Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Educación
Unidad de Posgrado

Educación ambiental en la enseñanza de la química analítica cuantitativa para estudiantes de química. Universidad Nacional Mayor De San Marcos 2019-1

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Educación con mención en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible

AUTOR

Elizabeth Norma ESPINOSA DESCALZO

ASESOR

Dr. Jorge Leoncio RIVERA MUÑOZ

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Espinosa, E. (2023). *Educación ambiental en la enseñanza de la química analítica cuantitativa para estudiantes de química. Universidad Nacional Mayor De San Marcos 2019-1*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Educación, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Elizabeth Norma Espinosa Descalzo
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07940350.
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-9592-5342
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Jorge Leoncio Rivera Muñoz
Tipo de documento de identidad	**DNI**
Número de documento de identidad	08742823
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-8202-0691
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Abelardo Rodolfo Campana Concha
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10372562.
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Giovanni Jeffrey Corvetto Castro
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09885052
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Ana María Isabel Víchez Huerto
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07960814

Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	No aplica
Tipo de documento	No aplica
Número de documento de identidad	No aplica
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.O.2 Medio Ambiente y Tecnologías limpias
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos y sus coordenadas geográficas Edificio: Facultad de Química e Ingeniería Química País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Latitud: -12.05819215 Longitud: -77.0189181894387
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Abril 2017 - Julio 2019
URL de disciplinas OCDE	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.04.07

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América
Facultad de Educación
Vicedecanato de Investigación y Posgrado – Unidad de Posgrado

Acta de Sustentación de Tesis para Optar el Grado Académico de Magister en Educación con mención en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible.

Siendo las 10:00 horas del día 30 de noviembre de dos mil veintitrés, en la sala grados, el Jurado de Tesis conformado por los siguientes docentes:

Presidente : Dr. Abelardo Rodolfo Campana Concha

Miembro : Dra. Ana María Isabel Vílchez Huerto

Miembro : Dr. Giovanni Jeffrey Corvetto Castro

Asesor(a) : Dr. Jorge Leoncio Rivera Muñoz

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada **EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA ANALÍTICA CUANTITATIVA PARA ESTUDIANTES DE QUÍMICA. UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS 2019-1,** presentada por la bachiller **ELIZABETH NORMA ESPINOSA DESCALZO** egresada del programa de Maestría en Educación con mención en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible.

Concluida la sustentación, los miembros del Jurado de Tesis procedieron a formular sus preguntas las que fueron absueltas por la graduanda; acto seguido se procedió con la evaluación correspondiente. En forma colegiada, el jurado asigno el calificativo:

Dieciocho (18), aprobado por destacado

Aprobada la sustentación de la tesis, el jurado evaluador recomienda al Consejo de Facultad que se apruebe el otorgamiento de Grado Académico de Magister en Educación con mención en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible a doña **ELIZABETH NORMA ESPINOSA DESCALZO**.

Siendo las **11:05** horas, se levantó la sesión.

Se deja constancia del acto mediante las firmas del jurado de sustentación y asesor de la tesis en la presente acta:



Dr. Abelardo Rodolfo Campana Concha
Presidente



Dr. Giovanni Jeffrey Corvetto Castro
Jurado Informante



Dra. Ana María Isabel Vílchez Huerto
Jurado Informante



Dr. Jorge Leoncio Rivera Muñoz
Asesor

70-28-23

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Jorge Leoncio Rivera Muñoz en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen Virtual N° 062-DUPG-FE-2020-TR de la tesis, cuyo título es EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA ANALÍTICA CUANTITATIVA PARA ESTUDIANTES DE QUÍMICA. UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS 2019-1, presentado por el bachiller ESPINOSA DESCALZO ELIZABETH NORMA para optar el grado académico de Magister en Educación con mención en EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según larevisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documentoevaluado cuenta con el porcentaje de 16 % de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuarcon los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado/ título/ especialidad correspondiente.

Firma de Asesor



DNI: 0874823

Nombre y Apellidos del asesor: JORGE RIVERA MUÑOZ

DEDICATORIA

A Dios, cuya forma visible es la Naturaleza a la cual debemos valorar, conocer y vivir en ella con armonía.

A mis queridos padres Vicente Emilio Espinosa Zapata y Angélica Victoria Descalzo Zárate de Espinosa, quienes lograron mucho con muy poco, enseñándonos la importancia de la disciplina, la responsabilidad, la sobriedad, sin descuidar el amor por todos sus hijos.

A mi querido y recordado hijo Marco Alberto Peralta Espinosa, quien dejó una huella muy profunda en nosotros en sus breves 19 años de vida.

A mis recordados hermanos Victoria, Vicente, Nancy, Wilfredo y Walter, Dios los tenga en su gloria.

AGRADECIMIENTO

A mi hija Angélica Lucía Peralta Espinosa de Ungaro por su constante apoyo y cariño, por ser mi compañera incondicional en todo momento, lugar y circunstancia.

A mi hermana Virginia Angélica Espinosa Descalzo, por estar pendiente de nuestra familia siempre.

A mis colegas docentes de la FQIQ, Química María Angélica Rodríguez Best y al Ingeniero Fernando Anaya Meléndez por su apoyo académico.

A los Ingenieros Químicos Manuel Augusto Yáñez López y Raúl Armando Zamudio Castillo e integrantes del Grupo ITECTARI, por apoyar todas nuestras iniciativas en investigación aplicada para el desarrollo sostenible.

Al doctor Luis Raygada Echevarría, por su amistad y propuesta visionaria al presentar como Proyecto de Tesis “El Ambiente como sujeto de Derecho” que no fuera aceptado en su oportunidad.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA ..... **i**
AGRADECIMIENTO ..... **ii**
Lista de Figuras ..... **vi**
Lista de Tablas ..... **vii**
Resumen **1**
Summary **2**
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN **3**
1.1 Situación Problemática **3**
1.2 Formulación del Problema **8**
1.2.1 Problema General 8
1.2.2 Problemas Específicos 8
1.3 Justificación Teórica **8**
1.4 Justificación práctica **10**
1.4.1 Económicos 10
1.4.2 Cuidado de la Salud 11
1.4.3 Formación integral 11
1.5 Objetivos de la Investigación **12**
1.5.1 Objetivo general 12
1.5.2 Objetivos específicos 12
1.6 Hipótesis de la Investigación **12**
1.6.1 Hipótesis general 12
1.6.2 Hipótesis específica 13
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO **14**
2.1 Marco Filosófico o Epistemológico de la Investigación **14**
2.2 Antecedentes de la investigación **15**
2.2.1. De autores internacionales 15

2.2.2 De autores nacionales 16
2.3 Base Teórica 18
2.3.1 Respecto a la variable independiente Educación Ambiental 18
2.3.2 Variable dependiente 26
2.4 Glosario de Términos 40
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA 49
3.1 Operacionalización de las Variables 49
3.2 Tipo y Diseño de la Investigación 49
3.3 Población y muestra. 51
3.3.1. Tamaño de Muestra 51
3.3.2. Selección de Muestra 51
3.4 Instrumentos de Recolección de Datos 52
3.4.1 El Lugar 53
3.4.2 Asuntos a Tratar: 53
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 54
4.1 Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados. 54
4.1.1 Resultados Analíticos, ambientales y económicos 54
4.1.2 Resultados Pedagógicos y formativos 56
4.2 Pruebas de Hipótesis 57
4.2.1 Problema general 57
4.2.2 Problema Específico 59
4.2.3 Prueba de hipótesis de estudio 65
4.2.4 Resultados Descriptivos y Prueba de Hipótesis General 67
4.3 Presentación de resultados 69
CONCLUSIONES 71
RECOMENDACIONES 73
BIBLIOGRAFÍA 75

Anexos **84**

Lista de Figuras

Figura 1 Relación entre Variables Investigativas 50

Figura 2 Comparación entre Datos de Pos test del Grupo de Control y Experimental . 58

Figura 3 Diagrama Piramidal de las Comparaciones entre las Calificaciones de los Grupos 59

Figura 4 Comparación entre los Datos del Pos test del Grupo de Control y Experimental de la Dimensión Vinculada con los Cálculos..... 61

Figura 5 Comparación entre los Datos entre el Pos test del Grupo de Control y Experimental de la Dimensión Leyes del Equilibrio..... 63

Figura 6 Comparación entre los Datos entre el Pos test del Grupo de Control y Experimental de la Dimensión Síntesis en la interpretación 65

Lista de Tablas

Tabla 1 Tipificación de la Variable: "Educación Ambiental" 50

Tabla 2 Tipificación de la Variable: "Enseñanza de la Química Analitica Cuantitativa para estudiantes de la EPQuimica de la UNMSM"..... 51

Tabla 3 Comparación del Consumo y Ahorro de Reactivos de los Métodos Actual (A) y el Propuesto (P)..... 55

Tabla 4 Resultados Analíticos, Determinación Gravimétrica del Sulfato en 3 Semestres Consecutivos..... 56

Tabla 5 Tabla Cruzada Aprendizaje de Química Analítica Cuantitativa* grupos 57

Tabla 6 Niveles Comparativos entre los Grupos de Estudio de la Dimensión Vinculación con los Cálculos 60

Tabla 7 Niveles Comparativos entre los Grupos de Estudio de la Dimensión Leyes del Equilibrio 62

Tabla 8 Niveles Comparativos entre los Grupos de Estudio de la Dimensión Síntesis en la Interpretación..... 64

Tabla 9 Prueba de Normalidad de la Variable Dependiente y sus Dimensiones..... 66

Tabla 10 Niveles Comparativos entre los Grupos de Estudio de la Dimensión Conogscitiva..... 67

Educación Ambiental en la Enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa para Estudiantes de Química: Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2019-1

Autor: Elizabeth Norma Espinosa Descalzo

Resumen

La presente investigación de diseño cuasi experimental con un grupo control, buscó evaluar la influencia de un programa de educación ambiental en la enseñanza del curso Química Analítica Cuantitativa para los estudiantes de Química, mediante la aplicación de conceptos básicos del curso como la estequiometría y el equilibrio químico, asociados al principio de minimización en la fuente, para estimar las cantidades mínimas de los reactivos y ejecutar la "Determinación gravimétrica de sulfato por precipitación como sulfato de bario en una muestra de yeso"; así se demostró que es posible minimizar los impactos ambientales que afectan la salud de docentes y estudiantes al reducir la cantidad de los reactivos, sus costos, los efluentes y las emisiones volátiles nocivas durante el desarrollo de las prácticas. Todos los grupos aplicaban la guía de prácticas sin modificaciones igual que el grupo control (2017-1) y la autora estudió la influencia de tales cambios en el aprendizaje del curso, mediante la evaluación de los informes de prácticas de los estudiantes de los semestres 2018-1 y 2019-1 frente a los del grupo control bajo la misma rúbrica. El tratamiento estadístico de las evaluaciones arrojó una diferencia significativa por comparación de ambas medianas por la prueba no paramétrica U de Mann Whitney, al obtener un valor p de 0.022, menor que el nivel de significación de prueba de 0.05, que permite rechazar la hipótesis nula, corroborando que la aplicación de un programa de educación ambiental tiene influencia positiva en el aprendizaje del curso de la Química Analítica.

Palabras clave: educación ambiental, impactos en la salud, minimización de impactos, minimización de reactivos, enseñanza de la química analítica.

Environmental Education in the Teaching of the Quantitative Analytical Chemistry for Chemistry Students.Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2019-1

Author: Elizabeth Norma Espinosa Descalzo

Summary

The present investigation of quasi-experimental with a control group sought to evaluate the influence of an environmental education program on the teaching of the Quantitative Analytical Chemistry course for Chemistry students, through the application of basic concepts of the course such as stoichiometry and the chemical balance, associated with the principle of minimization at the source, to estimate the minimum amounts of reagents to perform the "Gravimetric determination of sulfate by precipitation as barium sulfate in a gypsum sample", she demonstrated that it is possible to minimize the environmental impacts that they affect the health of teachers and students by reducing the amount of reagents, their costs, effluents and harmful volatile emissions during the development of practices. All the groups applied the practice guide without modifications the same as the control group (2017-1) and the author studied the influence of such changes on the learning of the course, by evaluating the practice reports of the students of the semesters 2018-1 and 2019-1 compared to those of the control group with the same rubric. The statistical treatment of the evaluations shows a significant difference when comparing both medians by the non-parametric Mann Whitney U test, obtaining a p value of 0.022, less than the test significance level of 0.05, which allows rejecting the null hypothesis, corroborating that the application of an environmental education program have a positive influence on the learning of the Analytical Chemistry course.

Key words: environmental education, health impacts, minimization of impacts, minimization of reagents, analytical chemistry teaching.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática

Desde la antigüedad durante el surgimiento de la alquimia los primeros practicantes recurrieron a la mezcla y combinación de varios elementos aún con total desconocimiento de las propiedades de éstos y de las consecuencias ambientales de las reacciones entre ellos. Cuando Mendeleiev organizó los elementos en su tabla periódica según varios criterios como los grupos, periodos, números y pesos atómicos, el desarrollo de la química como ciencia llevó consigo aparejado el trabajo de laboratorio en que se originaron varias reacciones químicas que siempre tuvieron aplicación en la vida del hombre. Estas aplicaciones fueron y siguen siendo diversas en el campo de la industria de todo tipo, la alimentación, la medicina, y otras ramas más que le siguen siendo útiles a la humanidad; sin embargo, desde el siglo XX hasta la fecha, las grandes industrias químicas llevaron a un desenfrenado aumento de la producción, que causaron graves impactos en el medio ambiente.

Conocidas son las consecuencias sufridas en los mares por derrames petroleros que han causado millones de muertes a innumerables especies marinas así como también el vertimiento de desechos químicos de todo tipo en los ríos que son los principales abastecedores de agua en las ciudades y finalmente la contaminación atmosférica provenientes de industrias que arrojan en forma de gases y suspensiones coloidales sus desechos a la atmósfera, cuestión a la que se le atribuye influencia en el cambio climático actual.

Tales consecuencias nocivas se siguen multiplicando por la falta de conciencia ecológica entre otras cosas, que conlleva en la práctica el hecho de no tomar las medidas correspondientes para aplicar de forma consecuente y programada los avances tecnológicos que, en sus inicios sólo estaban enfocados al aspecto cuantitativo y consumista ante el incremento demográfico. Sumado a esto, están el despilfarro y desvalorización de los recursos, cuestión que ha hecho colapsar muchos sistemas naturales, así como la extinción de variadas especies tanto animales como vegetales.

Ante tal problemática**,** se han manifestado los ciudadanos afectados y diversas organizaciones mundiales como el Programa de las Naciones Unidas (ONU) para el Medio ambiente **(**PNUMA) con el propósito de comprometer a los estados de los países miembros a seguir planes de trabajo que incluyen medidas de afrontamiento de los problemas de la contaminación global creciente,

relacionadas con los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales tienen como pilar a la Educación Ambiental (EA); así se puede afirmar que la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) es aquella que motiva, prepara e involucra a las personas y grupos sociales en la reflexión sobre el modo de vida y sus consecuencias, en la toma de decisiones informadas y en el establecimiento de rutas que nos conduzcan hacia un mundo más sostenible. La EDS implica un aprendizaje para el cambio dirigido a toda la sociedad, desde los niños y jóvenes hasta los adultos; se entiende que el DS es un proceso de gestión adaptativa y de sistemas de pensamiento que precisan creatividad, flexibilidad y reflexión crítica.

(ONU, 2023) Durante la conferencia de Biodiversidad de la ONU(2023) la Universidad de Oxford y el PNUMA lanzaron una nueva iniciativa mundial para impulsar al sector de la educación superior hacia un futuro más ecológico como parte del Decenio de las Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas y ya existe una red denominada Nature Positive Universities Alliance con 117 universidades comprometidas que han comenzado a evaluar su impacto ambiental para establecer acciones a la medida para la reducción de su huella ecológica y 408 universidades se han contactado con dicha red, con el fin de lograr campus más ecológicos apoyados por un programa global de embajadores estudiantiles. Asimismo, la Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Organización de los Estados Americanos (OEA) en la reunión de su Programa de Cooperación para promover el DS, han publicado en enero del 2023 la Nueva Guía de Educación Ambiental para la América Latina y el Caribe (ALC) que se enfoca en acciones por la Naturaleza y el clima y contra la contaminación.

(Sagasti, Francisco, 1993) En el caso del Perú, país rico en recursos minerales y notable biodiversidad, la contaminación es agravada por su modelo de desarrollo económico primario exportador que resulta en desventaja al importar productos con mayor valor agregado que superan sus ingresos por la venta de sus materias primas; además, los ingresos generados no se han invertido en el desarrollo industrial que aporte valor agregado a las exportaciones, que reduzca la importación de bienes manufacturados y disminuyan la vulnerabilidad externa del país; medidas que optimicen el sistema educativo para conducir a la toda la población hacia un desarrollo socio económico equitativo que le permita enfrentar a la competencia internacional.

(Mark Dourojeanni, 2016) Ráez y Dourojeanni (2016) hacen un intento de priorizar los problemas ambientales que afronta el Perú en función de cinco criterios: relevancia socioeconómica, relevancia política, la extensión afectada, la complejidad, las oportunidades para resolver los

problemas y el atractivo mediático en un contexto electoral; en base a tales criterios y la información actualizada se ha elaborado el resumen que se da a continuación.

