

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS DE INVESTIGACIÓN

**“CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA Y SU VARIABILIDAD
ESPACIO - TEMPORAL EN LOS BOFEDALES ALTOANDINOS DE
LA RESERVA PAISAJÍSTICA NOR YAUYOS COCHAS, SECTOR
MOYOBAMBA”**

EJECUTOR:

Bach. ALFREDO MANHO CHOY GALINDO

ASESOR:

MARIO ANTONIO ANAYA RAYMUNDO

COASESOR:

EDUARDO JOSUÉ OYAGUE PASSUNI

LIMA – PERÚ

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 002.-2018/UCSS/FIA

Siendo las 16:00 horas, del día 24 de agosto de 2018, en el Auditorio del Local Central de la Universidad Católica Sedes Sapientiae – Lima, los miembros del Jurado de Tesis, integrado por:

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Ing. Geóg. Francisco Alejandro Alcántara Boza | Presidente |
| 2. Blga. Narda Stella Fajardo Vidal | Primer Miembro |
| 3. Ing. Quím. Julián Alberto Álvarez Paredes | Segundo Miembro |
| 4. Ing. Ind. Mario Antonio Anaya Raymundo | Asesor |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada: "CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA Y SU VARIABILIDAD ESPACIO - TEMPORAL EN LOS BOFEDALES ALTOANDINOS DE LA RESERVA PAISAJÍSTICA NOR YAUYS COCHAS, SECTOR MOYOBAMBA"; que presenta el bachiller en Ciencias Ambientales, el Sr. **Alfredo Manho Choy Galindo** cumpliendo así con los requerimientos exigidos en el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación, el Jurado luego de deliberar, acuerda:

APROBAR

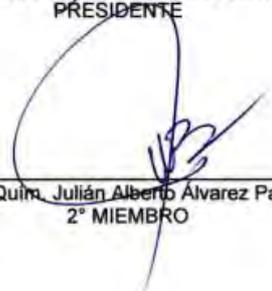
DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **Buena** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare EXPEDITA para conferirle el TÍTULO de INGENIERO AMBIENTAL.

Firmado en Lima, 24 de agosto de 2018.


Ing. Geóg. Francisco Alejandro Alcántara Boza
PRESIDENTE


Blga. Narda Stella Fajardo Vidal
1° MIEMBRO


Ing. Quím. Julián Alberto Álvarez Paredes
2° MIEMBRO


Ing. Ind. Mario Antonio Anaya Raymundo
ASESOR

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres, quienes siempre me apoyaron para poder terminar mis estudios en la universidad.

A mi alma máter, la Universidad Católica Sedes Sapientiae, que me brindó conocimientos sobre la ingeniería ambiental y una nueva visión de la realidad, que fueron esenciales en mi desarrollo personal y profesional. Deseo que este trabajo contribuya como línea base para la realización de nuevas investigaciones en la Facultad de Ingeniería Agraria y le permitan a la UCSS, seguir creciendo como una institución católica que se enfoca en la investigación y se preocupa por el ser humano y la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios, a mi familia y a todas las personas que me apoyaron en realizar mi trabajo de investigación.

A mi asesor Ing. Mario Anaya Raymundo, quien me ayudó de principio a fin en el desarrollo de mi informe de tesis y con el que sintonicé en la metodología de elaboración de la tesis.

A mi coasesor Blgo. Eduardo Oyague Passuni, por su asesoría durante el trabajo de campo.

A mi Prof. Norma Quinteros Camacho, quien me dio la oportunidad de integrar el grupo de tesis que participó en el proyecto realizado por el convenio entre la UCSS, el Patronato de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, CORBIDI y el SERNANP.

A mis amigos y compañeros de la FIA – UCSS de las sedes de Lima, Huacho y Tarma, con quienes estuve cursando la universidad y quienes estuvieron apoyándome en el trabajo de campo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CARÁTULA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE APÉNDICES	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.1.1. En el ámbito nacional	1
1.1.2. En el ámbito internacional	3
1.2. BASES TEÓRICAS	5
1.2.1. Bofedales	5
1.2.2. Características de los bofedales	5
1.2.3. Clasificación de los bofedales	6
1.2.4. Bofedales en la RPNYC	6
1.2.5. Caracterización hidroquímica	7
1.2.6. Variables hidroquímicas	7
1.2.7. Localización de los pozos de monitoreo	7
1.2.8. Registro y recolección de muestras de agua	8
1.2.9. Métodos de medición de agua	8
1.2.10. Análisis de los datos	10
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	15
2.1. ÁREA DE ESTUDIO	15
2.1.1. Ubicación del área de estudio	15
2.1.2. Antecedentes del área de estudio	17
2.1.3. Hidrología del área de estudio	18

2.1.4. Geografía del área de estudio	18
2.1.5. Geología del área de estudio	21
2.1.6. Clima del área de estudio	23
2.1.7. Vegetación y fauna del área de estudio	23
2.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	25
2.3. VARIABLES FISICOQUÍMICAS	25
2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	26
2.5. HIPÓTESIS	26
2.6. MÉTODOS DE TRABAJO EN CAMPO	27
2.6.1. Ubicación de pozos	27
2.6.2. Instalación de pozos	29
2.6.3. Registro de datos	31
2.6.4. Recolección de muestras de agua	32
2.7. ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA	33
2.8. ANÁLISIS DE DATOS	34
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES	36
3.1. RESULTADOS	36
3.1.1. Resultados referidos al objetivo específico 1	39
3.1.2. Resultados referidos al objetivo específico 2	45
3.1.3. Resultados referidos al objetivo específico 3	61
3.1.4. Resultados referidos al objetivo específico 4	71
3.2. DISCUSIÓN	85
3.2.1. Objetivo específico 1: Tipos de agua	85
3.2.2. Objetivo específico 2: Constituyentes mayoritarios, descriptivos y variación	86
3.2.3. Objetivo específico 3: Propiedades fisicoquímicas, descriptivos y variación	87
3.2.4. Objetivo específico 4: Correlación entre variables	89
3.2.5. Tendencia de la concentración de los iones y la CE	90
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES	91
CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
TERMINOLOGÍA	98
APÉNDICES	100

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Métodos de medición de las propiedades fisicoquímicas</i>	9
Tabla 2. <i>Métodos de análisis de constituyentes mayoritarios</i>	9
Tabla 3. <i>Formaciones geológicas del área de estudio (sector Moyobamba)</i>	22
Tabla 4. <i>Coordenadas para el registro de los pozos de monitoreo</i>	28
Tabla 5. <i>Coordenadas para el muestreo de los pozos de monitoreo</i>	28
Tabla 6. <i>Métodos empleados para el análisis de los constituyentes mayoritarios</i>	34
Tabla 7. <i>Resultados de las propiedades fisicoquímicas</i>	37
Tabla 8. <i>Resultados de los constituyentes mayoritarios (mg/l), en la temporada seca</i>	38
Tabla 9. <i>Resultados de los constituyentes mayoritarios (mg/l), en la temporada húmeda</i>	39
Tabla 10. <i>Tipos de agua según la tabla de Piper (% meq/l)</i>	40
Tabla 11. <i>Estadísticos descriptivos generales para los constituyentes mayoritarios (mg/l)</i>	46
Tabla 12. <i>Estadísticos descriptivos por sector (mg/l)</i>	48
Tabla 13. <i>Estadísticos descriptivos por mes (mg/l)</i>	48
Tabla 14. <i>Pruebas de normalidad de los constituyentes mayoritarios por sector: Shapiro -Wilk</i>	55
Tabla 15. <i>Pruebas de ANOVA de un factor de los constituyentes mayoritarios por sector</i>	56
Tabla 16. <i>Prueba de Tukey por sector del ión K^+</i>	57
Tabla 17. <i>Pruebas de normalidad de los constituyentes mayoritarios por mes: Shapiro - Wilk</i>	58
Tabla 18. <i>Prueba de ANOVA de un factor de los constituyentes mayoritarios por mes</i>	59
Tabla 19. <i>Prueba de Tukey por mes</i>	60
Tabla 20. <i>Estadísticos descriptivos generales para las propiedades fisicoquímicas.</i>	61
Tabla 21. <i>Estadísticos descriptivos por sector</i>	63
Tabla 22. <i>Estadísticos descriptivos por temporada</i>	63
Tabla 23. <i>Prueba de normalidad a nivel sectorial: Kolmogorov – Smirnov</i>	67
Tabla 24. <i>Prueba de ANOVA de un factor, por sector</i>	67
Tabla 25. <i>Prueba de Tukey por sector</i>	68

Tabla 26. <i>Prueba de normalidad por mes: Shapiro – Wilk</i>	68
Tabla 27. <i>Prueba de ANOVA de un factor, por mes</i>	69
Tabla 28. <i>Prueba de Tukey por mes</i>	70
Tabla 29. <i>Prueba de normalidad general para los constituyentes mayoritarios</i>	71
Tabla 30. <i>Prueba de normalidad general para las propiedades fisicoquímicas</i>	72
Tabla 31. <i>Correlación de Pearson a nivel global</i>	72
Tabla 32. <i>Correlación de Pearson para el sector 1</i>	73
Tabla 33. <i>Correlación de Pearson para el sector 2</i>	73
Tabla 34. <i>Correlación de Pearson para el sector 3</i>	74
Tabla 35. <i>Correlación de Pearson para el mes de mayo</i>	74
Tabla 36. <i>Correlación de Pearson para el mes de julio</i>	75
Tabla 37. <i>Correlación de Pearson para el mes de octubre</i>	75
Tabla 38. <i>Correlación de Pearson para el mes de febrero</i>	75
Tabla 39. <i>Correlación de Spearman global para constituyentes mayoritarios</i>	76
Tabla 40. <i>Correlación de Spearman para el sector 1</i>	77
Tabla 41. <i>Correlación de Spearman para el sector 2</i>	77
Tabla 42. <i>Correlación de Spearman para el sector 3</i>	78
Tabla 43. <i>Correlación de Spearman para el mes de mayo</i>	79
Tabla 44. <i>Correlación de Spearman para el mes de julio</i>	79
Tabla 45. <i>Correlación de Spearman para el mes de octubre</i>	80
Tabla 46. <i>Correlación de Spearman para el mes de febrero</i>	80
Tabla 47. <i>Correlación de Spearman global para las propiedades fisicoquímicas</i>	81
Tabla 48. <i>Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, sector 1</i>	82
Tabla 49. <i>Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, sector 2</i>	82
Tabla 50. <i>Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, sector 3</i>	82
Tabla 51. <i>Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, mes de mayo</i>	83
Tabla 52. <i>Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, mes de julio</i>	83
Tabla 53. <i>Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, mes de octubre</i>	84
Tabla 54. <i>Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, mes de febrero</i>	84

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de Piper de muestras de agua subterránea.	11
Figura 2. Áreas del diagrama de Piper Hill Langelier.	11
Figura 3. Dependencia del pH a las especies químicas del carbonato.	12
Figura 4. Ecuación química de la disolución del carbonato de calcio.	13
Figura 5. Localización de un área de estudio y distribución de sus estaciones de monitoreo en las turberas alpinas del departamento de Cajamarca en Perú, América del Sur.	14
Figura 6. Localización del distrito de Canchayllo en la parte norte de la RPNYC.	16
Figura 7. Localización del área de estudio: El sector de Moyobamba representa un anexo de la Comunidad campesina de Tanta.	16
Figura 8. Mapa de localización del área de estudio.	17
Figura 9. Sector 1: Se observa uno de los canales de drenaje que ingresan al bofedal, al fondo la carretera y una caseta.	19
Figura 10. Sector 2: Se observa las dos morrenas glaciares y el canal de drenaje principal, que atraviesa el bofedal.	20
Figura 11. Sector 3: Se observa los pozos de monitoreo instalados en una colina por donde discurre las aguas que ingresan al sector.	20
Figura 12. Mapa geológico del área de estudio: Sector Moyobamba.	21
Figura 13. Huallata (<i>Chloephaga melanoptera</i>), una de las aves con mayor diversidad, dentro del bofedal del sector Moyobamba.	24
Figura 14. Paisaje altoandino del bofedal del sector Moyobamba, temporada húmeda.	25
Figura 15. Puntos de monitoreo del área de estudio.	27
Figura 16. Diseño hidrológico en la distribución de los pozos de monitoreo en el bofedal del sector Moyobamba.	29
Figura 17. Esquema del proceso de instalación de un pozo de monitoreo.	30
Figura 18. Trabajo en campo: Instalación de pozos de monitoreo.	31
Figura 19. Registro de las propiedades fisicoquímicas.	32
Figura 20. Toma de muestras de agua en pozo de monitoreo.	33
Figura 21. Fórmula de conversión	36
Figura 22. Diagrama de Piper del mes de mayo (% meq/l).	41
Figura 23. Diagrama de Piper del mes de julio (% meq/l).	42

Figura 24. Diagrama de Piper del mes de octubre (<i>% meq/l</i>).	43
Figura 25. Diagrama de Piper del mes de febrero (<i>% meq/l</i>).	44
Figura 26. Diagrama de Piper a nivel global (<i>% meq/l</i>).	45
Figura 27. N° de muestras recolectadas en total, para el análisis de los constituyentes mayoritarios.	46
Figura 28. Variación temporal del bicarbonato.	49
Figura 29. Variación temporal del cloruro.	50
Figura 30. Variación temporal del sulfato.	50
Figura 31. Variación temporal del calcio.	51
Figura 32. Variación temporal del magnesio.	52
Figura 33. Variación temporal del sodio.	53
Figura 34. Variación temporal del potasio.	54
Figura 35. N° de muestras para el registro de las propiedades fisicoquímicas.	61
Figura 36. Comportamiento temporal de la CE en el ámbito de estudio.	64
Figura 37. Comportamiento temporal del pH en el ámbito de estudio.	65
Figura 38. Comportamiento temporal de la temperatura en el ámbito de estudio.	66

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
APÉNDICE 1: MÉTODOS NORMALIZADOS PARA ANÁLISIS DE AGUA	100
APÉNDICE 2: SOLICITUD PARA EL ANÁLISIS DE AGUA	101
APÉNDICE 3: ANÁLISIS DE AGUA DEL MES DE MAYO	102
APÉNDICE 4: ANÁLISIS DE AGUA DEL MES DE JULIO	112
APÉNDICE 5: ANÁLISIS DE AGUA DEL MES DE OCTUBRE	122
APÉNDICE 6: ANÁLISIS DE AGUA DEL MES DE FEBRERO	132
APÉNDICE 7: CONVERSIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL POZO MOY 2 (MES DE MAYO)	142

RESUMEN

La Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC), presenta bofedales altoandinos, en cuyas vegetaciones “turbas” se encuentra contenida sus aguas subterráneas. El objetivo de la investigación fue generar conocimiento sobre la química de estas aguas, depositadas en el bofedal del sector Moyobamba (RPNYC), a través del proceso de caracterización hidroquímica y su variabilidad espacio - temporal. La metodología se basó en el registro de las propiedades fisicoquímicas (pH, temperatura y CE) en 34 pozos distribuidos en todo el bofedal, y el análisis de constituyentes mayoritarios correspondiente al muestreo de 10 pozos (aniones: HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-} y cationes: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}). Las mediciones fueron agrupadas en tres sectores y en los meses de mayo, julio, octubre del 2017 (temporada seca) y febrero del 2018 (temporada húmeda). Los datos fueron analizados a partir del diagrama de Piper (% meq/l) y pruebas estadísticas específicas (Descriptivos, prueba de normalidad, ANOVA, Tukey y correlación). El tipo de agua dominante, fue la bicarbonatada cálcica ($\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$) en el 95% de los pozos y la bicarbonatada magnésica ($\text{HCO}_3^- - \text{Mg}^{2+}$) en el 5% restante, esto debido a la influencia de las calizas presentes en sus formaciones geológicas. Los iones HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ aumentaron su concentración y CE a medida que transcurría la temporada seca. El pH del agua presentó un carácter ligeramente ácido ($\text{pH} \cong 6.6$), probablemente debido al proceso de humificación que realiza el bofedal; la temperatura promedio fue de 8 °C, siendo este valor normal para este tipo de humedales. Se encontró correlación positiva media y considerable, entre los iones bicarbonato (HCO_3^-) y calcio (Ca^{2+}), principalmente en el sector 1, sector 3 y el mes de febrero; una correlación positiva media entre los iones potasio (K^+) y sodio (Na^+) durante el mes de octubre; una correlación positiva débil entre el pH y la CE, en el sector 1 y 2. Además, se encontró una correlación negativa débil entre el pH y la temperatura en el sector 2 y el mes de febrero.

Palabras claves: Hidroquímica, bofedal, agua subterránea, variabilidad espacio - temporal, Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas.

ABSTRACT

The Nor Yauyos Cochas Landscape Reserve (RPNYC), presents high-Andean wetlands, in whose "peat" vegetation its groundwater is contained. The objective of the research was to generate knowledge about the chemistry of these waters, deposited in the high – land wetland of the Moyobamba Sector (RPNYC), through the process of hydrochemical characterization and its spatio - temporal variability. The methodology was based on the recording of the physicochemical properties (pH, temperature and EC) in 34 wells distributed throughout the bofedal, and the majority constituent analysis corresponding to the sampling of 10 wells (anions: HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-} and cations: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}). The measurements were grouped into three sectors and in the months of May, July, October 2017 (dry season) and February 2018 (wet season). The data were analyzed from the Piper diagram (% meq/l) and specific statistical tests (descriptive, normality test, ANOVA, Tukey and correlation). The dominant water type was calcium bicarbonated ($\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$) in 95% of the wells and magnesium bicarbonated ($\text{HCO}_3^- - \text{Mg}^{2+}$) in the remaining 5%, due to the influence of the Limestones present in their geological formations. The ions HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} and Na^+ , increased their concentration and EC as the dry season went on. The pH of the water presented a slightly acid character ($\text{pH} \cong 6.6$), probably due to the humification process performed by the bofedal; the average temperature was 8 °C, being this normal value, for this type of wetlands. A medium and considerable positive correlation was found between the bicarbonate (HCO_3^-) and calcium (Ca^{2+}) ions, mainly in sector 1, sector 3 and the month of February; an average positive correlation between potassium (K^+) and sodium (Na^+) ions, during the month of October; a weak positive correlation between pH and EC, sector 1 and 2. In addition, a weak negative correlation was found between pH and temperature, sector 2 and the month of February.

Keywords: Hydrochemistry, bofedal, groundwater, spatial - temporal variability, Landscape Reserve Nor Yauyos Cochas.

INTRODUCCIÓN

La caracterización hidroquímica de un cuerpo de agua y su distribución espacio – temporal genera conocimiento que permite explicar su origen, los procesos fisicoquímicos y su calidad, esta información es útil para mejorar la gestión de los recursos hídricos en humedales. Puesto que permite evaluar su dinámica hidrológica, el grado de vulnerabilidad, perturbación y establecer medidas correctoras (Vidal et al., 2011; García, Balmaseda y Vargas, 2012).

En algunos bofedales, las aguas subterráneas se encuentran contenidas dentro de los restos vegetales que conforman su “turba”. Asimismo, el tipo de vegetación que se encuentra en el bofedal, está influenciado por la química de sus aguas subterráneas (Cooper et al., 2010).

Las turbas de los bofedales puede clasificarse de acuerdo a su origen hidroquímico: Las que reciben aguas de fuentes atmosféricas, ombrotóricas; las que reciben de escorrentía superficial y las aguas subterráneas (contienen minerales del suelo), minerotóricas (Charman, 2009).

La química de las aguas subterráneas de un bofedal es influenciada por el tipo de roca predominante en cada formación geológica en la que se encuentre. Así, podrían recibir minerales de diferentes formaciones geológicas y presentar diferentes iones que le otorguen su característica hidroquímica. En particular, un bofedal con predominancia de piedras calizas, presentará aguas subterráneas con altas concentraciones de compuestos carbonatados y tenderá a adquirir un alto carácter básico (Cooper et al., 2010).

Existen muchos estudios en bofedales, sobre todo referidos a la caracterización de su vegetación como en diversos aspectos sobre este tema, pero no se cuenta con suficientes estudios que brinden información sobre las características fisicoquímicas de sus aguas. La RPNYC es un área natural protegida, ubicada entre los departamentos de Lima y Junín, que se caracteriza por albergar varios bofedales altoandinos. La importancia que tienen estos ecosistemas dentro de la reserva se debe a que constituyen fuentes de comida, agua, refugio y sitios de anidación para varios animales domésticos y silvestres. De ahí que existe la

necesidad de conservarlos y protegerlos (Maldonado, 2015; Salvador, Monerris y Rochefort, 2015; Korswagen, 2016).

En referencia a los bofedales presentes en la RPNYC, sector Moyobamba, no existe información sobre las características químicas de sus aguas subterráneas. Así pues, es importante para la protección y conservación de estos humedales altoandinos de gran valor biológico, hidrológico y económico, un estudio de caracterización hidroquímica de sus aguas, ya que este proceso contribuirá en brindar información valiosa que sirva como línea base para futuras investigaciones. De modo que, ante la escasa información hidroquímica que poseen las organizaciones encargadas de gestionar y proteger la reserva, esta investigación ayudará a mejorar la toma de sus decisiones.

Por otro parte, el presente estudio integra un estudio mayor, que tiene como finalidad la restauración de los procesos hidrológicos del bofedal de Moyobamba, para asegurar la conservación y protección del hábitat exclusivo de las vicuñas.

En la presente investigación, la información referida al estudio hidroquímico de los bofedales, se realizó considerando, sus antecedentes, bases teóricas, los objetivos, su área de estudio, las metodologías aplicadas y sus resultados, así como las conclusiones y recomendaciones obtenidas.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general

Realizar la caracterización hidroquímica y su variabilidad espacio - temporal de las aguas subterráneas, en los bofedales altoandinos en la RPNYC, sector Moyobamba.

Objetivos específicos

1. Determinar los tipos de agua presentes en los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba, a través de la aplicación del diagrama de Piper.
2. Realizar la caracterización espacio - temporal en los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba, identificando posibles variaciones de concentración de ciertos elementos.
3. Realizar un análisis espacio - temporal de las propiedades fisicoquímicas en los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba.
4. Realizar un análisis correlacional entre las variables fisicoquímicas evaluadas en los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba.

CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. ANTECEDENTES

El estudio hidroquímico de las aguas en bofedales ha sido realizado mayormente en países cuyos territorios se encuentran integrando la Cordillera de los Andes. A nivel nacional existen pocos estudios específicos, sin embargo, se han desarrollado diferentes trabajos que han tomado en cuenta el análisis químico de las aguas de estos ambientes.

1.1.1. En el ámbito nacional

Cooper et al. (2010), estudiaron las turberas alpinas de los Andes del norte del Perú - Cajamarca, con el objetivo de identificar los factores físicos que controlaban la composición florística de su vegetación. Recogieron datos de 36 humedales en los meses de septiembre y octubre del 2005. Para la caracterización química de sus aguas subterráneas, analizaron los iones (Ca^{2+} , Cl^- , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Mg^{2+}), metales disueltos (Cu y Fe), nutrientes (P y N) y pH. Utilizaron un análisis de gradiente directo (análisis de correlación canónica) para identificar los factores que controlan la composición florística y el diagrama de Piper, para los iones. Resultando que la composición florística de los humedales es controlada principalmente por la geoquímica de las aguas subterráneas, mientras que los análisis hidroquímicos indicaron que los aniones más abundantes en el agua subterránea de las muestras fueron HCO_3^- , SO_4^{2-} y Ca^{2+} . El calcio fue el catión más abundante en la mayoría de las muestras, la concentración de Mg^{2+} era baja en la mayoría de los sitios, la concentración de Na^+ era alta en aguas ácidas y el pH de las aguas subterráneas variaba entre 3.7 y 8.2. Concluyendo que hay una gran diversidad de comunidades de plantas en los humedales estudiados, apoyados por la gradiente geológica y geoquímica que producen concentración de pH e iones de aguas subterráneas muy variado.

Navarro (2012), realizó un estudio, cuyo objetivo fue la caracterización físico – química de los principales humedales de la región Jalca de la Concesión para Conservación Alto Huayabamba. Determinó las características químicas (oxígeno disuelto, pH, amonio y nitratos) y físicas (temperatura y conductividad eléctrica) en dos épocas distintas (lluvia y seca), caracterizando un total de 28 humedales distribuidos en los cuatro sectores: Huayabamba, Yonán, Quinguyacu y Yampió, realizándose en cada una de ellas 11, 13, 12 y 16 muestras respectivamente. El promedio general de las variables fisicoquímicas fue de: Oxígeno disuelto (OD) con 5.63 mg/l, pH con 8.39 mg/l, NH_4^+ con 0.54 mg/l, NO_3^- con 1.88 mg/l, temperatura (T) con 13.04 °C y conductividad eléctrica (CE) con 129.21 uS/cm. Concluyendo que los humedales analizados cumplen para postular a la Convención Internacional de Ramsar debido a que muestran características fisicoquímicas para conservarlas y los tipos de humedales que establece la Convención.

Salvador et al. (2015), realizaron un estudio sobre las turberas de la ecorregión de la puna peruana, que tuvo como uno de sus objetivos la identificación y la descripción de sus características físicas, químicas y biológicas. La toma de muestras se realizó en dos reservas: La Reserva Nacional de Junín y la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca. Se evaluaron las variables fisicoquímicas (pH, CE - K corr, temperatura, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ y Fe), en el periodo de marzo – abril de 2010 en un total de 24 áreas de turberas (áreas con un contenido de MO >30% de la masa seca). Los resultados promedios de sus aguas superficiales fueron: pH = 6.3, CE (K corr) en el rango de 300 – 1814 uS/cm y los siguientes cationes: Ca^{2+} = 48 mg/l, Mg^{2+} = 9.6 mg/l, Na^+ = 8.2 mg/l y K^+ = 2.1 mg/l. Estos datos fisicoquímicos conjuntamente con las biológicas, permitieron deducir que las turberas estudiadas son de origen minerotróficas.

Oyague y Maldonado (2015), evaluaron la relación entre la estructura física, calidad del agua, comunidades de plantas y las asociaciones de invertebrados acuáticos en tres turberas de la provincia de Chumbivilcas (región del Cuzco), midiendo las variables químicas de su calidad de agua (pH, CE, OD, alcalinidad total, NO_3^- , P, K, P total, K total, BDO, COD y dureza total) en dos temporadas, julio de 2011 (estación seca) y en marzo de 2012 (estación húmeda) y en tres sitios (turberas), 1 y 2 en el distrito de Chamaca y 3 en el distrito de Velille, utilizando la prueba t para compararlas. Se encontró que 10 de las 12 variables químicas,

difierieron significativamente entre las dos estaciones, pero solo el pH, difería significativamente entre los sitios. Al encontrar patrones similares entre los elementos relacionados, se concluyó que el conjunto de macroinvertebrados bentónicos es un buen indicador del estado trófico de los pequeños estanques presentes en las turberas.

1.1.2. En el ámbito internacional

Romanelli, Quiroz, Massone, Martínez y Bocanegra (2010), desarrollaron un estudio cuyo objetivo fue obtener conocimientos del sistema hidrogeológico de los humedales de la Llanura Pampeana Bonaerense (provincia de Buenos Aires), mediante técnicas hidrogeoquímicas e isotópicas. Para lograrlo se seleccionaron tres lagunas: La Brava, Los Padres y La Salada y se colectaron muestras de agua en la superficie y profundidad para su análisis fisicoquímico (T, pH y CE) e isotópico (^{18}O Y ^2H). También se muestrearon arroyos y agua subterránea de las cuencas de las lagunas. El número de muestreos de agua subterránea en las tres lagunas fue de 13, 25 y 15 respectivamente. Luego del análisis en laboratorio, se utilizó el diagrama de Piper y su técnica complementaria de Isotopos, logrando obtener como resultado lo siguiente: Los principales iones encontrados fueron el Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} y dureza. Además, se clasificó a las cuencas de La Brava y de Los Padres como de tipo bicarbonatada sódica, y la de La Salada como clorurada bicarbonatada sódica respectivamente. Con estos resultados de las lagunas (efluente) y las cuencas (afluente), confirmaron la relación hidroquímica que existe entre ambos sistemas, siendo las lagunas, las principales fuentes de abastecimiento para el acuífero pampeano.

Menéndez, Díaz, González y González (2011), llevaron a cabo el estudio de la caracterización hidroquímica del Gran Humedal del Norte, Ciego de Ávila (Cuba), específicamente en las bahías Los Perros y Jiguiey, con el objetivo de conocer los factores (internos o externos) que provocan modificaciones en las propiedades fisicoquímicas (temperatura, salinidad, % de oxígeno y pH) del ámbito hídrico del humedal. Contaron con 11 estaciones y tres campañas, en épocas de lluvias 2005, época poco lluviosa 2005 – 2006 y la época lluviosa del 2006. Evaluaron el comportamiento espacio – temporal de cada uno de las variables. En el caso de la temperatura, se observó que, en la temporada poco lluviosa del año 2006, se elevó un aproximado de 2 grados respecto al año 2005. Además, se apreció una disminución de la temperatura hacia la zona oeste y noroeste de la bahía de Los Perros

causadas principalmente por el intercambio de sus aguas con el océano. Analizando los resultados de las cuatro variables fisicoquímicas, se concluyó que las aguas de las Bahías interiores Los Perros y Jiguiey están afectadas por cambios en el régimen hidrológico y por la actividad antrópica. El factor que más influyó en el comportamiento espacio – temporal de las propiedades fisicoquímicas del agua, fue el intercambio con el agua del océano.

Vidal et al. (2011), realizaron la caracterización hidroquímica del complejo de humedales El Yali (V región de Chile), con el objetivo de profundizar en su hidroquímica superficial. Analizaron las variables hidroquímicas (temperatura, pH, CE, OD, alcalinidad, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , nitrógeno total, PO_4^{3-} e iones mayoritarios) y geográficas (altitud, anchura, distancia al mar) en 20 puntos de muestreo de diferentes ambientes hídricos, entre el 22 y 27 de julio de 2008. Utilizando el diagrama de Piper para establecer las dominancias y secuencias iónicas, las correlaciones de Pearson para calcular las relaciones de significancia entre los dos tipos de variables y el rango de la CE para la clasificación de los humedales. Los resultados resaltan la complejidad hidroquímica de los humedales, en relación con su salinidad (rango= 320 – 58800 uS/cm) y su contenido iónico. Estos humedales requieren de estudios sobre los flujos de agua para interpretar el patrón geoquímico de su distribución.

Cepeda (2013), realizó un estudio en un prado húmedo altoandino (Vega Tambo - Puquios) al norte – centro de Chile, que tuvo los siguientes objetivos: Documentar la dinámica mensual y estacional del nivel freático, caracterizar el agua contenida en el bofedal y describir su dinámica mensual y estacional. Se utilizó pozos piezométricos que durante cuatro años analizaron el comportamiento mensual y estacional de la cota piezométrica, además se midió el pH, SDT, Fe, Mn, Cu, As total, Fl total y SO_4^{2-} total. Asimismo, las aguas subterráneas contenidas en el humedal mostraron valores altos de SO_4^{2-} total, Fl total, As total, Fe, Mn y Cu resultados que muestran que el bofedal es altamente fluctuante y que las características fisicoquímicas del agua son consistentes con las características geológicas de las montañas a través de las cuales las aguas fluyen.

1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. Bofedales

Es un tipo de humedal que se forma en la parte alta de los Andes, se caracteriza por la acumulación de materia vegetal en descomposición que conforman las turbas o suelos orgánicos y por ser importantes fuentes de almacenamiento de agua (Charman, 2009; Maldonado, 2015).

1.2.2. Características de los bofedales

Los bofedales, también llamados humedales altoandinos en la región andina o “oconales” en varias partes de la sierra peruana, provienen de la palabra quechua “ocko” que significa mojado. Se ubican en áreas planas, acompañados por cuerpos de agua como arroyos, manantiales y pequeños estanques y sus suelos poseen una constante humedad. Pueden ser estacionales o permanentes y tener un origen natural o artificial. El color de su vegetación es verde durante todo el año y este se diferencia de su suelo seco, por el color amarillo (Maldonado, 2015).

Presentan un microrelieve muy ondulado interconectado por canales, que se relacionan con la gran diversidad de especies vegetales propias de estos sistemas denominados “turbas”. Estas se componen de raíces vivas, muertas y abundante materia orgánica en descomposición (Vila, 2002).

Según Maldonado (2015), los bofedales obtienen sus aguas de ríos, lagos, acuíferos y los provenientes de las lluvias, reteniendo las aguas presentes en las cuencas superiores de la cordillera. En muchos casos el agua que llega al bofedal, filtra lentamente hacia el subsuelo, regulando el flujo descendente del agua y asegurando la estabilidad del suelo.

Hay que enfatizar que para generar investigaciones de conservación y manejo de bofedales es fundamental determinar el origen de sus aguas y las conexiones hidrológicas que tiene

con otros humedales o cuerpos de agua. Por otro lado, los bofedales son ecosistemas muy sensibles al cambio climático, siendo su turba la característica más vulnerable (Squeo, Warner, Aravena y Espinoza, 2006).

