximo 244.69 mg/l. El valor máximo de Sulfatos es 82.61 mg/l correspondiente al punto P6 y se encontró un valor mínimo de 70.6 mg/l perteneciente al punto P4. Por otro lado, los aniones presentan un comportamiento parecido al observado para los cationes en cuanto su alta variabilidad; así las concentraciones de HCO₃⁻ oscilan entre 74.44 y 244.69 mg/L, con una mediana de 201.92 mg/L; las concentraciones de Cl⁻ están entre 70.92 y 141.84 mg/L, con una mediana de 97.50 mg/L. Los valores de Cl⁻ presentan una correspondencia espacial con los de Na⁺. De forma general, las concentraciones de SO₄²⁻ en la mayoría de los pozos muestreados es muy similar a la mediana (31,4 mg/L). La alta variabilidad observada en la mayoría de las especies químicas determinadas, podría estar indicando la presencia de fuentes distintas de aporte a las aguas subterráneas. Asimismo, posiblemente los procesos de meteorización y descomposición de las rocas, conlleva a un aumento en la concentración de los iones disueltos.

Figura N° 11: Diagrama de Riverside



Fuente: Elaboración propia

54

En esta figura se muestra que el grupo C2 Y C3 es de MEDIA – ALTA SALINIDAD respectivamente, puede usarse para riego en la mayoría de los suelos y a especies que resisten altos contenidos de sales. Los puntos P5, P2, P4 y P1 serían clasificados como agua S1-C3 y los puntos P3 y P6 como agua S1-C2. Los valores registrados en el agua subterránea indican que es un agua apta para el riego de cultivos, ya que tiene alcalinidad alta y salinidad media a alta. El Criterio de Sodicidad (RAS) se define como el peligro de sodio existente en el agua subterránea y en relación con el riego de plantas. Los valores registrados en las diferentes muestras del agua varían de 1.06 a 1.74, es decir puede usarse para el riego de casi todos los suelos sin peligro de destruir la estructura de los mismos

4. Discusión

Los resultados dieron como conclusión que el sistema rocoso está conformado por rocas calizas las que dan características de acidez a las aguas por la presencia de sulfatos, lo que evidenciado una cierta acidez a pesar del entorno calcáreo en que se moviliza el sistema, esto producido por la presencia de sulfuros que se encuentra asociado al mineral de oro. Siendo el agua el principal agente de dispersión geoquímica del entorno, por los procesos de disolución, disociación y meteorización física de los materiales. Podemos apreciar resultados en cuanto al excedente hídrico, presentándose escasas del agua en casi todo el año del área de estudio pues esta indica que las quebradas conformantes en general presentan un superávit, es decir existe un déficit en la demanda, propiciada por las características áridas de la zona ya que solo se presenta en el entorno de toda la cuenca del río Ocoña una precipitación media de 362.2 mm anual. Los resultados de esta investigación estimaron precipitación en la quebrada Esbilla de 152.21 mm anual, la quebrada Chalhuane de 247.47 mm anual y quebrada Chorunga de 226.18 mm. Asimismo, indica que la zona tiene una geográfica accidentada, con

pendientes fuertes del más del 30% lo que indica que las zonas de cultivo no sean muy extensas, resultados similares a los del estudio pues se apreció que existen fuertes pendientes en el sector estudiado que llegan hasta el 20%, lo que origina que exista poca presencia de actividad agrícola que se evidencia en la visita de campo realizada. Gonzalo Javier Huerta Vásquez (2009), indica que al haber un gran yacimiento de Au, Cu y Hg, es innegable un grado de contaminación natural por exceso de sulfatos, por oxidación de sulfuros (principalmente piritita), proceso que ha sido acelerado por la exposición al ambiente de dichos sulfuros durante el proceso de extracción de mineral, realizado desde tiempos coloniales. Los resultados del estudio indican el 83% de las muestras son de tipo bicarbonatada pues sólo se ha muestreado en las cercanías de las labores y componentes mineros, conlleva a pensar que está ocurriendo un proceso de contaminación natural influenciado por la actividad humana que podría en un futuro alterar notablemente la calidad del agua de la localidad y que afectaría a las poblaciones cercanas. Así también la zona estudiada es un sector con claras evidencias de contaminación por sustancias químicas, no es posible determinar si su origen es antrópico o natural, aunque lo más probable es que sea una combinación de ambos.

5. Agradecimiento

Un especial agradecimiento al Dr. Gómez Lora, Profesor de la Universidad Nacional Federico Villarreal – Lima; por su ayuda en la preparación de este trabajo.

6. Literatura Citada

- Castañeda** (2011). Análisis Hidrogeoquímico del Río Mishca (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Huerta, V. G.**, (2009). Hidrogeoquímica de aguas subterráneas en la cuenca del Estero Punitaqui, IV Región en Chile. (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago.
- Custodio, Llamas** (1996). Hidrología Subterránea. Barcelona, España: Omega Ediciones.
- Rivera M. A.** (2001) – Introducción a la geoquímica General y Aplicada. Lima, Perú: B. R. Publigráf.
- Gonzales. De V.** (2002). Ingeniería Geológica. Malaga, España: Editorial Pearson Educación
- Intendencia de Recursos Hídricos – Ministerio de Agricultura** (2007). Evaluación de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Ocoña. Recuperado de <http://www.ana.gob.pe/>

REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA



<http://www.ctscafe.pe>

Volumen II- N° 4 Marzo 2017

*Contáctenos en nuestro correo electrónico
revistactscafe@gmail.com*

Página Web:
www.ctscafe.pe

Blog:
<https://ctscafeparaciudadanos.blogspot.com/>

Facebook
<https://www.facebook.com/Revista-CTSCafe-1822923591364746/>

193