(Banco Mundial, 2023) En base al informe del Banco Mundial (2023) y la obra de Ráez y Dourojeanni, se propone la relación siguiente, consolidando varios de los problemas por estar interrelacionados:

- Una deficiente gestión de los bosques que representan más del 60% del territorio nacional, conduce a pérdidas de biodiversidad por sobreexplotación de los recursos forestales y destrucción directa de los bosques para dedicarlos a la agricultura intensiva o a la minería formal o informal. La desforestación por la tala ilegal y cambio de uso de la tierra atenta contra los derechos de propiedad de los pueblos originarios y los desplaza hacia otras partes de territorio como las zonas urbanas en las que sobreviven en condiciones de pobreza extrema, agravando la problemática por sobrepoblación de las ciudades: 80% de la población del Perú es urbana. Esta situación se debe a un deficiente sistema de titulación y registro de las comunidades nativas por falta de una visión estatal territorial de la propiedad colectiva, observándose que sigue pendiente implementar un registro completo y georreferenciado de las comunidades campesinas, mientras que los títulos de propiedad rural no suelen inscribirse en los registros públicos y no se cuenta con un catastro único de derechos otorgados sobre la tierra y de reglas para resolver conflictos de asignación de derechos.

-Deficiente gestión de los recursos hídricos por una gobernanza descoordinada, lo cual causa una degradación de las fuentes de agua dulce y cuencas hidrográficas al afectar los ecosistemas de cabeceras y nacientes por malas prácticas agropecuarias, actividades extractivas y deglaciación; contaminación de aguas dulces con efluentes sin tratar y/o con tratamiento deficiente, por residuos sólidos urbanos domésticos, industriales y extractivos; erosión de acuíferos y su contaminación con agroquímicos por la agricultura intensiva exportadora que consume el 89% del agua dulce. Solo el 64% de la población peruana recibe agua de calidad en su vivienda y el 43% cuenta con sistema de alcantarillado seguro. Existe un vínculo directo entre la calidad del agua y la salud, la desnutrición y la anemia impactan negativamente en el desarrollo cerebral de los niños, reduciendo sus posibilidades de acceder a mejores oportunidades laborales para reducir la pobreza.

-El crecimiento urbano excesivo y caótico por el desplazamiento de pobladores rurales a las ciudades sumados a los migrantes extranjeros y agravado por el obsoleto parque automotor que usa combustibles fósiles altamente contaminantes, han dado como resultado que el aire de las ciudades peruanas sea el de más baja calidad en América Latina seguido de Bolivia y superando

a Chile, Colombia, Brasil y México, según un estudio que ha cuantificado la concentración del material particulado menor o igual que 2,5 micras de diámetro (MP 2,5) en el aire de 6 475 ciudades de 170 países de todo el mundo. Perú se ubica en el lugar 26 (con 29,6 ug/m^3), Chile, 40 (21,7 ug/m^3), México, 51 (19,3 ug/m^3), Colombia, 72 (14,1 ug/m^3) y Brasil, 75 (13,6 ug/m^3). El MP 2,5 por su reducido tamaño es capaz de ingresar al aparato respiratorio y de ahí pasar al resto del organismo, causando diversos problemas para la salud a corto y largo plazo, desde enfermedades respiratorias a problemas cardiovasculares; el máximo debiera ser del orden de 5ug/m^3, según World Air Quality Report. (2022-2023).

(World Quality Report, 2022 - 2023) En Lima y otras ciudades de la costa, el material particulado se mantiene en el ambiente por la baja incidencia de lluvias, de acuerdo con Clima de cambios de la PUCP (2017). Como resultado del exceso de MP 2,5, el Perú tiene la mayor tasa de mortalidad por contaminación atmosférica en Sudamérica con 230 muertes por millón de habitantes según el MINAM (2014).

-Pasivos mineros y petroleros: Hay 8 616 pasivos mineros inventariados al 2015, la mayoría no cuentan con estudios de impacto ambiental ni reciben tratamiento.

Como puede notarse, la contaminación ya sea antropogénica o natural, está relacionada con las sustancias químicas y con todas las actividades que involucren su uso, por ende, los profesionales relacionados con la ciencia y tecnología químicas tienen el compromiso de minimizar tales impactos negativos y en ese sentido, la UNMSM mediante la Dirección General de Responsabilidad Social Universitaria (DGRS) promueve el cuidado del ambiente como parte de su política corporativa, en cumplimiento del acuerdo entre la UNESCO y el Sistema Nacional de Evaluación y Acreditación de la Calidad Educativa (SINEASE) del 26 de marzo de 2019.

Para atender los problemas mencionados es muy importante la conciencia ambiental, que es menester promover a través de la inclusión transversal de los conceptos y actividades de la EA en el currículo, de manera que se desarrolle una labor de sensibilización en las clases de los cursos y con mayor énfasis en aquellas carreras relacionadas con la Química y afines durante sus prácticas de laboratorio, dado que, los estudiantes serán los futuros profesionales encargados de dirigir los procesos fabriles e industriales de diversos tipos y, como lo indican los organismos mundiales entre los objetivos de la EA, dichos estudiantes deben desarrollar las aptitudes necesarias para resolver los problemas ambientales, los cuales son causados principalmente por la industria química, con el sector petróleo y derivados a la cabeza: gasolina, plásticos, detergentes, fertilizantes, plaguicidas y otros; seguido de los sectores textil y alimentario, éste representado por la agricultura y la ganadería intensivas; es más, en todos los

sectores va involucrado el aspecto de las emisiones generadas por el transporte de los insumos y productos, así como un excesivo consumo de agua, energía, materias primas y productos químicos.

En el caso de la universidad, el edificio de la FQIQ no tiene un sistema de desagües diferenciado en doméstico e industrial, por ello no hay facilidades para realizar el tratamiento previo a su descarga en el sistema de alcantarillado general; tampoco dispone de sistemas de ventilación-extracción eficientes que controlen los efectos contaminantes de los volátiles generados durante las prácticas. Además, se ha observado un uso excesivo de reactivos en varios de los métodos aplicados que incrementa la concentración de los contaminantes en los efluentes y las emisiones nocivas hacia el ambiente.

(Juana Sandivar, 2014) Sandívar y colaboradores (2014) monitorearon y evaluaron la contaminación y sus grados en los laboratorios de la FQIQ y su impacto en la salud de docentes, estudiantes y trabajadores, mediante el test de micronúcleos (Mn) que estudia muestras de células de la mucosa bucal del personal participante y control, comprobando que existe diferencia significativa en el grupo problema frente al grupo control conformado por sus pares de la Facultad de Letras, del efecto citogenético, citotóxico y apoptótico en la población problema, probablemente por la exposición crónica a sustancias químicas que dañan la integridad del ADN celular: las anormalidades citotóxicas se presentaron en mayor grado en los trabajadores de limpieza, seguida de los docentes y estudiantes.

Ante esta situación, la autora se ha propuesto realizar mejoras en la forma de desarrollar las prácticas de laboratorio para contribuir a la formación de químicos respetuosos del ambiente y de la legislación ambiental, que estén lo suficientemente capacitados para reducir el impacto negativo dentro de las prácticas, con proyección a realizarlo durante su desempeño profesional y, así contribuir a lograr los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) sin perder de vista que el objetivo prioritario del curso es el aprendizaje de la Química Analítica Cuantitativa, considerando que las innovaciones propuestas respecto al procedimiento sean motivadoras y tengan una influencia positiva en el aprendizaje de la asignatura.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

P: ¿Cuál es la influencia de la inclusión de un programa de Educación Ambiental en el aprendizaje de la Química Analítica Cuantitativa de los estudiantes de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Escuela de Química 2019-1?

1.2.2 Problemas Específicos

P1: ¿Cuál es la influencia de la inclusión de un Programa de Educación Ambiental en el aprendizaje en vinculación con los cálculos en los estudiantes del curso de la Química Analítica Cuantitativa en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos?

P2: ¿Cuál es la influencia de la inclusión de un Programa de Educación Ambiental en el aprendizaje de las leyes del Equilibrio Químico de los estudiantes del curso de la Química Analítica Cuantitativa en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos?

P3: ¿Cuál es la influencia de la inclusión de un Programa de Educación Ambiental en el aprendizaje en síntesis en la interpretación analítica en los estudiantes del curso de la Química Analítica Cuantitativa en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos?

1.3 Justificación Teórica

La investigación busca evaluar la influencia que la inclusión de un Programa de Educación Ambiental (PEA) podría tener en el aprendizaje de la Química Analítica Cuantitativa, y de manera colateral, en la formación de los futuros químicos como profesionales responsables, capaces de asumir el reto de reducir los impactos ambientales causados por sus actividades productivas, dado que los mayores responsables de la contaminación global son justamente los procesos y productos químicos de uso intensivo y sistemático como los combustibles fósiles, agroquímicos, fármacos, formulados para limpieza e higiene personal, plásticos y aditivos en general. Cabe mencionar que, a pesar de los graves problemas causados por la persistencia de los contaminantes emergentes, en la malla curricular de la Escuela Profesional de Química (EP Química) se promueve la síntesis de nuevas moléculas orgánicas y organometálicas, además de seguir un modelo tradicional de enseñanza descriptivo-memorística que no propicia un

aprendizaje profundo, reflexivo y crítico, sin tener en cuenta que se está formando a futuros científicos; el pensamiento crítico es esencial como punto de partida de cualquier proceso de mejora o de innovación.

(Emilia Moyano, 2007) Según Moyano, Encina y Vicente (2007) las investigaciones que evalúan los beneficios de la EA confirmarían que ésta mejora la calidad de la educación en general, el rendimiento académico y las habilidades de la ciudadanía, con efectos positivos sobre el mismo proceso de aprendizaje, en especial si los programas se enfocan de acuerdo con metodologías que promuevan el conocimiento mediante la exploración, el contacto directo con los problemas reales, que inviten al análisis reflexivo sobre las problemáticas cercanas a su entorno y sus posibles soluciones. La EA debería basarse en el aprendizaje activo y experiencial, enriquecido con una reflexión crítica y estimulante; sin embargo, la mayoría de los programas ambientales educacionales imparten muchos conocimientos científicos sobre los problemas ambientales, sus causas y efectos de forma general, omitiendo los procesos formativos.

(EPA, 2002) Con respecto a la EA en el campo químico, es importante considerar la evolución histórica de la Química: en la década de 1990 la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norte América (EPA) propuso un cambio radical en el enfoque de la práctica de la Química Industrial, llamado Química Verde (QV) o sostenible, que busca reducir el daño ambiental reemplazando materias primas tóxicas por alternativas de mínimo impacto, procesos con menor consumo de energía que generen menos desechos y como prioridad, la práctica de la minimización en la fuente, base de la ecoeficiencia. Esta tendencia se extendió al análisis químico como Química Analítica Verde (QAV), dado el gran éxito en la reducción de impactos ambientales y costos de la QV. La introducción de conceptos fundamentales de EA durante las prácticas de laboratorio es una de las formas sugeridas para optimizar los procedimientos analíticos y proteger la salud de todos los participantes durante el desarrollo de éstas, al igual que el ambiente, porque la resolución de los problemas ambientales no puede depender sólo de la tecnología, se debe educar promoviendo el cultivo de valores, actitudes, aptitudes y conductas de las personas y grupos hacia su entorno, de acuerdo con las declaraciones de la Primera Conferencia Intergubernamental sobre EA celebrada en Rusia (1977).

1.4 Justificación práctica

A mediados del semestre 2017-1 al faltar ácido clorhídrico concentrado (HCl, 12 M, reactivo controlado) para concluir las prácticas de laboratorio la autora y una colega emplearon ácido clorhídrico diluido (HCl, 6M) poniéndose en evidencia el uso excesivo del HCl 12M, surgiendo la idea de comprobar experimentalmente lo observado con la participación de los estudiantes para mayor validez estadística que respalde las mejoras que se propondrían en los procedimientos analíticos de la guía de prácticas. Asimismo, al percibir que la mayoría de problemas de salud que presentan los docentes, tenían entre sus causas la exposición a mayores emisiones por el uso excesivo de reactivos durante las prácticas en los laboratorios de la FQIQ y tales problemas seguían sin resolver a pesar de que los docentes son químicos e ingenieros, es que se planteó la presente investigación, como parte de un proceso de mejora continua promovida por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y por el Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa (SINEACE) como uno de los requisitos para la acreditación de la Facultad, que lleva a revisar y actualizar periódicamente los procedimientos con mentalidad crítica para proponer mejoras y dejar evidencias de los cambios realizados, los cuales no tendrían mayores costos al realizarse en las práctica por iniciativa de los docentes con la participación de los estudiantes.

Como resultado de la reducción de los reactivos al mínimo necesario, se logran múltiples beneficios, tales como:

1.4.1 Económicos

Reducción de costos de reactivos para las prácticas; se facilita los procesos de compras de reactivos controlados al tener un sustento técnico de sus requerimientos. Disminución de los costos por el traslado de los residuos peligrosos hacia los rellenos de seguridad de desechos químicos peligrosos, según la normativa de la Superintendencia de Transporte Terrestre (SUTRAN) para la gestión de residuos sólidos que se rige por la Ley 27314 del 21/7/2000 y su Reglamento aprobado por DS N.º 057-2004-PCM, el 24 de Julio de 2004. La UNMSM para cumplir la norma NTS 096-2012 contrata a una empresa gestora de residuos del sector Salud para llevar los desechos peligrosos de los laboratorios de sus diversas facultades, además de los establecimientos de atención de la salud. Asimismo, contribuye a retrasar la colmatación de tales rellenos sanitarios, que obligarían a implementar nuevos con costos crecientes al tener ubicaciones cada vez más lejanas de los centros de generación.

1.4.2 Cuidado de la Salud

Al disminuir las emisiones de volátiles se minimizan sus efectos sobre la salud de docentes, estudiantes y trabajadores administrativos.

1.4.3 Formación integral

Al incluir de manera transversal los conceptos y actividades de la EA en los sílabos de los cursos teóricos y prácticos, se desarrolla una labor de sensibilización aplicada para analizar, diagnosticar, proponer soluciones y resolver los problemas ambientales internos primero y no solo de forma teórica. Los futuros profesionales tendrían una mayor predisposición y capacitación para realizar una gestión ambiental en sus centros laborales optimizando sus procedimientos de laboratorio e industriales con beneficios económicos y ambientales de mayor impacto al reducir las emisiones de los procesos productivos, lo cual incrementa la posibilidad de tratar sus efluentes a menor costo, no solo para cumplir con los límites legales para su vertimiento, además para ser reutilizados en la misma empresa reduciendo la presión sobre los acuíferos así como pagar menos por el uso del alcantarillado general. De esa manera aportar a lograr el 6ºODS, agua para todos y a la ecoeficiencia fundamental para un desarrollo sostenible.

La seguridad en el manejo de sustancias peligrosas como las químicas es otro aspecto muy descuidado en el Perú, dada la frecuente ocurrencia de accidentes como fugas, derrames, incendios y explosiones de productos químicos en almacenes informales y/o durante su transporte en las ciudades y carreteras. La mayoría de la población desconoce las normas de seguridad en el manejo de productos peligrosos y no solo es responsabilidad de los organismos de gobierno, las instituciones educativas superiores y los Colegios Profesionales deberían contribuir a difundir y mejorar los criterios básicos del manejo seguro de los insumos químicos. La autora es miembro del Colegio de Químicos del Perú y docente en la FQIQ-UNMSM y observa con preocupación que sigue pendiente en la misma FQIQ la inclusión de los principios de la Química Verde, así como implementar las prácticas relacionadas con el manejo seguro de los reactivos químicos y de la disposición final de los desechos peligrosos.

Asimismo, entre las actividades no lectivas de los docentes como las de responsabilidad social (RSU), se pueden proponer proyectos de intervención como el presente, con la participación de estudiantes voluntarios, para investigar problemas diversos relacionados con el campo profesional y ofrecer propuestas de solución viables, ya sea en el aula, laboratorio o en alguna comunidad, bajo la modalidad del aprendizaje-servicio, contribuyendo a formar profesionales

proactivos, pensantes e interesados en conocer la realidad nacional y aportar al desarrollo sostenible.

1.5 Objetivos de la Investigación

1.5.1 Objetivo general

O: Determinar la influencia de la aplicación de un programa de Educación Ambiental en el aprendizaje de la Química Analítica Cuantitativa en los estudiantes de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Escuela de Química.

1.5.2 Objetivos específicos

O1: Determinar la influencia de la aplicación de un Programa de Educación Ambiental en el aprendizaje en vinculación con los cálculos de los estudiantes del curso de la Química Analítica Cuantitativa de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Escuela de Química.

O2: Determinar la influencia de la aplicación de un Programa de Educación Ambiental en el aprendizaje de las leyes del equilibrio químico en los estudiantes del curso de la Química Analítica Cuantitativa en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Escuela de Química.

O3: Determinar la influencia de la aplicación de un Programa de Educación Ambiental en el aprendizaje en síntesis de la interpretación analítica en los estudiantes del curso de la Química Analítica Cuantitativa en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Escuela de Química.

1.6 Hipótesis de la Investigación

1.6.1 Hipótesis general

Ho: La aplicación de un programa de Educación Ambiental influye en el aprendizaje en los estudiantes del curso de la Química Analítica Cuantitativa en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Escuela de Química.

1.6.2 Hipótesis específica

H1: La aplicación de un programa de Educación Ambiental, influye en el aprendizaje en vinculación de los cálculos en los estudiantes del curso de la Química Analítica Cuantitativa en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Escuela de Química.

H2: La aplicación de un programa de Educación Ambiental, influye en el aprendizaje en leyes del equilibrio de los estudiantes del curso de la Química Analítica Cuantitativa en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Escuela de Química.

H3: La aplicación de un programa de Educación Ambiental, influye en el aprendizaje en síntesis en la interpretación de los estudiantes del curso de la Química Analítica Cuantitativa en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Escuela de Química.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Filosófico o Epistemológico de la Investigación

(Nuñez, 2016) De acuerdo con Núñez (2016), la educación, como ciencia social, está involucrada en la formación e instrucción de los individuos de una sociedad; en el caso particular de la presente investigación se trata de incluir en las asignaturas de modo transversal la Educación Ambiental (EA), paradigma predominante en la situación actual, al punto que la ONU ha declarado que en el 2023 se inicia el Decenio de las Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas, que han sido afectados por las actividades antropogénicas relacionadas con la industria química principalmente, en especial con la explotación, procesamiento y uso de los combustibles fósiles que intervienen transversalmente en todas las actividades productivas, las industrias químicas y manufactureras como la textil, de curtiembres, fundiciones, cemento, entre otras.