1.2.3. Clasificación de los bofedales

Según Charman (2009), los bofedales se pueden clasificar de acuerdo al origen hidroquímico de sus turbas, en dos tipos:

a) Turberas ombrotáficas (“bogs”): Reciben agua solo de fuentes atmosféricas y no la reciben de las aguas mineralizadas del subsuelo, adquiriendo un valor bajo de pH y nutrientes.

b) Turberas minerotáficas (“Fens”): No solo reciben aguas de fuentes atmosféricas, sino de la escorrentía superficial y el agua subterránea que ha estado en contacto con los suelos minerales, adquiriendo valores altos de pH y nutrientes, pero dependiendo del volumen de agua, roca madre y superficie con la cual ha estado en contacto. A parte de esta clasificación, existen aquellas que utilizan los tipos de vegetación, química del agua, estratificación, forma de las turbas, entre otros.

1.2.4. Bofedales en la RPNYC

La RPNYC se encuentra localizada en los Andes centrales del Perú, ocupando las regiones de Lima y Junín. Su área se encuentra dentro de las cuencas del río Cañete (parte media y alta) y la cuenca de Cochas – Pachacayo. Los bofedales están presentes principalmente en la parte noroeste de la reserva, acompañados de manantiales y lagunas por lo general de origen glacial, que conforman la parte del recurso hídrico permanente. Estas turbas están acompañadas de una gran cantidad de animales (aves, venados y vicuñas), plantas (ramales), formaciones geomorfológicas (cuevas o cavernas), sitios arqueológicos (Aupa) y lugares de producción (agropecuaria) (Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA], 2006). Es por ello la importancia que tienen estos ecosistemas para los pobladores de la RPNYC, ya que suministra diferentes servicios ecosistémicos.

1.2.5. Caracterización hidroquímica

La caracterización hidroquímica es el proceso que permite determinar las características químicas propias de un cuerpo de agua. Para García et al. (2012), este proceso permite conocer el origen de las aguas, sus procesos fisicoquímicos que los afectan y su calidad.

Para realizar la caracterización hidroquímica de un humedal, se necesita recolectar datos de sus aguas superficiales y/o subterráneas, por lo general de sus elementos químicos más abundantes como los aniones (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-}) y cationes (Na^+ , K^+ ; Ca^{2+} ; Mg^{2+}), las propiedades fisicoquímicas (temperatura, pH, CE y OD) y de manera específica sus metales disueltos. Posteriormente se utilizan diferentes métodos (diagramas de Piper, Schoeller, entre otros) para la interpretación de los datos hidroquímicos provenientes de sus muestras (Mostacero, Ramírez y Mejía, 2008; Cooper et al., 2010; Romanelli et al., 2010; Vidal et al., 2011; Menéndez et al., 2011; Cepeda, 2013).

1.2.6. Variables hidroquímicas

Por lo general existen estudios hidroquímicos que pueden tomar como grupo de variables a los constituyentes mayoritarios, como los cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) y aniones (SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- y CO_3^{2-}), las propiedades fisicoquímicas (OD, pH, temperatura y CE), y los metales disueltos (Cd, Fe, Pb y Zn) (Mostacero et al., 2008; Cooper et al., 2010; Menéndez et al., 2011). Estos grupos de variables pueden ser tomados solos, en conjunto o dentro de otro estudio relacionado. En menor ocasión se realizan con variables que contienen cantidades inferiores o trazas, también cuando se trata de calcular la concentración de algún contaminante.

1.2.7. Localización de los pozos de monitoreo

El pozo de monitoreo en un bofedal, es el punto que nos permite el registro y la toma muestras de agua para ser analizadas. La localización de cada uno de estos puntos, nos permitirá trabajar con mayor eficiencia en campo y poder identificar las características hidroquímicas espaciales del bofedal. Para lograrlo se utiliza en general un aparato llamado GPS, que permitirá la ubicación de los pozos mediante un sistema de coordenadas, y

posteriormente un programa geoespacial que nos permita plasmarlo en un mapa (Romanelli et al., 2010; Vidal et al., 2011; Sánchez, Álvarez, Pacheco, González y Carrillo, 2015).

1.2.8. Registro y recolección de muestras de agua

Existen diferentes formas para evaluar cada variable química que caracteriza a un cuerpo de agua. Hay que considerar, que algunas variables se alteran con el tiempo, es por ello que estos deben ser medidos directamente en campo (*in situ*), como las propiedades fisicoquímicas (pH, OD, temperatura y CE). Mientras que otros por lo complejo de su estudio, requieren ser medidos “*ex situ*”, por ello que son preservados y agregados en contenedores para su análisis en laboratorio.

La recolección de muestras de agua se realiza por medio de un conjunto de criterios (protocolo), en los que se encuentra la selección de un número representativo de muestras de agua, distribuidos en el área de estudio, por medio de pozos de monitoreo y tomadas entre diferentes temporadas (meses, temporada del año, etc.). Además de procedimientos recomendados para el transporte, preservación y conservación de muestras de agua, para evitar que factores internos y externos alteren su composición química (Cooper et al., 2010; Cepeda & Armijo, 2014; Salvador et al., 2015).

En algunas muestras de agua se les agrega un preservante para estabilizar sus iones y/o se almacenan con hielo en contenedores, para mantenerlas a una temperatura idónea, y ser transportadas al laboratorio para su análisis.

1.2.9. Métodos de medición de agua

A continuación, se muestran la metodología de monitoreo de cada variable hidroquímico:

a) Medición de propiedades fisicoquímicas

Los métodos para medir las propiedades fisicoquímicas se realizan *in situ*, de manera separada (ver Tabla 1) o mediante un equipo multiparámetro.

Tabla 1

Métodos de medición de las propiedades fisicoquímicas

Propiedad fisicoquímica	Método
Conductividad eléctrica (uS/cm)	Conductímetro
Temperatura (°C)	Termómetro
Oxígeno disuelto (mg/l)	Oxímetro, potenciómetro
pH	pH - metro
Todas las anteriores	Multiparámetro

Fuente: Vásquez, Ariza y Pinilla, 2006; Menéndez et al., 2011

b) Medición de constituyentes mayoritarios

En muchos estudios hidroquímicos, para obtener la concentración de los constituyentes mayoritarios en muestras de agua, se han utilizado diversos métodos en laboratorio (ver Tabla 2).

Tabla 2

Métodos de análisis de constituyentes mayoritarios

Elemento químico	Métodos
SO_4^{2-}	Método turbidimétrico
Cl^-	Titulación con nitrato de plata
	Método de Mohr
Na^+ y K^+	Espectrometría de llama
	Absorción atómica
	Método turbidimétrico
Ca^{2+} y Mg^{2+}	Absorción atómica
	Titulación complejométrica
	M. llama directa de óxido de acetileno
HCO_3^- y CO_3^{2-}	Titulación potenciométrica

Fuente: Cooper et al., 2010; Romanelli et al., 2010; Cepeda, 2013

Por otro parte, en algunas investigaciones se contrata a una empresa especializada para realizar los análisis, estas por lo general utilizan procedimientos estandarizados recomendados por la Asociación Americana de Salud Pública (APHA), la cual presentan un código (método) para cada elemento químico analizado (Cooper et al., 2010; Vidal et al., 2011; Cepeda, 2013).

1.2.10. Análisis de los datos

Análisis no estadístico: Diagrama de Piper

Los datos hidroquímicos pueden ser descritos por varias herramientas, como los diagramas de Schoeller, Stiff, Piper, entre otros.

El diagrama de Piper, es aquel gráfico que representa la composición química representativa de un cuerpo de agua, con el objetivo de aproximarse al conocimiento de su origen, evolución e identificación de sus principales procesos geoquímicos. Este diagrama está formado por dos triángulos equiláteros que representan cada uno el porcentaje de cationes y aniones presentes en cada muestra de agua (ver Figura 1). Estos se complementan con un rombo en la parte superior, que se calcula a partir de la proyección de los puntos de los dos triángulos para obtener la intersección y obtener los diferentes tipos de agua de los puntos de muestra (Santa, Martínez y Betancur, 2008; Sánchez et al., 2015). Asimismo, dependiendo de la parte del rombo en donde se ubiquen los pozos de monitoreo, estos serán identificados por diferentes tipos de agua (ver Figura 2). Existen muchas investigaciones que han medido la abundancia relativa de los iones y obtenido la clasificación iónica de sus muestras de agua utilizando el diagrama de Piper (Santa et al., 2008; Cooper et al., 2010; Romanelli et al., 2010; Vidal et al., 2011; Sánchez et al., 2015).

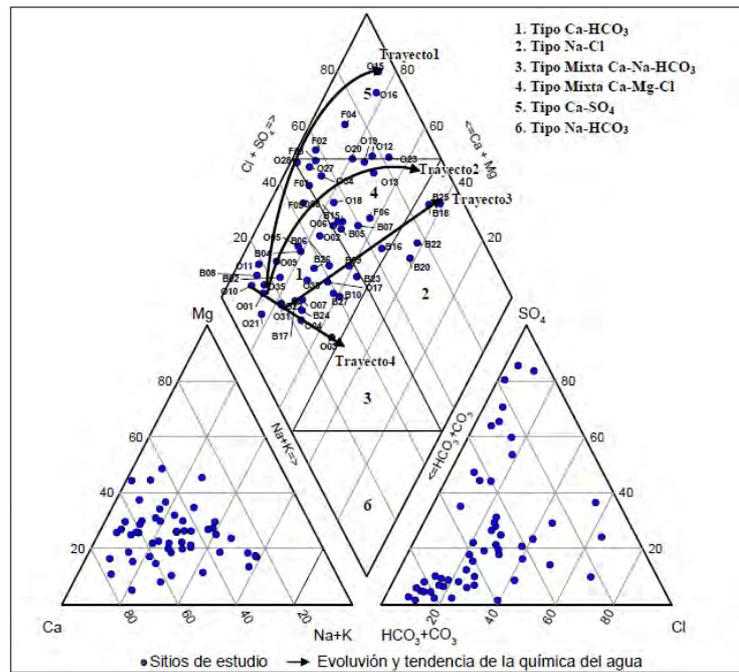


Figura 1. Diagrama de Piper de muestras de agua subterránea. Los puntos azules corresponden a los pozos de monitoreo. Los que se encuentran en el rombo central provienen de la intersección de estos. Las flechas indican la tendencia de la química del agua. Los números en negritas corresponden a una zona con tipo de agua particular.

Fuente: Sánchez et al., 2015.

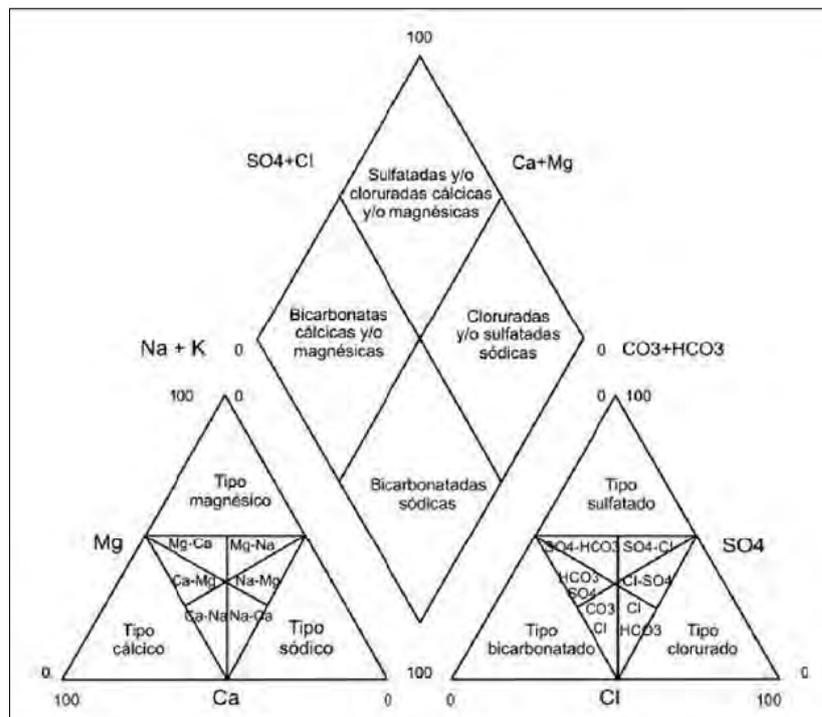


Figura 2. Áreas del diagrama de Piper Hill Langelier.

Fuente: Custodio y Llamas, 1983.

Análisis estadísticos

El análisis estadístico es una herramienta que nos permite validar los resultados obtenidos de nuestra investigación, por medio del procesamiento de sus datos. En diversos estudios hidrogeoquímicos realizados en humedales, de acuerdo al tipo de variable y al comportamiento de sus grupos de datos, se aplican los siguientes procedimientos: Análisis de correlación de Pearson, análisis de componentes principales (PCA), análisis de conglomerados, análisis de varianza (ANOVA), entre otros. Estos pueden desarrollarse con ayuda de programas estadísticos como el SPSS Statistics 20 y otros (Vidal et al., 2011; Sánchez et al., 2015).

Análisis teóricos

a) Alcalinidad

La alcalinidad nos permite medir la capacidad de resistencia que tiene el agua a bajar su pH, debido a la presencia de los componentes básicos como CO_3^{2-} , HCO_3^- y H_2CO_3 (Cortijo, 2013) (ver Figura 3). Estos actúan como amortiguadores de ácidos y bases y se relacionan con los diferentes valores que adquiere el pH del agua natural, dependiendo de su porcentaje en cantidad. Así pues, se realizan diferentes reacciones químicas en el agua, que dan origen a estas especies carbonatadas (ver Figura 4).

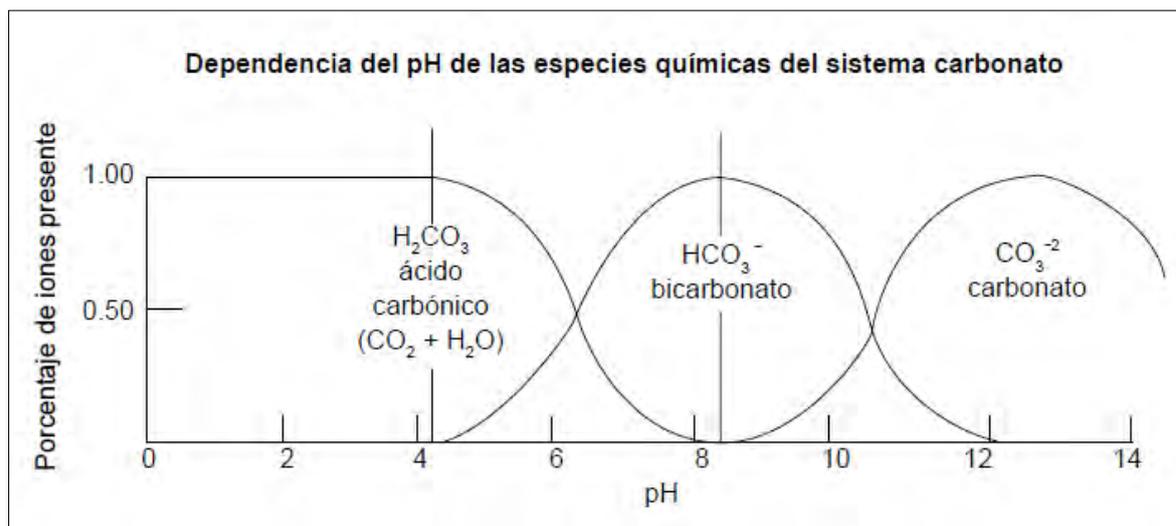


Figura 3. Dependencia del pH a las especies químicas del carbonato.

Fuente: Cortijo, 2013.

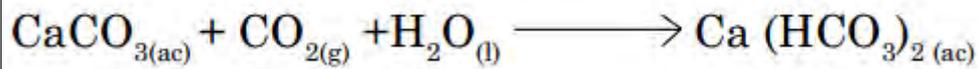


Figura 4. Ecuación química de la disolución del carbonato de calcio.

Fuente: Cortijo, 2013.

b) Teoría Geológica

La composición geológica del suelo de un bofedal, cumple un papel importante sobre el control de la química de sus aguas subterráneas. Los bofedales se encuentran ubicados en áreas, en donde se conectan diversas formaciones geológicas, de modo que reciben aguas de diferentes fuentes químicas. Así, según el tipo de agua almacenada en la turba, influye en el tipo de vegetación predominante en el bofedal.

Asimismo, según el tipo de roca del que se origina el agua, este al disolverse, generará una variación en sus concentraciones de cationes, aniones y en el valor de su pH. En particular, aguas subterráneas provenientes de piedras calizas tenderán a adquirir un alto carácter alcalino y si provienen de piedras con presencia de compuestos sulfatados, adquirirán un carácter ácido (Cooper et al., 2010).

Análisis geoespacial

Los análisis geoespaciales son utilizados generalmente, para determinar la ubicación geográfica del área de estudio y para identificar las estaciones de monitoreo, distribuidos en su territorio. Por otra parte, las estaciones se presentan dentro de mapas, identificándolas por medio de un sistema de coordenadas, un datum y su área específica (ver Figura 5). Además, este tipo de análisis nos permite evaluar otros tipos de temas, como la geología, hidrología, entre otros (Cooper et al., 2010; Oyague y Maldonado, 2015; Sánchez et al., 2015).

El análisis espacial se desarrolla por medio de programas espaciales como QGIS, ArcGIS, entre otros.

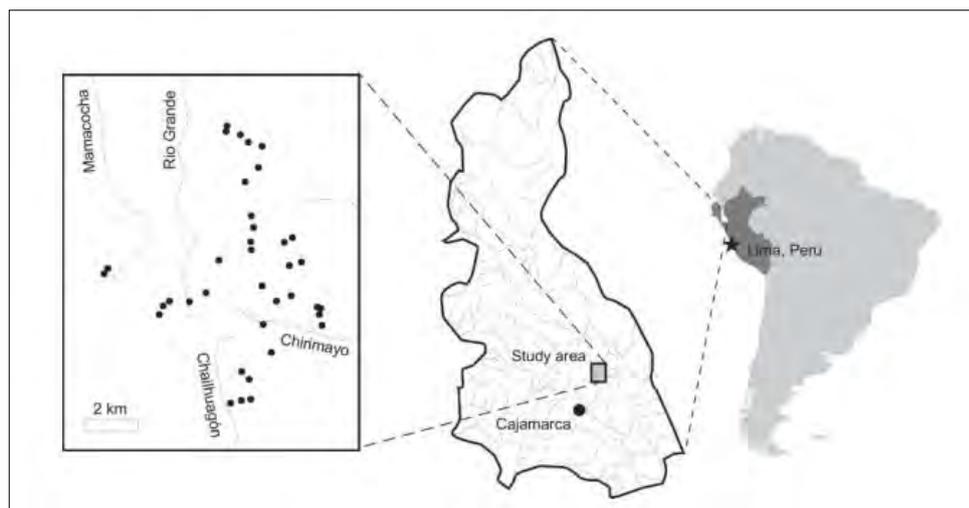


Figura 5. Localización de un área de estudio y distribución de sus estaciones de monitoreo en las turberas alpinas del departamento de Cajamarca en Perú, América del Sur.

Fuente: Cooper et al., 2010.

Análisis observacional

La observación permite obtener información directa en campo, que ayuda a entender con mayor amplitud las características del área de estudio. Estas características pueden ser: La formación vegetal, formación geología, flujos de agua, topografía, perturbaciones, entre otros.

Por otro lado, algunos estudios de caracterización hidroquímica, aplican la observación, para describir las características de su área de estudio. Asimismo, a diferentes investigaciones que integren el tema hidroquímico, ayudará a identificar las causas o consecuencias que estén relacionadas con el comportamiento de la composición química del cuerpo de agua (Cooper et al., 2010; Menéndez et al., 2011; Oyague y Maldonado, 2015; Salvador et al., 2015).

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1. Ubicación del área de estudio

El área de estudio corresponde al sector Moyobamba, que se ubica en el distrito de Canchayllo, provincia de Jauja – Junín, en la parte norte de la RPNYC (ver Figura 6).

Asimismo, el área de estudio se encuentra a una altitud media de 4681 msnm y abarca una superficie aproximada de 0.6 km² de los cuales aproximadamente la cuarta parte están cubierto de turba. Sus terrenos pertenecen a la Comunidad Campesina de Tanta (ver Figura 7), la cual está siendo conservada y protegida para el uso exclusivo como habitat para vicuñas. El trabajo en el área de estudio (ver Figura 8) se ejecutó una vez cada dos meses, tres durante la temporada seca comprendida en los meses de mayo hasta octubre del 2017 y una durante la temporada húmeda, en el mes de febrero del 2018.

El distrito de Canchayllo abarca una superficie de 974.7 km², sus coordenadas son: longitud de 11°48'07"S y latitud de 75°43'03"O y altitud 3609 msnm (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2016). Limita por el norte con la provincia de Yauli (Jauja), al este con los distritos de Curicaca, Llocllapampa, Paccha y Sincos, al sur y oeste con el departamento de Lima (Nor Yauyos).



Figura 6. Localización del distrito de Canchayllo en la parte norte de la RPNYC.
Fuente: Elaboración propia.

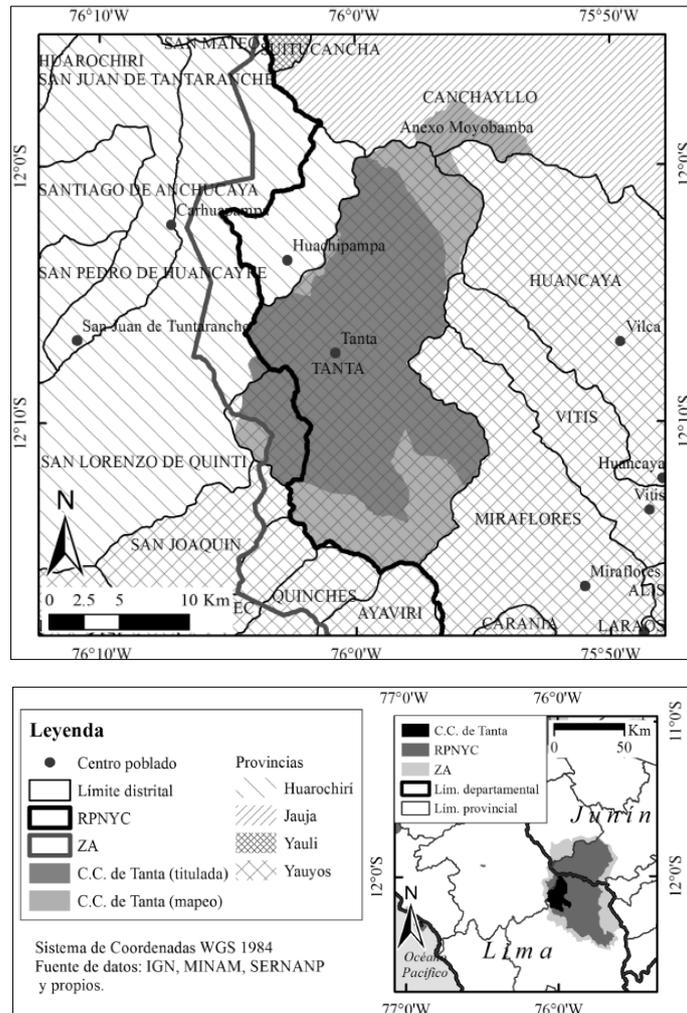


Figura 7. Localización del área de estudio: El sector de Moyobamba representa un anexo de la Comunidad Campesina de Tanta.

Fuente: Korswagen, 2016.

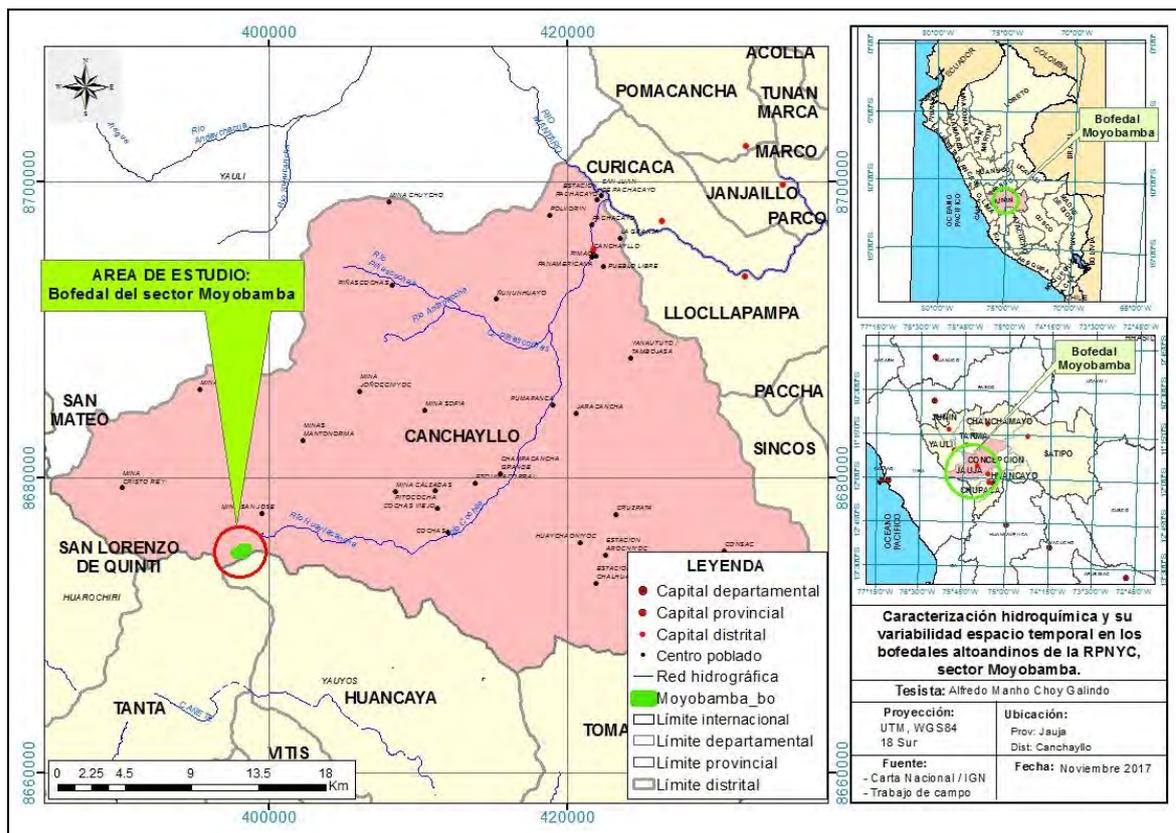


Figura 8. Mapa de localización del área de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2. Antecedentes del área de estudio

El bofedal del sector Moyobamba se encuentra dentro de la cuenca Conchas – Pachacayo, cuyos territorios formaban parte de la antigua hacienda Pachacayo. En un principio fue propiedad de la compañía minera Cerro de Pasco Corporation y debido a la reforma agraria, pasó a pertenecer a la Sociedad Agrícola de Interés Social (SAIS) Túpac Amaru (1970). Bajo la administración de la compañía minera, funcionó una división ganadera que tuvo como objetivo optimizar la crianza del ganado. Por esto, la compañía drenó los estanques de los bofedales que se encontraban en la hacienda, incluyendo el sector Moyobamba, para que, en estos, no se generasen parásitos que se puedan hospedar en el ganado. Así pues, se construyó canales profundos que atravesaron los bofedales, dividiéndolos geográficamente por sectores y que en la actualidad no tienen mantenimiento. Al mismo tiempo, estas construcciones influyen en la disponibilidad del agua, reduciendo la eficiencia del principal servicio ecosistémico del bofedal, que es la provisión de forraje fresco para el ganado y las especies silvestres como la vicuña.

2.1.3. Hidrología del área de estudio

La RPNYC posee dos regiones delimitadas: la cuenca alta del río Cañete y la del río Cochas Pachacayo. Estas cuencas presentan paisajes de lagunas, humedales, nevados y cascadas, que unidos a los aportes de las precipitaciones representan un potencial hídrico natural muy importante para la reserva y al mismo tiempo abastece a los ríos Cañete y Cochas Pachacayo (Ministerio del ambiente [MINAM], 2011, 2015).

En cuanto al bofedal del sector Moyobamba, esta se encuentra en una cuenca amplia y abierta, en donde todas las zonas de avistamientos cuentan con la presencia de alguna fuente de agua permanente, como nacientes de quebradas, riachuelos, manantiales o lagunas (Korswagen, 2016). Asimismo, es atravesado por diversos canales profundos de drenaje y cauces de deslizamientos, que intervienen en la disponibilidad del agua y actúan como barreras hidráulicas en el interior de la turba. Los canales dividen el bofedal en tres zonas, las cuales difieren en el origen de sus fuentes de agua y por sus características hidroquímicas, entre otros.

2.1.4. Geografía del área de estudio

La geomorfología de la RPNYC presenta una topografía dominada por altas montañas, cuyas laderas y vertientes son muy accidentadas, las cumbres se componen de altiplanicies onduladas y circos glaciares, mientras que las zonas más bajas son fondos de valle de origen glaciar (INRENA 2006; MINAM, 2011).

En el sector Moyobamba, como en toda la RPNYC existen problemas de pérdida de suelo debido a su mal uso. La eliminación de la cobertura vegetal debido al sobrepastoreo y otras actividades del hombre genera que se altere el funcionamiento del ecosistema y perjudique a una gran diversidad de especies, como las vicuñas silvestres (INRENA, 2006).

El bofedal se encuentra atravesado internamente por canales de drenaje, que lo dividen en tres importantes sectores:

El **sector 1**, se ubica en el Suroeste del área de estudio. La parte con mayor altitud se ubica al oeste del sector, de donde provendría una alta disponibilidad de agua (laderas al sureste del nevado Pariacaca), y va disminuyendo en dirección noreste. Es un terreno inclinado y atravesado por canales de drenaje. Asimismo, se encuentran construcciones antropogénicas, como una caseta y una carretera con la cual limita (ver Figura 9).



Figura 9. Sector 1: Se observa uno de los canales de drenaje que ingresan al bofedal, al fondo la carretera y una caseta.

Fuente: Elaboracion propia.

El **sector 2** se ubica en la parte sureste del área de estudio, cuenta con alta disponibilidad de agua y una superficie continúa. El agua que alimenta este sector se origina desde su parte sur, en las morrenas glaciares, y va descendiendo conjuntamente con su altitud en dirección norte, atravesando la carretera y extendiéndose hacia el este antes de llegar al canal principal (ver Figura 10).



Figura 10. Sector 2: Se observa las dos morrenas glaciares y el canal de drenaje principal, que atraviesa el bofedal.

Fuente: Elaboracion propia.

Por último, el **sector 3** se ubica en la parte noreste del área de estudio, sus aguas atraviesan un terreno inclinado que se encuentra en la parte alta de sus colinas y que pertenecen a la zona noroeste del sector (ver Figura 11).



Figura 11. Sector 3: Se observa los pozos de monitoreo instalados en una colina por donde discurre las aguas que ingresan al sector.

Fuente: Elaboracion propia.

En resumen, se puede observar que el comportamiento hidrológico de los tres sectores del área de estudio, es diferenciado, ya que poseen diferentes fuentes de agua y barreras hidráulicas (canales de drenaje) entre ellas, estas características podrían igualmente manifestarse en su naturaleza hidroquímica.

2.1.5. Geología del área de estudio

La RPNYC posee diferentes unidades geológicas que se basan en su litología, son caracterizadas por su resistencia y composición, e influyen en la composición geoquímica de las aguas subterráneas del área de estudio.

Dentro del bofedal del sector Moyobamba, ubicada en el cuadrante 24 L de la Carta Geológica Nacional, encontramos cuatro formaciones geológicas que influyen con mayor intensidad en la geoquímica de sus aguas subterráneas: Formación Casapalca (KsP-ca_i), depósitos fluvio-glaciales (Qh-gf), intrusivos graníticos (N-to/gd) y formación Jumasha (Ks-ju) (ver Tabla 3). De las cuales, las tres primeras formaciones se encuentran dentro del área de estudio (Megard, Caldas, Paredes y De la Cruz, 1996) (ver Figura 12).