(Sassen, 2015) De acuerdo con Sassen (2015) los procesos minero metalúrgicos generan emisiones tóxicas a escalas enormes causando deterioro ambiental severo; tanto la minería como la agricultura y ganadería intensivas promueven el cambio de uso de zonas como los bosques primarios de importancia vital para la vida y biodiversidad en el planeta, contribuyendo al desequilibrio ecosistémico, atentando contra el desarrollo sostenible y causando el desplazamiento de sus habitantes originarios hacia las ciudades, en las cuales sobreviven en condiciones de extrema pobreza agravando a su vez, los problemas urbanos.

Como se puede notar, los actuales procesos químicos industriales requieren cambios integrales para reducir sus impactos negativos. Para ello es necesario mejorar la formación de los químicos e ingenieros químicos, la que debe ser integral y podría basarse en el conocimiento y aplicación de los principios de la Química sostenible en las asignaturas teóricas y prácticas, además de la priorización de una investigación aplicada que busque optimizar los métodos analíticos y los procesos más contaminantes. En ese sentido, los llamados a proponer y promover tales investigaciones son los profesionales de la ciencia y tecnología química conformando equipos multidisciplinarios en sus centros de labores y en el caso de los docentes con sus estudiantes con intervenciones como las mencionadas, que podrían tener resultados de mayor envergadura si se establecen alianzas con la industria, minería y otros actores económicos, además del apoyo

estatal, como se propuso desde la década de 1990 en los países industrializados, cuyas universidades lo practican.

Para contribuir con los requerimientos del renovado perfil profesional del químico es importante promover la práctica del pensamiento crítico mediante una enseñanza activa, que plantee dudas, observaciones, discusión de las técnicas, procedimientos y resultados; que lleve a conclusiones para proponer mejoras en las técnicas, los métodos, modos de operar, reducción y/o reemplazo de reactivos de mayor impacto ambiental, minimización y manejo responsable de los residuos y efluentes y, como lo indica la EA, debe ser motivadora para lograr un aprendizaje más relevante a través de la búsqueda de soluciones a problemas reales que afectan directamente a los involucrados, así lograr aprendizajes más significativos mediante el análisis, contraste y reflexión, bajo un clima de confianza y seguridad personal, que propicie el deseo y la libertad de participar para aprender, sin temor a opinar, sugerir, preguntar u objetar.

2.2 Antecedentes de la investigación

2.2.1. De autores internacionales

(Riascos Forero, 2018) Riascos y Tupaz (2018) en su trabajo titulado Educación ambiental tratan sobre el manejo de residuos químicos nocivos en los laboratorios de química de la Universidad de Nariño, Colombia; los autores siguieron un modelo de educación ambiental (EA) para optimizar el manejo de los residuos químicos nocivos, mediante una metodología de tipo cuantitativa y descriptiva a la vez que consistió en el propio protocolo guía. Además, se aplicaron encuestas a los estudiantes, llegando a la conclusión de que un correcto uso de la EA incide positivamente en la salud y la protección del ecosistema.

(Juan Francisco Ayala Cabrera, 2020) Ayala-Cabrera, J., et.al. (2020) en su estudio titulado Implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos en Laboratorios de Química Analítica del Grado de Química, de la Universidad de Rioja, España, se trazaron como objetivo hacer un análisis de los aprendizajes basados en proyectos aplicados al laboratorio de Química Analítica, a través de una metodología basada en un enfoque constructivista que, al final se verificó mediante encuestas aplicadas a los estudiantes para luego compararla con otros grupos de la misma asignatura llegando a la conclusión de que este proyecto en su práctica ha permitido que los alumnos ganen en su pensamiento analítico aplicado a la asignatura.

(Yuleidis González Peréz, 2020) González-Pérez, Y., et. al. (2020) en su investigación de química analítica, titulada Evaluación Eco toxicológica de los residuales del Laboratorio de Química Analítica del Centro de Toxicología y Biomedicina de Santiago de Cuba, tuvo como objetivo la realización de ensayos toxicológicos y la evaluación del efecto que causan los residuales del laboratorio de química analítica en el ecosistema; el método empleado fue experimental a través de bioensayos sobre toxicidad aguda en cuatro concentraciones de residuales, llegando a la conclusión que tales residuales de las prácticas de química analítica arrojan resultados tóxicos para el hábitat acuático y terrestre.

(Baca Bocanegra, 2021-2022) Baca (2021 - 2022) en su estudio titulado Innovación docente aplicada a las prácticas de laboratorio de Química Analítica, de la Universidad de Sevilla, España, se propuso como objetivo mejorar cualitativamente el curso de química analítica para la facultad de ingeniería. El método consistió en el establecimiento de un modelo didáctico de aprendizaje mediante la enseñanza problémica integrando la investigación a la parte académica, se llegó a la conclusión de que a través de dicho modelo los alumnos se encontraron mejor capacitados para construir su propio conocimiento aplicando los elementos de la enseñanza problémica de tipo constructivista.

(Medina Rodríguez, 2021) Medina (2021) en su tesis titulada Evaluación del impacto ambiental de los vertimientos del laboratorio de química del Sena Centro de Gestión Industrial en Bogotá y alternativas de mitigación, se trazó como objetivo la evaluación de los impactos medio ambientales que generan las prácticas en el laboratorio de química, para minimizar los riesgos que provocan éstos, así como su peligrosidad. Se aplicó una metodología experimental verificando la peligrosidad de cada reactivo utilizado para evaluar su impacto. Una vez evaluado este impacto, se llegó a la conclusión de que es necesario ofrecer alternativas para estandarizar las prácticas en cada uno de los programas y agregar un programa que incluya la EA dentro del laboratorio de química.

2.2.2 De autores nacionales

(Bautista Ruiz, 2019) Bautista, Murga y Novo (2019) artículo titulado La Educación Ambiental en el S. XXI, Perú, los autores determinaron el objetivo de hacer un análisis histórico sobre la situación del cuidado ambiental hasta la actualidad, a través de un método descriptivo, donde emplearon una revisión sistemática, llegando a la conclusión de que todavía no existe sostenibilidad a nivel mundial lo suficientemente efectiva en este importante tema.

(Ruiz Pacco, 2019) Ruíz Pacco, G. (2019) en su tesis de maestría en Química por la Universidad Católica del Perú, diseñó un método analítico rápido y eco amigable para determinar diazepam

en tabletas por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) al reemplazar solventes peligrosos por una mezcla etanol: agua (70:30) y mejorar los parámetros cromatográficos; se comparó con el método analítico oficial de la Farmacopea de los Estados Unidos dando resultados satisfactorios; el desarrollo experimental fue realizado en los laboratorios de la UNMSM.

(Espinosa Descalzo, 2020) Espinosa (2020) en su artículo titulado Gestión Ambiental en la Enseñanza de la Química Analítica, se trazó como objetivo el hecho de actualizarse en los problemas ambientales para incorporar este tema en los cursos de química analítica cuantitativa. El artículo es de tipo descriptivo proposicional, ya que se sustenta en una serie de sugerencias a incluir dentro de la asignatura para optimizar un procedimiento analítico con los estudiantes en forma participativa, teniendo como resultado la formación de valores conductuales para influir de forma científica en su entorno, a la vez de despertar una conciencia ambiental en cuanto este importante tema que adquiere fuerzas a nivel global.

(Paz Quiroz, 2022) Paz Quiroz (2022) en su tesis Contaminación ambiental del agua servida por los reactivos químicos más utilizados en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Ucayali-Año 2020, hizo un estudio descriptivo para evaluar el grado de contaminación ambiental producida por el agua servida que contiene la descarga de los efluentes con los reactivos de mayor uso en el laboratorio de enseñanza en el año 2020 y compararla con la normativa nacional, sobrepasando los límites en el caso de los reactivos de mayor uso.

(Bolaños Narciso, 2022) Bolaños Narciso (2022) en su tesis “Sistema de gestión ambiental para el adecuado manejo de los residuos generados en el Laboratorio Físico Sensorial de la Empresa General Control Group” de la Universidad Nacional del Santa, buscó elaborar una propuesta para la gestión de los residuos generados en el laboratorio, los cuales son principalmente orgánicos y reciclables (hojalata, papel) con menor cantidad de residuos químicos; se propuso un programa de identificación, segregación, almacenamiento y disposición final de los residuos, el cual disminuyó el impacto ambiental en el aire.

Asimismo, las investigaciones mencionadas como antecedentes de la inclusión de los conceptos y prácticas de la EA en la enseñanza se basan en los principios y normativas ambientales que se han ido estableciendo en diversos países del mundo.

(Loayza Pérez, 2005) Cabe mencionar algunas experiencias iniciales que se han dado en el Perú y Latinoamérica con aportes relevantes: En la FQIQ-UNMSM se realizó un trabajo pionero de reducción de los reactivos en las prácticas de laboratorio (Loayza, Silva y Galarreta, 2005).

(Miranda Ruvalcaba, y otros, 2011) Otro grupo de investigadores de la Universidad UNAM Universidad Nacional Autónoma de México publicó en 2011, diversos trabajos sobre QAV, en especial un método para evaluar qué tan verde es un experimento, en vista que, muchos artículos que tratan sobre mejoras por aplicación de los principios de la QV resultaban cuestionables (Morales, Martínez, Reyes, Hernández, Arroyo, Obaya y Miranda, 2011).

(Llano, 2014) En México, Dosal y Llano (2014) abordan la didáctica de la Química Analítica bajo el enfoque de la QAV, considerando un conocimiento razonado de la reactividad química y el diseño de experiencias prácticas sobre equilibrio químico, aplicando técnicas usuales del análisis cuantitativo proponiendo cambios en los procedimientos según los principios de la QV, para iniciar al estudiante en el diseño de procesos químicos escalables a nivel industrial y, acordes con los requerimientos de un DS y tratando de reducir la formación de productos colaterales y desechos, así como establecer condiciones menos agresivas de procesamiento; resalta la importancia de la QAV que aporta mejoras a la misma disciplina y permite la predicción de reacciones a escala preparativa e industrial.

(Miguel de la Guardia, 2015) En España, el grupo investigador SOLINQUIANA del Departamento de Química Analítica de la Universidad de Valencia desarrolla, valida y aplica nuevos métodos analíticos instrumentales, basada en la QAV; reúne profesionales y estudiantes de Alemania, Brasil, Marruecos y otros. Desarrollan métodos analíticos para resolver problemas desde el control de la contaminación ambiental en aguas, aire, sedimentos y biota, hasta el aseguramiento de la calidad alimentaria y el diagnóstico clínico de enfermedades, además del análisis industrial. Buscan potenciar alternativas de preparación de muestras basadas en microondas y la extracción con ultrasonido, entre otros (de la Guardia, Pastor, Garrigues, Cervera, Morales y Armenta, 2015).

2.3 Base Teórica

2.3.1 Respecto a la variable independiente Educación Ambiental

(Sánchez, de la Garza-González, & Rodríguez, 2014) La educación ambiental (EA) es un proceso educativo que comprende actividades específicas para estudiar, resolver, mitigar y prevenir los problemas de carácter ambiental contribuyendo a lograr una conciencia y una actitud ambiental responsable necesarios para aportar al desarrollo económico sostenible, la mejora de la calidad de vida y el bienestar social, sin agotar los recursos naturales que lo sustentan ni deteriorar el

medio y/o el derecho de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades. El enfoque de la EA propuesto por los organismos mundiales en las universidades incorpora el concepto de campus sustentable que debería alcanzarse mediante procesos de gestión ambiental y, de acuerdo con los diversos estudios realizados en Latinoamérica que tratan sobre la conducta y el interés en relación con la problemática ambiental, se considera que el nivel de conocimiento y la información sobre el tema, determinan las actitudes y acciones en favor del medio ambiente (Sánchez, de la Garza, González y Rodríguez, 2014).

(Jose Manuel Barreiro Fernandez, 2002) Mientras Barreiro, López, Lozada y Ruzo (2002) encontraron que las personas con mayor conocimiento sobre los aspectos ecológicos son quienes manifiestan la mayor preocupación por éstos y sus consecuencias.

En base a los estudios mencionados se puede considerar los siguientes aspectos como los más relevantes de la variable independiente Educación ambiental:

2.3.1.1 Dimensión cognoscitiva relacionada con el grado de conocimiento de la problemática ambiental. (Baracho da Silva, 2010) Que tiene un efecto motivador y sensibilizador al estimular las actitudes proambientales impulsando a la persona a realizar determinadas acciones para conseguir los objetivos y persistir en el intento hasta alcanzarlos (Baracho da Silva, 2010), incluso se habla de grados de motivación o compromiso para explicar las diferencias en la intensidad del comportamiento y en el grado de respeto hacia el medio ambiente.

(V. Corral Verdugo, 2019) Asimismo, las actitudes proambientales influyen en el comportamiento individual o colectivo que busca de forma consciente proteger, cuidar y minimizar los impactos negativos sobre el medio ya sea natural o construido (Corral, Verdugo, Frías y García, 2019). La EA busca un cambio de relaciones del hombre con la Naturaleza por su valor intrínseco y no solo por su utilidad en la mejora de la calidad de la vida humana.

2.3.1.2 Dimensión afectiva. ***(Cortez, 2017)*** Que incluye la preocupación por los problemas ambientales y sus consecuencias para el planeta, los ecosistemas y los seres vivientes, además del grado en que se percibe la gravedad de tales problemas. En esta dimensión se puede considerar los valores como principios del pensamiento que se mantienen preconfiguradas en el cerebro en relación con la supervivencia de la especie humana, que desde un punto de vista psicológico propician una conducta de responsabilidad social (Cortez, Cabana, Vega, Aguirre y Muñoz, 2017).

(Miranda Murillo, 2013) Según Miranda Murillo (2013) los valores permiten establecer relaciones entre el grado de priorización de los problemas y los comportamientos con respecto a cada uno

de ellos; tales valores se basan en las necesidades universales que todo individuo y sociedad aspira a cubrir: a) Sus requerimientos como organismos biológicos; b) La necesidad de acciones sociales coordinadas y c) La necesidad de supervivencia y bienestar de los grupos de los que forma parte. Añade que, el deterioro ambiental y social constante ha sido causado por concepciones del mundo antropocentristas. En ese sentido la autora cita a Dunlap y Van Liere (1978) quienes desarrollaron el conocimiento del nuevo paradigma ambiental (NPA) que considera al ser humano como una de las especies del mundo natural y reconoce la interdependencia entre las diversas especies, como alternativa al antropocentrismo occidental antiecológico. El NPA propone la existencia de dos dimensiones o formas de relación con el entorno, el antropocentrismo y el egocentrismo que son evaluadas mediante una escala de valoración tipo Likert con 45 afirmaciones acerca de actitudes y conductas humanas con respecto al ambiente.

2.3.1.3 Las estrategias de la enseñanza y sus consecuencias sobre la conducta ambiental. La forma de orientar una enseñanza promotora de actitudes hacia conductas proambientales en los estudiantes se refiere a la manera de hacer llegar el contenido de sus asignaturas considerando que es lo que se busca que comprendan, por qué y con qué fin. Los factores que afectan negativamente el aprendizaje, se puede considerar una cultura organizacional tradicional opuesta a los cambios de las formas de enseñanza usuales, lo cual genera una resistencia que impide investigar y resolver las causas de una gestión educativa deficiente. Otro aspecto para tener en cuenta implica mejorar el espacio en el cual se desarrollan las actividades pedagógicas, enfatizando la importancia y los beneficios de mantener el orden y la limpieza, además de cuidar los recursos naturales y en el caso de los laboratorios, un ambiente interior adecuado para preservar la salud general, manipulando de forma segura los reactivos y materiales, así como los desechos durante las prácticas. Si una institución sólo prioriza que los estudiantes tengan mejores resultados académicos antes que propiciar cambios en su conducta ambiental, habrá mayores probabilidades que sus egresados demuestren una falta de compromiso y escasa preocupación ambiental; con consecuencias más negativas aún, al tratarse de profesionales relacionados con la manipulación de insumos químicos.

2.3.1.4 Evolución de los procesos productivos y sus impactos ambientales. (Valero, 2011) Desde 1950 las manifestaciones ciudadanas y acciones legales exigieron el control de los vertimientos industriales en los cuerpos de agua, suelos y atmosfera, estableciéndose las primeras disposiciones ambientales que obligaron a instalar plantas de

tratamiento para tratar los efluentes y filtros que mitiguen las emisiones; a este enfoque de control se denomina final de tubería, que si bien contribuye a disminuir la contaminación, resulta de alto costo, generando conflictos entre los industriales, que deben asumir los costos, siendo más económico y eficiente tratar emisiones de menor flujo y más baja concentración de carga contaminante (Valero y Uson, 2011).

El concepto de minimización de residuos en la fuente es más amplio y propone técnicas preventivas de la contaminación en la industria a partir de mejoras sustanciales en los procesos para reducir el grado de contaminación en cantidad y toxicidad; incluye medidas de planificación y operación técnica y económicamente factibles de los efluentes y residuos para ser tratados en sus instalaciones que cumplan con la legislación ambiental vigente; no aplican necesariamente tecnología de punta ni gran inversión y se enfoca en dos recomendaciones: (1) Diseñar nuevos procesos productivos o mejorar los actuales, para reducir los residuos mediante procesos más eficientes. (2) Reutilizar o reciclar los residuos en el próximo lote de producción o en otro proceso y/o después de usar el producto final.

(Cardona Gallo, 2006) Para iniciar un proceso de minimización llamado también gestión ambiental, se debe estudiar profundamente el proceso productivo y cada etapa o proceso unitario que lo conforma, así como sus interrelaciones, considerando que todo proceso productivo incluye la entrada de materias primas y salida de productos, residuos y emisiones. Se debe establecer, cuantificar y caracterizar los residuos, emisiones y vertidos generados; saber en dónde y por qué se generan, para después determinar en dónde y cómo actuar y finalmente, evaluar el costo de la mejora. La parte más importante es el principio básico de no generación de residuos, por lo tanto, la reducción en la fuente es crucial y permite bajar la cantidad y peligrosidad de las emisiones, efluentes y residuos y, por consiguiente, los costos de su tratamiento (Cardona, 2006).

Surgieron otros movimientos para hacer extensiva la filosofía y la práctica de la minimización como las 3R (reducción, reúso y reciclaje) y 4R (reducción, reúso, reciclaje y recuperación) dirigidas a la población en general para reducir los desperdicios de origen doméstico e industrial, evitar la colmatación y el colapso de los rellenos sanitarios que puede acarrear incendios, emisiones al ambiente y contaminación de aguas subterráneas, además de la falta de nuevos lugares en donde establecer un relleno y de los costos y riesgos de trasladar mayores volúmenes de desperdicios a éstos. Las 3R y/o 4R involucran a la producción y al consumo, buscando la mejora de los procesos y la reducción de los desperdicios; también establecen la jerarquización del manejo del desperdicio definiendo el orden de prioridades de las acciones para realizar dicha

gestión ambiental. Contribuyen al DS al incorporarse a la vida diaria de las personas realizando cambios en su estilo de vida para disminuir la carga en los rellenos sanitarios, la huella hídrica y la de carbono al preservar los recursos naturales y reducir el consumo de energía. Orienta a los consumidores hacia el hábito del consumo responsable, evitar el uso excesivo e innecesario de envases y materiales descartables, el despilfarro de agua y energía, reducir el uso de papel y propiciar su reutilización, uso de baterías recargables. Es una práctica muy difundida en el Japón por la rápida generación de desperdicios dado su gran desarrollo industrial y las limitaciones de espacio en dicho país.

(Valero Alicia y Uson, 2011) Otros conceptos se han articulado para disminuir los desperdicios, como políticas y prácticas de subsidio para la investigación de tecnologías amigables con el ambiente, responsabilidad extendida del productor, principios de precaución y del que contamina paga, la ecoeficiencia, estándares de salud y seguridad, normas de empaque y etiquetado, transporte, entre otras (Valero y Uson, 2011).

(Kumar Ranna, 2014) Hasta la década de 1980, la EPA, la industria química y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD), con más de 30 países industrializados asociados, estuvieron enfocados en la producción más limpia, surgiendo una serie de recomendaciones para promover cambios cooperativos en los actuales procesos químicos. En 1993, el Consorcio Interuniversitario Nacional (INCA, Italia) conformado por 5 universidades, asumió la misión de reunir, coordinar e integrar las actividades de investigación de los miembros de sus grupos académicos para prevenir la polución mediante reacciones, productos y procesos más limpios. La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, 1996) aprobó la fundación del grupo de trabajo “Working Party in Synthetic Pathways and Processes in Green Chemistry” para plantear una práctica química respetuosa del ambiente, surgiendo el Instituto de la Química Verde de la American Chemical Society (ACS, 1997) para capacitar, promover e implementar la tendencia ambiental en química e ingeniería en las empresas químicas globales, conseguir el auspicio de los industriales a las universidades y laboratorios nacionales para desarrollar una química económicamente sustentable con tecnologías menos contaminantes. En 1998 a propuesta de la EPA, la OECD constituye un comité para el desarrollo de las prácticas químicas, el cual inicia el programa “Química Sustentable”. Estados Unidos y Japón fueron los líderes en este campo en cuanto a investigación y desarrollo, mientras Italia lo fue en el campo educativo. Paul Anastas y John Warner de la Agencia de Protección Ambiental de USA (USEPA), son los autores del libro “Química Verde, Teoría y Práctica” (1998) que ilustra la filosofía básica y guía el movimiento de Química Verde (QV) (Kumar y Rana, 2014).

La QV es una tendencia filosófica y ética que propone alternativas a las prácticas convencionales de la Química, para optimizar los procesos químicos industriales, enfocándose en prácticas de reducción en la fuente, reciclaje y minimización del uso de tóxicos y químicos peligrosos, a través de rutas innovadoras para hacer los productos deseados con el mínimo impacto ambiental, parte de la síntesis de sustancias químicas más inocuas y se basa en 12 principios formulados en 1998 por Anastas y Warner; es considerada una herramienta efectiva para reducir el riesgo químico asociado al uso y producción de químicos; disminuye el impacto ambiental de las aguas residuales y la dispersión de contaminantes en la atmósfera al mejorar las formas de operar con sustancias químicas; usa de modo más eficiente el agua y la energía; disminuye el impacto de los productos químicos una vez usados y minimiza el consumo de los recursos naturales renovables y no renovables empleados en los procesos productivos. Aplicando los principios de la QV, se ha desarrollado considerables innovaciones en los procesos químicos industriales; ha crecido internacionalmente al surgir organismos, redes, instituciones promotoras, revistas y programas educativos. Integra aspectos fundamentales del DS: el ambiente, la sociedad y la economía. Los siguientes son los 12 principios de la QV:

(1) prevenir la generación de residuos; es más eficiente evitar o reducir la producción de desechos en la fuente, que tratarlos y limpiarlos después de su formación. (2) maximizar la economía atómica; los métodos de síntesis deben procurar el mayor rendimiento de todos los recursos que intervienen en el proceso. (3) reducir la peligrosidad de los procesos de síntesis química; éstos deben diseñarse para causar el menor impacto ambiental y la mínima toxicidad. (4) diseñar productos y compuestos menos peligrosos, lo más inocuos que sea posible. (5) minimizar el uso de solventes y propiciar condiciones seguras de reacción; los auxiliares de los procesos químicos como solventes, tampones, aditivos de separación y otros, deben ser inocuos y reducidos al mínimo. (6) diseñar los procesos químicos para la eficiencia energética, usar el mínimo de energía; evaluar el impacto ambiental y económico de los procesos químicos y reducirlos al máximo, buscando realizar los métodos de síntesis a la temperatura y presión ambientales. (7) empleo preferencial de materias primas de fuentes renovables, en tanto que sea técnica y económicamente factible. (8) diseñar el proceso de síntesis para reducir al mínimo los derivados químicos, como grupos protectores para evitar pasos adicionales y reducir los desechos. (9) usar catalizadores, que sean lo más selectivos y reutilizables posible. (10) diseñar los productos para sean de fácil degradación al final de su vida útil; preferir los productos químicos degradables en el ambiente, de ser posible que lleguen a descomponerse en derivados inertes o biodegradables. (11) monitorear los procesos químicos en tiempo real para prevenir la

contaminación; establecer sistemas de control y monitoreo continuos para controlar la producción de sustancias peligrosas durante el desarrollo de los procesos. (12) prevenir los accidentes desde el diseño de procesos químicos aplicando métodos y sustancias más seguros para reducir los impactos de tales eventos (emisiones, explosiones, incendios, etc.).

Los 12 principios mencionados se venían aplicando a la industria química y, en base a ellos, poco tiempo después surge la Química Analítica Verde (QAV) para optimizar los procedimientos analíticos, con fines proambientales, económicos y educativos. En 1995 se publica Environmentally Conscientious Analytical Chemistry para reducir los efectos negativos sobre la salud y el ambiente a causa de los desechos y emisiones generados por los procedimientos analíticos. Sin embargo, despertó mayor interés por la necesidad de reducir los costos de los análisis y de incrementar la productividad de los laboratorios, en base al impacto causado por la QV que establecía la base ética para integrar las oportunidades de negocios con el futuro sostenible.

2.3.1.5 Normativa ambiental sobre gestión de residuos industriales. (American Chemical Society, 1990) Desde 1980 en los Estados Unidos de Norte América, la American Chemical Society (ACS) publicó el primer manual para la gestión de los residuos generados por las actividades de laboratorios; también se dio dicha regulación en países tales como Canadá y otros de la Unión Europea (EU), con el propósito de asegurar el adecuado manejo de los desechos y prevenir daños a la salud pública, al ambiente y cumplir con la legislación vigente, para orientar a los profesionales químicos a entender sus roles y responsabilidades legales y morales, en el manejo de los residuos peligrosos. La segunda versión revisada de dicha guía se titula “Less is Better” (Menos es mejor) (ACS,1990).

(Comisión para la Cooperación Ambiental de America del Norte, 2004) Los 3 países de Norte América han conforman la Alianza de América del Norte para la prevención de la contaminación, resaltan la urgencia de minimizar el consumo de los recursos para reducir los desechos, dado que los centros autorizados para el manejo, almacenaje y disposición de éstos, imponen limitaciones y prohibiciones para disponer de algunos desechos como el asbesto, el cartón y otros materiales que son reciclables o requieren manipulación especial; con una clara tendencia a colmatar y disminuir los espacios destinados a rellenos sanitarios y el costo de disposición de residuos que puede ser del orden de 500 dólares/cilindro y, según su contenido y la forma de disposición final, los costos se irían incrementando conforme se vayan saturando los rellenos. Además, el manejo de los desechos peligrosos involucra aspectos críticos como los riesgos de derrames y emisiones durante el transporte de éstos y/o desde las instalaciones donde se

encuentren, la dificultad de establecer nuevos rellenos sanitarios y la potencial lixiviación de sustancias tóxicas desde los mismos. Recomiendan aplicar las 4R (reducir, reusar, reciclar y recuperar) para minimizar los desechos, siendo la reducción en la fuente la primera y principal opción, al igual que lo establecido en todas las guías.

(Boletín Oficial del Estado Español, 2016) En la legislación de la Unión Europea, UE (2016) sobre gestión de residuos se establece la estrategia de gestión de desechos incluida en las Directivas Generales, basada en los principios y prioridades siguientes: (1) Jerarquía del manejo de desechos: Las estrategias deben prevenir la generación del desecho y reducir su peligrosidad, en caso de ser posible. Los desechos se deberían reutilizar, reciclar o recuperar, o ser empleados como fuente de energía. (2) La disposición final debe hacerse de forma segura; las emisiones al ambiente deberían reducirse al mínimo posible en la medida que sea factible económica y tecnológicamente. (3) Proximidad: los desechos deberían disponerse tan cerca como sea posible de la fuente emisora. (4) Principio de precaución: la falta de certeza científica no debería ser una excusa para incumplir las disposiciones; de haber indicios de riesgo para el ambiente o para la salud de los seres humanos con respecto a la disposición de un desecho, se debería buscar la forma de establecer y minimizar dicho riesgo. (5) Responsabilidad del productor: los operadores económicos y los fabricantes de productos deben involucrarse en el objetivo de cerrar el ciclo de vida de las sustancias, componentes y productos desde su diseño, producción, uso y disposición final. (6) El que contamina paga: los responsables por la producción de desechos cuyos efectos causen consecuencias adversas sobre el ambiente, deberán pagar los costos para evitar o aliviar las consecuencias adversas. (7) Fomentar el consumo del producto limpio, mediante el desarrollo, fabricación y promoción del uso de productos eco amigables, para reducir el impacto ambiental de éstos a través de todo el ciclo de vida, aplicando mejoras en el uso de los recursos, la reducción de las emisiones durante su manufactura y la gestión de los desechos con el fin de preservar los recursos naturales

Cabe resaltar que el verdadero costo de un desecho incluye además de la cantidad descartada, otros aspectos involucrados en su generación, como el uso ineficiente de las materias primas, mayor consumo de agua y energía, productos defectuosos, disposición de productos colaterales, costos de tratamiento de desechos y de la mano de obra para su manipulación.

(Erazo Romero, 2013) La Organización Internacional para la Estandarización, ISO, luego de participar en la Cumbre de la Tierra (1992), emitió las normas internacionales ISO 14000, para estandarizar las normas ambientales que eran muy diversas, según el país de origen; es un conjunto de documentos que alcanza todos los aspectos de la gestión de una organización

relacionados con sus responsabilidades ambientales para orientar a las organizaciones a tratar sistemáticamente estos asuntos, con la finalidad de mejorar el comportamiento ambiental y las oportunidades de obtener beneficios económicos. Dichas normas son voluntarias (Erazo y Cárdenas, 2013). Diversas empresas peruanas, sean del sector privado o público, se acreditan en las normas ISO 14000, como SEDAPAL, para garantizar el manejo ambiental adecuado, dada la importancia estratégica de sus servicios para la salud pública de Lima Metropolitana.

2.3.1.6 Marco legal nacional. Desde la Constitución del Estado, la Ley General del Ambiente, la ley de Recursos hídricos N.º 29338 (2009), Ley del Presupuesto del Estado, entre otras, se establece principios, disposiciones y medidas para el cuidado del ambiente y de los recursos naturales. La Superintendencia de Transporte Terrestre (SUTRAN) regula el transporte de sustancias y residuos peligrosos, según Ley 28256, en base a las recomendaciones del Libro Naranja de las ONU, y la gestión de residuos sólidos se rige por la Ley 27314 del 21/7/2000 y su Reglamento aprobado por DS N.º 057-2004-PCM, el 24 de Julio de 2004. La UNMSM cumple la norma NTS 096-2012 al contratar a una empresa gestora de residuos del sector Salud, para disponer los desechos peligrosos de los laboratorios de las diversas facultades de la universidad, entre ellas, aquellos generados en los laboratorios de la Facultad de Química e Ingeniería Química, además de los establecimientos de atención de la salud. En tal sentido, la Oficina General de Servicios Generales, Operaciones y Mantenimiento (OSGOM) ha elaborado el procedimiento administrativo TDR AS N.º 085-2017-UNMSM, Servicio de Recolección, Transporte y Disposición Final de residuos Sólidos y Residuos Peligrosos de la UNMSM, según lo dispuesto en las mencionadas Leyes N.º 27314 y N.º 28256. Su finalidad pública es el traslado adecuado, seguro y oportuno de los residuos sólidos y residuos peligrosos generados en las diversas instalaciones de la Ciudad Universitaria y dependencias periféricas de la UNMSM, para su disposición final hasta el relleno sanitario autorizado, con el objeto de asegurar una gestión y manejo sanitario y ambiental adecuados, sujeto a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y bienestar de la comunidad universitaria.

2.3.2 Variable dependiente

Referente a la variable dependiente Enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa para los estudiantes de la EP Química de la UNMSM, se planteó la inclusión transversal de un Programa de Educación Ambiental (PEA) en el curso Laboratorio de Química Analítica Cuantitativa con los propósitos siguientes: a) evaluar su influencia en el aprendizaje de los conceptos fundamentales del curso; b) sensibilizar a los estudiantes en la problemática ambiental, c) ofrecer una solución factible al problema de la contaminación del aire durante las prácticas de laboratorio por las

emisiones nocivas al usar los ácidos y bases concentrados principalmente; d) Proponer un procedimiento racional y sencillo basado en los mismos principios de la Química General que se aplican al análisis químico para optimizar el procedimiento analítico seleccionado, partiendo del cuestionamiento sobre la cantidad de reactivos posiblemente excesiva, para invitar a los estudiantes a dudar y pensar en forma crítica sobre el asunto. Luego proponer una forma práctica para estimar el volumen requerido del reactivo necesario para disolver la muestra en base a un supuesto teórico acerca de su composición química, que permitió plantear la reacción estequiometrica entre los componentes de interés de la muestra y el ácido clorhídrico (HCl). Todo esto se realizó con la participación activa de los estudiantes, partiendo de una revisión del procedimiento analítico determinación de sulfatos en una muestra de yeso por precipitación con cloruro de bario desde sus fundamentos teóricos, del conocimiento de la composición y características de la muestra y producto final, de las reacciones del analito sulfato (SO_4^{-2}) con los reactivos usados y en especial haciendo la estimación estequiométrica de los reactivos mínimos necesarios para cada una de las etapas del ensayo en función de sus ecuaciones balanceadas. Al comparar los estimados teóricos requeridos de cada reactivo con los volúmenes indicados en la guía de prácticas, se observó una notable diferencia que indicaría un consumo excesivo de ácido para la disolución de la muestra. Los cálculos del requerimiento mínimo de HCl se realizaron asumiendo una composición del yeso como de un sulfato de calcio anhidro y al ejecutar la práctica, se comprobó experimentalmente la validez de tales estimados teóricos, lo cual proporciona un ejemplo racional de un procedimiento que permite optimizar un método analítico sin afectar la calidad de sus resultados.

Cabe resaltar que, tales cálculos no se efectúan de manera usual en dicho curso, solo se aplican las instrucciones de la guía en la cual ya se especifican las cantidades de la muestra y de los reactivos, mientras las consideraciones estequiométricas se suelen aplicar solo para calcular los resultados analíticos finales mediante factores gravimétricos.

El proceso analítico en el laboratorio se inicia con la etapa de disolución de las muestras, que por lo general requiere de un cierto exceso del reactivo en relación con la masa de la muestra para continuar con los siguientes pasos que conducen a la determinación cuantitativa de la sustancia de interés (analito) que contiene la muestra. En las guías de prácticas se indica un exceso mayor al considerar que se disolverá una muestra que podría ser resistente (refractaria) al ataque químico, como un mineral; sin embargo, es importante indicar que no todos los minerales presentan el problema de la refractariedad, como es el caso de la mayoría de las muestras de yeso ($CaSO_4.2H_2O$), a diferencia de algunos otros minerales que si pueden requerir

mayores excesos o mezclas de ácidos y hasta procesos de fusión. Se ha observado que la mayoría de los métodos del análisis clásico e instrumental que se presentan en las guías de prácticas, plantean un patrón general en sus instrucciones, partiendo de una masa de 0,1 a 0,2 g de muestra para la determinación de un solo analito y si se trata de un análisis sistemático cuantitativo (determinación sucesiva de varios componentes o analitos a partir de la misma muestra) puede pesarse una muestra de 0,5 a 1g. El ataque (disolución) de tales muestras se realiza en la mayoría de los casos con 5 mL de ácido concentrado, por lo general, HCl 12M, el cual es un gas disuelto en agua y, por lo tanto, emite cloruro de hidrógeno a temperatura ambiente apenas se abre el frasco que lo contiene y más aún cuando se vierte en la probeta y en el vaso de precipitados.