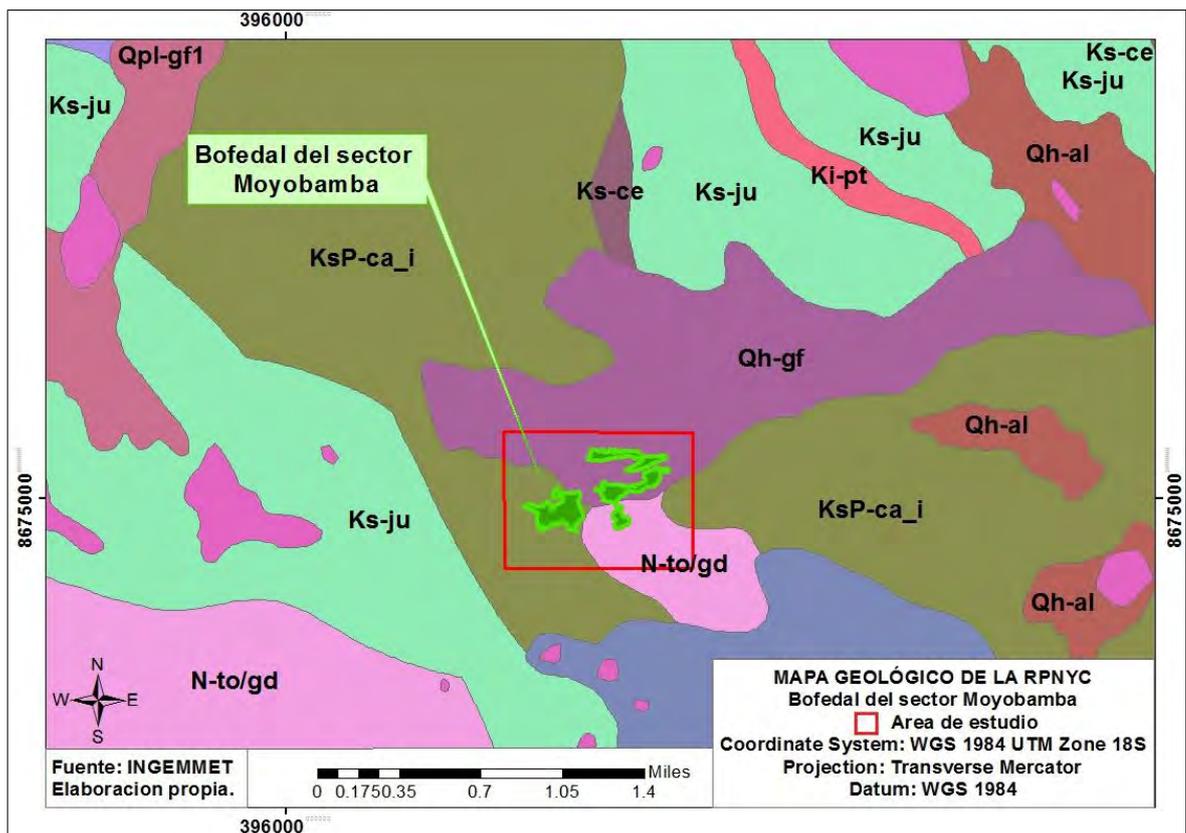


Figura 12. Mapa geológico del área de estudio: Sector Moyobamba.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3

Formaciones geológicas del área de estudio (sector Moyobamba)

Nombre	Características	Litología	Compuestos
Depósitos fluvioglaciares (Qh-gf)	Son depósitos de morrenas que se relacionan con terrazas.	Conformadas principalmente de grava, arena y limo.	Materia de forma angulosa.
Formación Jumasha (Ks-ju)	Está constituida de un paquete calcáreo con 400 m de espesor.	Está constituida por calizas compactas en estratos gruesos o delgados. Dolomías macizas pobres en materia orgánica.	Carbonato de calcio y/o magnesio (Dolomita y calcita).
Intrusivos graníticos (N-to/gd)	Rocas intrusivas granulares.	Corresponden a unidades compuestas por granitos, granodioritas con plagioclasas. Asimismo, tonalita, dioritas con biotita, hornblenda y anfíbol.	Silicatos de aluminio con, calcio, sodio y/o potasio. Con presencia de compuestos ferromagnesianos.
Formación Casapalca (KsP-ca_i)	Rocas sedimentarias con limo arcillosas de diversas coloraciones, principalmente las rojas, debido a la presencia de la hematita.	Formados por lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados. Calizas lacustres, yeso y rocas volcánicas pueden intercalarse.	Fragmentos que alternan con el carbonato de calcio, plagioclasas (feldespatos calco-sódicos) y ferromagnesianos.

Fuente: Elaboración propia.

2.1.6. Clima del área de estudio

El clima dentro de la RPNYC es muy variable y cambiante, depende principalmente de la altitud y la orientación de las faldas de los cerros. La precipitación aumenta a medida que aumenta la altitud, siendo el promedio entre 500 a 1000 mm, extendiéndose en temporadas de invierno y ocasionando comúnmente heladas en zonas por encima de los 3450 msnm.

El sector Moyobamba comprende las zonas de Cochas - Pachacayo, en donde el clima se puede clasificar como muy frío y subhúmedo. En la parte de cumbres nevadas, el tipo climático es el glacial (Clima de Nieve Perpetua de Alta Montaña, según la clasificación de Köppen); en las punas el clima es helado (Tundra Seca de Alta Montaña, según la misma clasificación). En la parte baja con vertientes pronunciadas, llanuras y valles formados en la cuenca del río Cochas - Pachacayo, el clima es de tipo Frío (Boreal), caracterizado por tener inviernos secos y temperaturas medias superiores a los 10 °C (INRENA, 2006).

El bofedal de Moyobamba, presenta dos temporadas marcadas (Oyague y Maldonado, 2015; Salvador, Monerris y Rochefort, 2015), las cuales son:

- a) Temporada húmeda: Aproximadamente desde noviembre a abril, en donde el clima es templado, seco y con lluvias constantes, con una temperatura promedio de 14 a 18 °C.
- b) Temporada seca: Aproximadamente desde mayo a octubre, sin lluvias constantes, hace más calor durante el día, aunque la temperatura llega a descender bajo cero durante la noche, generando las heladas.

2.1.7. Vegetación y fauna del área de estudio

La RPNYC alberga una flora y fauna típica de los Andes, distribuida entre grandes montañas, ríos, lagunas y restos arqueológicos. Los bofedales se encuentran ubicados en áreas deprimidas con mal drenaje, conformando la turba en cojines, que permanece siempre verdes por la constante humedad durante todo el año (MINAM, 2011).

La mayor parte de la zona de Nor - Yauyos y Cochas - Pachacayo consiste en "páramo muy húmedo - subalpino tropical" y "tundra pluvial – alpino tropical". En el distrito de Canchaylo, Llocllapampa y Suitucancha provincia de Jauja y Yauli, se han identificado dos pisos ecológicos: Suni (Jalca) y Puna.

En el sector de Moyobamba, la vegetación más común es de la especie *Distichia muscoides* Nees & Meyen y del género *Calamagrostis*, entre otras. Este sector es el hábitat de diferentes especies de animales (ver Figura 13) y presenta un relieve variado, fuentes de agua permanente y césped de puna que crecen a una altitud de aproximadamente 4600 msnm (Korswagen, 2016) (ver Figura 14).



Figura 13. Huallata (*Chloephaga melanoptera* Eyton), una de las aves con mayor presencia, dentro del bofedal del sector Moyobamba (INRENA, 2006).

Fuente: Elaboracion propia.



Figura 14. Paisaje altoandino del bofedal del sector Moyobamba, temporada húmeda.

Fuente: Elaboracion propia.

2.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de naturaleza básica, debido a que se logró incrementar los conocimientos hidroquímicos sobre el área de estudio y no experimental ya que no se manipularon sus variables. Su diseño fue descriptivo, porque se describió las características químicas que presentaba las aguas subterráneas (subsuperficiales) del bofedal de Moyobamba y correlacional debido a que se determinó el grado de relación existente entre sus variables hidroquímicas.

2.3. VARIABLES FISICOQUÍMICAS

Todas las variables fisicoquímicas recogidas en campo, fueron cuantitativas y continuas, dividiéndose de acuerdo al lugar en donde fueron evaluadas:

- *In – situ*

Parámetros fisicoquímicos: Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/m}$), pH, temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Se midieron directamente de los 34 pozos en total, a través de un equipo multiparámetro.

- *Ex – situ*

Constituyentes mayoritarios (meq/l): Cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) y aniones (Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-}). Se recolectaron muestras de aguas subterráneas (sub-superficiales) de 10 pozos seleccionados por mes, por medio de envases de polietileno de un litro, luego fueron trasladarlos al Laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego (LAASMA), para su análisis.

2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población está conformada por todo el cuerpo de agua subterránea (subsuperficial), depositada en la turba presente en el bofedal altoandino, sector Moyobamba, dentro del distrito de Canchayllo – RPNYC. Las muestras fueron recolectadas de 10 pozos y se realizaron durante cuatro meses, tres en la temporada seca del 2017 y una en la temporada húmeda del 2018 (Oyague y Maldonado, 2015; Salvador, Monerris y Rochefort, 2015), y en suma se logró realizar 40 muestreos en total. Asimismo, el muestreo se realizó en un día, a partir de las 9 de la mañana hasta aproximadamente las cuatro de la tarde.

2.5. HIPÓTESIS

Si las tres zonas del bofedal, sector Moyobamba, tienen el mismo tipo de agua dominante respecto a sus iones, entonces se podría afirmar que sus aguas son hidroquímicamente homogéneas y suponer que sus aguas se combinan o comparten el mismo origen. Por ello es importante realizar una caracterización hidroquímica de sus aguas subsuperficiales, para tener mayor conocimiento de la variabilidad hidroquímica de estos bofedales.

- **H₁:** El bofedal altoandino de la RPNYC, sector Moyobamba, tienen igual tipo de dominancia de sus aguas subterráneas (subsuperficiales), en sus tres sectores.
- **H₂:** Existe una relación significativa entre las variables fisicoquímicas medidas en los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba.

2.6. MÉTODOS DE TRABAJO EN CAMPO

La metodología utilizada para conseguir conocer las características hidroquímicas de las aguas subterráneas (subsuperficiales) del bofedal del sector Moyobamba, se basaron en diferentes etapas que se describen a continuación:

2.6.1. Ubicación de pozos

Se ubicaron en un principio, en todo el bofedal de Moyobamba, 47 pozos de monitoreo de aguas subterráneas. De este total se tomaron en cuenta para la investigación 34 pozos, debido a que parte de los pozos iniciales se secaron o fueron deteriorados por el ganado o habitantes (ver Figura 15). Asimismo, los 34 pozos fueron utilizados para el registro de las propiedades fisicoquímicas (pH, CE y temperatura) (ver Tabla 4), y de este total 10 pozos fueron seleccionados para la toma de muestras, para realizarles los análisis de los constituyentes mayoritarios (Ca^{2+} , Cl^- , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-}) en el laboratorio (ver Tabla 5).

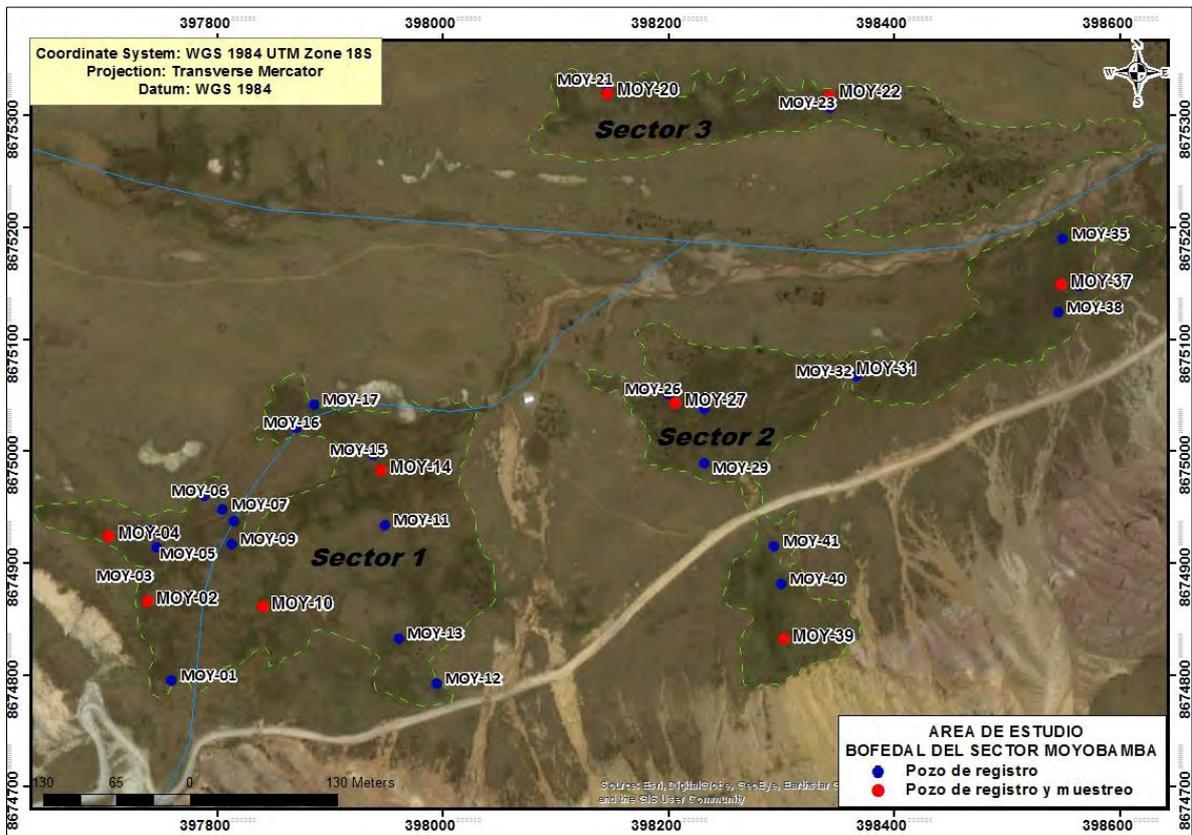


Figura 15. Pozos de monitoreo del área de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4

Coordenadas para el registro de los pozos de monitoreo

Pozo	Este	Norte	Altitud	Pozo	Este	Norte	Altitud
MOY - 1	397760	8674795	4693	MOY - 20	398146	8675320	4681
MOY - 2	397738	8674866	4691	MOY - 21	398146	8675327	4681
MOY - 3	397747	8674914	469	MOY - 22	398343	8675318	4673
MOY - 4	397704	8674924	4691	MOY - 23	398344	8675306	4672
MOY - 5	397742	8674929	4690	MOY - 26	398200	8675051	4678
MOY - 6	397789	8674960	4687	MOY - 27	398206	8675043	4678
MOY - 7	397805	8674948	4687	MOY - 28	398232	8675038	4677
MOY - 8	397815	8674937	4687	MOY - 29	398232	8674989	4678
MOY - 9	397813	8674917	4688	MOY - 31	398358	8675071	4675
MOY - 10	397840	8674861	4690	MOY - 32	398367	8675067	4675
MOY - 11	397949	8674934	4682	MOY - 35	398550	8675189	4670
MOY - 12	397995	8674792	4686	MOY - 36	398565	8675147	4672
MOY - 13	397961	8674832	4688	MOY - 37	398548	8675149	4672
MOY - 14	397945	8674983	4681	MOY - 38	398546	8675124	4673
MOY - 15	397939	8674996	4681	MOY - 39	398302	8674832	4690
MOY - 16	397870	8675021	4683	MOY - 40	398300	8674881	4687
MOY - 17	397886	8675041	4683	MOY - 41	398294	8674915	4684

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5

Coordenadas para el muestreo de los pozos de monitoreo

Pozo	Este	Norte	Altitud
MOY - 2	397738	8674866	4691
MOY - 4	397704	8674924	4691
MOY - 10	397840	8674861	4690
MOY - 14	397945	8674983	4681
MOY - 20	398146	8675320	4681
MOY - 22	398343	8675318	4673
MOY - 27	398206	8675043	4678
MOY - 31	398358	8675071	4675
MOY - 37	398548	8675149	4672
MOY - 39	398302	8674832	4690

Fuente: Elaboración propia.

La metodología utilizada para la ubicación de los pozos en el bofedal del sector Moyobamba (RPNYC), se basó fundamentalmente en tres criterios: La presencia significativa de turba, la cercanía con el flujo de los canales de drenaje y un criterio hidrológico.

El criterio hidrológico consistió en realizar la instalación de los pozos de monitoreo, formando líneas paralelas, para obtener una red geométrica de puntos de registro (datos) en forma de grilla (cuadrícula) (ver Figura 16). Dado que, se pretendía simular el flujo de las aguas subterráneas (modelado) contenido en la turba y poder obtener una distribución más homogénea de los pozos en el bofedal.

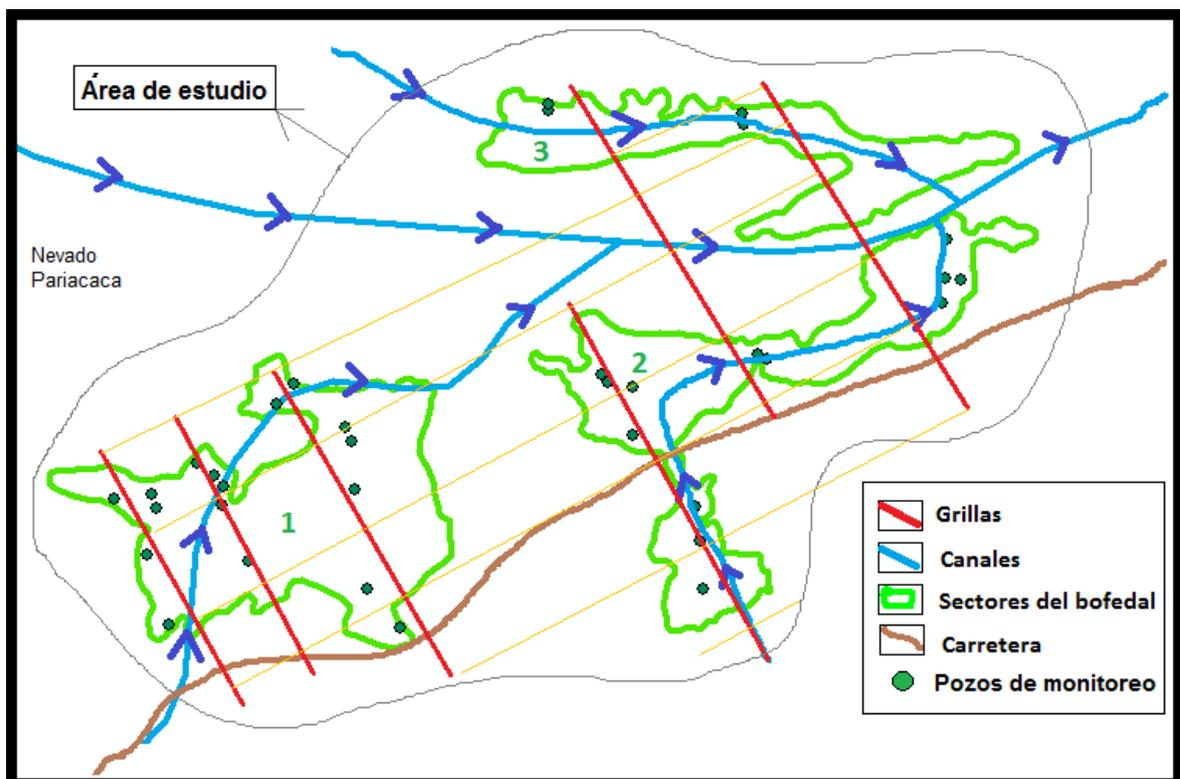


Figura 16. Diseño hidrológico en la distribución de los pozos de monitoreo en el bofedal del sector Moyobamba.

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2. Instalación de pozos

La instalación de los pozos de monitoreo en el bofedal (ver Figura 17), se inicia con la ubicación del punto el cual debe seguir el diseño de distribución hidrológico. En segundo lugar, se realiza la perforación del suelo de turba, hasta alcanzar 1.5 metros de profundidad como máximo, usando un barreno metálico circular. En tercer lugar, se corta con la sierra de

mano un tubo de PVC de 1.5 metros de longitud y dos pulgadas de diámetro y se les perfora. En cuarto lugar, el hoyo se refuerza introduciéndole el tubo perforado, que permitirá el ingreso del flujo de agua a lo largo de toda su longitud y logrará que se estabilice con el nivel de agua subterránea exterior (ver Figura 18). Asimismo, se realizó la purga de los pozos utilizando un tubo hueco (bailer), con el que se extrajo el sedimento, hasta que el agua obtenida fuera limpia. Puesto que, se buscó obtener el mayor volumen de muestras de agua del pozo y una mayor representatividad de la altura de la turba. En quinto lugar, se procede a colocar una tapa al pozo, la cual se rotula y se le agrega un recinto. Por último, se georreferencia el punto con el uso de un GPS y se registra la información de sus coordenadas en una libreta de campo (Romanelli et al., 2010).



Figura 17. Esquema del proceso de instalación de un pozo de monitoreo.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 18. Trabajo en campo: Instalación de pozos de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia.

2.6.3. Registro de datos

La medición de los parámetros y el recojo de muestras se realizaron durante la temporada seca – 2017 (tres acciones: en los meses de mayo, julio, octubre) y húmeda – 2018 (una acción: en el mes de febrero).

En cada uno de los pozos de monitoreo se registraron *in situ*, los datos fisicoquímicos de: temperatura (°C), CE (uS/cm) y pH, a través de la introducción en los pozos, de los sensores de un equipo multiparámetro HANNA HI9813-6 y el registro de sus valores en una libreta de campo. Asimismo, el equipo fue calibrado en campo utilizando soluciones buffer HANNA (pH 7.01 y conductividad eléctrica 1413 uS/cm) y se le aplicó criterios básicos para su directa medición (ver Figura 19) (Romanelli et al., 2010; Sánchez et al., 2015).



Figura 19. Registro de las propiedades fisicoquímicas.
Fuente: Elaboracion propia.

2.6.4. Recolección de muestras de agua

La recolección de muestras de agua se ejecutó a partir de los criterios obtenidos de las investigaciones hidroquímicas revisadas, las cuales fueron:

Se seleccionaron 10 pozos de monitoreo, distribuidos desde las zonas de recarga hasta las zonas de descarga del bofedal, para el recojo de las muestras de agua subterránea y su análisis de componentes mayoritarios. Asimismo, para el recojo de las muestras de agua, se utilizó botellas de plástico de un litro de capacidad, las cuales fueron previamente enjuagadas con agua del pozo y no se les agregó ninguna solución preservante, ya que, para analizar los constituyentes mayoritarios, solo se requirió la refrigeración de las muestras (Cooper et al., 2010; Sánchez et al., 2015).

Por otro lado, las muestras de agua fueron bombeadas manualmente con una manguera transparente ($\frac{1}{2}$ pulgada) del pozo, desde una profundidad que variaba bajo los 1.5 metros como máximo (Romanelli et al., 2010) (ver Figura 20). Luego fueron rotuladas e introducidas en un cooler con refrigerantes, para mantenerlas a una temperatura adecuada (aprox. 10 °C) y ser transportadas durante 24 horas (al día siguiente), al Laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego (LAASMA).

Por último, se contó con una cadena de custodia (formato del documento), que nos permitió registrar la información sobre las muestras de agua, desde su recolección en el área de estudio, hasta su entrega al laboratorio (ver Apéndice 2).



Figura 20. Toma de muestras de agua en pozo de monitoreo.

Fuente: Elaboracion propia.

2.7. ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA

Las muestras de agua subterránea (subsuperficial), se analizaron en un laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de la Molina (Laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego - LAASMA), perteneciente a su Facultad de Ingeniería Agraria. Este laboratorio no presentó acreditación, pero para los análisis de agua, utilizó los procedimientos estandarizados del libro: Métodos normalizados para agua potable y residual APHA, AWWA, WPCF 17th Ed.1992.

Los métodos publicados por APHA, han sido utilizados por varias investigaciones hidroquímicas realizadas en humedales (Cooper et al, 2010; Romanelli et al., 2010; Vidal et al., 2011). Así pues, el laboratorio LAASMA realizó sus análisis con fines de agricultura, debido a que se asemejaban a los cuerpos de agua superficial de los humedales.

El libro APHA, es revisado contantemente a través de sus ediciones, contiene varios grupos de métodos codificados, para cada elemento químico. En la Tabla 6, se mencionan los métodos específicos que utilizó el laboratorio LAASMA, para la presente investigación, las cuales fueron proporcionados al solicitante (ver Apéndice 1). Así pues, la concentración de los aniones CO_3^{2-} , HCO_3^- y Cl^- fueron analizados por métodos de titulación, que utilizaron

indicadores y reactivos. Además, el método turbidimétrico implica la medición de la absorbancia de la suspensión, con un fotómetro. Por otro lado, la concentración de los cationes Ca^{2+} , K^+ y Mg^{2+} fue analizada por el método espectrométrico de absorción atómica de llama. Es un tipo de técnica conocida, que se basa en pulverizar la muestra de agua en una llama y luego medir la cantidad de la luz absorbida por esta, por medio de un receptor y a una determinada longitud de onda. El método fotométrico de emisión de llama, se diferencia porque mide la cantidad de energía que emite la llama, que se expresa en el cambio de su color. La intensidad de luz medida es proporcional a la concentración del metal.

Tabla 6

Métodos empleados para el análisis de los constituyentes mayoritarios

Aniones	APHA, AWWA, WPCF 17th Ed. 1992.	Cationes	APHA, AWWA, WPCF 17th Ed. 1992.
HCO_3^-	Método titulométrico	Na^+	Método fotométrico de emisión de llama
CO_3^{2-}	Método de titulación	Ca^{2+}	Método espectrométrico
Cl^-	Método argentométrico	K^+	de absorción atómica
SO_4^{2-}	Método turbidimétrico	Mg^{2+}	de llama

Fuente: Laboratorio de agua, suelo, medio ambiente y fertirriego. UNALM – FIA (APHA, AWWA y WPCF, 1992).

2.8. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos fueron analizados considerando:

- a) Análisis no estadísticos: Los datos de los constituyentes mayoritarios (meq/l), necesarios para lograr conocer el tipo de agua presente en cada pozo, fueron analizados mediante una técnica hidrogeoquímica llamada diagrama de Piper, utilizando el programa AQUACHEM 4.0. Estos diagramas permiten una identificación más precisa de las muestras de agua (Romanelli et al., 2010; Sánchez et al., 2015).

b) Análisis estadísticos: Necesarios para evaluar el comportamiento espacio – temporal de las variables fisicoquímicas y su correlación, se utilizó los siguientes procedimientos estadísticos mediante el programa IBM SPSS Statistics versión 20:

- Estadísticos descriptivos: Nos permitió evaluar los promedios y variaciones de los parámetros.
- Análisis de varianza (ANOVA): Nos permitió evaluar y comparar estadísticamente la existencia de diferencias significativas en los grupos de variables fisicoquímicas, por tiempo y sector de medición.
- Prueba de Tukey: Nos permitirá evaluar entre que par de grupos existe diferencias significativas, es un complemento del ANOVA.
- Correlación de Pearson: Nos permitió analizar la relación entre variables fisicoquímicas paramétricas medidas.
- Correlación de Spearman: Es el equivalente a la correlación de Pearson, para datos no paramétricos.

c) Análisis teóricos: Se compararon los resultados, que permitió entender mejor el comportamiento espacio - temporal de las variables hidroquímicas.

d) Análisis geoespaciales: Se utilizaron para localizar el área de estudio y ubicar los pozos de monitoreo. Los pozos fueron georreferenciados por un GPS GARMIN y analizados empleando el programa ARCGIS 10.5, que utilizó un sistema de coordenadas WGS 1984 UTM 18 S.

e) Análisis de observación: Se recogieron datos en campo de otras características del bofedal, como fue la identificación de algunos tipos de formación vegetal, formación geología, flujos de agua, topografía, perturbaciones.

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. RESULTADOS

Como se observó en la Figura 15, el bofedal de Moyobamba se encuentra dividido geográficamente, por canales de drenaje y cauces de deslizamientos. De ahí que se forman tres sectores que se caracterizan por recibir agua de diferentes puntos y presentar barreras hidráulicas, entre sus turbas. Estas características geográficas serán complementadas con la caracterización hidroquímica de sus aguas subterráneas (subsuperficiales).

Con respecto al proceso metodológico utilizado para la caracterización hidroquímica, este se desarrolló en primer lugar, mediante el registro en campo de datos *in situ* (pH, CE y temperatura) en los 34 pozos de monitoreo distribuidos en todo el bofedal (ver Tabla 7). Y, por último, en la recolección de muestras de agua, obtenidos de 10 pozos seleccionados del total, dentro de la temporada seca (ver Tabla 8) y de la temporada húmeda (ver Tabla 9).

Conviene subrayar que los análisis de agua de los constituyentes mayoritarios, se realizaron para los meses de mayo (ver Apéndice 3), julio (ver Apéndice 4), octubre (ver Apéndice 5) y febrero (ver Apéndice 6), cuyos valores en meq/l, fueron convertidos a mg/l mediante una fórmula de conversión (ver Figura 21), la cual requirió el peso fórmula y la valencia de cada ión analizado como ocurrió en la conversión de los parámetros del pozo MOY 2, durante el mes de mayo (ver Apéndice 7). Así pues, los resultados se pudieron comparar con los datos de las investigaciones anteriores, las cuales se encuentran en mencionada unidad de medida.

$$\text{IÓN (mg/l)} = \frac{\text{meq/l} \times \text{peso fórmula}}{\text{valencia}}$$

Figura 21. Fórmula de conversión.

Tabla 7

Resultados de las propiedades fisicoquímicas

Pozos de monitoreo	MAYO			JULIO			OCTUBRE			FEBRERO		
	pH	CE (uS/cm)	T(°C)	pH	CE (uS/cm)	T(°C)	pH	CE (uS/cm)	T(°C)	pH	CE (uS/cm)	T(°C)
MOY-1	6.7	319	8.1	6.8	300	6.8	7.9	180	8.4	6.3	200	7.3
MOY-2	7.3	478	8.6	6.8	530	8.0	7.2	330	8.6	6.4	390	6.6
MOY-3	6.9	346	8.3	7.5	520	7.3	6.3	300	9.3	6.2	260	7.1
MOY-4	6.6	193	7.7	6.6	450	6.6	6.0	360	8.9	5.2	90	6.3
MOY-5	7.3	339	8.9	6.7	520	7.6	6.2	290	8.9	6.3	240	6.8
MOY-6	7.0	668	9.9	7.0	540	6.8	6.4	410	9.1	6.6	440	7.5
MOY-7	7.0	445	7.6	7.2	460	7.0	6.5	430	9.0	6.3	290	7
MOY-8	7.2	343	8.3	6.7	440	7.1	5.4	350	8.5	6.2	220	6.8
MOY-9	7.8	361	8.2	6.9	650	7.7	6.0	380	8.2	6.1	250	6.3
MOY-10	6.9	388	7.6	6.8	620	8.3	4.7	340	8.4	6.4	290	6.3
MOY-11	7.2	600	8.1	7.5	600	7.4	6.5	400	9.2	6.3	430	6.3
MOY-12	7.0	350	9.3	7.1	530	8.0	4.8	270	8.4	6.2	260	6.7
MOY-13	7.0	526	7.8	7.2	800	8.3	7.7	500	8.5	6.2	430	6.6
MOY-14	7.1	330	9.0	7.0	540	7.3	5.6	300	9.1	6.1	270	6.5
MOY-15	7.4	443	11.8	7.8	370	7.8	6.0	360	8.5	6.3	250	4.8
MOY-16	7.5	407	9.1	7.7	450	8.3	5.2	290	8,5	6.1	280	6.4
MOY-17	7.0	331	8.3	7.8	370	7.8	5.5	140	8,5	6.3	220	6.5
MOY-20	6.8	279	6.4	7.5	410	7.6	5.3	380	9.7	6	150	8
MOY-21	6.7	211	7.7	7.1	550	9.7	6.1	390	9.2	6.2	420	8.3
MOY-22	7.6	275	8.7	7.2	600	8.2	5.4	420	9.8	6.5	190	10.3
MOY-23	6.7	283	7.5	7.0	310	8.0	5.7	280	9.5	6.1	190	9.1
MOY-26	7.6	445	10.1	7.7	610	8.8	5.9	200	7.9	6.6	250	8.5
MOY-27	7.0	440	7.7	7.6	630	8.3	6.3	290	8.5	6.3	320	7.7
MOY-28	6.8	682	7.7	7.1	920	7.5	5.4	520	8.3	6.7	250	7.2
MOY-29	6.8	527	8.9	7.1	1050	9.3	5.5	450	8.9	6.2	400	7.2
MOY-31	7.1	459	7.8	7.3	690	8.1	5.7	420	8.4	6.5	340	7.4
MOY-32	7.0	408	8.0	7.3	500	7.2	5.7	260	8.0	6.2	150	9.6
MOY-35	7.3	315	9.6	7.8	290	6.8	5.3	200	8.7	6.8	240	8.8
MOY-36	7.4	340	8.0	7.3	380	7.0	6.2	180	8.7	6.8	240	8.1
MOY-37	7.7	403	7.4	7.8	530	7.6	6.1	230	9.7	6.7	240	7.3
MOY-38	7.6	364	8.0	7.4	390	6.0	5.7	190	8.1	6	180	8.2
MOY-39	7.0	366	10.1	6.9	490	10.7	5.5	230	11.2	6.4	220	7.2
MOY-40	6.7	352	9.5	6.6	370	9.8	5.3	210	10.0	6.3	220	8.7
MOY-41	7.2	290	8.8	7.0	380	8.6	6.3	240	9.7	6.5	160	8.1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8

Resultados de los constituyentes mayoritarios (mg/l), en la temporada seca

N° de POZO	MAYO								JULIO								OCTUBRE							
	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
MOY-2	220.8	0	28.8	19.2	3.7	65.0	14.0	2.7	205.0	0	69.1	16.7	6.4	75.4	14.0	5.1	220.2	0	65.3	33.4	12.9	79.0	17.0	1.2
MOY-4	119.6	0	16.3	22.0	0.9	37.6	11.1	3.9	173.9	0	73.9	18.1	2.1	62.8	18.7	5.5	170.8	0	89.8	41.9	8.7	75.8	19.9	2.0
MOY-10	219.0	0	26.9	23.4	1.2	72.0	14.2	1.2	197.0	0	64.8	19.5	2.3	75.8	15.2	1.6	170.8	0	39.4	65.0	6.4	83.2	13.1	0.4
MOY-14	161.7	0	24.5	27.7	1.2	54.6	13.0	3.1	223.3	0	53.8	16.7	3.5	80.0	19.2	3.1	278.2	0	21.1	33.7	11.0	75.0	19.9	2.3
MOY-20	227.5	0	24.5	26.3	3.5	70.0	16.0	0.4	257.4	0	21.1	58.6	5.1	97.8	13.7	2.0	197.0	0	13.9	28.1	10.4	50.0	17.5	0.8
MOY-22	218.4	0	9.6	20.6	1.8	68.8	8.3	1.2	297.7	0	18.2	13.9	4.6	89.0	11.8	1.6	294.0	0	70.1	35.5	9.9	121.0	8.8	1.2
MOY-27	201.9	0	30.2	16.7	1.8	58.6	15.3	1.2	202.5	0	74.4	13.9	3.9	81.0	12.9	3.9	212.9	0	42.2	21.0	7.4	68.2	13.0	0.4
MOY-31	149.5	0	105.6	17.8	1.6	78.6	13.6	1.2	178.7	0	140.6	12.4	2.5	92.0	17.1	2.3	206.8	0	99.4	41.9	7.8	100.0	16.2	0.4
MOY-37	175.7	0	26.4	22.0	1.8	66.0	7.3	1.2	200.1	0	16.3	8.5	2.3	61.8	7.1	2.0	197.0	0	17.3	28.8	8.7	71.4	6.7	0.8
MOY-39	148.2	0	23.5	26.3	4.6	33.2	21.0	1.2	165.9	0	18.2	12.4	3.5	26.6	23.7	2.0	312.3	0	6.2	47.9	9.0	83.2	24.5	1.2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9

Resultados de los constituyentes mayoritarios (mg/l), en la temporada húmeda

Nº de POZO	FEBRERO							
	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
MOY-2	252.0	0.0	54.2	13.1	4.6	80.2	16.3	1.2
MOY-4	249.0	0.0	46.6	13.1	1.8	76.6	16.9	3.5
MOY-10	300.2	0.0	23.5	17.4	1.8	91.0	14.2	0.8
MOY-14	186.7	0.0	40.8	5.7	1.8	62.1	10.3	2.0
MOY-20	269.1	0.0	28.8	16.0	4.6	78.2	16.7	0.8
MOY-22	128.1	0.0	16.3	9.2	1.6	45.1	4.7	0.8
MOY-27	238.0	0.0	43.2	13.1	3.7	80.8	12.2	0.4
MOY-31	214.8	0.0	77.8	13.1	3.5	85.4	10.7	0.4
MOY-37	206.9	0.0	10.6	7.1	2.1	62.5	7.7	0.4
MOY-39	169.6	0.0	16.3	10.6	1.8	36.7	15.6	0.8

Fuente: Elaboración propia.

3.1.1. Resultados referidos al objetivo específico 1

Se logró coleccionar muestras de agua, para realizar los análisis de los constituyentes mayoritarios, en los 10 pozos de monitoreo seleccionados y en los cuatro tiempos de recolección de muestras (mayo, julio y octubre del 2017 y febrero del 2018), como se explica en la descripción metodológica.

En la Tabla 10, se observan datos obtenidos del programa Aquachem 4.0. Como resultado, se obtuvo que en todos los pozos estudiados (meq/l), la composición aniónica estuvo dominada por el bicarbonato (HCO₃⁻), mientras que la catiónica por el calcio (Ca²⁺), a excepción del pozo MOY 39 que obtuvo valores elevados de magnesio (Mg²⁺) en las temporadas de mayo y julio. Por otra parte, la secuencia catiónica general fue: Ca²⁺ > Mg²⁺ > Na⁺ - K⁺, mientras que la aniónica fue de HCO₃⁻ > SO₄²⁻ > Cl⁻ > CO₃²⁻.

Tabla 10

Tipos de agua según la tabla de Piper (% meq/l)

N° de POZO	MESES				
	MAYO	JULIO	OCTUBRE	FEBRERO	GLOBAL
MOY 2	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-HCO ₃
	HCO ₃ -SO ₂	HCO ₃ -SO ₂	HCO ₃ -SO ₂	HCO ₃ -SO ₂	
MOY 4	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-HCO ₃
	HCO ₃ -Cl	HCO ₃ -SO ₂	HCO ₃ -SO ₂	HCO ₃ -SO ₂	
MOY 10	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-HCO ₃
	HCO ₃ -Cl	HCO ₃ -SO ₂	HCO ₃ -Cl	HCO ₃ -SO ₂	
MOY 14	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-HCO ₃
	HCO ₃ -Cl	HCO ₃ -SO ₂	HCO ₃ -Cl	HCO ₃ -SO ₂	
MOY 20	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-HCO ₃
	HCO ₃ -Cl	HCO ₃ -Cl	HCO ₃ -Cl	HCO ₃ -SO ₂	
MOY 22	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-HCO ₃
	HCO ₃ -Cl	HCO ₃ -Cl	HCO ₃ -SO ₂	HCO ₃ -SO ₂	
MOY 27	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-HCO ₃
	HCO ₃ -SO ₂	HCO ₃ -SO ₂	HCO ₃ -SO ₂	HCO ₃ -SO ₂	
MOY 31	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-HCO ₃
	HCO ₃ -SO ₂	(HCO ₃ -SO ₂)	HCO ₃ -SO ₂	HCO ₃ -SO ₂	
MOY 37	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-HCO ₃
	HCO ₃ -Cl	HCO ₃ -SO ₂	HCO ₃ -Cl	HCO ₃ -SO ₂	
MOY 39	Mg-Ca-	Mg-Ca-	Ca-Mg-	Ca-Mg-	Ca-HCO ₃
	HCO ₃ -Cl	HCO ₃ -SO ₂	HCO ₃ -Cl	HCO ₃ -SO ₂	

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 22, se observa la caracterización hidroquímica del mes de mayo. En primer lugar, en el triángulo de cationes, todos los pozos tienden a agruparse en la zona de tipo cálcico, siendo el pozo MOY 39, el único que se encuentra separado y ubicado en la zona de tipo magnésico cálcico. En segundo lugar, en el triángulo de aniones, todos los pozos tienden a agruparse en la zona de tipo bicarbonatado, siendo el pozo MOY 31, el único que se encuentra separado del grupo y ubicado en la zona de tipo bicarbonatado sulfatado. Por último, en el rombo se observa que todos los pozos de monitoreo, se encuentran agrupadas en la zona de tipo bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas, siendo el pozo MOY 31, el único que se encuentra separado del grupo y al límite de la zona, esto debido a su elevado contenido de aniones sulfato y cloruro.

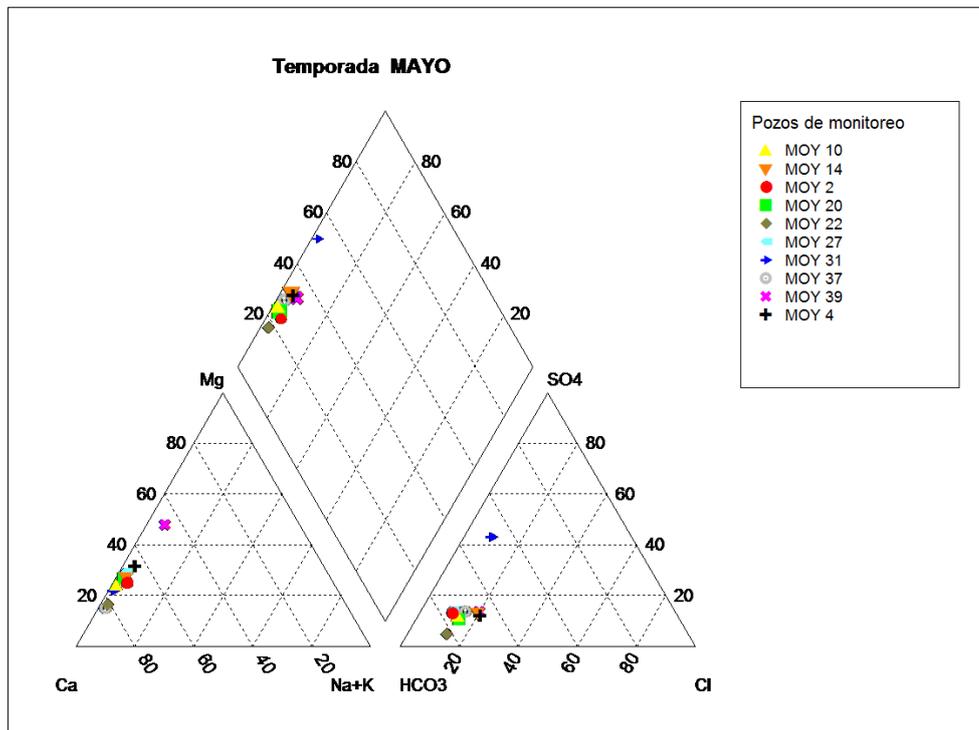


Figura 22. Diagrama de Piper del mes de mayo (% meq/l).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 23, se observa la caracterización hidroquímica del mes de julio. En primer lugar, en el triángulo de cationes, todos los pozos tienden a agruparse en la zona de tipo cálcico, siendo el pozo MOY 39, el único que se encuentra separado y ubicado en la zona de tipo magnésico. En segundo lugar, en el triángulo de aniones, todos los pozos tienden a agruparse en la zona de tipo bicarbonatado, siendo dos pozos los que se encuentran separados del grupo: El pozo MOY 20 y el pozo MOY 31, este último se encuentra separado del grupo y ubicado en la zona de tipo bicarbonatado sulfatado. Por último, en el rombo se observa que todos los pozos de monitoreo, tienden a separarse en la zona de tipo bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas, siendo el pozo MOY 31, el único que se encuentra separado del grupo y en la zona de sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas.

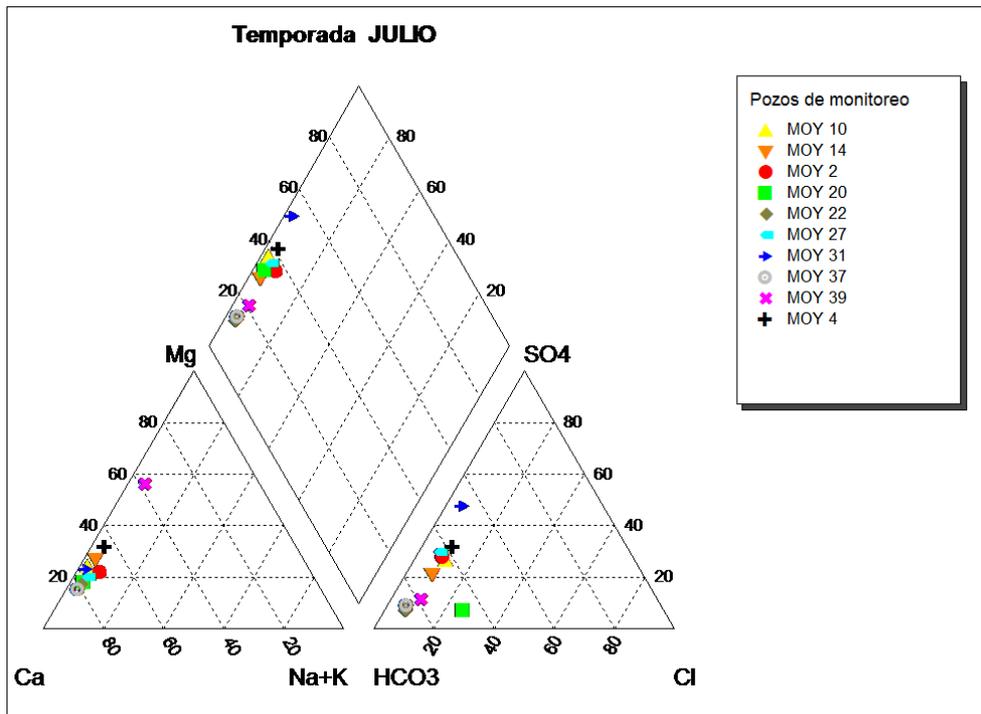


Figura 23. Diagrama de Piper del mes de julio (% meq/l).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 24, se observa la caracterización hidroquímica del mes de octubre. En primer lugar, en el triángulo de cationes, todos los pozos tienden a agruparse en la zona de tipo cálcico. En segundo lugar, en el triángulo de aniones, los pozos tienden a agruparse en la zona de tipo bicarbonatado, siendo tres pozos los separados: El pozo MOY 10 y los pozos MOY 4 y MOY 31, los que encuentran ubicados en la zona de tipo bicarbonatado sulfatado. Por último, en el rombo se observa que los pozos de monitoreo, se encuentran agrupadas en la zona de tipo bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas, siendo los pozos MOY 10, MOY 4 y MOY 31, los que se encuentra separados y al límite de la zona, esto debido a sus elevados contenidos de aniones sulfato y cloruro.

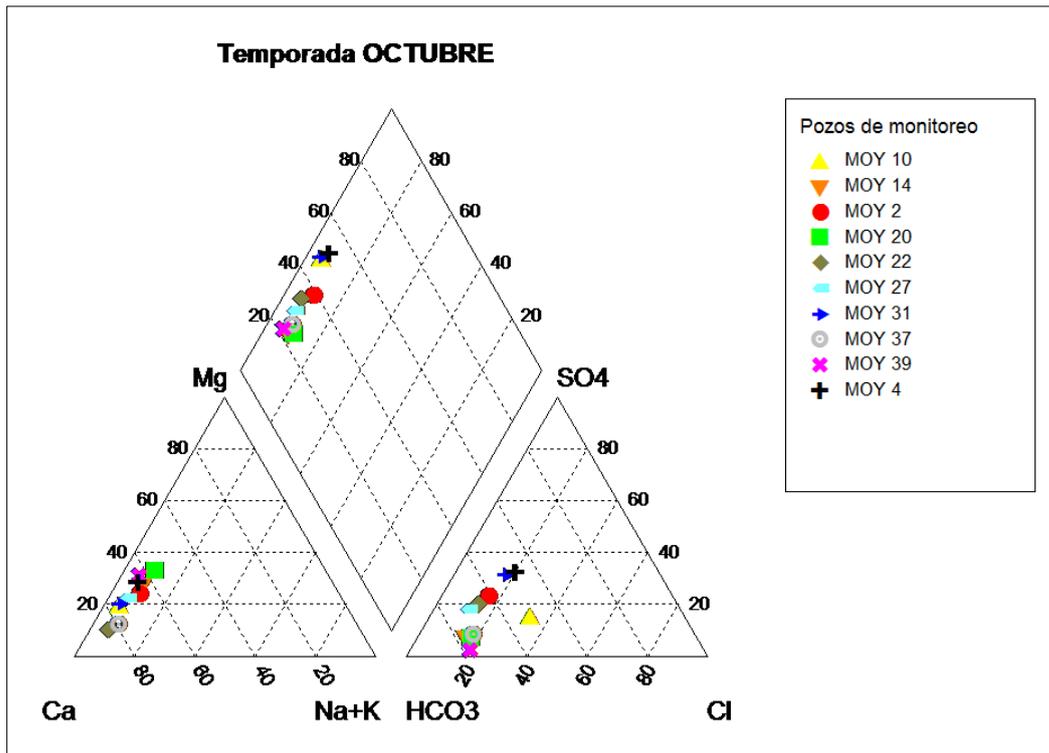


Figura 24. Diagrama de Piper del mes de octubre (% meq/l).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 25, se observa la caracterización hidroquímica del mes de febrero. En primer lugar, en el triángulo de cationes, todos los pozos tienden a agruparse en la zona de tipo cálcico, siendo el pozo MOY 39, el único que se encuentra separado del grupo. En segundo lugar, en el triángulo de aniones, todos los pozos tienden a agruparse en la zona de tipo bicarbonatado, siendo el pozo MOY 31, el único que se encuentra separado del grupo. Por último, en el rombo se observa que todos los pozos de monitoreo, se encuentran agrupadas en la zona de tipo bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas.

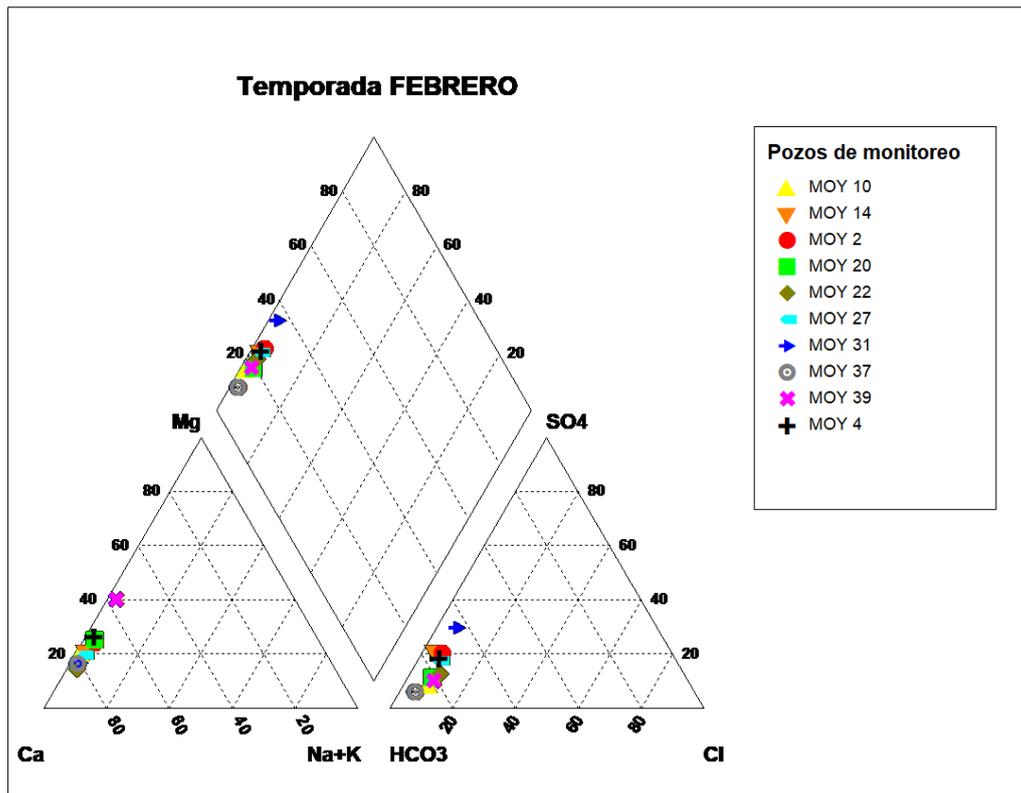


Figura 25. Diagrama de Piper del mes de febrero (% meq/l).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 26, se observa la caracterización hidroquímica en general, de los cuatro meses de muestreo. En primer lugar, en el triángulo de cationes, todos los pozos tienden a agruparse en la zona de tipo cálcico, siendo el pozo MOY 39, el único que se encuentra separado. En segundo lugar, en el triángulo de aniones, todos los pozos tienden a agruparse en la zona de tipo bicarbonatado, siendo el pozo MOY 31, el único que se encuentra separado del grupo y ubicado en la zona de tipo bicarbonatado sulfatado. Por último, en el rombo se observa que todos los pozos de monitoreo, se encuentran agrupadas en la zona de tipo bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas, siendo el pozo MOY 31, el que se encuentra separado del grupo y al límite de la zona.

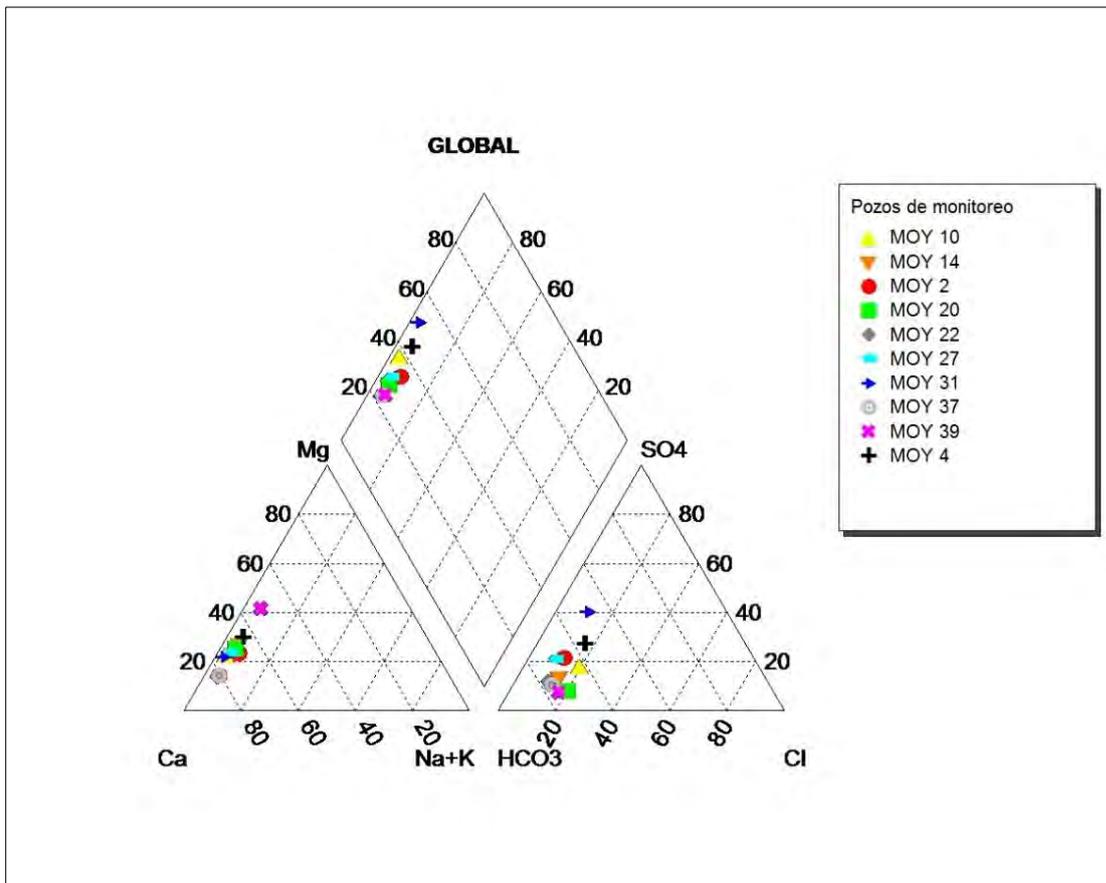


Figura 26. Diagrama de Piper a nivel global (% meq/l).

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Resultados referidos al objetivo específico 2

Los constituyentes mayoritarios, fueron muestreados en 10 pozos de monitoreo seleccionados dentro del área de estudio (bofedal de Moyobamba). Así, se realizó un análisis de sus estadísticos descriptivos y uno sobre su variabilidad espacio – temporal. En este contó con un número de muestras determinado, por mes y por sector de monitoreo (ver Figura 27).

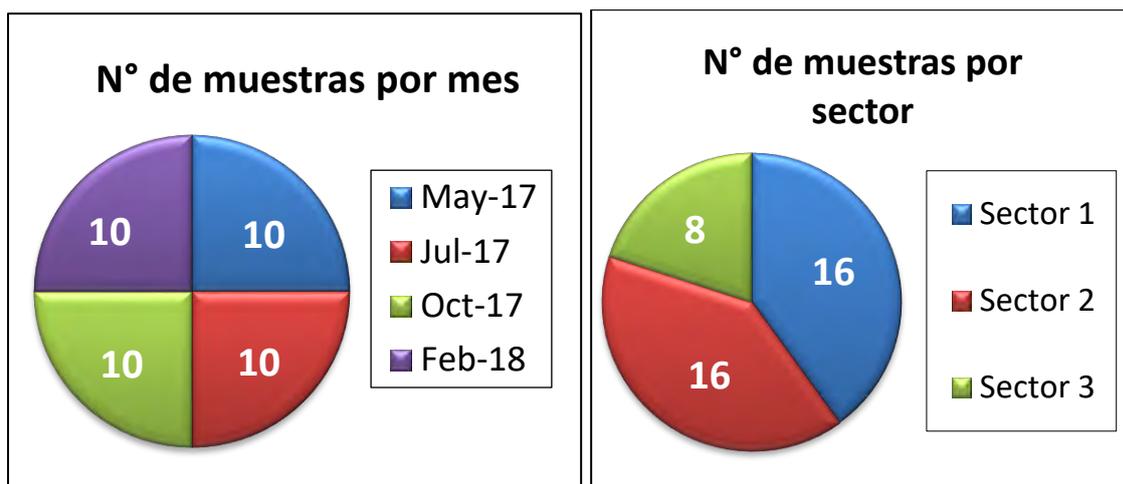


Figura 27. N° de muestras recolectadas en total, para el análisis de los constituyentes mayoritarios.

Fuente: Elaboración propia.

Estadísticos descriptivos

Los resultados de la tabla de estadísticos descriptivos generales para los constituyentes mayoritarios (mg/l) (ver Tabla 11), muestra que, dentro del grupo de los aniones, el más abundante, fue el HCO_3^- , con un valor medio de 210.45 mg/l, seguido del SO_4^{2-} (42.24 mg/l) y el Cl^- (22.69 mg/l). En relación a los cationes el más abundante fue el Ca^{2+} , con un valor promedio de 71.30 mg/l, seguido del Mg^{2+} (14.22 mg/l), Na^+ (4.44 mg/l) y el K^+ (1.69 mg/l). Por lo que se refiere al rango general de la variación más alto para los aniones, fue del HCO_3^- (192.76 mg/l), mientras que para los cationes fue del Ca^{2+} (94.40 mg/l).

Tabla 11

Estadísticos descriptivos generales para los constituyentes mayoritarios (mg/l)

IONES	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media
HCO_3^-	40	192.76	119.56	312.32	210.45
SO_4^{2-}	40	134.40	6.24	140.64	42.24
Cl^-	40	59.27	5.70	64.97	22.69
Ca^{2+}	40	94.40	26.60	121.00	71.30
Mg^{2+}	40	19.84	4.70	24.54	14.22
K^+	40	5.07	0.39	5.46	1.69
Na^+	40	11.96	0.92	12.88	4.44

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la tabla de estadísticos descriptivos por sector (mg/l) (ver Tabla 12), nos muestra que las medias más altas para algunos iones, se presentaron en el sector 3, para el ión bicarbonato (HCO_3^-) fue 236.15 mg/l, cloruro (Cl^-) fue 26.00 mg/l, calcio (Ca^{2+}) fue 77.48 mg/l y sodio (Na^+) fue 5.17 mg/l, mientras que en el sector 1 lo obtuvieron el magnesio (Mg^{2+}) con 15.43 mg/l y el potasio (K^+) con 2.46 mg/l, y por último, en el sector 2, el sulfato (SO_4^{2-}) con 46.77 mg/l. El rango general de variación más alto para el bicarbonato (180.64 mg/l), fue en el sector 1, con un mínimo y máximo de 119.56 mg/l y 300.20 mg/l respectivamente.

Los resultados de la tabla de estadísticos descriptivos por mes (mg/l) (ver Tabla 13), nos muestra que las medias de los iones bicarbonato (HCO_3^-), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}) y sodio (Na^+) tendieron a aumentar a medida que transcurría la temporada seca y se redujeron en el mes de febrero (temporada húmeda).

Por lo que se refiere al anión más abundante (HCO_3^-), su mínimo valor lo obtuvo en mayo (119.6 mg/l) y su máximo en octubre (312.3 mg/l), mientras que el catión más abundante (Ca^{2+}) lo obtuvo en julio (26.6 mg/l) y octubre (121 mg/l) respectivamente. Por último, el rango general de variación más alto para el bicarbonato lo obtuvo en febrero (172.1 mg/l), mientras que para el calcio fue en julio (71.2 mg/l).

Tabla 12

Estadísticos descriptivos por sector (mg/l)

IONES	SECTOR 1					SECTOR 2					SECTOR 3				
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media
HCO ₃ ⁻	16	180.64	119.56	300.20	209.24	16	164.09	148.23	312.32	198.80	8	169.58	128.10	297.68	236.15
SO ₄ ²⁻	16	73.44	16.32	89.76	46.16	16	134.40	6.24	140.64	46.77	8	60.48	9.60	70.08	25.31
Cl ⁻	16	59.27	5.70	64.97	24.15	16	40.83	7.10	47.93	19.58	8	49.38	9.20	58.57	26.00
Ca ²⁺	16	53.40	37.60	91.00	71.63	16	73.40	26.60	100.00	67.87	8	75.90	45.10	121.00	77.48
Mg ²⁺	16	9.63	10.30	19.93	15.43	16	17.86	6.68	24.54	14.03	8	12.80	4.70	17.50	12.18
K ⁺	16	5.07	0.39	5.46	2.46	16	3.51	0.39	3.90	1.22	8	1.56	0.39	1.95	1.07
Na ⁺	16	11.96	0.92	12.88	4.39	16	7.36	1.61	8.97	4.12	8	8.75	1.60	10.35	5.17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

Estadísticos descriptivos por mes (mg/l)

IONES	N	MAYO				JULIO				OCTUBRE				FEBRERO			
		Rango	Mínimo	Máximo	Media	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Rango	Mínimo	Máximo	Media
HCO ₃ ⁻	10	108.0	119.6	227.5	184.2	131.8	165.9	297.7	210.1	141.5	170.8	312.3	226.0	172.1	128.1	300.2	221.4
SO ₄ ²⁻	10	96.0	9.6	105.6	31.6	124.3	16.3	140.6	55.1	93.1	6.2	99.4	46.5	67.2	10.6	77.8	35.8
Cl ⁻	10	11.0	16.7	27.7	22.2	50.1	8.5	58.6	19.1	44.0	20.9	65.0	37.7	11.7	5.7	17.4	11.8
Ca ²⁺	10	45.4	33.2	78.6	60.5	71.2	26.6	97.8	74.2	71.0	50.0	121.0	80.7	54.3	36.7	91.0	69.8
Mg ²⁺	10	13.7	7.3	21.0	13.4	16.6	7.0	23.7	15.3	17.9	6.7	24.5	15.7	12.2	4.7	16.9	12.5
K ⁺	10	3.5	0.4	3.9	1.7	3.9	1.6	5.5	2.9	2.0	0.4	2.3	1.1	3.1	0.4	3.5	1.1
Na ⁺	10	3.7	0.9	4.6	2.2	4.4	2.1	6.4	3.6	6.4	6.4	12.9	9.2	3.0	1.6	4.6	2.7

Fuente: Elaboración propia.

Los gráficos descriptivos (mg/l), nos muestran el comportamiento temporal de los constituyentes mayoritarios. El ión carbonato (CO_3^{2-}) fue desestimado para todas las pruebas, debido a que sus valores fueron constantes e iguales a cero.

En la Figura 28, se observa la variación temporal del ion bicarbonato. Así, en toda la temporada seca, se observó una tendencia del ión, a aumentar considerablemente a medida que transcurría los meses de mayo, julio y octubre del 2017. Por otro lado, en el mes de febrero – 2018 (temporada húmeda), la concentración de bicarbonato se redujo ligeramente, luego de alcanzar su valor más alto en el mes anterior (octubre).

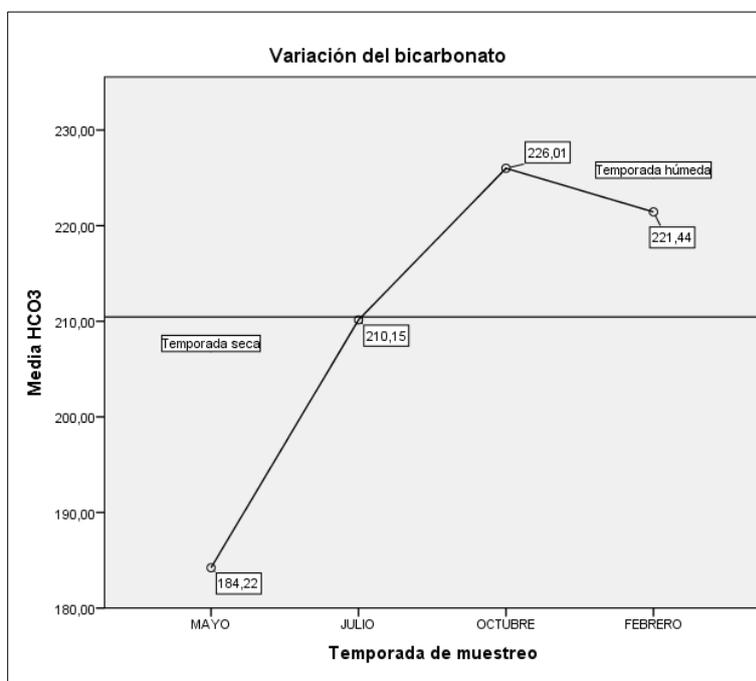


Figura 28. Variación temporal del bicarbonato.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 29, se observa la variación temporal del ión cloruro. Así, en la temporada seca, se observó una tendencia del ión, a reducirse ligeramente desde el mes de mayo a julio y aumentar moderadamente hasta el mes de octubre del 2017. Por otro lado, en el mes de febrero – 2018 (temporada húmeda), la concentración de cloruro se redujo considerablemente.