Como se puede notar, el uso de los ácidos en esta primera etapa del proceso analítico es excesivo, como se ha comprobado por la experiencia de los profesionales dedicados a la práctica de la QAV, que esta etapa es justamente una de las que más reactivos consume y por eso las primeras medidas para minimizar los reactivos en la fuente parten de la disminución de los disolventes, que a su vez contribuye a reducir los reactivos de las subsiguientes etapas.

2.3.2.1 Determinación seleccionada para la aplicación del PEA. El procedimiento analítico gravimétrico determinación del contenido de sulfato en una muestra de yeso ($CaSO_4.2H_2O$) por precipitación como sulfato de bario es un método que se sigue aplicando en la academia y la industria para conocer el contenido de sulfatos en diversas muestras con algunas variantes. Una vez disuelta la muestra de 0,15 g con 5 mL de HCl 12M (fumante) bajo campana extractora, se requiere retirar por filtración algún material insoluble como la sílice antes de regular el pH con amoniaco concentrado (NH_3 15M, fumante) y luego HCl 12M porque la muestra puede contener interferentes que en medio neutro precipiten con el ion bario, los cuales incrementarían el peso del precipitado analítico dando resultados altos. Una vez ajustado el medio, se agrega el reactivo precipitante cloruro de bario en solución diluida ($BaCl_2$ en solución al 3%) dado que el procedimiento se basa en la reacción entre el analito (SO_4^{-2}) contenido en la muestra y el ion bario (Ba^{+2}) del reactivo precipitante. Este es un caso de equilibrio químico heterogéneo, lo que implica que el producto se descompone ligeramente para reponer los reaccionantes, por lo cual es necesario desplazar este equilibrio hacia la formación cuantitativa de los productos agregando un ligero exceso del reactivo precipitante, el cual será menor si la solubilidad del producto final es sumamente baja como en el caso del precipitado de $BaSO_4$ y un mayor exceso, si la solubilidad del precipitado es mediana. La cantidad de reactivo precipitante indicado en la guía es 15 mL de la solución al 3% que al estimar el requerimiento en base a la

estequiometría de la reacción resulta un exceso del orden del 33% para el contenido de ion sulfato (SO_4^{-2}) de una masa de muestra de yeso de 0,15 g. aproximadamente.

La aplicación de la estequiometría requiere conocer la composición química de las sustancias involucradas en una reacción química; mientras en el caso de las muestras, el análisis químico cualitativo determinará cuáles son sus componentes, el análisis cuantitativo trata de determinar los porcentajes de tales componentes en las muestras. Sin embargo, la composición general de muchos minerales ha sido estudiada y se tiene una información de su composición típica, en especial del componente mayoritario que, en el presente caso es el sulfato de calcio dihidratado ($CaSO_4.2H_2O$) de mediana solubilidad en HCl y esto permite proponer una forma práctica para estimar el volumen de HCl requerido para su disolución: Asumir que la masa de la muestra corresponde en un 100% a un sulfato de calcio anhidro ($CaSO_4$) para poder plantear la reacción estequiométrica entre la muestra y el HCl. De esta forma, se estimó el volumen aproximado de HCl para una masa de yeso de 0,15 g en promedio. En base a estas consideraciones se ha podido minimizar los consumos de HCl y del amoniaco que se emplea para neutralizar los excesos de HCl, al igual que se pudo calcular el volumen necesario del reactivo precipitante cloruro de bario, que es sumamente tóxico ($BaCl_2.2H_2O$)

2.3.2.2 Estimación teórica de los reactivos. La ecuación siguiente representa la reacción química que ocurre entre el componente principal de la muestra de yeso, el sulfato de calcio dihidratado ($CaSO_4.2H_2O$) el cual por ser un mineral no es puro y cuya composición se asume como $CaSO_4$ para poder aplicar la estequiometría y balancear la ecuación de su reacción con el ácido clorhídrico (HCl), para el proceso de disolución de la muestra:

$CaSO_4$ (sólido) + 2 HCl (solución) $\longrightarrow$ $CaCl_2$(solución) + H_2SO_4 (solución) (ec.1)

Se balancea colocando el llamado coeficiente estequiometrico (2) a la izquierda del reaccionante HCl, por la formación del cloruro de calcio en solución, reacción entre un catión divalente (Ca^{+2}) y un anión monovalente (Cl^{-1}) debiéndose conservar la masa y la neutralidad de carga en el producto $CaCl_2$. La ec.1 se puede representar en forma iónica, dado que las sustancias se encuentran en medio acuoso:

$CaSO_4$ (s) + $2H^+$ $\longrightarrow$ Ca^{+2} + $2H^+$ + SO_4^{-2} (ec.2)

Dichas ecuaciones constituyen la base del cálculo, tanto con fines analíticos en un método dado, como para reducir los reactivos, ya que las reacciones químicas ocurren en proporciones definidas por la composición de reaccionantes y productos. El hecho de partir de las ecuaciones involucradas, aplicando otros criterios químicos adicionales que se menciona en los siguientes párrafos, sustenta teóricamente la minimización.

(I. M. Kolthoff, 1989) Las solubilidades de los sólidos varían en rangos enormes desde kilogramos a menos de 1 microgramo por litro de agua (10^{-6} g/L); esas grandes diferencias son aprovechadas en la química analítica para separar las sustancias formando compuestos muy poco solubles, llamados precipitados, mediante técnicas analíticas gravimétricas y algunas volumétricas, en los análisis cualitativo y cuantitativo según Kolthoff et al. (1989).

En el método analítico mencionado, la cantidad de anión sulfato (SO_4^{-2}) en la muestra de yeso es proporcional a la pureza del mineral y su determinación por técnica gravimétrica comprende varias etapas, desde la disolución de la muestra, el control de las posibles interferencias, el ajuste del medio para establecer las condiciones más convenientes en las que se forme un compuesto escasamente soluble con el ion sulfato al agregar una solución que contenga la sal soluble de bario diluida, en forma controlada y en un ligero exceso para asegurar una precipitación cuantitativa del sulfato como sulfato de bario ($BaSO_4$), cuya masa, una vez separada del llamado licor madre, lavada, secada, calcinada y enfriada adecuadamente, es obtenida pesando en balanza analítica. Al relacionar las masas del precipitado calcinado y de la muestra, se obtiene el porcentaje de sulfato presente en la misma y, dependiendo de los factores gravimétricos que se aplique, los cuales se obtienen de la estequiometria y pesos de combinación, se puede expresar como porcentaje de sulfato, SO_4; sulfato de calcio anhidro, $CaSO_4$ y como yeso o pureza del mineral, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

Si se considera una solución acuosa en la que se encuentra una sustancia muy poco soluble como el $BaSO_4$ en la solución saturada de sus iones, se establece el llamado equilibrio heterogéneo, en donde la solubilidad S, corresponde prácticamente a la solubilidad molar de sus iones, en el caso de sólidos muy poco solubles, como el sulfato de bario, representando la concentración de los iones SO_4^{-2} y Ba^{+2} entre paréntesis:

$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$ (ec.3) $S = (Ba^{+2}) = (SO_4^{-2})$ (ec.4)

La solubilidad S, depende de la temperatura, del estado cristalino del sólido, de su tamaño de partícula y a 25ºC se disuelven aproximadamente 0,25 mg de sulfato de bario en 100 mL de agua destilada (0,25mg/100mL), mientras a 100ºC se disuelven alrededor de 0,4 mg/100 mL. Dado que, las solubilidades a 25 y 100ºC no varían de forma considerable, se emplea agua destilada caliente para lavar el precipitado en el proceso de filtración. Los ácidos minerales incrementan la solubilidad del sulfato de bario; sin embargo, es necesario realizar la reacción de precipitación en un medio ligeramente acidificado para evitar la interferencia de otros aniones que forman sales de bario poco solubles en medio neutro o alcalino como carbonato, fosfato, borato y silicato, que podrían estar presentes en la muestra de mineral. El ácido más empleado es el clorhídrico

(HCl); la solubilidad del $BaSO_4$, a temperatura cercana al ambiente, para una concentración de HCl 0,1M es del orden de 1 mg/100 mL (0,6 mg más que en medio neutro); para 0,3M es 2,9 mg; para 0,5 M es 4,7 y en 1M llega 8,7 mg/100 mL. Por lo tanto, no se debe acidificar en exceso según las recomendaciones de Kolthoff et al. (1989)

De acuerdo con la ley de acción de masas, a partir de una solución saturada con los iones bario y sulfato, se produce la precipitación del sulfato de bario al superarse el producto de la solubilidad de ambos iones, como se expresa mediante la llamada constante de equilibrio del producto de solubilidad, K_{ps}, a una determinada temperatura y considerando que están en agua destilada o desionizada, como:

K_{ps} del $_{BaSO4} = (Ba^{+2}) \times (SO_4^{-2})$ K_{ps} a 20ºC= $8,7 \times 10^{-11}$ (ec.5)

Para este caso, en que la relación de los iones es de 1:1, la solubilidad molar S es equivalente a la raíz cuadrada de la constante del producto de solubilidad a la temperatura dada

$S = (K_{ps})^{1/2}$ (ec.6)

Cuando se incrementa la concentración de uno de los iones que conforman la sustancia poco soluble, al agregar una sal soluble que lo contiene, se produce el llamado efecto del ion común, que influye en el equilibrio reduciendo la solubilidad de la sal; por razón se agrega un ligero exceso de cloruro de bario al realizar la precipitación del sulfato, pero no se recomienda pasar del 10% porque el sulfato de bario es una sal escasamente soluble y no se requiere un exceso mayor, antes bien, resulta contraproducente por la tendencia de los precipitados a impurificarse por coprecipitación de sus propios iones (se adhieren a su superficie) además de otros componentes del medio. En caso de precipitados con mayor solubilidad, el exceso requerido del ion común es mayor, como lo explican Kolthoff et al. (1969)

La presencia de iones indiferentes, que no forman parte del precipitado, tales como cloruro, amonio, calcio, hidronio, etc. tiene influencia sobre la solubilidad de los precipitados dependiendo de su concentración; este hecho se denomina efecto salino. El incremento de la solubilidad causado por una determinada fuerza iónica depende de la carga de los iones que componen el precipitado, siendo el efecto relativo mayor para un precipitado de iones divalentes, tales como el sulfato de bario o el oxalato de calcio en mayor grado que para el cloruro de plata. Por ejemplo, la solubilidad molar inicial del $BaSO_4$ a 25 º C en agua destilada, S_0 es $0,96 \times 10^{-5}$ y en soluciones de nitrato de potasio diluidas 0,01M resulta $2,35 \times 10^{-5}$, en caso de la solubilidad del cloruro de plata (AgCl) varía de $1,278 \times 10^{-5}$ a $1,427 \times 10^{-5}$, respectivamente, para las mismas concentraciones de nitrato de potasio como lo detalla Kolthoff et al. (1969).

En el procedimiento de la guía de prácticas actual, se agrega un exceso de ácido clorhídrico del orden de 400 % para disolver la muestra dada y se neutraliza dicho exceso con amoniaco, sumado a un 30% adicional de cloruro de bario, representan una fuerza iónica mayor por el aumento de la concentración de los iones indiferentes Cl^- y NH_4^+ en el licor madre, los cuales, aumentarían la solubilidad del precipitado y, podrían dar lugar a resultados relativamente más bajos (falsos negativos) según Kolthoff et al. (1969). En la práctica modificada, el volumen de agua desionizada empleado en el lavado del precipitado y del papel de filtro para remover las sales solubles presentes en ambos, así como el tiempo para hacerlo, se reduce a la mitad, dada la menor concentración de sales de iones indiferentes presentes en el licor madre, con respecto a la concentración salina al efectuar el procedimiento según la guía del curso, lo cual da lugar a una disminución de la viscosidad y de la densidad del licor madre.

El tamaño, la forma y la pureza de los cristales que componen un precipitado dependen de las condiciones bajo las cuales se ha formado, de las características individuales de la sustancia en particular y del tratamiento después de su precipitación. Al producirse la precipitación, los cristales forman aglomerados cristalinos incipientes llamados clusters, que son muy pequeños para ser filtrados y, además, están contaminados con los componentes del medio como iones y moléculas adsorbidos (retenidos en la superficie) y ocluidos (incorporados en los cristales), los cuales deben ser removidos aplicando determinados procedimientos, como la digestión o envejecimiento (se mantiene el precipitado en su licor madre a temperatura mayor y/o igual a la del ambiente por un tiempo adecuado) para dar lugar a un proceso de disolución de los cristales más pequeños, que causa la liberación de sustancias ocluidas y adsorbidas, y una recristalización, de forma que los cristales resulten de tamaño adecuado para ser filtrados y más limpios. Es importante reducir la concentración del medio para evitar la sobresaturación y bajar la velocidad de la reacción de precipitación, con el fin de minimizar el número de cristales iniciales (núcleos de cristalización) y su contaminación por oclusión y adsorción, de acuerdo con lo mencionado por Kolthoff et al., (1969). Por esta razón, no es recomendable emplear un exceso mayor de cloruro de bario, dado que incrementa las probabilidades de contaminar el precipitado al ser adsorbido de forma preferencial con respecto a otros iones presentes en el licor madre, además de la toxicidad propia de las sales solubles de bario y su participación en el incremento de la fuerza iónica.

2.3.2.3. Procedimiento experimental. Según la guía de prácticas comparado con el propuesto siguiendo el PEA

Operación	Procedimiento actual s/guía de prácticas	Procedimiento propuesto s/PEA.	Diferencias/muestra// Ahorro por grupo de 10 estudiantes
1.-Pesada de la muestra en balanza analítica	0,15 +-0,05 g	0,15+-0,05 g	Ninguna diferencia
2.Disolución con HCl	5 mL de HCl 12 M, concentrado	2 mL de HCl 6M equivalente a 1mL de HCl 12M	4 mL menos por muestra // 40 ml menos de HCl 12M.
3.Neutralización del exceso de HCl con (NH_3)15M	Aproximadamente 4,6 mL	Aproximadamente 0,7 mL	3,9 mL menos/muestra y 39 mL de ahorro de NH_3 15 M.
4.Ajuste del pH del medio con HCl	2 mL de HCl 12 M	4 mL de HCl 6M	Cantidad equivalente, pero el 12M emite vapores de HCl(gas) al ambiente por c/medición a diferencia del 6M. Menor emisión de gases ácidos al ambiente.
5.Adición del precipitante $BaCl_2$ al 3%	15 mL. equivalente a 0,45 g. del reactivo $BaCl_2.2H_2O$)	10 mL. equivalente a 0,3 g. del reactivo $BaCl_2.2H_2O$)	5 mL menos de solución, equivalente a 0,15 g menos del reactivo/muestra. 1,5 g menos por grupo de 10
6.Tiempo de digestión	45 minutos	45 minutos	Ninguna diferencia
7. Filtración y lavado del precipitado $BaSO_4$. Secado, calcinado a 800ºC, enfriado y pesado	3-3,5 horas	2-2,5 horas	El tiempo de filtración y lavado se reduce a la mitad por la menor densidad y viscosidad de licor madre al tener menor concentración de sales totales.

La reacción involucrada en el paso 5 del cuadro anterior constituye la base de los cálculos estequiométricos:

SO_4^{-2} + $BaCl_2$ ⟷ $BaSO_4$ (s) + $2Cl^-$ (ec.6)

cloruro de bario sulfato de bario (sólido blanco cristalino)

La reacción de precipitación se realiza en una solución ligeramente acidificada con ácido clorhídrico y cerca de la temperatura de ebullición. El precipitado se digiere, filtra, lava, seca y calcina al rojo (800ºC), se enfría y pesa como $BaSO_4$. Obtenido el peso del precipitado (wp), el

peso de muestra (W_m), los datos de pesos moleculares de $BaSO_4$ (PM $BaSO_4$) y de SO_4^{-2} (PM SO_4), el porcentaje de sulfato se calcula según la ecuación 7; en caso de expresarse el resultado como $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, se aplica el peso molecular de éste en el numerador de la ecuación, reemplazando al peso molecular del SO_4^{-2}

$$\% SO_4 = (w_p) \times PM\ SO_4 \times 100 / (W_m \times PM\ BaSO_4) \qquad \text{(ec.7)}$$

El precipitado se separa por filtración usando un filtro cuantitativo (de contenido conocido de cenizas) de poro fino, dadas las características del precipitado (partículas cristalinas muy finas), así como de muy reducida solubilidad en agua. Por la baja solubilidad del precipitado y su fuerte tendencia a contaminarse por coprecipitación y oclusión con los iones presentes en el licor madre (Cl^-, Ba^{+2}, Ca^{+2}, NH_4^+, Fe^{+2}, H^+, NO_3^- y otros propios de la muestra de mineral) se realiza la reacción de precipitación a temperatura cercana a la ebullición y en medio ligeramente ácido, dejando el precipitado en digestión por 15 minutos en plancha caliente y 30 minutos adicionales sobre la mesa de trabajo, antes de su filtración, para reducir los fenómenos de impurificación del sulfato de bario obtenido y promover el crecimiento de sus cristales. La solubilidad (S) del sulfato de bario a una concentración de HCl 0,05 M. es aprox. 0,5 mg/100 mL en dicho medio frente a 0,25 mg/100 mL en medio neutro a temperatura ambiente. Por lo anterior, es de suma importancia lavar el precipitado y el papel de filtro hasta comprobar la ausencia de iones cloruro en el filtrado con una solución diluida de nitrato de plata, como un indicador de la presencia de éste y otros iones, proceso que puede tomar más de una hora, dependiendo de la carga salina de la solución.