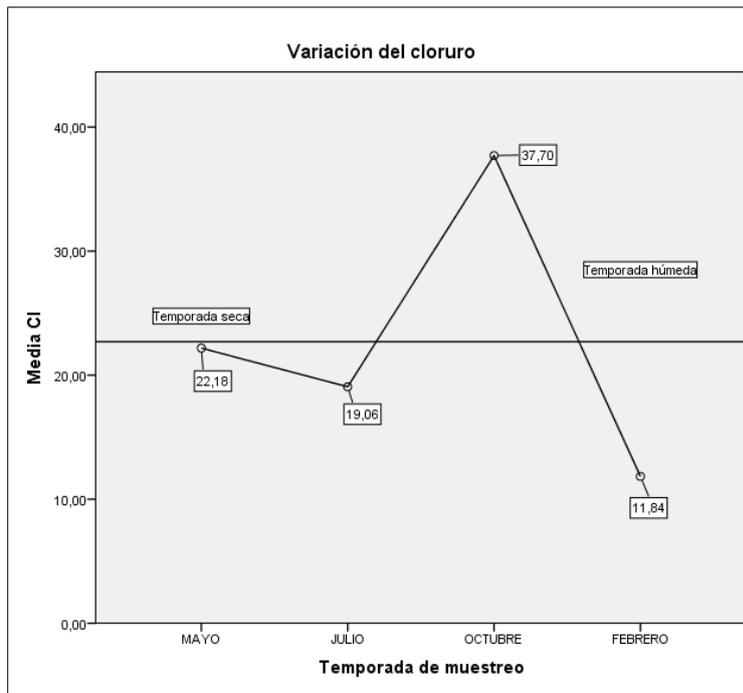


Figura 29. Variación temporal del cloruro

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 30, se observa la variación temporal del ión sulfato. Así, en la temporada seca, se observó una tendencia del ión, a aumentar considerablemente desde el mes de mayo a julio del 2017 y empezar a reducirse moderadamente a partir del mes de julio, octubre del 2017, hasta en el mes de febrero – 2018 (temporada húmeda).

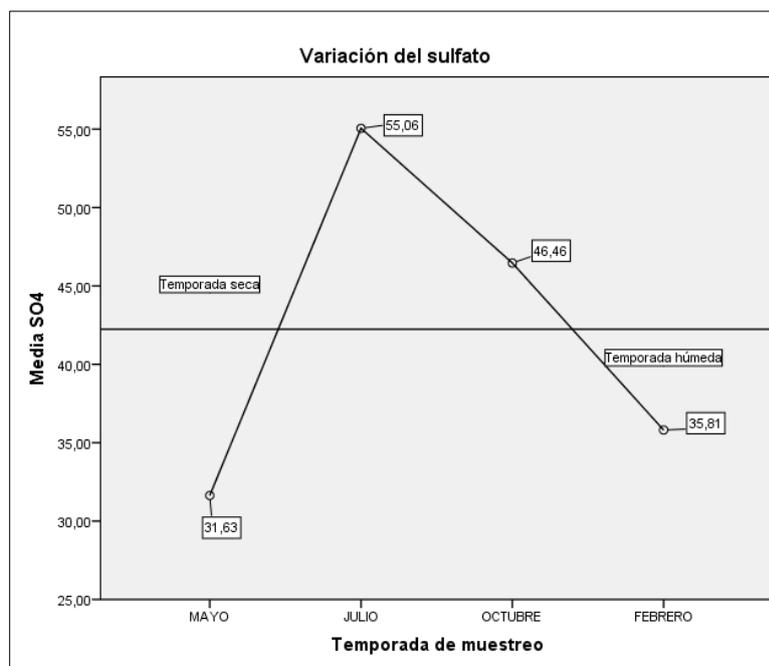


Figura 30. Variación temporal del sulfato.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 31, se observa la variación temporal del ión calcio. Así, en toda la temporada seca, se observó una tendencia del ión, a aumentar a medida que transcurría los meses de mayo, julio y octubre del 2017. Por otro lado, en el mes de febrero – 2018 (temporada húmeda), la concentración del calcio se redujo luego de alcanzar su valor más alto en el mes anterior (octubre).

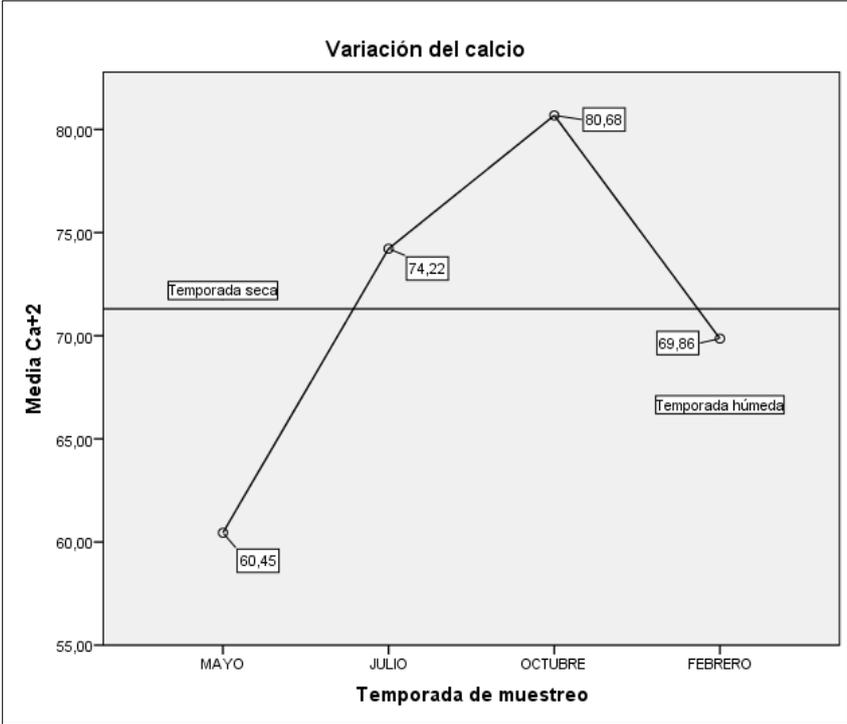


Figura 31. Variación temporal del calcio

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 32, se observa la variación temporal del ión magnesio. Así, en toda la temporada seca, se observó una tendencia del ión, a aumentar moderadamente a medida que transcurría los meses de mayo, julio y octubre del 2017. Por otro lado, en el mes de febrero – 2018 (temporada húmeda), la concentración del calcio se redujo considerablemente, luego de alcanzar su valor más alto en el mes anterior (octubre).

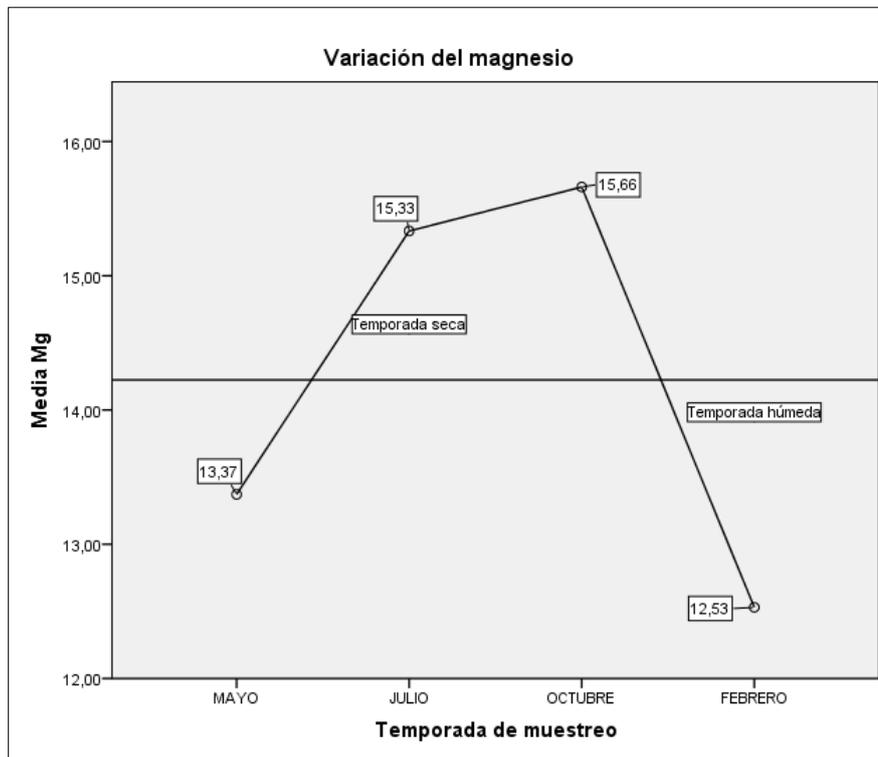


Figura 32. Variación temporal del magnesio.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 33, se observa la variación temporal del ión sodio. Así, en toda la temporada seca, se observó una tendencia del ión, a aumentar moderadamente a medida que transcurría los meses de mayo, julio y octubre del 2017. Por otro lado, en el mes de febrero – 2018 (temporada húmeda), la concentración del sodio se redujo considerablemente, luego de alcanzar su valor más alto en el mes anterior (octubre).

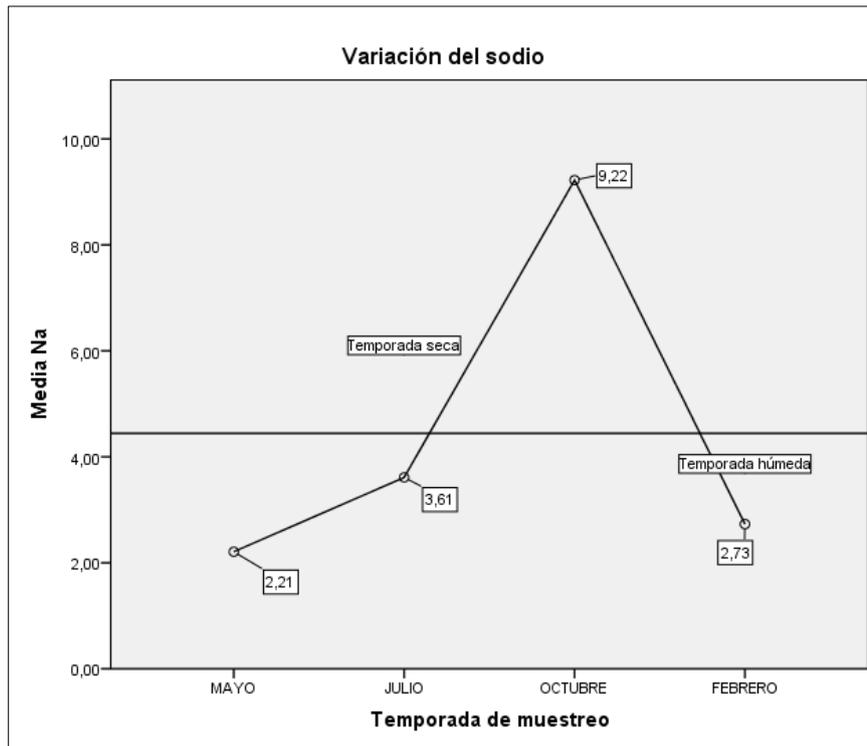


Figura 33. Variación temporal del sodio

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 34, se observa la variación temporal del ión potasio. Así, en la temporada seca, se observó una tendencia del ión, a aumentar moderadamente desde el mes de mayo a julio del 2017 y reducirse moderadamente hasta el mes de octubre del 2017. Por otro lado, la concentración del ión potasio en referencia al mes de octubre, se mantuvo hasta el mes de febrero – 2018 (temporada húmeda).

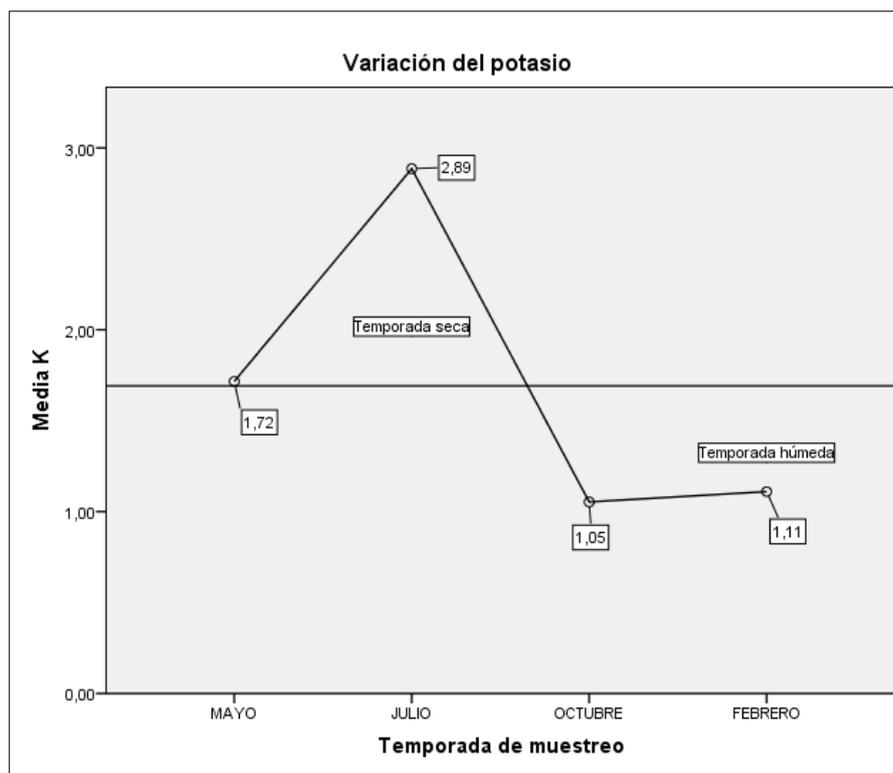


Figura 34. Variación temporal del potasio

Fuente: Elaboración propia.

Variabilidad espacio – temporal

Las variaciones de concentración en los constituyentes mayoritarios, fueron evaluadas a partir de métodos estadísticos. Así, se procedió a realizar la prueba de normalidad por sector y por mes de muestreo, para determinar el comportamiento y el tipo de análisis que se realizan a los grupos de datos. Para analizar si las variables hidroquímicas presentan variaciones significativas, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA). Asimismo, para saber entre qué sectores y meses lo presentan, se aplicó la prueba de Tukey. El ión carbonato (CO_3^{2-}) fue desestimado para todas las pruebas, debido a que sus valores fueron constantes e iguales a cero.

a) Variación espacial

Las variaciones espaciales de la concentración en los constituyentes mayoritarios, fueron evaluadas por sector. En total fueron tres sectores que se encontraron divididos por canales de drenaje y cauces de deslizamiento del bofedal. Así, se procedió a realizar la prueba de normalidad por sector, para saber el comportamiento de los grupos de datos de las siete

variables hidroquímicas. Los resultados mostraron que las mediciones del Ca^{2+} y el Mg^{2+} tuvieron una distribución normal dentro de los tres sectores (ver Tabla 14).

Tabla 14

Pruebas de normalidad de los constituyentes mayoritarios por sector: Shapiro-Wilk

Sector del bofedal	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
HCO₃⁻	Sector 1	0.980	16	0.962
	Sector 2	0.862	16	0.021
	Sector 3	0.929	8	0.510
SO₄²⁻	Sector 1	0.944	16	0.403
	Sector 2	0.846	16	0.012
	Sector 3	0.724	8	0.004
Cl⁻	Sector 1	0.844	16	0.011
	Sector 2	0.845	16	0.012
	Sector 3	0.894	8	0.255
Ca²⁺	Sector 1	0.895	16	0.067
	Sector 2	0.936	16	0.303
	Sector 3	0.967	8	0.874
Mg²⁺	Sector 1	0.949	16	0.468
	Sector 2	0.933	16	0.276
	Sector 3	0.933	8	0.542
K⁺	Sector 1	0.944	16	0.407
	Sector 2	0.810	16	0.004
	Sector 3	0.944	8	0.647
Na⁺	Sector 1	0.836	16	0.009
	Sector 2	0.823	16	0.006
	Sector 3	0.862	8	0.125

Fuente: Elaboración propia.

Se les aplicó a los constituyentes mayoritarios la prueba de ANOVA, obteniéndose como resultado que el catión K^+ (0.007), presentaba diferencias significativas ($p < 0.05$) entre sectores (ver Tabla 15).

Tabla 15

Pruebas de ANOVA de un factor de los constituyentes mayoritarios por sector

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
HCO₃⁻	Inter-grupos	7480.463	2	3740.232	1.789	0.181
	Intra-grupos	77337.264	37	2090.196		
	Total	84817.728	39			
SO₄²⁻	Inter-grupos	2866.807	2	1433.404	1.544	0.227
	Intra-grupos	34342.551	37	928.177		
	Total	37209.358	39			
Cl⁻	Inter-grupos	276.502	2	138.251	0.759	0.475
	Intra-grupos	6742.418	37	182.228		
	Total	7018.920	39			
Ca²⁺	Inter-grupos	495.794	2	247.897	0.680	0.513
	Intra-grupos	13482.676	37	364.397		
	Total	13978.470	39			
Mg²⁺	Inter-grupos	57.334	2	28.667	1.394	0.261
	Intra-grupos	760.714	37	20.560		
	Total	818.048	39			
Na⁺	Inter-grupos	5.889	2	2.944	0.282	0.756
	Intra-grupos	386.875	37	10.456		
	Total	392.764	39			
K⁺	Inter-grupos	16.180	2	8.090	6.214	0.005
	Intra-grupos	48.169	37	1.302		
	Total	64.349	39			

Fuente: Elaboración propia.

Luego se aplicó la prueba de Tukey para los valores medidos del ión K^+ , a fin de identificar entre que sectores se presentan diferencias. Resultando que las diferencias significativas de concentración del ión potasio, se dan entre el sector 1 y el sector 2 ($p = 0.010 < 0.05$) y entre el sector 1 y el sector 3 ($p = 0.021 < 0.05$) (ver Tabla 16).

Tabla 16

Prueba de Tukey por sector del ión K^+

(I) Sector del bofedal	(J) Sector del bofedal	Sig.
Sector 1	Sector 2	0.010
	Sector 3	0.021
Sector 2	Sector 1	0.010
	Sector 3	0.954
Sector 3	Sector 1	0.021
	Sector 2	0.954

Fuente: Elaboración propia.

b) Variación temporal

Las variaciones temporales de la concentración de los constituyentes mayoritarios, fueron evaluadas por meses. En total fueron cuatro meses, distribuidas en la temporada seca (mayo, julio y octubre) del año 2017 y la temporada húmeda (febrero) del año 2018. Así pues, se procedió a realizar la prueba de normalidad por mes, para determinar el comportamiento de los grupos de datos de las siete variables hidroquímicas, obteniéndose uno grupo con distribución normal en todos los meses (HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+}) y otro con distribución no normal en algunos de los meses (SO_4^{2-} , Cl^- , K^+ y Na^+) (ver Tabla 17).

Tabla 17

Pruebas de normalidad de los constituyentes mayoritarios por mes: Shapiro - Wilk

IONES	Mes	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
HCO₃⁻	MAYO	0.898	10	0.207
	JULIO	0.880	10	0.131
	OCTUBRE	0.874	10	0.111
	FEBRERO	0.986	10	0.988
SO₄²⁻	MAYO	0.583	10	0.000
	JULIO	0.852	10	0.061
	OCTUBRE	0.923	10	0.384
	FEBRERO	0.937	10	0.522
Cl⁻	MAYO	0.951	10	0.682
	JULIO	0.586	10	0,000
	OCTUBRE	0.927	10	0.423
	FEBRERO	0.943	10	0.592
Ca²⁺	MAYO	0.890	10	0.168
	JULIO	0.880	10	0.130
	OCTUBRE	0.925	10	0.400
	FEBRERO	0.898	10	0.209
Mg²⁺	MAYO	0.953	10	0.702
	JULIO	0.982	10	0.977
	OCTUBRE	0.972	10	0.911
	FEBRERO	0.912	10	0.296
K⁺	MAYO	0.790	10	0.011
	JULIO	0.833	10	0.036
	OCTUBRE	0.874	10	0.111
	FEBRERO	0.729	10	0.002
Na⁺	MAYO	0.852	10	0.061
	JULIO	0.913	10	0.305
	OCTUBRE	0.976	10	0.941
	FEBRERO	0.783	10	0.009

Fuente: Elaboración propia.

Para comprobar estadísticamente si existen variaciones significativas temporales en los siete constituyentes mayoritarios, se aplicó la prueba de ANOVA por mes (ver Tabla 18). Los resultados mostraron que el Cl⁻, Na⁺ y el K⁺, mostraron diferencias significativas (p < 0.05), entre los meses de muestreo.

Tabla 18

Prueba de ANOVA de un factor de los constituyentes mayoritarios por mes

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
HCO₃⁻	Inter-grupos	10508.440	3	3502.813	1.697	0.185
	Intra-grupos	74309.287	36	2064.147		
	Total	84817.728	39			
SO₄²⁻	Inter-grupos	3359.666	3	1119.889	1.191	0.327
	Intra-grupos	33849.692	36	940.269		
	Total	37209.358	39			
Cl⁻	Inter-grupos	3564.636	3	1188.212	12.383	0.000
	Intra-grupos	3454.285	36	95.952		
	Total	7018.920	39			
Ca²⁺	Inter-grupos	2163.069	3	721.023	2.197	0.105
	Intra-grupos	11815.401	36	328.206		
	Total	13978.470	39			
Mg²⁺	Inter-grupos	68.929	3	22.976	1.104	0.360
	Intra-grupos	749.119	36	20.809		
	Total	818.048	39			
Na⁺	Inter-grupos	314.702	3	104.901	48.378	0.000
	Intra-grupos	78.061	36	2.168		
	Total	392.764	39			
K⁺	Inter-grupos	21.733	3	7.244	6.120	0.002
	Intra-grupos	42.616	36	1.184		
	Total	64.349	39			

Fuente: Elaboración propia.

Luego se aplicó la prueba de Tukey a los tres iones (Cl⁻, Na⁺ y el K⁺) que obtuvieron variaciones, para identificar entre qué meses presentaban diferencias. Así, los resultados mostraron que las diferencias significativas de concentración del cloruro se realizaron entre el mes de octubre y los meses de mayo (p = 0.006), julio (p = 0.001) y febrero (p = 0.000). Igualmente, el sodio lo realizó, entre el mes de octubre y los meses de mayo (p = 0.00), julio (p = 0.00) y febrero (p = 0.00). Finalmente, el potasio lo obtuvo entre el mes de julio y octubre (p = 0.003) y entre el mes de febrero y octubre (p = 0.004) (ver Tabla 19).

Tabla 19

Prueba de Tukey por mes

Variable dependiente	Temporada de muestreo	Temporada de muestreo	Sig.
Cl ⁻	MAYO	JULIO	0.892
		OCTUBRE	0.006
		FEBRERO	0.103
	JULIO	MAYO	0.892
		OCTUBRE	0.001
		FEBRERO	0.365
	OCTUBRE	MAYO	0.006
		JULIO	0.001
		FEBRERO	0.000
	FEBRERO	MAYO	0.103
		JULIO	0.365
		OCTUBRE	0.000
Na ⁺	MAYO	JULIO	0.163
		OCTUBRE	0.000
		FEBRERO	0.857
	JULIO	MAYO	0.163
		OCTUBRE	0.000
		FEBRERO	0.546
	OCTUBRE	MAYO	0.000
		JULIO	0.000
		FEBRERO	0.000
	FEBRERO	MAYO	0.857
		JULIO	0.546
		OCTUBRE	0.000
K ⁺	MAYO	JULIO	0.094
		OCTUBRE	0.530
		FEBRERO	0.603
	JULIO	MAYO	0.094
		OCTUBRE	0.003
		FEBRERO	0.004
	OCTUBRE	MAYO	0.530
		JULIO	0.003
		FEBRERO	0,999
	FEBRERO	MAYO	0.603
		JULIO	0.004
		OCTUBRE	0.999

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Resultados referidos al objetivo específico 3

Las propiedades fisicoquímicas fueron medidas en 34 pozos de monitoreo ubicados dentro del área de estudio (bofedal de Moyobamba). Así, se realizó un análisis de sus estadísticos descriptivos y uno sobre su variabilidad espacio – temporal. En este contó con un número de registros determinado, por mes y por sector de monitoreo (ver Figura 35).

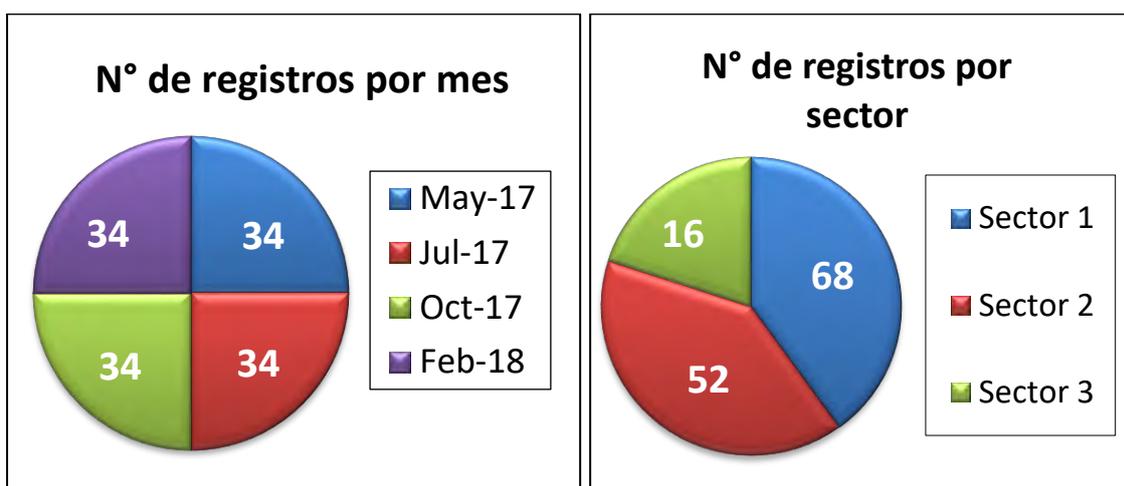


Figura 35. N° de muestras para el registro de las propiedades fisicoquímicas.

Fuente: Elaboración propia.

Estadísticos descriptivos

Los resultados de la tabla de estadísticos descriptivos generales para las propiedades fisicoquímicas (ver Tabla 20), nos muestran que la media general en el área de estudio, para la CE, fue de 373.4 uS/cm, mientras que para el pH fue de 6.6 y la temperatura 8.1 °C. Por lo que se refiere al rango de la CE fue de 960 uS/cm, del pH con 3.2 y la temperatura con 7.0 °C.

Tabla 20

Estadísticos descriptivos generales para las propiedades fisicoquímicas

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media
CE (uS/cm)	136	960.0	90.0	1050.0	373.4
pH	136	3.2	4.7	7.9	6.6
T (°C)	136	7.0	4.8	11.8	8.1

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la tabla de estadísticos descriptivos por sector (ver Tabla 21), nos muestra que la media más alta de la CE fue en el sector 1 con 382.3 uS/cm, para el pH y la temperatura fue en el sector 2 con 7.8 y 8.4 °C respectivamente. Asimismo, los valores menores de la CE y pH, se encontraron en el sector 3 con 333.7 uS/cm y 6.5 respectivamente, mientras que los de la temperatura en el sector 1 con 7.9 °C. Por otro lado, el mayor rango para la CE, lo alcanzó en el sector 2 con 900 uS/cm, alcanzando un mínimo y máximo de 90 y 1050 uS/cm respectivamente.

Los resultados de la tabla de estadísticos descriptivos por mes (ver Tabla 22), nos muestra que las medias de la CE y pH, tendieron a aumentar del mes de mayo (391.4 uS/cm y 7.1 respectivamente) hasta el mes de julio (523.2 uS/cm y 7.2 respectivamente), reduciéndose desde el mes de octubre (315.3 uS/cm y 5.9 respectivamente) hasta el mes de febrero (263.8 uS/cm y 6.5). Por otro lado, la temperatura se redujo del mes de mayo (8.5 °C) a julio (7.9 °C) y se redujo del mes de octubre (8.9 °C) hasta febrero (7.4). Así pues, los valores altos de la CE y pH se obtuvieron de los meses de mayo y julio que pertenecen a la temporada seca y sus valores bajos, en los meses de octubre y febrero - 2018 (temporada húmeda). La temperatura obtuvo su mayor rango de variación en los meses de mayo y febrero (Rango = 5.5), destacando el valor mínimo de 4.8 en el mes de febrero y 11.8 como máximo en el mes de mayo.

Tabla 21

Estadísticos descriptivos por sector

PARÁMETROS	SECTOR 1					SECTOR 2					SECTOR 3				
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media
CE	68	710.0	90.0	800.0	382.3	52	900.0	150.0	1050.0	374.1	16	450.0	150.0	600.0	333.7
pH	68	3.2	4.7	7.9	6.6	52	2.5	5.3	7.8	6.7	16	2.3	5.3	7.6	6.5
T	68	7.0	4.8	11.8	7.9	52	5.2	6.0	11.2	8.4	16	4.0	6.4	10.3	8.6

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22

Estadísticos descriptivos por mes

PARÁMETROS	N	MAYO				JULIO				OCTUBRE				FEBRERO			
		Rango	Mínimo	Máximo	Media	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Rango	Mínimo	Máximo	Media
CE	34	488.7	193.3	682.0	391.4	760.0	290.0	1050.0	523.2	380.0	140.0	520.0	315.3	350.0	90.0	440.0	263.8
pH	34	1.2	6.6	7.8	7.1	1.2	6.6	7.8	7.2	3.2	4.7	7.9	5.9	1.6	5.2	6.8	6.3
T	34	5.5	6.4	11.8	8.5	4.7	6.0	10.7	7.9	3.3	7.9	11.2	8.9	5.5	4.8	10.3	7.4

Fuente: Elaboración propia.

Los gráficos descriptivos nos muestran el comportamiento temporal del pH, CE y temperatura, en el ámbito de estudio.

En la Figura 36, se observa la variación temporal de la CE. Así, aumentó desde el mes de mayo – 2017 (391.4 uS/cm), hasta el mes de julio (523.2 uS/cm), luego se observó una tendencia, a reducirse moderadamente, hasta el mes de octubre del 2017 (315.3 uS/cm), para alcanzar su media más baja en el mes de febrero – 2018 (temporada húmeda) (263.8 uS/cm).

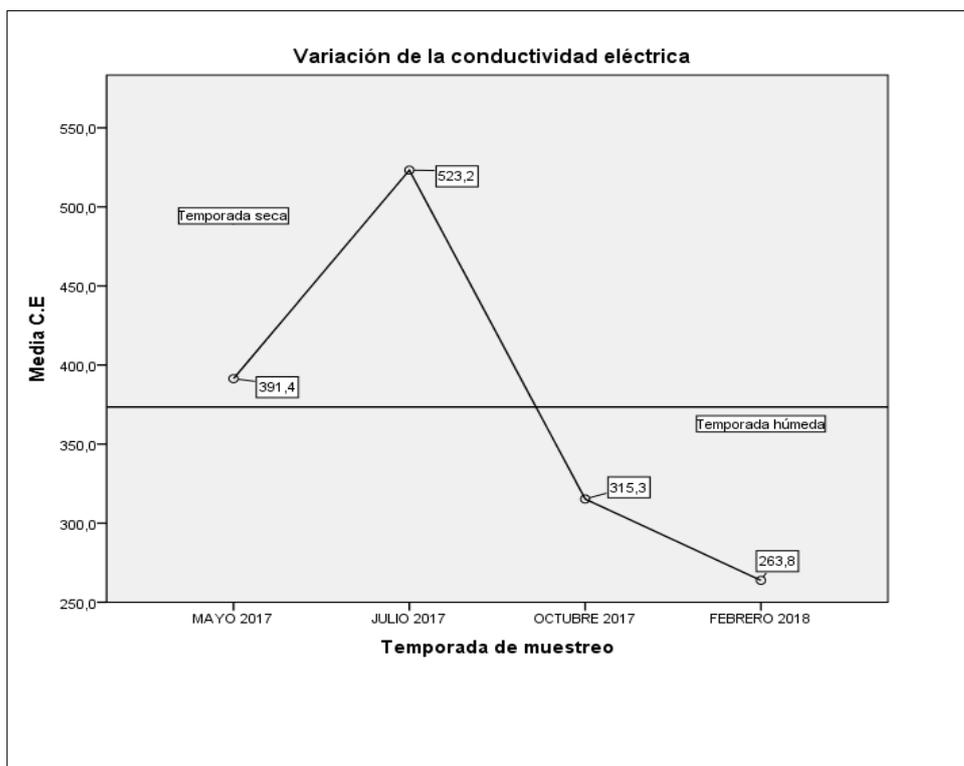


Figura 36. Comportamiento temporal de la CE en el ámbito de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 37, se observa la variación temporal del pH. Así, en el mes de mayo y julio la variable tuvo un carácter neutro ($\text{pH} \cong 7$); considerar que estos meses corresponden a la temporada seca y luego en el mes de octubre alcanzo un carácter ácido ($\text{pH} = 5.9$). Por otro lado, en el mes de febrero – 2018 (temporada húmeda), el valor del pH aumentó ligeramente hasta el valor de 6.3, el carácter ácido disminuyó.

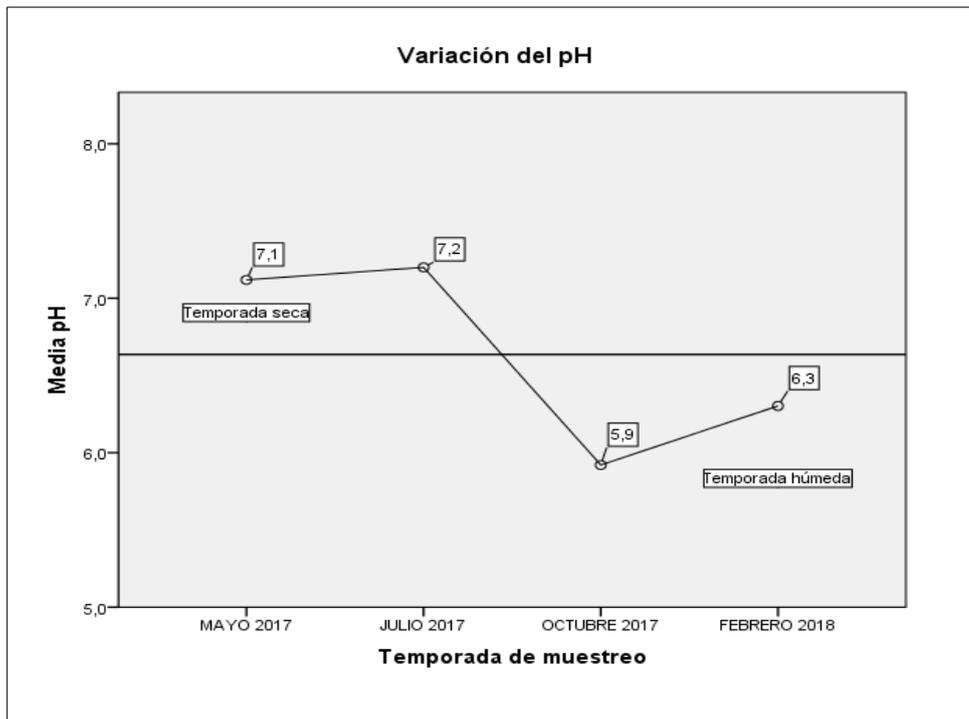


Figura 37. Comportamiento temporal del pH en el ámbito de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 38, se observa la variación temporal de la temperatura. Así, en el mes de mayo (8.5 °C) se redujo hasta julio (7.9 °C) del 2017 y luego aumentó, hasta el mes de octubre del 2017 (8.9). Por otro lado, en el mes de febrero – 2018 (temporada húmeda), volvió a reducirse hasta los 7.4 °C.

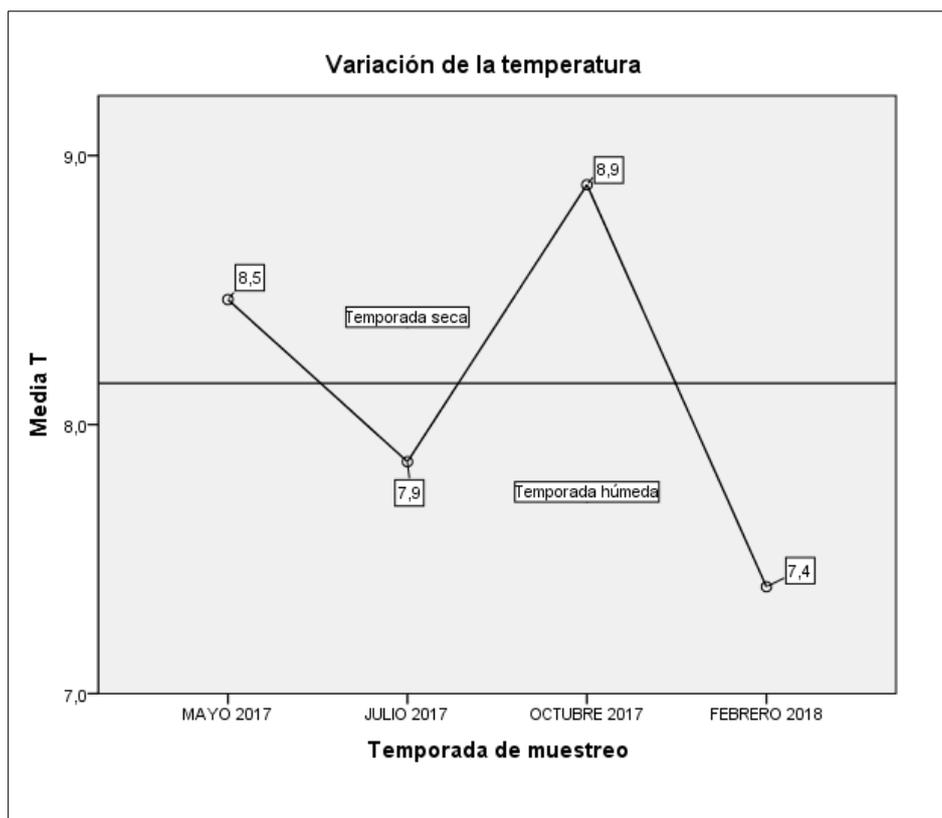


Figura 38. Comportamiento temporal de la temperatura en el ámbito de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Variabilidad espacio – temporal

Las variaciones de concentración en las propiedades fisicoquímicas, fueron evaluadas a partir de métodos estadísticos. Así, se procedió a realizar la prueba de normalidad por sector y por mes de muestreo, para determinar el comportamiento y el tipo de análisis que se realizan a los grupos de datos.

Para analizar si las variables hidroquímicas presentan variaciones significativas, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA). Asimismo, para saber entre qué sectores y meses lo presentan, se aplicó la prueba de Tukey.

a) Variación espacial

Las variaciones espaciales de las medidas de las propiedades fisicoquímicas, fueron evaluadas por sector. En total fueron tres sectores que se encontraron divididos por canales de drenaje y cauces de deslizamiento del bofedal. Así, se procedió a realizar la prueba de

normalidad por sector, para saber el comportamiento de los grupos de datos de las tres propiedades fisicoquímicas. Los resultados mostraron que las mediciones de todas las variables, tuvieron una distribución normal en referencia a los tres sectores (ver Tabla 23).

Tabla 23

Prueba de normalidad a nivel sectorial: Kolmogórov-Smirnov

Sector del bofedal		Kolmogórov-Smirnov		
		Estadístico	gl	Sig.
CE	Sector 1	0.081	68	0.200
	Sector 2	0.119	52	0.063
	Sector 3	0.154	16	0.200
pH	Sector 1	0.082	68	0.200
	Sector 2	0.083	52	0.200
	Sector 3	0.104	16	0.200
T	Sector 1	0.084	68	0.200
	Sector 2	0.095	52	0.200
	Sector 3	0.117	16	0.200

Fuente: Elaboración propia.

Se aplicó a las tres variables fisicoquímicas, el ANOVA, obteniéndose como resultado que solo la temperatura presentaba diferencias significativas entre sus sectores, debido a que su valor fue inferior al nivel de significancia ($p < 0.05$) con 0.006 (ver Tabla 24).

Tabla 24

Prueba de ANOVA de un factor, por sector

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
CE	Inter-grupos	30705.669	2	15352.835	0.645	0.526
	Intra-grupos	3167237.645	133	23813.817		
	Total	3197943.314	135			
pH	Inter-grupos	0.394	2	0.197	0.394	0.675
	Intra-grupos	66.565	133	0.500		
	Total	66.959	135			
T	Inter-grupos	12.577	2	6.289	5.387	0.006
	Intra-grupos	155.271	133	1.167		
	Total	167.848	135			

Fuente: Elaboración propia.

Luego se aplicó la prueba de Tukey a la temperatura, para identificar entre qué sectores presentaban diferencias significativas. Así, los resultados mostraron que se presentaron entre el sector 1 y los sectores 2 ($p = 0.017$) y 3 ($p = 0.038$) (ver Tabla 25).

Tabla 25

Prueba de Tukey por sector

(I) Sector del bofedal	(J) Sector del bofedal	Sig.
Sector 1	Sector 2	0.017
	Sector 3	0.038
Sector 2	Sector 1	0.017
	Sector 3	0.806
Sector 3	Sector 1	0.038
	Sector 2	0.806

Fuente: Elaboración propia.

b) Variación temporal

Las variaciones temporales de las propiedades fisicoquímicas, fueron evaluadas por meses. En total fueron cuatro meses, distribuidas en la temporada seca (mayo, julio y octubre) del año 2017 y en el mes de febrero (temporada húmeda). Así pues, se procedió a realizar la prueba de normalidad por mes, para determinar el comportamiento de los grupos de datos de las propiedades fisicoquímicas, obteniéndose que las tres variables presentaban una distribución no normal en algunos de los meses (ver Tabla 26).

Tabla 26

Prueba de normalidad por mes: Shapiro-Wilk

Mes de muestreo	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
CE	MAYO	0.933	34	0.038
	JULIO	0.904	34	0.006
	OCTUBRE	0.975	34	0.609
	FEBRERO	0.930	34	0.031
pH	MAYO	0.951	34	0.129
	JULIO	0.947	34	0.099
	OCTUBRE	0.922	34	0.019
	FEBRERO	0.869	34	0.001
T	MAYO	0.926	34	0.024
	JULIO	0.947	34	0.103
	OCTUBRE	0.905	34	0.006
	FEBRERO	0.958	34	0.209

Fuente: Elaboración propia.

Para comprobar estadísticamente si existen variaciones significativas temporales en la CE, pH y temperatura, se aplicó la prueba de ANOVA por mes (ver Tabla 27). Los resultados mostraron que tanto la CE, pH y temperatura mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los meses de muestreo.

Tabla 27

Prueba de ANOVA de un factor, por mes

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
CE	Inter-grupos	1297336.490	3	432445.497	30.034	0.000
	Intra-grupos	1900606.824	132	14398.537		
	Total	3197943.314	135			
pH	Inter-grupos	39.915	3	13.305	64.938	0.000
	Intra-grupos	27.045	132	0.205		
	Total	66.959	135			
T	Inter-grupos	44.143	3	14.714	15.701	0.000
	Intra-grupos	123.705	132	0.937		
	Total	167.848	135			

Fuente: Elaboración propia.

Luego se aplicó la prueba de Tukey a las tres propiedades fisicoquímicas que obtuvieron variaciones, para identificar entre qué meses presentaban diferencias. Así, los resultados mostraron que la diferencia de concentración significativa de la CE y el pH, se realizó en la mayoría de los meses, excepto entre los meses de octubre – febrero ($p = 0.293$) y mayo – julio ($p = 0.881$) respectivamente. Asimismo, la temperatura mostró diferencias significativas entre los meses de mayo y febrero ($p = 0.00$), julio y octubre ($p = 0.00$) y febrero y octubre ($p = 0.00$) (ver Tabla 28).

Tabla 28

Prueba de Tukey por mes

Variable dependiente	Temporada de muestreo	Temporada de muestreo	Sig.
CE	MAYO	JULIO	0.000
		OCTUBRE	0.048
		FEBRERO	0.000
	JULIO	MAYO	0.000
		OCTUBRE	0.000
		FEBRERO	0.000
	OCTUBRE	MAYO	0.048
		JULIO	0.000
		FEBRERO	0.293
	FEBRERO	MAYO	0.000
		JULIO	0.000
		OCTUBRE	0.293
pH	MAYO	JULIO	0.881
		OCTUBRE	0.000
		FEBRERO	0.000
	JULIO	MAYO	0.881
		OCTUBRE	0.000
		FEBRERO	0.000
	OCTUBRE	MAYO	0.000
		JULIO	0.000
		FEBRERO	0.004
	FEBRERO	MAYO	0.000
		JULIO	0.000
		OCTUBRE	0.004
T	MAYO	JULIO	0.055
		OCTUBRE	0.270
		FEBRERO	0.000
	JULIO	MAYO	0.055
		OCTUBRE	0.000
		FEBRERO	0.201
	OCTUBRE	MAYO	0.270
		JULIO	0.000
		FEBRERO	0.000
	FEBRERO	MAYO	0.000
		JULIO	0.201
		OCTUBRE	0.000

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4. Resultados referidos al objetivo específico 4

Para encontrar correlaciones entre todas las variables fisicoquímicas, en primer lugar, se realizó la prueba de normalidad general para todas las variables, tanto para los constituyentes mayoritarios (ver Tabla 29), como para las propiedades fisicoquímicas (ver Tabla 30), para determinar el tipo de correlación que se le aplicaría.

Para el grupo de variables que resultaron con medidas con distribución normal, se utilizó el análisis de correlación de Pearson, el cual nos permitió conocer sus significancias de correlación (p- valor) y sus medidas (R) de manera global. Por otra parte, el grupo de iones con medidas de distribución no normal y el de las propiedades fisicoquímicas, fueron evaluados con el coeficiente de correlación de Spearman.

Asimismo, los valores de los coeficientes de correlación, fueron clasificados de acuerdo al estudio realizado por Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernandez Collado y Maria del Pilar Baptista (Hernández, Fernandez y Del Pilar, 2014). El ión carbonato (CO_3^{2-}) fue desestimado para todas las pruebas, debido a que sus valores fueron constantes e iguales a cero.

Pruebas de normalidad

Tabla 29

Prueba de normalidad general para los constituyentes mayoritarios

Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
HCO_3^-	0.969	40	0.342
SO_4^{2-}	0.871	40	0.000
Cl ⁻	0.866	40	0.000
Ca^{2+}	0.966	40	0.262
Mg^{2+}	0.985	40	0.869
Na ⁺	0.865	40	0.000
K ⁺	0.850	40	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30

Prueba de normalidad general para las propiedades fisicoquímicas

Kolmogórov-Smirnov			
	Estadístico	gl	Sig.
CE	0.089	136	0.010
pH	0.068	136	0.200*
T	0.055	136	0.200*

Fuente: Elaboración propia.

Correlación de Pearson a nivel global

En la Tabla 31, se observa a los constituyentes mayoritarios que presentaron mediciones con distribución normal. Las variables que mostraron una correlación significativa ($p < 0.05$), fueron el ión HCO_3^- y Ca^{2+} . La relación fue significativa ($p = 0.00$) y tuvo un índice $R = 0.656$, que mostraba una correlación positiva media.

Tabla 31

Correlación de Pearson a nivel global

		HCO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}
HCO_3^-	Correlación de Pearson	1	0.656**	0.166
	Sig. (bilateral)		0.000	0.307
	N	40	40	40
Ca^{2+}	Correlación de Pearson	0.656**	1	-0.084
	Sig. (bilateral)	0.000		0.608
	N	40	40	40
Mg^{2+}	Correlación de Pearson	0.166	-0.084	1
	Sig. (bilateral)	0.307	0.608	
	N	40	40	40

Fuente: Elaboración propia.

Correlación de Pearson por sector

Las correlaciones calculadas por sector, mostraron que, en el sector 1 y 3, existió una relación significativa (0.002 y 0.006), entre los cationes HCO_3^- y Ca^{2+} , con un índice $R = 0.721$ para el sector 1 y 0.859 para el sector 3, que muestra una correlación positiva media (ver Tabla

32) y una correlación positiva considerable respectivamente (ver Tabla 34). Por otra parte, en el sector 2, no se encontró alguna correlación (ver Tabla 33).

Tabla 32

Correlación de Pearson para el sector 1

	HCO₃⁻	Ca²⁺	Mg²⁺
Correlación de Pearson	1	0.721**	0.370
HCO₃⁻ Sig. (bilateral)		0.002	0.158
N	16	16	16
Correlación de Pearson	0.721**	1	0.444
Ca²⁺ Sig. (bilateral)	0.002		0.085
N	16	16	16
Correlación de Pearson	0.370	0.444	1
Mg²⁺ Sig. (bilateral)	0.158	0.085	
N	16	16	16

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33

Correlación de Pearson para el sector 2

	HCO₃⁻	Ca²⁺	Mg²⁺
Correlación de Pearson	1	0.470	0.127
HCO₃⁻ Sig. (bilateral)		0.066	0.638
N	16	16	16
Correlación de Pearson	0.470	1	-0.245
Ca²⁺ Sig. (bilateral)	0.066		0.360
N	16	16	16
Correlación de Pearson	0.127	-0.245	1
Mg²⁺ Sig. (bilateral)	0.638	0.360	
N	16	16	16

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34

Correlación de Pearson para el sector 3

		HCO₃⁻	Ca²⁺	Mg²⁺
	Correlación de Pearson	1	0.859**	0.327
HCO₃⁻	Sig. (bilateral)		0.006	0.430
	N	8	8	8
	Correlación de Pearson	0.859**	1	-0.022
Ca²⁺	Sig. (bilateral)	0.006		0.958
	N	8	8	8
	Correlación de Pearson	0.327	-0.022	1
Mg²⁺	Sig. (bilateral)	0.430	0.958	
	N	8	8	8

Fuente: Elaboración propia.

Correlación de Pearson por mes

Las correlaciones calculadas por mes, mostraron que en el mes de febrero (ver Tabla 38), existió una correlación significativa ($p = 0.001$), entre los cationes HCO_3^- y Ca^{2+} , con un $R = 0.864$ que muestra una correlación positiva considerable y entre HCO_3^- y el Mg^{2+} ($p = 0.031$), con un $R = 0.678$, que mostraba una correlación positiva media. Por otra parte, en los meses de la temporada seca, mayo (ver Tabla 35), julio (ver Tabla 36) y octubre (ver Tabla 37), no se encontraron correlaciones significativas.

Tabla 35

Correlación de Pearson para el mes de mayo

		HCO₃⁻	Ca²⁺	Mg²⁺
	Correlación de Pearson	1	0.617	-0.032
HCO₃⁻	Sig. (bilateral)		0.057	0.930
	N	10	10	10
	Correlación de Pearson	0.617	1	-0.361
Ca²⁺	Sig. (bilateral)	0.057		0.305
	N	10	10	10
	Correlación de Pearson	-0.032	-0.361	1
Mg²⁺	Sig. (bilateral)	0.930	0.305	
	N	10	10	10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36

Correlación de Pearson para el mes de julio

		HCO₃⁻	Ca²⁺	Mg²⁺
HCO₃⁻	Correlación de Pearson	1	0.607	-0.462
	Sig. (bilateral)		0.063	0.179
	N	10	10	10
Ca²⁺	Correlación de Pearson	0.607	1	-0.460
	Sig. (bilateral)	0.063		0.181
	N	10	10	10
Mg²⁺	Correlación de Pearson	-0.462	-0.460	1
	Sig. (bilateral)	0.179	0.181	
	N	10	10	10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37

Correlación de Pearson para el mes de octubre

		HCO₃⁻	Ca²⁺	Mg²⁺
HCO₃⁻	Correlación de Pearson	1	0.433	0.263
	Sig. (bilateral)		0.212	0.463
	N	10	10	10
Ca²⁺	Correlación de Pearson	0.433	1	-0.260
	Sig. (bilateral)	0.212		0.468
	N	10	10	10
Mg²⁺	Correlación de Pearson	0.263	-0.260	1
	Sig. (bilateral)	0.463	0.468	
	N	10	10	10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38

Correlación de Pearson para el mes de febrero

		HCO₃⁻	Ca²⁺	Mg²⁺
HCO₃⁻	Correlación de Pearson	1	0.864**	0.678*
	Sig. (bilateral)		0.001	0.031
	N	10	10	10
Ca²⁺	Correlación de Pearson	0.864**	1	0.377
	Sig. (bilateral)	0.001		0.283
	N	10	10	10
Mg²⁺	Correlación de Pearson	0.678*	0.377	1
	Sig. (bilateral)	0.031	0.283	
	N	10	10	10

Fuente: Elaboración propia.

Correlación de Spearman a nivel global

En la Tabla 39, se observa a los constituyentes mayoritarios que presentaron mediciones con distribución no normal. Las variables que mostraron una correlación significativa ($p < 0.05$) fueron el anión Cl^- y el catión Na^+ . La correlación obtuvo un índice $R = 0.518$, que mostraba una correlación positiva media.

Tabla 39

Correlación de Spearman global para constituyentes mayoritarios

		SO_4^{2-}	Cl^-	K^+	Na^+	
Rho de Spearman	SO_4^{2-}	Coefficiente de correlación	1.000	0.013	0.184	0.134
		Sig. (bilateral)	.	0.937	0.255	0.411
		N	40	40	40	40
	Cl^-	Coefficiente de correlación	0.013	1.000	-0.145	0.518**
		Sig. (bilateral)	0.937	.	0.372	0.001
		N	40	40	40	40
	K^+	Coefficiente de correlación	0.184	-0.145	1.000	-0.205
		Sig. (bilateral)	0.255	0.372	.	0.205
		N	40	40	40	40
	Na^+	Coefficiente de correlación	0.134	0.518**	-0.205	1.000
		Sig. (bilateral)	0.411	0.001	0.205	.
		N	40	40	40	40

Fuente: Elaboración propia.

Correlación de Spearman por sector

Las correlaciones calculadas por sector, mostraron que, en el sector 2, existió una correlación significativa ($p = 0.013$), entre el anión Cl^- y el catión Na^+ , y un índice $R = 0.603$, el cual muestra una correlación positiva media (ver Tabla 41). Por otra parte, en los sectores 1 (ver Tabla 40) y 3 (ver Tabla 42), no se encontró alguna correlación.

Tabla 40

Correlación de Spearman para el sector 1

		SO₄²⁻	Cl⁻	K⁺	Na⁺	
Rho de Spearman		Coefficiente de correlación	1.000	-0.144	0.127	0.484
	SO₄²⁻	Sig. (bilateral)	.	0.594	0.640	0.057
		N	16	16	16	16
		Coefficiente de correlación	-0.144	1.000	-0.344	0.332
	Cl⁻	Sig. (bilateral)	0.594	.	0.191	0.209
		N	16	16	16	16
		Coefficiente de correlación	0.127	-0.344	1.000	-0.243
	K⁺	Sig. (bilateral)	0.640	0.191	.	0.365
		N	16	16	16	16
		Coefficiente de correlación	0.484	0.332	-0.243	1.000
	Na⁺	Sig. (bilateral)	0.057	0.209	0.365	.
		N	16	16	16	16

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41

Correlación de Spearman para el sector 2

		SO₄²⁻	Cl⁻	K⁺	Na⁺	
Rho de Spearman		Coefficiente de correlación	1.000	0.112	0.006	-0.063
	SO₄²⁻	Sig. (bilateral)	.	0.680	0.982	0.816
		N	16	16	16	16
		Coefficiente de correlación	0.112	1.000	-0.219	0.603*
	Cl⁻	Sig. (bilateral)	0.680	.	0.416	0.013
		N	16	16	16	16
		Coefficiente de correlación	0.006	-0.219	1.000	-0.257
	K⁺	Sig. (bilateral)	0.982	0.416	.	0.337
		N	16	16	16	16
		Coefficiente de correlación	-0.063	0.603*	-0.257	1.000
	Na⁺	Sig. (bilateral)	0.816	0.013	0.337	.
		N	16	16	16	16

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42

Correlación de Spearman para el sector 3

		SO₄²⁻	Cl⁻	K⁺	Na⁺	
Rho de Spearman		Coefficiente de correlación	1.000	0.286	0.012	0.262
	SO₄²⁻	Sig. (bilateral)	.	0.493	0.977	0.531
		N	8	8	8	8
		Coefficiente de correlación	0.286	1.000	0.181	0.690
	Cl⁻	Sig. (bilateral)	0.493	.	0.668	0.058
		N	8	8	8	8
		Coefficiente de correlación	0.012	0.181	1.000	0.169
	K⁺	Sig. (bilateral)	0.977	0.668	.	0.690
		N	8	8	8	8
		Coefficiente de correlación	0.262	0.690	0.169	1.000
	Na⁺	Sig. (bilateral)	0.531	0.058	0.690	.
		N	8	8	8	8

Fuente: Elaboración propia.

Correlación de Spearman por mes

Las correlaciones calculadas por mes, mostraron que solo en el mes de octubre existió una correlación significativa ($p = 0.020$) entre el ión K^+ y Na^+ , con un índice $R = 0.716$, que nos indica una correlación positiva media (ver Tabla 45). Por otro parte, en los meses de mayo (ver Tabla 43), julio (ver Tabla 44) y febrero (ver Tabla 46), no existió alguna correlación significativa.

Tabla 43

Correlación de Spearman para el mes de mayo

		SO₄²⁻	Cl⁻	K⁺	Na⁺	
Rho de Spearman		Coefficiente de correlación	1.000	-0.535	-0.158	0.028
	SO₄²⁻	Sig. (bilateral)	.	0.111	0.664	0.939
		N	10	10	10	10
		Coefficiente de correlación	-0.535	1.000	0.014	-0.043
	Cl⁻	Sig. (bilateral)	0.111	.	0.970	0.905
		N	10	10	10	10
		Coefficiente de correlación	-0.158	0.014	1.000	-0.482
	K⁺	Sig. (bilateral)	0.664	0.970	.	0.158
		N	10	10	10	10
		Coefficiente de correlación	0.028	-0.043	-0.482	1.000
	Na⁺	Sig. (bilateral)	0.939	0.905	0.158	.
		N	10	10	10	10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44

Correlación de Spearman para el mes de julio

		SO₄²⁻	Cl⁻	K⁺	Na⁺	
Rho de Spearman		Coefficiente de correlación	1.000	0.215	0.620	-0.083
	SO₄²⁻	Sig. (bilateral)	.	0.551	0.056	0.821
		N	10	10	10	10
		Coefficiente de correlación	0.215	1.000	0.084	0.154
	Cl⁻	Sig. (bilateral)	0.551	.	0.818	0.671
		N	10	10	10	10
		Coefficiente de correlación	0.620	0.084	1.000	-0.003
	K⁺	Sig. (bilateral)	0.056	0.818	.	0.993
		N	10	10	10	10
		Coefficiente de correlación	-0.083	0.154	-0.003	1.000
	Na⁺	Sig. (bilateral)	0.821	0.671	0.993	.
		N	10	10	10	10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45

Correlación de Spearman para el mes de octubre

		SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	K ⁺	Na ⁺	
Rho de Spearman		Coefficiente de correlación	1.000	0.170	-0.062	-0.213
	SO₄²⁻	Sig. (bilateral)	.	0.638	0.864	0.555
		N	10	10	10	10
		Coefficiente de correlación	0.170	1.000	0.094	-0.290
	Cl⁻	Sig. (bilateral)	0.638	.	0.797	0.417
		N	10	10	10	10
		Coefficiente de correlación	-0.062	0.094	1.000	0.716*
	K⁺	Sig. (bilateral)	0.864	0.797	.	0.020
		N	10	10	10	10
		Coefficiente de correlación	-0.213	-0.290	0.716*	1.000
	Na⁺	Sig. (bilateral)	0.555	0.417	0.020	.
		N	10	10	10	10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46

Correlación de Spearman para el mes de febrero

		SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	K ⁺	Na ⁺	
Rho de Spearman		Coefficiente de correlación	1.000	0.364	0.210	0.462
	SO₄²⁻	Sig. (bilateral)	.	0.301	0.561	0.178
		N	10	10	10	10
		Coefficiente de correlación	0.364	1.000	-0.046	0.421
	Cl⁻	Sig. (bilateral)	0.301	.	0.900	0.226
		N	10	10	10	10
		Coefficiente de correlación	0.210	-0.046	1.000	-0.285
	K⁺	Sig. (bilateral)	0.561	0.900	.	0.424
		N	10	10	10	10
		Coefficiente de correlación	0.462	0.421	-0.285	1.000
	Na⁺	Sig. (bilateral)	0.178	0.226	0.424	.
		N	10	10	10	10

Fuente: Elaboración propia

Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, a nivel global

En la Tabla 47, se observa a las propiedades fisicoquímicas que presentaron mediciones con distribución no normal. Las variables que mostraron una correlación significativa, fueron el pH y la CE ($p = 0.00$). La correlación obtuvo un índice $R = 0.487$, que indica una correlación positiva débil.

Tabla 47

Correlación de Spearman global para las propiedades fisicoquímicas

		CE	pH	T	
Rho de Spearman	CE	Coefficiente de correlación	1.000	0.487	0.008
		Sig. (bilateral)	.	0.000	0.924
		N	136	136	136
	pH	Coefficiente de correlación	0.487	1.000	-0.069
		Sig. (bilateral)	0.000	.	0.427
		N	136	136	136
	T	Coefficiente de correlación	0.008	-0.069	1.000
		Sig. (bilateral)	0.924	0.427	.
		N	136	136	136

Fuente: Elaboración propia.

Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, por sector

Las correlaciones calculadas por sector, mostraron que, dentro del sector 1, existió una correlación significativa entre el pH y la CE ($p = 0.00$), con un índice $R = 0.521$, el cual muestra una correlación positiva media (ver Tabla 48).

Asimismo, en el sector 2, existió una correlación significativa ($p = 0.00$), entre el pH y la CE, siendo su índice $R = 0.55$, que muestra una correlación positiva media y otra entre el pH y la temperatura ($p = 0.046$), siendo su índice $R = -0.277$, el cual muestra una correlación negativa débil (ver Tabla 49). No se encontró ninguna correlación significativa dentro del sector 3 (ver Tabla 50).

Tabla 48

Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, sector 1

		CE	pH	T	
Rho de Spearman	CE	Coefficiente de correlación	1.000	0.521**	0.171
		Sig. (bilateral)	.	0.000	0.163
		N	68	68	68
	pH	Coefficiente de correlación	0.521**	1.000	0.203
		Sig. (bilateral)	0.000	.	0.098
		N	68	68	68
	T	Coefficiente de correlación	0.171	0.203	1.000
		Sig. (bilateral)	0.163	0.098	.
		N	68	68	68

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49

Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, sector 2

		CE	pH	T	
Rho de Spearman	CE	Coefficiente de correlación	1.000	0.553**	-0.134
		Sig. (bilateral)	.	0.000	0.342
		N	52	52	52
	pH	Coefficiente de correlación	0.553**	1.000	-0.277*
		Sig. (bilateral)	0.000	.	0.046
		N	52	52	52
	T	Coefficiente de correlación	-0.134	-0.277*	1.000
		Sig. (bilateral)	0.342	0.046	.
		N	52	52	52

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50

Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, sector 3

		CE	pH	T	
Rho de Spearman	CE	Coefficiente de correlación	1.000	0.176	0.142
		Sig. (bilateral)	.	0.514	0.601
		N	16	16	16
	pH	Coefficiente de correlación	0.176	1.000	-0.464
		Sig. (bilateral)	0.514	.	0.070
		N	16	16	16
	T	Coefficiente de correlación	0.142	-0.464	1.000
		Sig. (bilateral)	0.601	0.070	.
		N	16	16	16

Fuente: Elaboración propia.

Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, por mes

Las correlaciones calculadas por mes, mostraron que en el mes de febrero ($p = 0.037$), existió una correlación significativa entre la temperatura y la CE, con un índice $R = -0.359$, que nos indica una correlación negativa débil respectivamente (ver Tabla 54). Por otra parte, en los otros meses de mayo (ver Tabla 51), julio (ver Tabla 52) y octubre (ver Tabla 53), no se encontraron correlaciones significativas.

Tabla 51

Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, mes de mayo

		CE	pH	T	
Rho de Spearman	E	Coefficiente de correlación	1.000	0.120	0.095
		Sig. (bilateral)	.	0.499	0.594
		N	34	34	34
	pH	Coefficiente de correlación	0.120	1.000	0.303
		Sig. (bilateral)	0.499	.	0.081
		N	34	34	34
	T	Coefficiente de correlación	0.095	0.303	1.000
		Sig. (bilateral)	0.594	0.081	.
		N	34	34	34

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52

Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, mes de julio

		CE	pH	T	
Rho de Spearman	CE	Coefficiente de correlación	1.000	-0.033	0.337
		Sig. (bilateral)	.	0.851	0.051
		N	34	34	34
	pH	Coefficiente de correlación	-0.033	1.000	-0.041
		Sig. (bilateral)	0.851	.	0.817
		N	34	34	34
	T	Coefficiente de correlación	0.337	-0.041	1.000
		Sig. (bilateral)	0.051	0.817	.
		N	34	34	34

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53

Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, mes de octubre

		CE	pH	T	
Rho de Spearman	CE	Coeficiente de correlación	1.000	0.097	0.076
		Sig. (bilateral)	.	0.584	0.671
		N	34	34	34
	pH	Coeficiente de correlación	0.097	1.000	0.065
		Sig. (bilateral)	0.584	.	0.713
		N	34	34	34
	T	Coeficiente de correlación	0.076	0.065	1.000
		Sig. (bilateral)	0.671	0.713	.
		N	34	34	34

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54

Correlación de Spearman para las propiedades fisicoquímicas, mes de febrero

		CE	pH	T	
Rho de Spearman	CE	Coeficiente de correlación	1.000	0.163	-0.359*
		Sig. (bilateral)	.	0.356	0.037
		N	34	34	34
	pH	Coeficiente de correlación	0.163	1.000	0.269
		Sig. (bilateral)	0.356	.	0.124
		N	34	34	34
	T	Coeficiente de correlación	-0.359*	0.269	1.000
		Sig. (bilateral)	0.037	0.124	.
		N	34	34	34

Fuente: Elaboración propia.

3.2. DISCUSIÓN

3.2.1. Objetivo específico 1: Tipos de agua

Como se observa en las tablas y diagramas de Piper (% meq/l), la mayor parte de los puntos de muestreo de las aguas subterráneas, distribuidos en el bofedal de Moyobamba, presentan una dominancia del tipo de agua bicarbonatada cálcica, que representa el 95% de las muestras del total, mientras que el 5% restante, lo representa el tipo de agua bicarbonatada magnésica. Según Cooper et al. (2010), la geología de un bofedal, influye sobre la composición química de las aguas subterráneas contenidas en su turba.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Cooper et al. (2010), que, en su estudio, Turberas alpinas de los Andes (región Jalca – Cajamarca), a través del diagrama de Piper, demostró que uno de los tipos de agua dominantes era la bicarbonatada cálcica, obtenidos de muestras que fueron recolectadas durante la estación seca y que eran influenciados por la presencia de rocas carbonatadas (calizas). Se debe tener en cuenta que el bofedal de Moyobamba, durante la temporada seca, depende principalmente de sus aguas subterráneas; cuya geoquímica, se encuentra influenciada por la formación Jumasha, la cual presenta rocas de dolomita y calcita, compuestas de carbonato de calcio y/o magnesio (MINAM, 2011).