Con respecto a la muestra, el yeso es un mineral sedimentario cuyo componente principal es el sulfato de calcio dihidratado ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) cristaliza en el sistema monoclínico, su dureza es baja y puede contener materiales poco solubles como los silíceos, trazas de hierro y algunos otros componentes, de acuerdo con su entorno original. Según su grado de pureza puede ser translúcido, blanco, gris, amarillo, rojizo y hasta negro. Parcialmente soluble en agua y alcohol etílico, soluble en ácido clorhídrico. Los depósitos de yeso se formaron hace cientos de millones de años, al evaporarse lagos y mares y/o por la acción de gases volcánicos sulfurosos sobre las rocas que los rodean.

Los detalles de los ensayos teóricos y experimentales realizados en 2018-1 y 2019-1 en las sesiones de clase del anexo 4.

2.3.2.4 Justificación de los cambios propuestos en el PEA. (Robustillo Fuentes, 2009) Las mejoras realizadas tanto en las cantidades de reactivos como en el procedimiento se basan en las siguientes consideraciones:

a. Solubilidad del yeso y volatilidad del ácido HCl 12M: Químicamente, el mayor componente de un yeso es el sulfato de calcio dihidratado $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, (que puede contener trazas de silicatos, estroncio, plomo, hierro y otros materiales de origen natural) cuya solubilidad en agua a 25 º C como compuesto químico es del orden de 0,2358 g/100 mL. En 25 mL se disolvería 0,06 g. aproximadamente; alcanza su mayor solubilidad en agua a los 58ºC y después decae, por lo cual no se justifica aplicar temperaturas más elevadas que causarían mayores pérdidas de HCl(gas) por exceso de temperatura. Es soluble en ácido clorhídrico (HCl) diluido (Robustillo, 2009).

Para una masa de $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ de aproximadamente 0,15 g, alrededor del 40% de la muestra se disolvería en 25 mL. de agua, siendo necesario agregar un menor volumen de ácido clorhídrico para su disolución, por lo tanto, no se justifica el uso de 5 mL de HCl concentrado (12M) para este propósito. Si se asume teóricamente que todo el peso de la muestra corresponde a un sulfato de calcio anhidro, $CaSO_4$, en lugar de $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ se puede estimar el ácido necesario con un ligero exceso a fin de favorecer su disolución cuantitativa, usando la siguiente reacción estequiometrica:

$$\underbrace{CaSO_4}_{\text{Sulfato de calcio (136,14 g/mol)}} + \underbrace{2\ HCl}_{\text{Ácido Clorhídrico (36,46 g/mol)}} \longrightarrow \underbrace{Ca^{+2} + 2\ Cl^- + 2H^+ + SO_4^{-2}}_{\text{Iones calcio y aniones en solución}} \quad \text{(ec.9)}$$

Relación molar de Sulfato de Calcio/Ácido Clorhídrico:1/2

2(36,46 g/mol) = 72,92 g

por cada masa molecular de sulfato se requiere dos masas moleculares de HCl

Cálculo de la cantidad mínima requerida de HCl para disolver 0,15 g de muestra, de acuerdo con la estequiometría:

0,15g/136,14g/mol = 0,0011 moles de sulfato de calcio	Se requiere 0,0022 moles de HCl	Se obtiene 0,0011 moles de ion sulfato en solución aprox.

Para 0,15 g de sulfato de calcio anhidro (equivalentes a 0,0011 moles de $CaSO_4$) se requiere 0,0022 moles de HCl, los cuales estarán contenidos en un volumen V de HCl 12M por calcular, como sigue. Por sus especificaciones técnicas, el HCl concentrado (solución) contiene aproximadamente 12 moles/L de HCl (gas disuelto), aplicando una regla de 3 simple:

1000 mL de HCl(sol.) contienen 12 moles de HCl (gas)	Se requiere 0,0022 como mínimo de HCl (gas) para 0,0011 moles de $CaSO_4$	Volumen de HCl (solución) 0,0022 x 1000/12 moles=0,18 mL

Redondeando V de HCl =0,2 mL. El volumen estimado es referencial, considerando la alta volatilidad del cloruro de hidrógeno (gas) cuya disolución en agua es el ácido clorhídrico, así como las posibles variaciones en las concentraciones del reactivo, además de las pérdidas de cloruro de hidrógeno (HCl, gas) derivadas del uso constante. Es necesario compensar por las pérdidas del ácido al calentar durante la disolución e inclusive, al abrir el recipiente que lo contiene y verter el ácido para cada muestra; el posible consumo por la alcalinidad que podría presentar la muestra por otros constituyentes además del $CaSO_4$, las variaciones en la concentración de los ácidos de un lote de producción a otro, así como diferencias en las masas de las muestras de cada estudiante (0,15 +- 0,05). Por lo tanto, se decide emplear 2 mL de HCl diluido (6M) equivalente a 1 mL del concentrado (12M) por muestra, a diferencia de los 5 mL. en el método actual, para minimizar las emisiones del gas cloruro de hidrógeno al ambiente y facilitar su medición: si cada estudiante realizara la medición de 1 mL bajo campana, las emisiones de HCl(gas) serían altas, con pérdidas considerables de cloruro de hidrógeno por operación. Para evitar que cada estudiante manipule 1 mL de HCl 12M para diluir al 50%, un estudiante voluntario prepara HCL diluido 1:1 para todo el grupo, obteniendo 150 mL de ácido diluido 1:1 (6M), bajo campana extractora, lo que facilita la medición de 2 mL del ácido por cada estudiante y reduce su volatilidad. Además, para disolver las muestras de minerales, primero se les agrega agua desionizada (unos 25 mL) y luego el ácido, por lo que no resulta conveniente ni necesario el uso de ácidos concentrados, en vista que serán diluidos justo antes de su uso; más aún, dado que el ácido diluido es más activo que el concentrado para la mayoría de los usos y en especial, para disolución de muestras. Como mejora adicional, se podría diluir el HCl al 25% y reducir proporcionalmente el agua para dicha operación, facilitando la medición del volumen necesario de ácido y reduciendo aún más, su volatilidad, al medir 4 mL. de HCl al 25% o 1:4.

Se comprueba que el sulfato de calcio se ha disuelto cuantitativamente, observando que la cantidad de material insoluble (silíceo) permanece constante al seguir calentando la muestra con el ácido diluido y luego, determinando que hay un exceso de ácido clorhídrico libre, mediante la adición del indicador rojo de metilo (que demuestra que el medio es ácido). El material insoluble se filtra usando un papel de filtro; la acidez del filtrado se neutraliza con amoniaco concentrado (NH_3, 15 molar,15M) al punto final del mencionado indicador. En este punto, se gasta un volumen promedio de 0,7 mL. de NH_3,15M, que equivale al exceso de HCl. Dicho exceso se calcula con la fórmula siguiente, donde los productos del volumen en mL por la concentración del ácido o de la base, respectivamente, dan como resultado el número de milimoles de cada reaccionante, al emplear la concentración molar, o en miliequivalentes, si se aplica la normalidad, los cuales, en el punto de neutralización de una reacción entre un ácido y una base monovalentes, son equivalentes, considerando las fórmulas entre paréntesis, como sus concentraciones:

V_{HCl} x (HCl) =Vol. $_{NH3}$. x (NH_3) en el punto de equivalencia

Concentración molar de HCl 12 M y de NH_3 15M (moles/L)	El producto del volumen de HCl por su concentración es equivalente al producto del volumen de NH_3 por su respectiva concentración	Volumen de HCl en exceso = VNH_3 x (NH_3) /(HCl)= 0,7 mL x 15 /12= 0,875 mL

Vol. De HCl concentrado en exceso = 0,875 mL, redondeando 0,9 mL

Si se resta de 1 mL de HCl 12M los 0,9 mL se comprueba que el ácido consumido es alrededor de 0,1 mL, valor ligeramente menor a 0,2 mL, teórico estimado aplicando el criterio propuesto, debido a que se ha calculado asumiendo que el sulfato de calcio es anhidro y no dihidratado para compensar por las pérdidas de ácido, así como las diferencias que se dan entre los pesos de cada muestra (se indica pesar 0,15, pero el peso experimental suele variar). Los estudiantes realizan los cálculos antes y durante cada etapa de la práctica, comprobando experimentalmente, la validez de los estimados teóricos y su importancia para reducir los reactivos en base a los principios y supuestos mencionados. Se registran los datos y resultados de cada uno en la pizarra, los cuáles se incluyen en sus respectivos informes.

b. Control de interferencias y cálculo del reactivo precipitante. Una vez ajustado el pH del medio, se lleva a un volumen de 100 mL con agua desionizada para diluir el medio acidificado (HCl 0,24 M) y controlar la posible interferencia de fosfatos, boratos y otros que precipitarían como sales de bario poco solubles en medios neutro y alcalino, y para reducir los fenómenos de

impurificación del precipitado, antes de la adición del reactivo precipitante, cloruro de bario ($BaCl_2 \bullet 2H_2O$) en solución al 3%, realizando previamente la revisión del volumen de $BaCl_2$, para evaluar si es mayor del necesario. Se estima partiendo de la reacción estequiometrica:

SO_4^{-2} + $BaCl_2$. $\Longleftrightarrow$ $BaSO_4$ (s) + 2Cl- (ec.10)

0,0011 moles

Por los cálculos anteriores la cantidad teórica de SO_4^{-2} es 0,0011 moles	La relación estequiometrica de SO_4/Ba es de 1:1, luego reaccionaría con 0,0011 moles de ion Ba^{+2}	Se requiere 0,0011 moles del reactivo $BaCl_2.2H_2O$ (*)

Según la estequiometría la relación molar en esta reacción es de 1:1, siendo el reactivo que aporta el ion bario la sal de fórmula $BaCl_2 \bullet 2H_2O$ (*). Sin embargo, al ser una reacción en equilibrio, se debe agregar un exceso controlado de dicha sal, del orden del 10% por las posibles variaciones en el peso de muestra y por el principio de Le Chatellier para favorecer la formación cuantitativa del producto $BaSO_4$:

$BaCl_2$. $2H_2O$ = 0,0011 x 1,10= 0,00121 moles de $BaCl_2$. $2H_2O$ (ec.11)

La presentación comercial tiene la fórmula $BaCl_2 \bullet 2H_2O$ de peso molecular: 244,28 g/mol, resultando 0,00121mol x 244,28g/mol= 0,2958g. de $BaCl_2 \bullet 2H_2O$ (ec.14).

Al redondear 0,2958 g. resulta 0,3 g, los cuales están contenidos en 10 mL de $BaCl_2$ al 3% (una solución al 3%, contiene 3 g en 100 mL, en peso/volumen). En el procedimiento de la guía, el volumen de solución de $BaCl_2$ al 3% es de 15 mL, en el propuesto, es de 10 mL, 33,33% menor.

c. Filtración y lavado del precipitado. No se propone realizar modificaciones en las condiciones de la reacción de precipitación ni en las de digestión. Cabe mencionar, que las operaciones de filtración y lavado del precipitado y del papel de filtro se realizaron en menos tiempo de lo que demanda el procedimiento actual, cerca del 50% de tiempo y del agua de lavados, por la reducción de la carga iónica presente, lo cual disminuye la densidad y la viscosidad del licor madre, acelerando la filtración. Las concentraciones de iones cloruro (Cl^-) y amonio (NH_4^+), sin considerar el Cl^- del ácido libre, bajaron en el orden de 4:1 con respecto al del licor madre del procedimiento actual, reduciéndose en consecuencia, las posibles pérdidas del precipitado por solubilidad debidas al efecto salino.

d. Estimación del ahorro en reactivos.

Volumen de ácido para disolver la muestra en el método de la guía: HCl 12M: 5 mL	Volumen de HCl 12 M que excede al consumo para disolver la muestra, si el estimado es 0,2 mL: 5,0 - 0,2= 4,80 mL	Reactivo NH_3 15 M para neutralizar el exceso de HCl 12 M en el método de la guía: HCl 12M: 4,8 x 12 /15=3,84 mL
Volumen de ácido para disolver la muestra en el método propuesto, HCl 12M:1 mL	Volumen de HCl 12 M que excede al consumo para disolver la muestra, si el estimado es 0,2 mL: 1-0,2= 0,8 mL	Reactivo NH_3 15M para neutralizar el exceso de HCl 12M método propuesto: 0,8 x 12/15= 0,64 mL
Reactivo precipitante $BaCl_2$•$2H_2O$ al 3% en el método de la guía: 15 mL	Estequiometrica y experimentalmente se consume < 10 mL; el excedente es del orden de 5 mL de la solución al 3%	Solución de $BaCl_2.2H_2O$ al 3% en exceso = 5 mL, equivalente a 5mlx0,03= 0,15 g de la sal

En el método propuesto y según resultados experimentales, el ahorro por estudiante en HCl 12M es del orden de 4 mL y el de NH_3 15M es de 3,2 mL, como promedio. A partir de los resultados anteriores, se puede estimar el ahorro en reactivos por el número total de estudiantes, que es equivalente a la reducción del impacto ambiental que causaría de haberse aplicado el procedimiento de la guía sin modificar, además del menor costo: considerando 7 grupos con 10 a 12 estudiantes, resultando 84 estudiantes en 2019-1 matriculados en el curso, cuyo resumen figura en la Tabla 1, líneas abajo, donde puede observarse que, por los 84 estudiantes se habría ahorrado en caso de realizar la práctica con los ajustes propuestos, HCl 12M: 4 x 84= 336 mL y NH_3 15 M= 3,2 x 84= 268,8 mL; ambos reactivos son insumos fiscalizados por la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT), caso semejante en el semestre 2018-1.

Con respecto al $BaCl_2$, en el método actual se emplea 15 mL, ahorrándose 5 mL (33% del reactivo); ahorro por grupo de 12 estudiantes: 60 mL y por 84= 420 mL de solución al 3%, equivalentes a 12,6 g. de $BaCl_2$•$2H_2O$ de ahorro y, por consiguiente, se ha reducido el impacto ambiental que causaría el exceso de dicha sal soluble y tóxica en el efluente, además de la menor concentración de cloruro de amonio en dicho efluente, por la reacción del HCl con el NH_3, cuyo resumen, se puede apreciar en la tabla 1. Por otro lado, para evitar la contaminación del efluente al término de la filtración, antes de verter la suma de todos los filtrados de cada estudiante, se le

agrega un sulfato soluble como el de sodio, para que el exceso de ion bario precipite como $BaSO_4$, la forma más insoluble e inerte de las sales de bario, la cual se puede separar por filtración y reservar el precipitado para disponerlo adecuadamente, ya sea como muestra para otras prácticas o incluirlo en un eco ladrillo; el efluente ya se puede verter en el desagüe, dado que contiene sulfato de sodio y cloruro de amonio, principalmente, que no son sales tóxicas. Cabe indicar que, en la naturaleza se encuentra el sulfato de bario como mineral baritina, considerado muy inerte.

2.4 Glosario de Términos

(Roberto Hernandez Sampieri C. F., 2014) **Actitud**: Según Karl Jung, tener una actitud es estar dispuesto a una cosa determinada, aunque sea inconsciente; lo que significa tener a priori una dirección hacia un fin determinado. Es el comportamiento que emplea un individuo para hacer las labores (Hernández Sampieri, 2014)

(Alvarez Vega, 2009) **Actitud responsable ambiental**: Aplicable a individuos e instituciones enfocadas en comportamientos de respeto y preservación del medio ambiente, buscando constantemente realizar las actividades diarias de formas que minimicen sus impactos ambientales, practicando la ecoeficiencia y la responsabilidad de promover las actividades de descontaminación y preservación del medio natural (Álvarez y Vega, 2009).

(Instituto Nacional del Cancer España, s.f.) ADN celular: La mayor parte del ADN (ácido desoxirribonucleico) se encuentra en el núcleo celular (ADN nuclear) pero también se puede encontrar en las mitocondrias (ADNmt); las mitocondrias son estructuras dentro de la célula que convierten la energía de los alimentos en formas que las células las puedan utilizar. El ADN codifica la información que las células requieren para producir las proteínas (Instituto Nacional del Cáncer).

(OEFA, s.f.) **Aguas residuales o efluentes**: Aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (OEFA).

Aguas residuales domésticas: Efluentes de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana (OEFA)

Aguas residuales industriales: Resultan del desarrollo de un proceso productivo. Incluyéndose a las provenientes de las actividades mineras, industriales, agrícolas, energéticas, agroindustriales, entre otras (OEFA).

Aguas residuales municipales: Aquellas aguas domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con efluentes industriales previamente tratados o no, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. La realidad actual en el país es que las aguas residuales municipales contienen aguas industriales no tratadas (OEFA).

(ANA, GOBIERNO DELPERU, s.f.) **ANA**: Autoridad Nacional del Agua del Ministerio de Agricultura y Riego de acuerdo con la Ley N.º 29388, Ley de Recursos Hídricos es el ente rector y máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de recursos Hídricos, que es parte del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos (www.gob.pe).

(MAGUIÑA VARGAS & UGARTE GIL, 2006) **Antibióticos**: Sustancias de actividad biocida para el tratamiento de las enfermedades infecciosas, causadas por microorganismos de origen bacteriano (Maguiña Vargas y Ugarte Gil, 2006).

(OMS, s.f.) **Antiinflamatorios**: Fármacos que tratan de controlar el proceso inflamatorio desencadenado en un organismo, como respuesta a un factor agresivo, sea conocido o desconocido (OMS).

Análisis gravimétrico: Aplicación de técnicas de la química analítica clásica que se basan en la medición de la masa de un producto poco soluble que se forma a partir de la reacción estequiométrica del constituyente de interés en la muestra, o por la medición de la pérdida de peso de una sustancia, a fin de determinar la cantidad proporcional de dicho componente en la muestra. Previamente, se controla los interferentes (Kolthoff et al., 1969).