El agua subterránea que discurre por las formaciones geológicas del bofedal, arrastran los minerales de las rocas carbonatadas, los cuales, al encontrarse disueltos en agua, le aportan una gran cantidad de iones de bicarbonato, calcio y magnesio. En efecto, cuando se analizan los triángulos de aniones, el bicarbonato domina en todas las muestras de agua, mientras que, en los triángulos de cationes, el calcio domina en el 95 % y el magnesio en el 5% de muestras, esto debido a que el ión magnesio fue mayor en el pozo MOY 39 en los meses de mayo y julio. Este pozo se encuentra ubicado arriba de una morrena glacial en la parte sur del bofedal. Según Lecomte, García, Fórmica y Depetris, (2011), los procesos de erosión física como las pendientes pronunciadas, diferencias de altitud, el tiempo de contacto roca – agua entre otros, puede tener una influencia importante, en el equilibrio químico de las aguas. Al mismo tiempo, la dominancia del magnesio en dicho pozo, puede deberse a que presenta una

geología distinta al de los demás, esta se llama intrusivos graníticos, que está compuesto por granitos, granodioritas y unidades con presencia de compuestos ferromagnesianos.

3.2.2. Objetivo específico 2: Constituyentes mayoritarios, descriptivos y variación.

A través de los estadísticos descriptivos, se demuestra que existió un aumento en la concentración del anión bicarbonato y los cationes calcio, magnesio y sodio, a medida que transcurría la temporada seca, dentro de las aguas subterráneas del bofedal de Moyobamba. Según Lecomte et al. (2011), la concentración de los constituyentes mayoritarios es influenciado por la variación estacional, aumentando su concentración en la temporada seca y reduciendola en la temporada húmeda. En efecto, a medida que transcurre la temporada seca, la ausencia de lluvias generó que exista cada mes, un menor volumen de agua, provocando que la concentración de bicarbonato y demás cationes aumente. En esta temporada, el bofedal de Moyobamba, depende principalmente de aguas subterráneas de origen carbonatado. Asimismo, en el mes de febrero, que pertenece a la temporada húmeda, todos los cationes y aniones mencionadas anteriormente, disminuyeron su valor, comportamiento que probablemente se deba a que, en esta temporada existe mayor presencia de lluvias que aportan un mayor volumen de agua y disminuyen la concentración de estos iones disueltos.

Como lo demuestra la prueba de ANOVA y su complemento (Prueba de Tukey), la medición del catión K^+ dentro del bofedal de Moyobamba, registró su valor más alto y significativo en el sector 1, en comparación a los sectores 2 y 3. El valor superior del sector 1 sobre los demás sectores, se debe probablemente a su diferencia geoquímica, ya que sus aguas subterráneas provienen de la formación Casapalca, a diferencia de los sectores 2 y 3, que lo reciben mayormente de depósitos fluvio-glaciares. Asimismo, a nivel temporal, se obtuvo una disminución significativa entre el mes de julio y octubre y entre el mes de julio y febrero, esto probablemente a que en el mes de octubre se iniciaron las lluvias de la temporada húmeda, que aumentaron el volumen de agua y disminuyeron la concentración de este ión.

Por otra parte, el ión cloruro (Cl^-) registro su valor más alto y significativo en el mes de octubre, en comparación a los meses de mayo, julio y febrero. De igual manera, el ión sodio (Na^+), presentó su valor más alto y significativo, en el mes de octubre en comparación a los

meses de mayo, julio y febrero. Según Cooper et al. (2010), los valores de sus análisis demostraron que la concentración de Na^+ era alta en aguas ácidas, resultados que son similares a los obtenidos en el mes de octubre, en donde se obtuvo el mayor valor de sodio (9.2 mg/l) y el menor valor del pH (pH = 5.9). Cabe mencionar que, entre estos dos iones (Cl^- y Na^+), se encontró una correlación significativa positiva media ($r = 0.518$). Siendo el sector 2 el único que presentó una correlación significativa positiva media ($r = 0.603$).

3.2.3. Objetivo específico 3: Propiedades fisicoquímicas, descriptivos y variación.

A través de los estadísticos descriptivos, se comprobó que las aguas subterráneas del bofedal de Moyobamba, tuvieron un aumento de la conductividad eléctrica a partir del mes de mayo hasta el mes de julio (temporada seca), en donde alcanza su máximo valor. Asimismo, la CE descendió hasta llegar a alcanzar su menor valor, en el mes de febrero (temporada húmeda). Según Oyague y Maldonado (2015), la disponibilidad de agua en los bofedales de la región de Cuzco, se encuentra fuertemente correlacionada con su estacionalidad. En efecto, a diferencia de la temporada seca, en el mes de febrero (temporada húmeda), existe un aumento del volumen de las aguas debido al incremento de lluvias, lo cual genera que la CE tienda a disminuir. Por otra parte, los resultados son similares a los obtenidos por Navarro (2012), en donde sus registros más elevados de CE los alcanzó en la temporada seca. Según Oyague y Maldonado (2015), el aumento de los valores de la CE en la temporada seca, pueda deberse a la relación que presenta esta variable con la menor tasa de intercambio de agua en esta temporada, que influye sobre la concentración de solutos. Así, los valores altos de CE en la temporada seca, se deben al aumento de las concentraciones de iones disueltos influenciados por las formaciones geológicas, que poseen carbonatos.

En cuanto al valor de la CE por sectores, el sector 1 registró el valor más alto y el sector 3 el menor valor. Estos resultados se encuentran dentro de lo esperado en relación a la influencia de su formación geológica. El sector 1 está influenciada por la formación Jumasha y Casapalca y el sector 3 por depósitos fluvioglaciares.

Por otra parte, el pH de las aguas sub superficiales del bofedal de Moyobamba, obtuvieron un valor promedio, de carácter ácido (pH \cong 6.6). Según Cooper et al. (2010), en particular, las aguas subterráneas provenientes de piedras calizas tenderán a adquirir un alto carácter

alcalino y si provienen de piedras con presencia de compuestos sulfatados, adquirirán un carácter ácido. Se debe tener en cuenta que uno de los pozos muestreados (MOY 39), se encuentra dentro de intrusiones graníticas que se caracterizan por presentar rocas más compactas, las cuales tienen menor capacidad de dilución, que influye en un mayor grado de acidez de sus aguas (Sen, 2014). Sin embargo, también puede deberse al proceso de humificación que realiza el bofedal, el cual podría liberar sustancias ácidas que generaron que el pH disminuya.

Asimismo, el valor del pH registró valores similares en los tres sectores de estudio, variando solo por temporada. Presentó un carácter neutro ($\text{pH} = 7.1 - 7.2$), en la temporada seca (mayo y julio) y un carácter ácido en el mes de octubre ($\text{pH} = 5.9$), aumentando ligeramente en el mes de febrero ($\text{pH} = 6.3$). Valores similares fueron obtenidos por Cooper et al. (2010), en donde indicó que el pH de las aguas subterráneas de los humedales de la región Jalca (Cajamarca), variaba entre los 3.7 y 8.2, alcanzando condiciones entre ácidas y ligeramente alcalinas, esto debido a las diversas formaciones geológicas que afectaban la hidroquímica de estos humedales. Se debe considerar que en el mes de octubre se inician las primeras lluvias en la zona del bofedal de Moyobamba, el cual provoca que compuestos orgánicos que estuvieron almacenados en su turba (de origen minerotróficas) se liberen y aumenten el carácter ácido del agua (Alzérreca, Prieto, Laura, Luna y Laguna., 2001; Charman, 2009).

La temperatura promedio del agua subsuperficial del bofedal, fue de 8°C , obteniendo sus valores más representativos en el sector 1 que obtuvo un rango de 7°C , alcanzando un mínimo de 4.8 en el mes febrero y un máximo de 11.8 en el mes de mayo. Estos valores son similares a los obtenidos por Salazar y De Morales (2012), en cuyo estudio realizado en los arroyos del bofedal de Huaytire (3000 – 4500 msnm), obtuvo una temperatura media anual de 5°C , mientras que, en el periodo sin hielo, fue de 8.7°C , con un mínimo de 7°C y un máximo de 13.4°C . Es probable que este tipo de valores sea considerado normal para este tipo de humedales altoandinos. Tanto por sectores, como por meses, obtuvo variaciones significativas generadas probablemente por los cambios de temporada u horarios de muestreo.

3.2.4. Objetivo específico 4: Correlación entre variables

A nivel general, en el bofedal de Moyobamba, entre todos los constituyentes mayoritarios con una distribución normal de sus datos, se encontró una correlación positiva media entre los iones bicarbonato (HCO_3^-) y calcio (Ca^{2+}) ($R = 0.656$). Estos resultados son similares a los obtenidos por Cooper et al. (2010), en sus estudios realizados en las turberas alpinas de los Andes (Región Jalca - Cajamarca), en donde el calcio (Ca^{2+}) fue el catión más abundante en la mayoría de sus muestras, y su concentración se correlacionó positivamente con el HCO_3^- ($R = 0.580$). Estos valores, se deben probablemente a que estos iones, conforman el bicarbonato de calcio, presente en las rocas carbonatadas de las formaciones Jumasha y Casapalca. Asimismo, solo en el mes de febrero (temporada húmeda), se encontró correlaciones significativas positivas entre el bicarbonato y el calcio ($R = 0.864$, correlación considerable) y entre el bicarbonato y el magnesio ($R = 0.678$, correlación media), esta relación se debe probablemente a que el magnesio también se encuentra formando compuestos dentro de las rocas carbonatadas.

Por otra parte, en los sectores 1 y 3 existió una correlación significativa, positiva media ($R = 0.721$) y positiva considerable ($R = 0.859$), entre los iones HCO_3^- y Ca^{2+} respectivamente, mientras que en el sector 2, no se encontró alguna correlación significativa. Esto probablemente se deba a que las formaciones geológicas (Casapalca y depósitos fluvio-glaciares), de donde se originan las aguas subterráneas de los sectores 1 y 3, se encuentran influenciados por la presencia de piedras calizas provenientes de la formación Jumasha. Mientras que las aguas del sector 2, se encuentran influenciadas por los intrusivos graníticos provenientes de las morrenas glaciares de la parte suroeste del bofedal.

Entre todos los constituyentes mayoritarios con una distribución no normal de sus datos, en el mes de octubre existió una correlación significativa positiva media ($R = 0.716$), entre los iones potasio (K^+) y sodio (Na^+) y ninguno en los demás meses, esto probablemente se deba a que son cationes que se encuentran en los feldespatos (silicatos de aluminio con potasio, sodio y/o calcio) de las formaciones geológicas, que fueron arrastrados por las primeras lluvias de la temporada húmeda (octubre).

A nivel general, se encontró una correlación significativa positiva débil ($R = 0.487$) entre el pH y la CE. A nivel sectorial, se obtuvo similar correlación significativa positiva media,

dentro del sector 1 ($R = 0.521$) y del sector 2 ($R = 0.553$). Estos resultados son similares a los obtenidos por Vidal et al. (2011), en sus estudios en el Complejo de humedales El Yali (Chile), en donde a través de la correlación de Pearson obtuvo valores similares ($R = 0.57$), entre el pH y la CE. Esto se debe probablemente a que a medida que la concentración de sus iones provenientes del carbonato aumenta en la temporada seca, las medidas de pH tienden a aumentar por la presencia de especies químicas de carbonato, adquiriendo un carácter alcalino.

Asimismo, existió una correlación negativa débil entre el pH y la temperatura, en el sector 2 ($R = -0.277$) y en el mes de febrero ($R = -0.359$) a diferencia de los demás sectores y meses en donde no se encontró correlación significativa alguna. Esto se debe probablemente a que, a medida que aumenta la temperatura, la tasa de descomposición (proceso de humificación) también aumenta, generando que se produzca y se libere mayor cantidad de sustancias acidificantes que influyan en el carácter ácido de las aguas.

3.2.5. Tendencia de la concentración de los iones y la CE

En el mes de octubre se presentaron valores que no mostraron una relación directa entre las concentraciones de especies carbonatadas (HCO_3^- , Ca^{2+} y Mg^{2+}) y los registros de CE, según los resultados obtenidos por Cooper et al. (2010). Los valores de CE fueron diferentes, ya que esta no se mantuvo creciendo conjuntamente con las especies carbonatadas, sino que evidenció una significativa disminución en el mes de octubre. Esto probablemente se debe a las primeras lluvias de la temporada húmeda, que libera de la turba sustancias acidificantes, productos del proceso de humificación del bofedal, que generan la disminución del pH y la CE.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

- 4.1.** En la presente investigación se realizó la caracterización hidroquímica y su variabilidad espacio - temporal en las aguas subterráneas de los bofedales altoandinos en la RPNYC, sector Moyobamba. Sustentado en las mediciones de las propiedades fisicoquímicas de pH, temperatura y CE; así como en el análisis de los constituyentes mayoritarios.
- 4.2.** El bofedal altoandino de la RPNYC, sector Moyobamba, tiene igual tipo de dominancia de sus aguas subterráneas, en sus tres sectores, presentó al tipo de agua bicarbonatada cálcica como el de mayor frecuencia en los pozos de cada sector y durante los cuatro meses de medición. Se determinó a través de la aplicación del diagrama de Piper (% meq/l), que los tipos de aguas dominantes en los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba, fueron la bicarbonatada cálcica (HCO_3^- - Ca^{2+}) en el 95% de los pozos y bicarbonatada magnésica (HCO_3^- - Mg^{2+}) en el 5% restante. Puesto que dependen de las aguas subterráneas que reciben carbonato, por la disolución de calcita y dolomita, provenientes de la formación Jumasha y Casapalca.
- 4.3.** La caracterización espacio - temporal de las aguas subterráneas de los bofedales altoandinos en la RPNYC, sector Moyobamba, fue realizado a través de los estadísticos descriptivos, análisis de varianza y prueba de Tukey, identificando que los elementos de bicarbonato (HCO_3^-), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}) y sodio (Na^+), aumentaron su concentración a medida que transcurría la temporada seca y la disminuyeron en comparación con el mes de febrero (temporada húmeda), dado que probablemente la concentración de iones en las aguas subterráneas depende de la temporada del año. Asimismo, el aumento significativo de la concentración del ión K^+ en el sector 1, probablemente se deba a que sus aguas presentan una geoquímica diferente (Formación Jumasha y Casapalca) que los demás sectores.

4.4. El análisis espacio - temporal de las propiedades fisicoquímicas en los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba fue realizado por el análisis de varianza y prueba de Tukey, identificando que la conductividad eléctrica alcanzó sus valores más altos en la temporada seca (mayo y julio) y los menores en el mes de febrero (temporada húmeda). Asimismo, el pH, presentó un carácter ácido ($\text{pH} \cong 6.6$), esto debido al proceso de humificación que realiza el bofedal, que tiende a dar un carácter ácido a las aguas subterráneas de origen alcalino. Por último, la temperatura promedio del agua fue de 8 °C, considerándolo como un valor normal para este tipo de humedales.

4.5. Entre las variables fisicoquímicas medidas en los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba, existe una relación significativa. A través del análisis de correlación de Pearson y Spearman se determinó correlaciones significativas entre las variables evaluadas, encontrándose una correlación entre positiva media y positiva considerable, entre los iones bicarbonato (HCO_3^-) y calcio (Ca^{2+}), principalmente en los sectores 1 y 3 y en el mes de febrero, en donde, además, se encontró una correlación positiva media entre el bicarbonato (HCO_3^-) y el magnesio (Mg^{2+}), esto debido a que las aguas que abastecen principalmente al sector 1, presentan calcita que proviene de la formación Jumasha y formación Casapalca. Igualmente, se encontró una correlación positiva media entre los iones potasio (K^+) y sodio (Na^+), durante el mes de octubre, esto debido a que las formaciones presentan feldespatos.

Por otro lado, se encontró una correlación positiva débil entre el pH y la C.E., dentro del sector 1 y 2, ya que el aumento de la concentración de iones que tienen como origen a la calcita y dolomita en la temporada seca, generó que el pH del agua adquiriera un carácter alcalino. También se encontró una correlación negativa débil entre el pH y la temperatura dentro del sector 2 y en el mes de febrero, debido a que el aumento de la temperatura incrementó el proceso de humificación, generando mayor cantidad de sustancias que elevaron el carácter ácido.

CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES

- 5.1.** Realizar estudios sobre la geología del bofedal de Moyobamba, que nos permitan explicar con mayor precisión, el origen de sus aguas subterráneas, y de esta manera poder comprobar si las fuentes de agua que alimentan a cada sector son las únicas o existen afloramientos u combinaciones dentro del bofedal.
- 5.2.** Realizar la caracterización espacio - temporal de la concentración de metales pesados disueltos en las aguas del bofedal de Moyobamba, ya que nos permitirá profundizar en el estudio de la calidad de agua, a fin de determinar si presenta alguna fuente de contaminación de tipo antropogénico o natural.
- 5.3.** Integrar al presente estudio, una investigación hidrológica, ya que nos permitirá relacionarla y profundizar en la discusión de la variación de la concentración de los constituyentes mayoritarios y de los registros de las propiedades fisicoquímicas, medidas de las aguas subterráneas del bofedal de Moyobamba.
- 5.4.** Realizar estudios de investigación sobre la composición geoquímica de las aguas sub superficiales del bofedal de Moyobamba y su relación con su composición florística, con el fin de identificar los efectos que tienen sobre estas.
- 5.5.** Realizar estudios de investigación que permitan determinar la relación de las diferentes temporadas del año y las variables hidroquímicas medidas en el bofedal de Moyobamba.
- 5.6.** Realizar estudios sobre las sustancias que se liberan en el proceso de descomposición de la turba de los bofedales, con el fin de explicar, su influencia sobre la química de sus aguas.
- 5.7.** Realizar mediciones de la temperatura ambiental del bofedal, ya que permitirá relacionarlo con las variables hidroquímicas y explicar su influencia sobre los resultados de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Psychological Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid: Díaz de Santos.
- Alegre, J., García, S., Vega, R., Lao, C. & Guerra, P. (2014). Manual la materia orgánica en los sistemas agroforestales. *IUC VLIR-UNALM*. Doi: [10.13140/RG.2.2.11774.69443](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11774.69443)
- Alzérreca, H., Prieto, G., Laura, J., Luna, D. & Laguna, S. (2001). Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano. Informe interno. pp. 55. Recuperado de http://www.alt-perubolivia.org/Web/Bio/PROYECTO/Docum_bolivia/21.12.pdf
- Guerrero, R. & Bravo, V. (2011). Conceptos básicos de Estratigrafía. *Ciencia y Mar*, 15(44), 55-59. Recuperado de http://www.umar.mx/revistas/44/09_estratigrafia.pdf
- Cepeda-Pizarro, J. (2013). Variabilidad temporal de algunos parámetros físicos e hidroquímicos de un prado húmedo alto-andino del norte-centro de Chile. *IDESIA*, 31(2), 89-97. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292013000200013
- Cepeda-Pizarro, J. & Armijo, L. A. A. (2014). Dinámica fluviométrica y limnológica de un cuerpo superficial de agua asociado a un prado húmedo de los Andes del norte-centro de Chile. *IDESIA*, 32(2), 11-19. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292014000200003
- Charman, D. J. (2009). Peat and Peatlands. *Earth Systems and Environmental Sciences*, 541–548. <https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00061-2>
- Cooper, D., Wolf, E., Colson, C., Vering, W., Granda, A. & Meyer, M. (2010). Alpine Peatlands of the Andes. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 42(1), 19–33. <http://dx.doi.org/10.1657/1938-4246-42.1.19>
- Cortijo, H. D. (2013). Desalinización del agua mediante intercambio iónico. *Ingeniería Industrial*, 31, 221-238. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337430545010>

- Custodio, E. & Llamas, M. (1983). *Hidrología Subterránea* (Vol. I y II). Barcelona: OMEGA.
- García, H. Y., Balmaseda, E. C. & Vargas, R. H. (2012). Caracterización hidroquímica de las aguas de riego de la cuenca del río Naranjo, municipio Majibacoa, provincia Las Tunas. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(3), 29-34. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93223725005>
- Hernández, S. R., Fernandez, C. C. & Del Pilar, B. L. P. (2014). *Metodología de la investigación* (pp. 270 - 335). Ciudad de Mexico: McGRAW-HILL.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2016). *Sistema de consulta de códigos estandarizados*. [120405Canchayllo]. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (2006). *Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas Plan Maestro 2006-2011*. Lima: INRENA.
- Korswagen, E. S. (2016). Análisis espacial del hábitat de la vicuña en la comunidad campesina de Tanta, en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas. *Espacio y Desarrollo*, (28), 103-128. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201601.005>
- Lecomte, K., García, G., Fórmica, S. & Depetris, P. (2011). Hidroquímica de ríos de montaña (Sierras de Córdoba, Argentina): Elementos mayoritarios disueltos. *LATIN AMERICAN JOURNAL OF SEDIMENTOLOGY AND BASIN ANALYSIS*, 18(1), 43-62. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-49792011000100003
- Maldonado, F. M. (2015). An introduction to the bofedales of the Peruvian High Andes. *Mires and Peat*, 15, 1-13. Recuperado de http://mires-and-peat.net/media/map15/map_15_05.pdf
- Menéndez, P. H., Díaz, M. R., González, D. R. & González, F. J. (2011). Caracterización hidroquímica del Gran Humedal del Norte, Ciego de Ávila, Cuba. *Minería y Geología*, 27(2), 15-41. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/2235/223522424002.pdf>
- Megard, f., Caldas, J., Paredes J. & De la Cruz, N. (1996). Geología de los cuadrángulos de Tarma, La Oroya y Yauyos. *INGEMMET*, Boletín N° 69. Recuperado de <http://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/ingemmet/192>

- Ministerio del ambiente (2011). *Inventario y evaluación del Patrimonio Natural en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochás*. Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente (2015). *Caso de éxito III: Celepsa. Agua que nace en las alturas*. (3th ed.) Lima: MINAM.
- Mostacero, L. J., Ramírez, V. R. & Mejía, C. F. (2008). Caracterización biológica, física y química de los Humedales altoandinos de La Libertad, Perú, 2008. *REBIOL*, 28(2), 91-98. Recuperado de <http://sial.segat.gob.pe/documentos/caracterizacion-biologica-fisica-quimica-humedales-altoandinos>
- Navarro, C. A. (2012). *Caracterización físico- química de los principales humedales de Jalca de la Concesión para Conservación Alto Huayabamba. 2012*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba. Recuperado de <http://aplicaciones.cientifica.edu.pe/repositorio/catalogo/ver.php?id=70>
- Oyague, P. E. & Maldonado, F. M. (2015). Relationships between aquatic invertebrates, water quality and vegetation in an Andean peatland system. *Mires and Peat*, 15, 1–21. Recuperado de http://mires-and-peat.net/media/map15/map_15_14.pdf
- Romanelli, A., Quiroz, L. O., Massone, H., Martínez, D. & Bocanegra, E. (2010). El agua subterránea en el funcionamiento hidrológico de los humedales del Sudeste Bonaerense, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Geológico y Minero*, 121(4), 373-386. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/277761403> El agua subterránea en el funcionamiento hidrológico de los humedales del Sudeste Bonaerense Provincia de Buenos Aires Argentina
- Salazar, T. G. & De Morales, H. V. (2012). Microalgae community of the Huaytire wetland, an Andean high-altitude wetland in Peru. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24(3), 285–292. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000046>
- Salvador, F., Monerris, J. & Rochefort, L. (2015). Peatlands of the Peruvian Puna ecoregion: types, characteristics and disturbance. *Mires and Peat*, 15, 1–17. Recuperado de http://www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrecherche/Salvador_etal_Mires_Peat_2014.pdf
- Samboni, R. N., Carvajal, E. Y. & Escobar J. (2007). Revisión de parámetros físicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, 27(3), 172-181. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327320>

- Sánchez, S. J., Álvarez, L. T., Pacheco, Á. J., González, H. R. & Carrillo, B. L. (2015). Caracterización hidrogeoquímica de las aguas subterráneas del sur del Estado de Quintana Roo, México. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 32(1), 62-76. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57237105006>
- Santa, A. D. P., Martínez, D. C. & Betancur, V. T. (2008). Uso de hidroquímica e isótopos ambientales para la evaluación de la conexión hidrológica entre el agua subterránea y el humedal Ciénaga Colombia. *Gestión y Ambiente*, 11(2), 21-37. Recuperado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/13974>
- Sen, Z. (2014). *Practical and Applied Hydrogeology* (pp. 280 - 338). Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800075-5.00005-4>
- Squeo, F., Warner, B., Aravena, R. & Espinoza, D. (2006). Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. *Revista Chilena de Historia Natural*, 245-255. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2006000200010
- Vásquez, C., Ariza, A. & Pinilla, G. (2006). Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano cundiboyacense. *UNIVERSITAS SCIENTIARUM*, 11(2), 61-75. Recuperado de <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/4971>
- Vidal, A. R., Suarez, L., Figueroa, R., Enriquez, M., García, V., Dominguez, C. & Arce, I. (2011). Caracterización hidroquímica del complejo de humedales El Yali, Chile. *Limnetica*, 30(1), 43-58. Recuperado de http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne30/L30a043_Caracterizacion_humedales_El_Yali.pdf
- Vila, P. I. (2002). Sistemas intertropicales de altura: Humedales altiplánicos. *El agua en Iberoamérica; de la escasez a la desertificación*, 4, 63-72. Recuperado de http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/publicaciones/cyted_2002/De_la_Escasez_a_la_Desertificacion.pdf

TERMINOLOGÍA

a) Aguas subsuperficiales

Parte superior del agua subterránea que se encuentra por debajo de la superficie terrestre. En bofedales, esta agua, se encuentra depositada y fluye por el interior de la turba, formada por su vegetación (Cooper et al., 2010).

b) Reserva paisajística

Es un tipo de categoría que se le da un área natural protegida por el Estado, que tiene como objetivo proteger el conjunto paisajístico de un ecosistema, guardando una relación armoniosa entre naturaleza y el hombre. En el Perú, la RPNYC, es la primera con esta categoría (INRENA, 2006).

c) Turba

Material con un contenido orgánico mayor a 50% en peso, que está compuesta principalmente por materia orgánica descompuesta proveniente de la vegetación, se forma por medio de capas por donde discurre el agua subterránea (Charman, 2009).

d) Constituyentes mayoritarios

Son el grupo de especies inorgánicas más abundantes de las aguas subterráneas, que representan el 90% del total de sólidos disueltos. En razón al estudio realizado, se consideraron en este grupo a los aniones (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-}) y los cationes (Na^+ , K^+ ; Ca^{2+} ; Mg^{2+}) (Sen, 2014).

e) Propiedades fisicoquímicas

Son parámetros que nos entregan información sobre la naturaleza de las especies químicas y las características físicas de un cuerpo de agua. Sirven para evaluar la calidad de diferentes tipos de agua y por lo general, se miden en campo, para obtener un valor más real. Las variables aplicadas al estudio realizado, fueron la temperatura, conductividad eléctrica y el pH (Samboni, Carvajal y Escobar, 2007).

f) Formación geológica

Es la unidad base de la litoestratigrafía. Son cuerpos rocosos con características propias que la diferencian de los demás. Representan un área extensa, que le permite ser identificado en un mapa. Está constituida por miembros (una o más capas) y en conjunto integra los grupos (Guerrero y Bravo, 2011).

g) Humificación

Conjunto de procesos químicos, físico y biológicos que descomponen la materia orgánica (plantas) y cuyos restos al combinarse con los minerales del suelo, forman el humus, que presenta como principal componente, el ácido húmico (Alegre, García, Vega, Lao y Guerra, 2014).

APÉNDICES

APÉNDICE 1: MÉTODOS NORMALIZADOS PARA ANÁLISIS DE AGUA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
 Departamento de Recursos Hídricos
LABORATORIO DE AGUA SUELO MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima, Email: las-fla@lamolina.edu.pe



MÉTODOS NORMALIZADOS PARA AGUA POTABLE Y RESIDUAL

APHA, AWWA, WPCF

Descripción de Análisis	Método:
Microelementos: Fe, Cu, Zn	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 3111B pag. 3-21 Fe LD = 0.02 mg/L, Cu LD = 0.09 mg/L, Zn LD = 0.005 mg/L
Elementos Pesados: Pb, Cd, Cr	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 3111B pag. 3-21 Pb LD = 0.05, Cd LD = 0.002 mg/L, Cr LD = 0.02 mg/L
Nitratos	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 4500 - NO ₃ B pag. 4-149, No indica
Dureza Total	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 2340 C pag. 2-58, No indica
Alcalinidad Total, Carbonatos	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 2320 B pag. 2-39 LD = 10 mg CaCO ₃ /L
Turbidez	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 2130 B pag. 2-14 LD = 0 NTU
Cloruros	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 4500 - Cl B pag. 4-77, No indica
Sulfatos	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 4500 - SO ₄ E pag. 4-233 LD = 1 mg SO ₄ ⁻² /L
pH	OPS/CEPIS/PUB/95.8 - 1995 Método del potenciómetro pag 18 LD = 0 - 14
Bicarbonatos	Método titulométrico, LD = No indica
CE	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 2510-B pag. 2-65 LD = 0 - 19 mS/cm
Sólidos Totales	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 2540 B pag. 2-80, LD = No indica
Sólidos Totales Disueltos secado a 180°C	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 2540 C pag. 2-81, LD = No indica
Sólidos Totales en suspensión secado a 103-105°C	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 2540 D pag. 2-83, LD = No indica
Boro	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 4500 - B pag. 4-9 LD = 0.2 µg/L
Magnesio	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 3500 - Mg-B, pag. 3-127 LD = 0.2 mg/L
Sodio	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 3500-Na. D pag 3-167 LD = 0.002 mg/L
Potasio	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 3500-K-B Pag 3-143 LD = 0.005 mg/L
Calcio	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 3500-Ca-B Pag 3-95 LD = 0.005 mg/L

APÉNDICE 2: SOLICITUD PARA EL ANÁLISIS DE AGUA (Cadena de custodia)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
 Departamento de Recursos Hídricos
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Telefax: 6147800 Anexo: 226 Lima, E-mail: las-fla@lamolina.edu.pe



SOLICITUD PARA ANALISIS DE AGUA - FINES AGRICULTURA N° SGC - _____ - 2018

LAB N°:

FECHA DE SOLICITUD: FECHA DE ACEPTACION:

NOMBRE ó RAZON SOCIAL:

DIRECCION:

RUC: TELEFONO: E-mail:

SOLICITANTE:

MUESTRA DE: N° DE MUESTRAS:

PROYECTO:

PROCEDENCIA:

PROFUNDIDAD:

PRESENTACION:

Si es un solo proyecto anotar si son varios llenar la hoja al reverso o anexar su lista

CANT. DE MUESTRA (ml): CANT. DE MUESTRA DIRIMENTE (ml):

PRECINTO: PERIODO DE CUSTODIA GUARDAR DESCARTAR

REFERENCIA:

N°	ANALISIS	PARAMETRO	CANT	P x M	TOTAL
1	COMPLETO DE RUTINA	Aniones, Cationes, pH, C.E., Boro		60.00	
2	MICRO ELEMENTOS	-Hierro -Cobre -Zinc -Manganeso		25.00 (c/u)	
3	ELEMENTOS PESADOS	-Plomo -Cadmio -Cromo		35.00 (c/u)	
4	NITRATOS			35.00	
5	OTROS	-Dureza -Alcalinidad -Sólidos en Suspensión -Turbidez		35.00 35.00 35.00 35.00	
PRECIO TOTAL					

OTROS:

MJLAGROS NJNA CORDOVA

 SOLICITANTE N° DNI
 NOMBRE:

 RECEPCIONADO POR

APÉNDICE 3: ANÁLISIS DE AGUA DEL MES DE MAYO

Análisis de agua del pozo MOY 2 (MAYO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe **Nº 007826**

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTA NOR YAUYS COCHAS
PROYECTO : Caracterización hidroquímica y su variabilidad espacio - temporal de las aguas subterráneas de los cofedales de la RPNYC- Sector Moyobamba
PROCEDENCIA : RPNYC, Junin, Canchayllo, Sector Moyobamba
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO	7826
Nº DE CAMPO	M-2
CE dS/m	0.46
pH	6.70
Calcio meq/l	3.25
Magnesio meq/l	1.15
Sodio meq/l	0.16
Potasio meq/l	0.07
SUMA DE CATIONES	4.62
Cloruro meq/l	0.54
Sulfato meq/l	0.60
Bicarbonato meq/l	3.62
Nitratos meq/l	0.00
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	4.75
SAR	0.11
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.12
Fierro mg/L	2.88
Cobre mg/L	<0.035
Zinc mg/L	0.03
Manganeso mg/L	0.13
Plomo mg/L	0.02
Cadmio mg/L	0.01
Cromo mg/L	<0.05

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 4 (MAYO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe **Nº 007827**

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTA NOR YAUYOS COCHAS
PROYECTO : Caracterización hidroquímica y su variabilidad espacio - temporal de las aguas subterráneas de los cofedales de la RPNYC- Sector Moyobamba
PROCEDENCIA : RPNYC, Junin, Canchayllo, Sector Moyobamba
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO		7827
Nº DE CAMPO		M-4
CE dS/m		0.30
pH		6.48
Calcio meq/l		1.88
Magnesio meq/l		0.91
Sodio meq/l		0.04
Potasio meq/l		0.10
SUMA DE CATIONES		2.93
Cloruro meq/l		0.62
Sulfato meq/l		0.34
Bicarbonato meq/l		1.96
Nitratos meq/l		0.00
Carbonatos meq/l		0.00
SUMA DE ANIONES		2.92
SAR		0.04
CLASIFICACION		C2-S1
Boro ppm		0.19
Fierro mg/L		1.35
Cobre mg/L		<0.035
Zinc mg/L		0.02
Manganeso mg/L		0.04
Plomo mg/L		<0.001
Cadmio mg/L		<0.005
Cromo mg/L		<0.05

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 10 (MAYO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe **Nº 007828**

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTA NOR YAUYOS COCHAS
PROYECTO : Caracterización hidroquímica y su variabilidad espacio - temporal de las aguas subterráneas de los cofedales de la RPNYC- Sector Moyobamba
PROCEDENCIA : RPNYC, Junin, Canchaylo, Sector Moyobamba
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de Mayo del 2017

N° LABORATORIO	7828
N° DE CAMPO	M-10
CE dS/m	0.49
pH	6.57
Calcio meq/l	3.60
Magnesio meq/l	1.17
Sodio meq/l	0.05
Potasio meq/l	0.03
SUMA DE CATIONES	4.84
Cloruro meq/l	0.66
Sulfato meq/l	0.56
Bicarbonato meq/l	3.59
Nitratos meq/l	0.00
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	4.81
SAR	0.03
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.18
Fierro mg/L	21.54
Cobre mg/L	<0.035
Zinc mg/L	0.08
Manganeso mg/L	3.69
Plomo mg/L	0.23
Cadmio mg/L	<0.005
Cromo mg/L	<0.05

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 14 (MAYO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe **Nº 007829**

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTA NOR YAUYS COCHAS
PROYECTO : Caracterización hidroquímica y su variabilidad espacio - temporal de las aguas subterráneas de los cofedales de la RPNYC- Sector Moyobamba
PROCEDENCIA : RPNYC, Junin, Canchayllo, Sector Moyobamba
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO	7829
Nº DE CAMPO	M-14
CE dS/m	0.40
pH	6.78
Calcio meq/l	2.73
Magnesio meq/l	1.07
Sodio meq/l	0.05
Potasio meq/l	0.08
SUMA DE CATIONES	3.93
Cloruro meq/l	0.78
Sulfato meq/l	0.51
Bicarbonato meq/l	2.65
Nitratos meq/l	0.00
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	3.94
SAR	0.04
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.08
Fierro mg/L	9.82
Cobre mg/L	<0.035
Zinc mg/L	0.15
Manganeso mg/L	3.00
Plomo mg/L	<0.001
Cadmio mg/L	0.01
Cromo mg/L	<0.05

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 20 (MAYO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe **Nº 007830**

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTA NOR YAUYOS COCHAS
PROYECTO : Caracterización hidroquímica y su variabilidad espacio - temporal de las aguas subterráneas de los cofedales de la RPNYC- Sector Moyobamba
PROCEDENCIA : RPNYC, Junin, Canchayllo, Sector Moyobamba
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO	7830
Nº DE CAMPO	M-20
CE dS/m	0.49
pH	6.54
Calcio meq/l	3.50
Magnesio meq/l	1.32
Sodio meq/l	0.15
Potasio meq/l	0.01
SUMA DE CATIONES	4.98
Cloruro meq/l	0.74
Sulfato meq/l	0.51
Bicarbonato meq/l	3.73
Nitratos meq/l	0.00
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	4.97
SAR	0.09
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.15
Fierro mg/L	25.64
Cobre mg/L	<0.035
Zinc mg/L	0.02
Manganeso mg/L	2.30
Plomo mg/L	<0.001
Cadmio mg/L	<0.005
Cromo mg/L	<0.05

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 22 (MAYO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe **Nº 007831**

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTA NOR YAUYS COCHAS
PROYECTO : Caracterización hidroquímica y su variabilidad espacio - temporal de las aguas subterráneas de los cofedales de la RPNYC- Sector Moyobamba
PROCEDENCIA : RPNYC, Junin, Canchayllo, Sector Moyobamba
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO	7831
Nº DE CAMPO	M-22
CE dS/m	0.43
pH	6.83
Calcio meq/l	3.44
Magnesio meq/l	0.68
Sodio meq/l	0.08
Potasio meq/l	0.03
SUMA DE CATIONES	4.22
Cloruro meq/l	0.58
Sulfato meq/l	0.20
Bicarbonato meq/l	3.58
Nitratos meq/l	0.00
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	4.36
SAR	0.06
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.08
Fierro mg/L	27.91
Cobre mg/L	<0.035
Zinc mg/L	0.03
Manganeso mg/L	2.43
Plomo mg/L	<0.001
Cadmio mg/L	<0.005
Cromo mg/L	<0.05

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO


 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 27 (MAYO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe **Nº 007832**

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTA NOR YAUYS COCHAS
PROYECTO : Caracterización hidroquímica y su variabilidad espacio - temporal de las aguas subterráneas de los cofedales de la RPNYC- Sector Moyobamba
PROCEDENCIA : RPNYC, Junin, Canchayllo, Sector Moyobamba
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de Mayo del 2017

N° LABORATORIO		7832
N° DE CAMPO		M-27
CE dS/m		0.43
pH		7.28
Calcio meq/l		2.93
Magnesio meq/l		1.26
Sodio meq/l		0.08
Potasio meq/l		0.03
SUMA DE CATIONES		4.30
Cloruro meq/l		0.47
Sulfato meq/l		0.63
Bicarbonato meq/l		3.31
Nitratos meq/l		0.03
Carbonatos meq/l		0.00
SUMA DE ANIONES		4.44
SAR		0.05
CLASIFICACION		C2-S1
Boro ppm		0.08
Fierro mg/L		7.37
Cobre mg/L		<0.035
Zinc mg/L		0.02
Manganeso mg/L		0.19
Plomo mg/L		<0.001
Cadmio mg/L		<0.005
Cromo mg/L		<0.05

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 31 (MAYO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe **Nº 007833**

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTA NOR YAUYS COCHAS
PROYECTO : Caracterización hidroquímica y su variabilidad espacio - temporal de las aguas subterráneas de los cofedales de la RPNYC- Sector Moyobamba
PROCEDENCIA : RPNYC, Junin, Canchayllo, Sector Moyobamba
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO		7833
Nº DE CAMPO		M-31
CE dS/m		0.51
pH		6.92
Calcio meq/l		3.93
Magnesio meq/l		1.12
Sodio meq/l		0.07
Potasio meq/l		0.03
SUMA DE CATIONES		5.15
Cloruro meq/l		0.50
Sulfato meq/l		2.20
Bicarbonato meq/l		2.45
Nitratos meq/l		0.03
Carbonatos meq/l		0.00
SUMA DE ANIONES		5.19
SAR		0.05
CLASIFICACION		C2-S1
Boro ppm		0.23
Fierro mg/L		14.70
Cobre mg/L		<0.035
Zinc mg/L		0.07
Manganeso mg/L		2.61
Plomo mg/L		<0.001
Cadmio mg/L		<0.005
Cromo mg/L		<0.05

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 37 (MAYO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe

Nº 007834

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTA NOR YAUYS COCHAS
PROYECTO : Caracterización hidroquímica y su variabilidad espacio - temporal de las aguas subterráneas de los cofedales de la RPNYC- Sector Moyobamba
PROCEDENCIA : RPNYC, Junin, Canchayllo, Sector Moyobamba
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO		7834
Nº DE CAMPO		M-37
CE dS/m		0.40
pH		6.84
Calcio meq/l		3.30
Magnesio meq/l		0.60
Sodio meq/l		0.08
Potasio meq/l		0.03
SUMA DE CATIONES		4.00
Cloruro meq/l		0.62
Sulfato meq/l		0.55
Bicarbonato meq/l		2.88
Nitratos meq/l		0.03
Carbonatos meq/l		0.00
SUMA DE ANIONES		4.08
SAR		0.05
CLASIFICACION		C2-S1
Boro ppm		0.25
Fierro mg/L		5.52
Cobre mg/L		<0.035
Zinc mg/L		0.02
Manganeso mg/L		1.91
Plomo mg/L		<0.001
Cadmio mg/L		<0.005
Cromo mg/L		<0.05

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 39 (MAYO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe **Nº 007835**

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTA NOR YAUYS COCHAS
PROYECTO : Caracterización hidroquímica y su variabilidad espacio - temporal de las aguas subterráneas de los cofedales de la RPNYC- Sector Moyobamba
PROCEDENCIA : RPNYC, Junín, Canchayllo, Sector Moyobamba
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO		7835
Nº DE CAMPO		M-39
CE dS/m		0.37
pH		6.89
Calcio meq/l		1.66
Magnesio meq/l		1.73
Sodio meq/l		0.20
Potasio meq/l		0.03
SUMA DE CATIONES		3.62
Cloruro meq/l		0.74
Sulfato meq/l		0.49
Bicarbonato meq/l		2.43
Nitratos meq/l		0.03
Carbonatos meq/l		0.00
SUMA DE ANIONES		3.68
SAR		0.15
CLASIFICACION		C2-S1
Boro ppm		0.27
Fierro mg/L		86.56
Cobre mg/L		<0.035
Zinc mg/L		0.06
Manganeso mg/L		3.39
Plomo mg/L		0.01
Cadmio mg/L		<0.005
Cromo mg/L		<0.05

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



APÉNDICE 4: ANÁLISIS DE AGUA DEL MES DE JULIO

Análisis de agua del pozo MOY 2 (JULIO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe **Nº 007985**

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS (RPNYC)
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica de bofedales altoandinos de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochás
PROCEDENCIA : Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochás-bofedal de Moyobamba -agua de pozo de bofedal
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de Agosto del 2017

Nº LABORATORIO	7985
Nº DE CAMPO	MOY-2
CE dS/m	0.54
pH	6.75
Calcio meq/l	3.77
Magnesio meq/l	1.15
Sodio meq/l	0.28
Potasio meq/l	0.13
SUMA DE CATIONES	5.33
Cloruro meq/l	0.47
Sulfato meq/l	1.44
Bicarbonato meq/l	3.36
Nitratos meq/l	0.00
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	5.31
SAR	0.18
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.00

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 4 (JULIO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe

Nº 007986

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS (RPNYC)
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica de bofedales altoandinos de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochás
PROCEDENCIA : Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochás-bofedal de Moyobamba -agua de pozo de bofedal
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévato Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de Agosto del 2017

Nº LABORATORIO	7986
Nº DE CAMPO	MOY-4
CE dS/m	0.48
pH	6.54
Calcio meq/l	3.14
Magnesio meq/l	1.54
Sodio meq/l	0.09
Potasio meq/l	0.14
SUMA DE CATIONES	4.90
Cloruro meq/l	0.51
Sulfato meq/l	1.54
Bicarbonato meq/l	2.85
Nitratos meq/l	0.00
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	4.92
SAR	0.06
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.00

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Teresa Velásquez Bejarano
 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 10 (JULIO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe

Nº 007987

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS (RPNYC)
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica de bofedales altoandinos de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochab
PROCEDENCIA : Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochab-bofedal de Moyobamba -agua de pozo de bofedal
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de Agosto del 2017

Nº LABORATORIO	7987
Nº DE CAMPO	MOY-10
CE dS/m	0.50
pH	6.73
Calcio meq/l	3.79
Magnesio meq/l	1.25
Sodio meq/l	0.10
Potasio meq/l	0.04
SUMA DE CATIONES	5.18
Cloruro meq/l	0.55
Sulfato meq/l	1.35
Bicarbonato meq/l	3.23
Nitratos meq/l	0.00
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	5.16
SAR	0.06
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.00

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 14 (JULIO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe

Nº 007988

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS (RPNYC)
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica de bofedales altoandinos de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochás
PROCEDENCIA : Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochás-bofedal de Moyobamba -agua de pozo de bofedal
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de Agosto del 2017

Nº LABORATORIO	7988	
Nº DE CAMPO	MOY-14	
CE	dS/m	0.59
pH		6.78
Calcio	meq/l	4.00
Magnesio	meq/l	1.58
Sodio	meq/l	0.15
Potasio	meq/l	0.08
SUMA DE CATIONES		5.81
Cloruro	meq/l	0.47
Sulfato	meq/l	1.12
Bicarbonato	meq/l	3.66
Nitratos	meq/l	0.00
Carbonatos	meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES		5.94
SAR		0.09
CLASIFICACION		C2-S1
Boro	ppm	0.00

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 20 (JULIO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe **Nº 007989**

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS (RPNYC)
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica de bofedales altoandinos de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas
PROCEDENCIA : Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas-bofedal de Moyobamba -agua de pozo de bofedal
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de Agosto del 2017

Nº LABORATORIO	7989
Nº DE CAMPO	MOY-20
CE dS/m	0.63
pH	6.88
Calcio meq/l	4.89
Magnesio meq/l	1.13
Sodio meq/l	0.22
Potasio meq/l	0.05
SUMA DE CATIONES	6.29
Cloruro meq/l	1.65
Sulfato meq/l	0.44
Bicarbonato meq/l	4.22
Nitratos meq/l	0.00
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	6.31
SAR	0.13
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.00

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Teresa Velasquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 22 (JULIO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe **Nº 007990**

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS (RPNYC)
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica de bofedales altoandinos de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochab
PROCEDENCIA : Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochab-bofedal de Moyobamba -agua de pozo de bofedal
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de Agosto del 2017

Nº LABORATORIO	7990
Nº DE CAMPO	MOY-22
CE dS/m	0.57
pH	6.76
Calcio meq/l	4.45
Magnesio meq/l	0.97
Sodio meq/l	0.20
Potasio meq/l	0.04
SUMA DE CATIONES	5.66
Cloruro meq/l	0.39
Sulfato meq/l	0.38
Bicarbonato meq/l	4.88
Nitratos meq/l	0.00
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	5.66
SAR	0.12
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.00

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Teresa Velásquez Bejarano
 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 27 (JULIO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe

Nº 007992

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS (RPNYC)
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica de bofedales altoandinos de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochás
PROCEDENCIA : Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochás-bofedal de Moyobamba -agua de pozo de bofedal
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de Agosto del 2017

Nº LABORATORIO	7992	
Nº DE CAMPO	MOY-27	
CE	dS/m	0.50
pH		7.02
Calcio	meq/l	4.05
Magnesio	meq/l	1.06
Sodio	meq/l	0.17
Potasio	meq/l	0.10
SUMA DE CATIONES		5.37
Cloruro	meq/l	0.39
Sulfato	meq/l	1.55
Bicarbonato	meq/l	3.32
Nitratos	meq/l	0.01
Carbonatos	meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES		5.27
SAR		0.10
CLASIFICACION		C2-S1
Boro	ppm	0.00

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 31 (JULIO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe

Nº 007991

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS (RPNYC)
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica de bofedales altoandinos de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochás
PROCEDENCIA : Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochás-bofedal de Moyobamba -agua de pozo de bofedal
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de Agosto del 2017

Nº LABORATORIO	7991
Nº DE CAMPO	MOY-31
CE dS/m	0.61
pH	7.08
Calcio meq/l	4.60
Magnesio meq/l	1.41
Sodio meq/l	0.11
Potasio meq/l	0.06
SUMA DE CATIONES	6.19
Cloruro meq/l	0.35
Sulfato meq/l	2.93
Bicarbonato meq/l	2.93
Nitratos meq/l	0.00
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	6.22
SAR	0.07
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.00

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Terésa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 37 (JULIO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe **N° 007993**

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS (RPNYC)
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica de bofedales altoandinos de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochás
PROCEDENCIA : Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochás-bofedal de Moyobamba -agua de pozo de bofedal
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de Agosto del 2017

N° LABORATORIO	7993
N° DE CAMPO	MOY-37
CE dS/m	0.38
pH	7.21
Calcio meq/l	3.09
Magnesio meq/l	0.58
Sodio meq/l	0.10
Potasio meq/l	0.05
SUMA DE CATIONES	3.83
Cloruro meq/l	0.24
Sulfato meq/l	0.34
Bicarbonato meq/l	3.28
Nitratos meq/l	0.00
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	3.87
SAR	0.07
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.00

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Teresa Velásquez Bejarano
 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 39 (JULIO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe

N° 007994

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS (RPNYC)
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica de bofedales altoandinos de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochás
PROCEDENCIA : Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochás-bofedal de Moyobamba -agua de pozo de bofedal
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de Agosto del 2017

N° LABORATORIO	7994
N° DE CAMPO	MOY-39
CE dS/m	0.35
pH	6.80
Calcio meq/l	1.33
Magnesio meq/l	1.95
Sodio meq/l	0.15
Potasio meq/l	0.05
SUMA DE CATIONES	3.47
Cloruro meq/l	0.35
Sulfato meq/l	0.38
Bicarbonato meq/l	2.72
Nitratos meq/l	0.00
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	3.48
SAR	0.12
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.00

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



APÉNDICE 5: ANÁLISIS DE AGUA DEL MES DE OCTUBRE

Análisis de agua del pozo MOY 2 (OCTUBRE)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008201

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS
PROYECTO : CARACTERIZACION HIDROQUIMICA
PROCEDENCIA : Reserva Paisajistica Nor Yauyos Cochas
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 12 de Octubre del 2017

Nº LABORATORIO	8201
Nº DE CAMPO	Bofedal Moyobamba (Moy - 2)
CE dS/m	0.59
pH	6.92
Calcio meq/l	3.95
Magnesio meq/l	1.40
Sodio meq/l	0.56
Potasio meq/l	0.03
SUMA DE CATIONES	5.94
Cloruro meq/l	0.94
Sulfato meq/l	1.36
Bicarbonato meq/l	3.61
Nitratos meq/l	0.02
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	5.93
SAR	0.34
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.04

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 4 (OCTUBRE)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008197

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS
 PROYECTO : CARACTERIZACION HIDROQUIMICA
 PROCEDENCIA : Reserva Paisajistica Nor Yauyos Cochabamba
 RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 12 de Octubre del 2017

Nº LABORATORIO	8197
Nº DE CAMPO	Bofedal Moyobamba (Moy - 4)
CE dS/m	0.58
pH	6.53
Calcio meq/l	3.79
Magnesio meq/l	1.64
Sodio meq/l	0.38
Potasio meq/l	0.05
SUMA DE CATIONES	5.85
Cloruro meq/l	1.18
Sulfato meq/l	1.87
Bicarbonato meq/l	2.80
Nitratos meq/l	0.01
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	5.86
SAR	0.23
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.12

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 10 (OCTUBRE)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008198

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYS COCHAS
 PROYECTO : CARACTERIZACION HIDROQUIMICA
 PROCEDENCIA : Reserva Paisajistica Nor Yauyos Cochab
 RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 12 de Octubre del 2017

Nº LABORATORIO	8198	
Nº DE CAMPO	Bofedal Moyobamba (Moy - 10)	
CE	dS/m	0.51
pH		6.72
Calcio	meq/l	4.16
Magnesio	meq/l	1.08
Sodio	meq/l	0.28
Potasio	meq/l	0.01
SUMA DE CATIONES		5.53
Cloruro	meq/l	1.83
Sulfato	meq/l	0.82
Bicarbonato	meq/l	2.80
Nitratos	meq/l	0.00
Carbonatos	meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES		5.46
SAR		0.17
CLASIFICACION		C2-S1
Boro	ppm	0.11

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 14 (OCTUBRE)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008199

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS
PROYECTO : CARACTERIZACION HIDROQUIMICA
PROCEDENCIA : Reserva Paisajistica Nor Yauyos Cochab
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 12 de Octubre del 2017

Nº LABORATORIO	8199
Nº DE CAMPO	Bofedal Moyobamba (Moy - 14)
CE dS/m	0.59
pH	6.73
Calcio meq/l	3.75
Magnesio meq/l	1.64
Sodio meq/l	0.48
Potasio meq/l	0.06
SUMA DE CATIONES	5.93
Cloruro meq/l	0.95
Sulfato meq/l	0.44
Bicarbonato meq/l	4.56
Nitratos meq/l	0.00
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	5.95
SAR	0.29
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.08

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 20 (OCTUBRE)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008193

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS
PROYECTO : CARACTERIZACION HIDROQUIMICA
PROCEDENCIA : Reserva Paisajistica Nor Yauyos Cochab
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 12 de Octubre del 2017

Nº LABORATORIO	8193
Nº DE CAMPO	Bofedal Moyobamba (Moy - 20)
CE dS/m	0.41
pH	6.69
Calcio meq/l	2.50
Magnesio meq/l	1.44
Sodio meq/l	0.45
Potasio meq/l	0.02
SUMA DE CATIONES	4.40
Cloruro meq/l	0.79
Sulfato meq/l	0.29
Bicarbonato meq/l	3.23
Nitratos meq/l	0.03
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	4.34
SAR	0.32
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.06

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 22 (OCTUBRE)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fla@lamolina.edu.pe



Nº 008194

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS
 PROYECTO : CARACTERIZACION HIDROQUIMICA
 PROCEDENCIA : Reserva Paisajistica Nor Yauyos Cochas
 RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 12 de Octubre del 2017

Nº LABORATORIO	8194
Nº DE CAMPO	Bofedal Moyobamba (Moy - 22)
CE dS/m	0.72
pH	6.60
Calcio meq/l	6.05
Magnesio meq/l	0.72
Sodio meq/l	0.43
Potasio meq/l	0.03
SUMA DE CATIONES	7.24
Cloruro meq/l	1.00
Sulfato meq/l	1.46
Bicarbonato meq/l	4.82
Nitratos meq/l	0.01
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	7.29
SAR	0.24
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.06

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 27 (OCTUBRE)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008202

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS
PROYECTO : CARACTERIZACION HIDROQUIMICA
PROCEDENCIA : Reserva Paisajistica Nor Yauyos Cochas
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 12 de Octubre del 2017

Nº LABORATORIO	8202
Nº DE CAMPO	Bofedal Moyobamba (Moy - 27)
CE dS/m	0.49
pH	7.00
Calcio meq/l	3.41
Magnesio meq/l	1.07
Sodio meq/l	0.32
Potasio meq/l	0.01
SUMA DE CATIONES	4.82
Cloruro meq/l	0.59
Sulfato meq/l	0.88
Bicarbonato meq/l	3.49
Nitratos meq/l	0.01
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	4.97
SAR	0.21
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.16

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 31 (OCTUBRE)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fla@lamolina.edu.pe



Nº 008200

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS
PROYECTO : CARACTERIZACION HIDROQUIMICA
PROCEDENCIA : Reserva Paisajistica Nor Yauyos Cochas
RESPONSABLE ANALISIS : ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 12 de Octubre del 2017

Nº LABORATORIO	8200
Nº DE CAMPO	Bofedal Moyobamba (Moy - 31)
CE dS/m	0.67
pH	6.69
Calcio meq/l	5.00
Magnesio meq/l	1.33
Sodio meq/l	0.34
Potasio meq/l	0.01
SUMA DE CATIONES	6.68
Cloruro meq/l	1.18
Sulfato meq/l	2.07
Bicarbonato meq/l	3.39
Nitratos meq/l	0.01
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	6.65
SAR	0.19
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.07

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 37 (OCTUBRE)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008196

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS
PROYECTO : CARACTERIZACION HIDROQUIMICA
PROCEDENCIA : Reserva Paisajistica Nor Yauyos Cochas
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 12 de Octubre del 2017

Nº LABORATORIO	8196	
Nº DE CAMPO	Bofedal Moyobamba (Moy - 37)	
CE dS/m		0.41
pH		7.04
Calcio meq/l		3.57
Magnesio meq/l		0.55
Sodio meq/l		0.38
Potasio meq/l		0.02
SUMA DE CATIONES		4.51
Cloruro meq/l		0.81
Sulfato meq/l		0.36
Bicarbonato meq/l		3.23
Nitratos meq/l		0.01
Carbonatos meq/l		0.00
SUMA DE ANIONES		4.40
SAR		0.26
CLASIFICACION		C2-S1
Boro ppm		0.06

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 39 (OCTUBRE)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fla@lamolina.edu.pe



Nº 008195

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS
 PROYECTO : CARACTERIZACION HIDROQUIMICA
 PROCEDENCIA : Reserva Paisajistica Nor Yauyos Cochab
 RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 12 de Octubre del 2017

Nº LABORATORIO	8195
Nº DE CAMPO	Bofedal Moyobamba (Moy - 39)
CE dS/m	0.60
pH	6.89
Calcio meq/l	4.16
Magnesio meq/l	2.02
Sodio meq/l	0.39
Potasio meq/l	0.03
SUMA DE CATIONES	6.60
Cloruro meq/l	1.35
Sulfato meq/l	0.13
Bicarbonato meq/l	5.12
Nitratos meq/l	0.01
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	6.62
SAR	0.22
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.08

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



APÉNDICE 6: ANÁLISIS DE AGUA DEL MES DE FEBRERO

Análisis de agua del pozo MOY 2 (FEBRERO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008602

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica y variabilidad espacio- temporal de los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba
PROCEDENCIA : Junín - Canchayo
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 27 de febrero de 2018

Nº LABORATORIO	8602
Nº DE CAMPO	MOY - 2
CE dS/m	0.56
pH	6.75
Calcio meq/l	4.00
Magnesio meq/l	1.34
Sodio meq/l	0.20
Potasio meq/l	0.03
SUMA DE CATIONES	5.57
Cloruro meq/l	0.37
Sulfato meq/l	1.13
Bicarbonato meq/l	4.13
Nitratos meq/l	0.01
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	5.64
SAR	0.12
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.08

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 4 (FEBRERO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008605

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica y variabilidad espacio- temporal de los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba
PROCEDENCIA : Junín - Canchayo
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 27 de febrero de 2018

Nº LABORATORIO	8605
Nº DE CAMPO	MOY - 4
CE dS/m	0.55
pH	6.46
Calcio meq/l	3.82
Magnesio meq/l	1.39
Sodio meq/l	0.08
Potasio meq/l	0.09
SUMA DE CATIONES	5.38
Cloruro meq/l	0.37
Sulfato meq/l	0.97
Bicarbonato meq/l	4.08
Nitratos meq/l	0.01
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	5.44
SAR	0.05
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.13

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 10 (FEBRERO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008598

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica y variabilidad espacio- temporal de los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba
PROCEDENCIA : Junín - Canchayo
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 27 de febrero de 2018

Nº LABORATORIO	8598
Nº DE CAMPO	MOY - 10
CE dS/m	0.59
pH	6.62
Calcio meq/l	4.54
Magnesio meq/l	1.17
Sodio meq/l	0.08
Potasio meq/l	0.02
SUMA DE CATIONES	5.81
Cloruro meq/l	0.49
Sulfato meq/l	0.49
Bicarbonato meq/l	4.92
Nitratos meq/l	0.01
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	5.90
SAR	0.05
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.10

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 14 (FEBRERO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008599

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYS COCHAS
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica y variabilidad espacio-temporal de los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba
PROCEDENCIA : Junín - Canchayo
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 27 de febrero de 2018

N° LABORATORIO	8599
N° DE CAMPO	MOY - 14
CE dS/m	0.41
pH	6.54
Calcio meq/l	3.10
Magnesio meq/l	0.85
Sodio meq/l	0.08
Potasio meq/l	0.05
SUMA DE CATIONES	4.07
Cloruro meq/l	0.16
Sulfato meq/l	0.85
Bicarbonato meq/l	3.06
Nitratos meq/l	0.01
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	4.08
SAR	0.05
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.10

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 20 (FEBRERO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fla@lamolina.edu.pe



Nº 008600

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica y variabilidad espacio-temporal de los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba
PROCEDENCIA : Junín - Canchayo
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 27 de febrero de 2018

Nº LABORATORIO	8600
Nº DE CAMPO	MOY - 20
CE dS/m	0.55
pH	6.60
Calcio meq/l	3.90
Magnesio meq/l	1.37
Sodio meq/l	0.20
Potasio meq/l	0.02
SUMA DE CATIONES	5.49
Cloruro meq/l	0.45
Sulfato meq/l	0.60
Bicarbonato meq/l	4.41
Nitratos meq/l	0.01
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	5.46
SAR	0.12
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.11

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 22 (FEBRERO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008604

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYS COCHAS
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica y variabilidad espacio- temporal de los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba
PROCEDENCIA : Junín - Canchayo
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 27 de febrero de 2018

Nº LABORATORIO	8604
Nº DE CAMPO	MOY - 22
CE dS/m	0.27
pH	7.03
Calcio meq/l	2.25
Magnesio meq/l	0.39
Sodio meq/l	0.07
Potasio meq/l	0.02
SUMA DE CATIONES	2.74
Cloruro meq/l	0.26
Sulfato meq/l	0.34
Bicarbonato meq/l	2.10
Nitratos meq/l	0.01
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	2.71
SAR	0.06
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.06

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 27 (FEBRERO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fla@lamolina.edu.pe



Nº 008606

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYS COCHAS
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica y variabilidad espacio- temporal de los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba
PROCEDENCIA : Junín - Canchayo
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 27 de febrero de 2018

Nº LABORATORIO	8606
Nº DE CAMPO	MOY - 27
CE dS/m	0.52
pH	6.90
Calcio meq/l	4.03
Magnesio meq/l	1.00
Sodio meq/l	0.16
Potasio meq/l	0.01
SUMA DE CATIONES	5.20
Cloruro meq/l	0.37
Sulfato meq/l	0.90
Bicarbonato meq/l	3.90
Nitratos meq/l	0.01
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	5.18
SAR	0.10
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.06

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 31 (FEBRERO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fla@lamolina.edu.pe



Nº 008607

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica y variabilidad espacio-temporal de los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba
PROCEDENCIA : Junín - Canchayo
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 27 de febrero de 2018

Nº LABORATORIO	8607
Nº DE CAMPO	MOY - 31
CE dS/m	0.55
pH	6.88
Calcio meq/l	4.26
Magnesio meq/l	0.88
Sodio meq/l	0.15
Potasio meq/l	0.01
SUMA DE CATIONES	5.30
Cloruro meq/l	0.37
Sulfato meq/l	1.62
Bicarbonato meq/l	3.52
Nitratos meq/l	0.01
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	5.53
SAR	0.09
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.12

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 37 (FEBRERO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008603

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYS COCHAS
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica y variabilidad espacio-temporal de los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba
PROCEDENCIA : Junín - Canchayo
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 27 de febrero de 2018

Nº LABORATORIO	8603
Nº DE CAMPO	MOY - 37
CE dS/m	0.38
pH	7.12
Calcio meq/l	3.12
Magnesio meq/l	0.63
Sodio meq/l	0.09
Potasio meq/l	0.01
SUMA DE CATIONES	3.85
Cloruro meq/l	0.20
Sulfato meq/l	0.22
Bicarbonato meq/l	3.39
Nitratos meq/l	0.00
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	3.81
SAR	0.07
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.12

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



Análisis de agua del pozo MOY 39 (FEBRERO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008601

ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : PATRONATO DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS
PROYECTO : Caracterización Hidroquímica y variabilidad espacio-temporal de los bofedales altoandinos de la RPNYC, sector Moyobamba
PROCEDENCIA : Junín - Canchayo
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 27 de febrero de 2018

Nº LABORATORIO	8601
Nº DE CAMPO	MOY - 39
CE dS/m	0.34
pH	6.64
Calcio meq/l	1.83
Magnesio meq/l	1.28
Sodio meq/l	0.08
Potasio meq/l	0.02
SUMA DE CATIONES	3.21
Cloruro meq/l	0.30
Sulfato meq/l	0.34
Bicarbonato meq/l	2.78
Nitratos meq/l	0.02
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	3.44
SAR	0.06
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.10

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



APÉNDICE 7: CONVERSIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL POZO MOY 2

(MES DE MAYO)

- Conversión del ion Ca^{2+} (De meq/l a mg/l)

$$Ca^{2+} = \frac{(3.25) \times (40.0)}{2} = 65.0$$

- Conversión del ion SO_4^{2-} (De meq/l a mg/l)

$$SO_4^{2-} = \frac{(0.60) \times (96.0)}{2} = 28.8$$

- Conversión del ion Mg^{2+} (De meq/l a mg/l)

$$Mg^{2+} = \frac{(1.15) \times (24.3)}{2} = 14.0$$

- Conversión del ion Na^+ (De meq/l a mg/l)

$$Na^+ = \frac{(0.16) \times (22.9)}{1} = 3.7$$

- Conversión del ion K^+ (De meq/l a mg/l)

$$K^+ = \frac{(0.07) \times (39.0)}{1} = 2.7$$

- Conversión del ion Cl^- (De meq/l a mg/l)

$$Cl^- = \frac{(0.54) \times (35.4)}{1} = 19.1$$

- Conversión del ion HCO_3^- (De meq/l a mg/l)

$$HCO_3^- = \frac{(3.62) \times (61.0)}{1} = 220.8$$

- Conversión del ion CO_3^{2-} (De meq/l a mg/l)

$$CO_3^{2-} = \frac{(0.0) \times (60.0)}{2} = 0$$