(Instituto del Cancer del Gobierno español, s.f.) **Apoptosis**: Es una vía de destrucción o muerte celular programada o provocada por el mismo organismo, con el fin de controlar su desarrollo y crecimiento, de naturaleza fisiológica y puede ser desencadenado por señales controladas genéticamente. Es posible que se presente como consecuencia de un daño traumático por la exposición a toxinas (Gobierno Español – Instituto del Cáncer).

Bacterias autótrofas y heterótrofas: Los seres autótrofos que “se alimentan por sí mismos” son organismos capaces de sintetizar todas las sustancias esenciales para su metabolismo a partir de sustancias inorgánicas (dióxido de carbono, nitrógeno, luz, compuestos sulfurados, compuestos ferrosos, etc.) de manera que para su nutrición no necesitan consumir seres vivos. Los seres heterótrofos (del griego “hetero”, otro y “trofo”, que se alimenta) son aquellos que deben alimentarse con las sustancias orgánicas sintetizadas por otros organismos, ya sean autótrofos

o heterótrofos, así como los animales y el hombre. Las bacterias que degradan la materia orgánica para su reincorporación al ambiente son heterótrofas (Erazo y Cárdenas, 2015)

Biocidas: Pueden ser sustancias químicas o de origen natural, o microorganismos que están destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer control de otro tipo sobre cualquier organismo considerado nocivo por el hombre. Según el tipo de microorganismo a controlar, puede denominarse bactericida, fungicida, acaricida, insecticida, y si controla el crecimiento de hierbas, herbicida (Erazo y Cárdenas, 2015).

Bioindicadores: Ensayos que proveen la posibilidad de obtener información sobre la acción de los contaminantes sobre sus receptores biológicos. El instrumento metodológico más validado y desarrollado para evaluar el daño causado por agentes mutagénicos, como la exposición continua a distintos tipos de reactivos, es la prueba de Micronúcleos (Mn) en células de mucosa bucal, que consisten en la determinación de alteraciones nucleares, detectando lesiones a nivel citogenético (Sandívar et al, 2014).

Cambio climático: Se refiere a la variación del clima del planeta que es producida periódicamente de forma natural por la actividad solar, actualmente se considera que influyen además las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero derivados de la actividad humana (Erazo y Cárdenas, 2015).

Ciclos de vida: En marketing, se refiere a las etapas que pasa un producto desde su nacimiento hasta su fin, cuando deja de producirse y de usarse. Al término de su vida útil se da la disposición final del producto (Erazo y Cárdenas, 2015).

Contaminación ambiental: Es la transmisión y difusión de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, tóxicas o no, a medios como la atmósfera, el agua y/o el suelo, así como también la presencia de polvos y gérmenes microbianos provenientes de los desechos de la actividad del ser humano. Como resultado del desarrollo y progreso tecnológico, se ha originado diversas formas de contaminación, las cuales alteran el equilibrio físico y mental del ser humano, como el ruido, las ondas electromagnéticas, etc. Y todas aquellas que alteran el equilibrio de los ecosistemas (Erazo y Cárdenas, 2015).

(Gil Garzon, 2012) **Contaminantes emergentes**: Se refiere a todo contaminante orgánico sintético previamente desconocido o reconocido, cuya presencia en trazas el medio ambiente no es necesariamente nueva, pero si la preocupación por las posibles consecuencias de éstos en las fuentes de agua, dada su persistencia y las limitaciones de los tratamientos convencionales de las diversas plantas de tratamiento de aguas, para removerlos. Entre ellos están los fármacos,

compuestos fluorcarbonados, hormonas, drogas de abuso, productos de cuidado e higiene personal, detergentes, pesticidas (Gil, Soto, Usma, Gutiérrez, 2012).

Daños celulares: La exposición crónica a productos tóxicos puede causar alteraciones en las células, que se pueden notar con mayor facilidad en muestras de las células de la mucosa bucal obtenidas por raspado, conocidas como aberraciones nucleares, entre las cuales se encuentran células binucleadas, células en cariólisis (proceso de degeneración nuclear, estado de muerte del núcleo de la célula, en el que no se produce la tinción de éste) células en picnólisis (condensación del núcleo celular, relacionada con la muerte del núcleo) y células en huevo roto (también relacionadas a la muerte del núcleo) que varían de una población a otra por factores genéticos y ambientales (Sandívar et al, 2014).

(Naciones Unidas, 1987) **Desarrollo sostenible**: Se aplica a una forma de desarrollo económico más humano que considera y equilibra los aspectos ecológico, social y económico de manera que respete el medio ambiente, la diversidad biológica, buscando la ecoeficiencia. Su objetivo es satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades, tomado del informe Nuestro Futuro Común (1987) de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo.

(MINAM Gobierno del Perú, 2021) **Descontaminación**: La rápida industrialización ha dado lugar a innumerables accidentes y vertimiento de efluentes no tratados, que han contaminado los recursos atmosféricos, terrestres y acuáticos con materiales tóxicos y otros contaminantes, amenazando a los ecosistemas y a las personas con graves riesgos para la salud. Como parte de la estrategia de control de la contaminación, los intentos de proteger el medio ambiente han consistido principalmente en aislar los contaminantes del ambiente, utilizando depuradoras y filtros en las líneas emisoras, a fin de minimizar las emisiones en los puntos de vertido de residuos a determinados medios. Dicho control de las fuentes emisoras conlleva el riesgo de transferir la contaminación de un lado a otro, siendo útiles solo en el ámbito local. Bajo el concepto de desarrollo sostenible, se aplica la minimización en la fuente como primera medida para reducir el impacto ambiental, que incluye la mejora de los procesos (MINAM, 2021).

(MINAM - Gobierno del Perú, 2019) **ECA**: Indicadores de calidad ambiental. Miden la concentración de elementos, sustancias y otros en el aire, agua o suelo. Permiten fijar metas que representan el nivel a partir del cual se puede afectar significativamente el ambiente y la salud humana (MINAM, 2019).

(MINAM Gobierno del Perú, 2009) **Ecoeficiencia**: Es una cultura administrativa que conduce a todos los sectores de la sociedad a asumir su responsabilidad con la sustentabilidad y motiva

para que las actividades productivas sean más competitivas, adaptando y readecuando los sistemas productivos existentes a las necesidades del mercado y del ambiente. En el Perú, está vigente la Ley N.º 29289 en el numeral 7.5 del artículo 7, que aprueba medidas de ecoeficiencia para maximizar los ahorros en el gasto público. El Decreto Supremo N.°009-2009-MINAM del 15 de mayo de 2009, corrobora dicha ley y especifica sus alcances.

(Valero Delgado, 2011) **Ecología industrial**: Es una propuesta alternativa técnica y socio económica que representa una metáfora del sistema industrial basada en los ecosistemas, que considera los desechos de unas empresas como posibles materias primas para otros procesos, entre otros aspectos relevantes, a fin de reducir los impactos ambientales y alcanzar la máxima ecoeficiencia y sostenibilidad (Valero y Uson, 2011)

Efecto invernadero: Fenómeno por el cual ciertos gases retienen parte de la energía de la radiación solar y la emitida por el suelo tras haber sido calentado por la radiación solar, se produce un efecto de calentamiento semejante al que ocurre en un invernadero con la elevación de la temperatura. El vapor de agua mantiene la temperatura de la atmosfera por emisión del calor absorbido lo cual hace posible la vida en el planeta, además de otros gases como el dióxido de carbono, cuya función biológica y su interacción con los minerales es de importancia crítica, además se le considera su contribución al calentamiento global (Erazo y Cárdenas, 2015).

(OEFA, s.f.) **Efluentes**: Se refiere a las aguas servidas que contienen desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas (domésticos) o industrias (de las actividades industriales, mineras, agrícolas, hospitalarias, agroindustriales, agropecuarias, etc.) y vertidos a cursos de agua, o que se incorporan a estos por escurrimiento de terrenos causado por la lluvia. Las sustancias presentes en los efluentes son muy variadas, tanto en concentración como en su composición, la cual depende de la clase de proceso que los genera; pueden ser de naturaleza química o biológica (OEFA).

EPS: Empresa prestadora de servicios de saneamiento, su propósito es producir agua potable para una determinada población (OEFA).

(Harris, 2012) **Equilibrio químico**: Es uno de los pilares de la Química, que permite interpretar y controlar las reacciones reversibles con fines analíticos. En las reacciones químicas reversibles, ciertas concentraciones de los reactivos químicos permanecen constantes junto con los productos formados al término de la reacción, el equilibrio heterogéneo establece que se dan reacciones entre los reaccionantes para dar productos, y también entre los productos para reponer a los reaccionantes, alcanzándose un estado de equilibrio cuando las velocidades de ambas reacciones, de derecha a izquierda y viceversa, se igualan, dependiendo principalmente

de la temperatura y de las concentraciones de los componentes, en la medida en que se producen las interacciones. En dicho estado, las concentraciones de los participantes no cambian: es conocida como la Ley de Acción de Masas, formulada por los noruegos C.M Guldenberg y P.A. Waage en 1864. Además, el principio de Le Chatellier trata sobre los factores que perturban el estado de equilibrio químico, indicando que la dirección por la que el sistema alcanza un nuevo equilibrio será aquella que tienda a contrarrestar parcialmente el cambio; por ejemplo, si se desea que una sustancia reaccione de la forma más completa posible (cuantitativamente), se agrega un exceso controlado del reactivo, de forma que el equilibrio se desplace hacia la formación de los productos (Harris, 2012).

Estequiometria: Es la ciencia que mide las proporciones cuantitativas o relaciones de masa de los elementos o compuestos que están implicados en una reacción química; es uno de los pilares fundamentales de la Química Analítica: estudia las relaciones cuantitativas entre los reaccionantes y productos de una reacción química; mide las relaciones entre las masas o proporciones cuantitativas entre los elementos químicos involucrados en una reacción, en la cual, los reactivos o reaccionantes se combinan entre ellos para formar productos. Los cambios suceden a nivel atómico, es decir, que se rompen los enlaces entre las moléculas de los reaccionantes para formar nuevos enlaces, dando lugar a los productos, pero siempre se conservan los elementos involucrados. Toda reacción química debe cumplir la ley de conservación de las masas: el número de átomos en los reaccionantes debe ser el mismo que el de los productos en la ecuación que representa la reacción química, conocida como ecuación balanceada. En palabras de Lavoisier (1785) en una reacción química, la masa de los reaccionantes es igual a la masa de los productos, dado que la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma. (Kolthoff et al.1969).

Eutrofización: En Biología, la acumulación de residuos orgánicos o de nutrientes, en el litoral marino o en un lago, laguna o embalse, etc. que causa la proliferación de ciertas algas (Erazo y Cárdenas, 2015).

Gestión Ambiental: Comprende el conjunto de diligencias conducentes al manejo integral del sistema ambiental. Incluyendo el concepto de desarrollo sostenible, es la estrategia mediante la cual se organizan las actividades antrópicas que afectan al medio ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas ambientales (Erazo y Cárdenas, 2015).

(Naciones Unidas, 2014) **Gestión integrada de recursos hídricos** (GIRH): Proceso que promueve el desarrollo y manejo coordinado del agua, la tierra y otros recursos relacionados,

con el fin de maximizar el bienestar económico y social resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales (ONU, 2014).

Hábitat: Conjunto de factores físicos y geográficos que inciden en el desarrollo de un individuo, una población, una especie o grupos de especies determinados (Erazo y Cárdenas, 2015).

(CEPAL, 2019) Minimización de residuos en la fuente: Es el proceso y la política de reducir la cantidad de residuos producidos por una persona, una sociedad o un proceso, que busca usar menos materiales para producir menos cantidad de residuos, mediante la optimización de los procesos (CEPAL, 2019)

Napa freática: Llamada también capa freática, es la acumulación de agua subterránea que se encuentra a una profundidad, relativamente pequeña bajo el nivel del suelo. Es un acuífero, con la diferencia que los acuíferos pueden estar también a mayores profundidades. Representa una fracción importante de la masa de agua dulce presente en cada momento en los continentes, siendo más importante que la masa de agua retenida en lagos o circulante, puede alcanzar millones de kilómetros cuadrados. Es un recurso importante del cual se abastece gran parte de la población mundial, pero de difícil gestión por su sensibilidad a la contaminación y a la sobreexplotación, además de los costos de la energía adicional para su extracción por bombeo (Erazo y Cárdenas, 2015)

(FAO, s.f.) **Pesticida**: Sustancias o mezcla de sustancias dirigidas a destruir, prevenir, repeler o mitigar el desarrollo de alguna plaga. Según su uso, se denominan herbicidas, fungicidas, insecticidas, o en general, plaguicidas (FAO).

PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales, las cuales pueden provenir de actividades industriales, agrícolas y/o domésticas (OEFA, 2014).

Productos o formulaciones químicas: Es un conjunto de compuestos químicos (sintéticos), aunque en ocasiones sea uno solo, destinado a cumplir una función. Generalmente, el que cumple la función principal es uno de los componentes, llamado ingrediente o componente activo (i.a.), mientras los otros, son coadyuvantes que pueden cumplir diversas funciones como espesantes, fluidificantes, preservantes, emulsificantes, cargas inertes, entre otras, según las características físicas y funcionales que se requiera para el producto final.

Química Analítica: Es una rama de la Química cuya finalidad es el estudio de la composición química de un material o muestra, mediante diferentes técnicas y procedimientos de laboratorio. Se puede dividir en cualitativa y cuantitativa, orgánica e inorgánica, clásica e instrumental.

Química Verde (QV): Concepto que contempla el diseño de productos y procesos que buscan reducir la generación de sustancias peligrosas y maximizar la eficiencia en la utilización de

recursos materiales y energéticos. El empleo de tecnologías menos contaminantes permitirá a las empresas químicas mitigar los efectos ambientales asociados a su actividad, reduciendo el consumo de materiales e incrementando la participación de recursos renovables.

Química Analítica Verde (QAV): Aplica los principios de la QV a la Química Analítica, busca reducir los impactos ambientales causados por el desarrollo de los procedimientos analíticos, mediante la aplicación de los principios de reducción en la fuente, optimización de las técnicas, sustitución de reactivos tóxicos por otros más amistosos con el medio y en la mínima cantidad requerida.

Reactivo químico: Es toda sustancia que interactuando con otra (reaccionante) en una reacción química, da lugar a otras sustancias de propiedades características y conformación distinta, denominados productos.

Resiliencia: Es la capacidad del ser humano para recuperarse y adaptarse positivamente a situaciones adversas. Se aplica también a la ecología de las comunidades y ecosistemas para indicar la capacidad de éstos de absorber perturbaciones sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionabilidad, pudiendo regresar a su estado original una vez que la perturbación ha terminado.

Tensoactivos: Llamados tensioactivos o surfactantes (anglicismo) que reducen la tensión superficial del agua e influyen en la superficie de contacto entre dos fases (por ejemplo, dos líquidos inmiscibles entre sí). Los jabones y detergentes presentan esta propiedad, contribuyendo a la acción de mojadura y limpieza de la ropa, vajilla, aseo personal, cosmética, etc. En especial los detergentes sintéticos pueden dispersar contaminantes de los sedimentos de cuerpos de agua, atacar la membrana celular de los microorganismos degradadores de materia orgánica, entre otros efectos nocivos.

(SEDAPAL - Gobierno del Perú, s.f.) **VMA**: Valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario D.S, 021-2009-Vivienda. Se entiende por VMA el valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos que caracterizan a un efluente no doméstico, que va a ser descargado en la red de alcantarillado sanitario que, al ser excedido en sus parámetros aprobados, causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones sanitarias, infraestructura sanitaria, tratamiento de aguas residuales y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de aguas residuales. Entre los parámetros se encuentran demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y aceites y grasas, en anexo 1, y en el anexo 2 se refiere a cationes (aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobre, cromo, manganeso,

mercurio, níquel, plomo y cinc), aniones como cianuro, sulfato, sulfuro, nitrógeno, pH temperatura y sólidos sedimentables, (SEDAPAL).

Vulnerabilidad ambiental: Es la baja capacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno amenazante, o la incapacidad para reponerse después de que ha pasado la perturbación.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Operacionalización de las Variables

Las dimensiones de la variable dependiente Y, se han asociado a la rúbrica (Anexo 1) desarrollada para calificar los informes de las prácticas de laboratorio, en la que se ha incluido aspectos medioambientales importantes (Anexo 2). Cabe indicar que los informes de práctica presentan los resultados del proceso de reflexión acerca de la práctica a través de sus 7 partes fundamentales, además de las referencias bibliográficas. En la rúbrica se explica cuáles deberían ser los contenidos que se espera encontrar en cada sección del informe para obtener un determinado puntaje, que se va reduciendo si se mencionan en forma parcial. Es importante mencionar que, por cada experiencia que se realiza los estudiantes presentan un informe en el caso de los grupos a cargo de la suscrita; sin embargo, las docentes que dictan el mismo curso encargan un reporte de análisis, que no es equivalente al informe, además que cada docente difiere en la valoración y criterios de calificación, por lo cual la suscrita ha calificado los informes del 2017-1(grupo control) en base a la misma rúbrica que los grupos experimento 2018-1 y 2019-1.

3.2 Tipo y Diseño de la Investigación

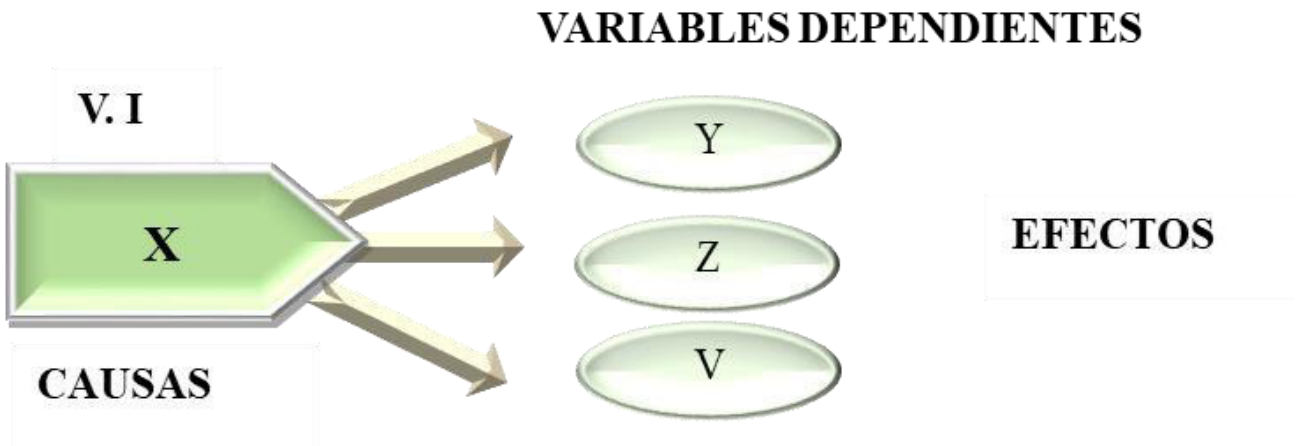
En base a la tipología de Campbell y Stanley (1966) citados por Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014) quienes dividen los diseños experimentales en tres clases: pre-experimentos, experimentos puros y cuasiexperimentos, el diseño que corresponde a la presente investigación es de tipo cuasiexperimental, dada la reducida población conformada por los estudiantes de la Escuela de Química al igual que el número de éstos por cada grupo de laboratorio del curso Química Analítica Cuantitativa a cargo de diferentes docentes, los cuales se conforman luego de la matrícula al inscribirse los estudiantes según sus horarios, habiendo trabajado con grupos completos constituidos antes del experimento. Se puede representar como sigue:

Grupo 1 (21 estudiantes) Grupo experimental con X1

Grupo 2 (8 estudiantes) Grupo de control

Figura 1

Relación entre Variables Investigativas



Nota: La figura muestra la influencia de la variable independiente sobre la dependiente
Se trabajó con dos variables: LA VARIABLE INDEPENDIENTE: Educación Ambiental (X) la cual puede trabajarse y manipularse en el plan de estudio y la VARIABLE DEPENDIENTE: Enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa para estudiantes de la EP Química de la UNMSM (Y) que sería influencia por X.

Tabla 1

Tipificación de la Variable: "Educación Ambiental"

Criterio de clasificación	Tipo
Por su naturaleza	Experimental
Por el método de estudio	Cuantitativa
Por la característica	Discreta
Por sus valores	Politómica
Por su correspondencia con la hipótesis	Independiente

Tabla 2

Tipificación de la Variable: "Enseñanza de la Química Analitica Cuantitativa para estudiantes de la EPQuimica de la UNMSM"

Criterio de clasificación	Tipo
Por su naturaleza	Activa
Por el método de estudio	Cuantitativa
Por la característica	Discreta
Por sus valores	Politómica
Por su correspondencia con la hipótesis	Dependiente

Unidad de Análisis. Los estudiantes de la Escuela Académico Profesional de Química, de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3.3 Población y muestra.

Los estudiantes del 7º ciclo de la Escuela Profesional de Química de la Facultad de Química e Ingeniería Química matriculados en los semestres 2017-1 (control) 2018-1 y 2019-1 (experimento) en el curso Laboratorio de Química Analítica Cuantitativa, distribuidos en 7 distintos horarios en grupos conformados por un número variable de estudiantes de 8 a 12 personas. Usualmente, en dicho curso el número de estudiantes por grupo suele ser de 8-12, haciendo un total de 84 estudiantes en el ciclo 2019-1.

3.3.1. Tamaño de Muestra

La muestra en estudio corresponde a los estudiantes de los grupos N.º 1 de los semestres 2018-1 y 2019-1, en el horario lunes de 08:00-14:00 horas, conformado por 21 estudiantes en total. Con estos grupos se realiza la gestión ambiental y el grupo N. º1- 2017-1, es el grupo control con 8 estudiantes, a cargo de la docente, cuyos estudiantes aplicaron el método analítico tal como especifica la guía de prácticas del curso.

3.3.2. Selección de Muestra

Las muestras de los grupos N.º 1-2018-1 y 2019-1 del lunes de 08:00 a 14:00 horas han sido seleccionadas de forma no probabilística por tratarse de los grupos a cargo de la autora del

presente proyecto para realizar las actividades de gestión ambiental, mientras que el grupo N. º1 del 2017-1, como grupo de referencia al haber realizado los métodos de la guía sin modificaciones, también a cargo de la docente, siendo la principal diferencia entre ambos la forma de realizar la misma práctica. No se ha podido ampliar la muestra con estudiantes de otros grupos debido a las diferencias entre los criterios de calificación de la autora de la investigación, además que los informes no se pueden comparar con los reportes de resultados analíticos al no tener las mismas partes.

3.4 Instrumentos de Recolección de Datos

Se ha elaborado una rúbrica, para evaluar los informes de la práctica de los estudiantes de ambos grupos, de manera que reflejen el conocimiento adquirido al realizar dicha práctica. El resumen, las conclusiones y recomendaciones permiten evaluar el logro de varias capacidades como qué tanto logró aprender de la experiencia directa (conclusiones), que propone como mejoras (recomendaciones), su capacidad para sintetizar los objetivos de la práctica, sus resultados comparados con los valores esperados, las mejoras realizadas y sus beneficios, sus conclusiones y recomendaciones. La introducción teórica debe exponer los fundamentos sobre la técnica, el método, las características de la muestra y sus especificaciones técnicas, así como el sustento de los cambios realizados. La parte de cálculos debe mostrar las reacciones balanceadas como punto de partida de los cálculos estequiométricos, la habilidad para realizar los cálculos de los resultados y en el caso de la práctica modificada, incluir los estimados teóricos de la demanda de HCl y de la solución de cloruro de bario. La discusión de los resultados se ha asociado a los cálculos en la rúbrica, de tal discusión resultan la mayor parte de las conclusiones y recomendaciones. Incluir además, entre quienes participaron en el grupo experimento, apreciaciones sobre la importancia que los estudiantes den a los aspectos ambientales relacionados con el uso de los productos químicos, los impactos ambientales causados por las actividades de los químicos y estudiantes de Química y como se pueden reducir en base a los principios de minimización en la fuente, la estequiometría y el equilibrio químico, para observar su influencia en el aprendizaje significativo de la Química Analítica y actitudes con respecto a la responsabilidad ambiental en los estudiantes.

Cabe comentar que, debido al recargado programa de curso, sólo fue posible realizar la revisión minuciosa de este método en los semestres 2018-1 y 2019-1; se hizo algunas mejoras en otros

tres métodos gravimétricos entre 2018-1, 2019-1 y 2020-1 pero no se incluyen en la tesis por no haberse contado con grupos de control.

(Roberto Hernandez Sampieri C. F., 2014) Para Hernández, Fernández y Baptista (2014) la actitud es una predisposición aprendida para responder de forma favorable y coherente, ante un objeto, ser vivo, actividad, concepto, persona o símbolo. Está relacionada con el comportamiento que se manifiesta en torno a los objetos o conceptos a que se hace referencia, sin embargo, las actitudes son indicadores de la conducta, pero no la conducta en sí. Por ello, las mediciones se deberían interpretar como “indicios” y no como” hechos”. La actitud se podría comparar con una semilla que al caer en un suelo fértil y al contar con las condiciones adecuadas, daría lugar al comportamiento esperado.

3.4.1 El Lugar

La realización de las prácticas incluyendo las actividades del Programa de Educación ambiental y de la aplicación de la rúbrica es el laboratorio de Química Analítica Cuantitativa 516 B, 5º piso de la Facultad de Química e Ing. Química de la UNMSM, pabellón antiguo.

3.4.2 Asuntos a Tratar:

Revisión sobre la base de criterios analíticos y ambientales del procedimiento seleccionado Determinación gravimétrica de sulfatos por precipitación como sulfato de bario en una muestra de yeso, con la participación de los estudiantes de los grupos N.º 1 de los semestres 2018-1 y 2019-1, realizando los cálculos del procedimiento propuesto para estimar las cantidades necesarias de reactivos en cada etapa de éste. Los estudiantes realizan el método modificado y mediante la observación directa de los hechos, comprueban experimentalmente que los resultados obtenidos con las modificaciones calculadas teóricamente caen dentro de lo esperado, con resultados cercanos a los obtenidos por los estudiantes de los grupos que realizaron las prácticas de la forma indicada en la guía, sin modificaciones. Es importante mencionar que, no es usual en la enseñanza del curso, realizar el cálculo de los reactivos necesarios para efectuar los procedimientos analíticos, ya que se sigue solo las instrucciones de la guía de prácticas y los cálculos se aplican para obtener los resultados finales de la determinación, expresados como porcentajes de pureza en la muestra o en otras formas aplicando factores gravimétricos. Adicionalmente, se da una explicación general sobre tratamiento de los efluentes generados para su disposición racional, ya sea para reúso o cumplimiento de las normas sobre vertimiento de efluentes vigente.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados.

En el desarrollo de la investigación se ha obtenido dos grupos de resultados: analíticos, ambientales y económicos por un lado y, pedagógico formativos como componentes del segundo grupo.

4.1.1 Resultados Analíticos, ambientales y económicos

La aplicación del procedimiento teórico y experimental, propuesto para estimar los requerimientos mínimos necesarios de reactivos en la optimización del método analítico gravimétrico seleccionado, de posible aplicación en otros casos, ha permitido reducir el consumo de reactivos en la etapa de disolución de la muestra de 5 a 1 mL de ácido clorhídrico 12M, con un ahorro del 80% con respecto al actual; del amoniaco 15M se ha empleado un 18-20% del que usualmente se consume para neutralizar el exceso de ácido, ahorrando alrededor del 80% de reactivo y, de la solución de cloruro de bario al 3%, se ha empleado el 66,67 %, habiéndose reducido en un 33,33%, como puede verse en la Tabla N.º 3. Además, al emplear el ácido diluido en lugar de concentrado, se reducen las emisiones nocivas de gases de cloruro de hidrógeno al ambiente, minimizando los impactos ambientales, tanto de los vapores como al disminuir las concentraciones de los reactivos en los efluentes.

A consecuencia de los cambios mencionados los costos de los reactivos para la determinación se reducen proporcionalmente a los porcentajes de disminución de éstos, lográndose las siguientes mejoras analíticas adicionales:

4.1.1.1 Minimización de las consecuencias del efecto salino. Al disminuir la fuerza iónica, el precipitado es menos soluble, lo cual es deseable en un método gravimétrico, resultando que el método propuesto presenta menores probabilidades de dar resultados falsos negativos (bajos). La masa de la muestra se ha mantenido igual que en el procedimiento original, por lo tanto, el error relativo de pesada es del mismo orden que en el método de la guía actual, en este aspecto.

4.1.1.2 Menor probabilidad de contaminación en el precipitado. Mientras mayor sea la concentración de sales presentes, ya sea que formen parte del precipitado o no, se incrementan las probabilidades de contaminación de dicho precipitado, dada su tendencia

característica de retener las sales presentes y el agua, lo cual es otro aspecto crítico en las técnicas gravimétricas para prevenir resultados falsos positivos (mayores).

4.1.1.3 Menor tiempo de filtración y lavado. Los tiempos de filtración y de lavado, además del volumen de agua para el último, se han reducido al 50%, al bajar tanto la viscosidad como la densidad del licor madre, por disminución de la concentración de sales formadas por los iones indiferentes, como cloruros, amonio y en especial, del exceso de cloruro de bario.

4.1.1.4 Menor variación en los resultados analíticos. Como se puede observar en la Tabla 4, en donde se presenta los resultados obtenidos por los estudiantes de los grupos a cargo de la autora, desde 2017-1 siguiendo la guía tal cual y del 2018-1-2019-1 con los cambios propuestos. En tanto que, en 2019-1 se puede notar que la desviación estándar de los resultados es del orden de 1,362 comparativamente menor que la del grupo control 4,380, mejora que puede ser atribuible a los cambios efectuados.

Tabla 3

Comparación del Consumo y Ahorro de Reactivos de los Métodos Actual (A) y el Propuesto (P)

Reactivos	Método A	Método P	Ahorro por determinación	Ahorro por 84 estudiantes
HCl 12 M	5 mL	1mL	4 mL.	336 mL
NH_3 15 M	3,84 mL.	0,7 mL	3,2 mL.	268,8 mL
$BaCl_2.2H_2O$, en sol. al 3% / g.	15mL/ 0,45 g.	10mL/0,3g.	5mL/0,15g.	420 mL/12,6 g

Nota. Esta tabla muestra el ahorro de reactivos con respecto al método de la guía.

Tabla 4

Resultados Analíticos, Determinación Gravimétrica del Sulfato en 3 Semestres Consecutivos

Semestre	**2017-1**	**2018-1**	**2019-1**
Procedimiento	**Guía**	**Propuesto**	**Propuesto**
Docente	**Espinosa**	**Espinosa**	**Espinosa**
	53,31	52,04	54,33
	54,38	56,20	55,50
	51,72	47,24	53,79
	55,13	61,42	54,38
	43,96	55,23	55,39
	53,62	53,64	53,78
	59,64	55,35	56,80
	53,11	54,26	54,38
	------	51,92	53,24
	------	55,79	52,03
	------	------	52,58
Promedio	53,11	54,31	54,20
Desviación estándar	**4,380**	**3,644**	***1,362***

Nota. Esta tabla muestra los resultados experimentales del grupo control 2017-1 y los del grupo experimental 2018 y 2019-1.

4.1.2 Resultados Pedagógicos y formativos

4.1.2.1 Logros pedagógicos. Se han interpretado los contenidos de los informes realizados por los estudiantes según la rúbrica que incluye las dimensiones de la actitud responsable ambiental. Cabe resaltar además que, el programa del curso laboratorio de Química Analítica Cuantitativa es sumamente denso, lo cual no ha permitido aplicar el Programa de Educación Ambiental al resto de métodos analíticos con el mismo grupo de estudiantes, para lograr resultados más notables con respecto a los de grupo control.

4.2 Pruebas de Hipótesis

Desarrollo descriptivo por interrogante planteada

4.2.1 Problema general

¿Cuál es la influencia de la inclusión de un Programa de Educación en el aprendizaje de la Química Analítica Cuantitativa en los estudiantes de Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos?

Del tratamiento estadístico de las calificaciones de los informes en base a la rúbrica general se tienen los siguientes resultados:

En la Tabla 5 se muestran los niveles en el aprendizaje de la Química Analítica Cuantitativa a través de las habilidades comunicativas en estudiantes de Química del curso Laboratorio de Química Analítica Cuantitativa de los semestres 2017-1 (grupo control), 2018-1 y 2019-1 (grupo experimento) de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos:

Tabla 5

Tabla Cruzada Aprendizaje de la Química Analítica Cuantitativa grupos*

			Grupo	
			Pos control	**Pos experimental**
Aprendizaje de química analítica cuantitativa	Inicio	Recuento	4	0
		% dentro de grupo	50,0%	0,0%
	Proceso	Recuento	3	8
		% dentro de grupo	37,5%	38,1%
	Logrado	Recuento	1	13
		% dentro de grupo	12,5%	61,9%
Total		Recuento	8	21
		% dentro de grupo	100,0%	100,0%

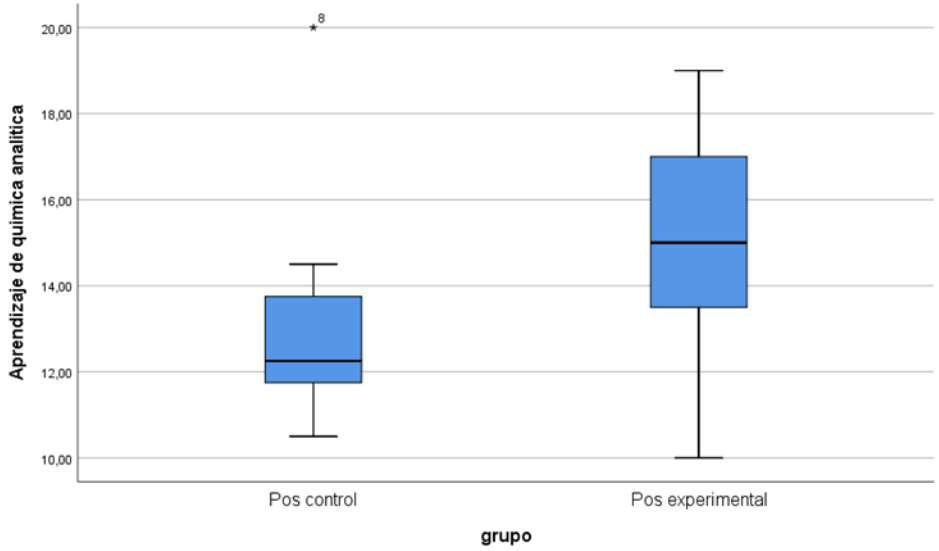
Nota. Esta tabla compara el aprovechamiento en el aprendizaje de la química analítica cuantitativa de ambos grupos.

Los valores de la tabla 5 permiten comparar los resultados entre los grupos de estudio, de los cuales el 50% de los estudiantes del grupo de control se encuentran en nivel de inicio, mientras

que el 37.5% se encuentran en nivel de proceso, sin embargo, el 38.1% del grupo experimental se encuentran en nivel de logro y el 61.9% se encuentra en nivel logrado en el aprendizaje de la química analítica cuantitativa en estudiantes de Química de la FQIQ de la UNMSM.

Figura 2

Comparación entre Datos de Pos test del Grupo de Control y Experimental

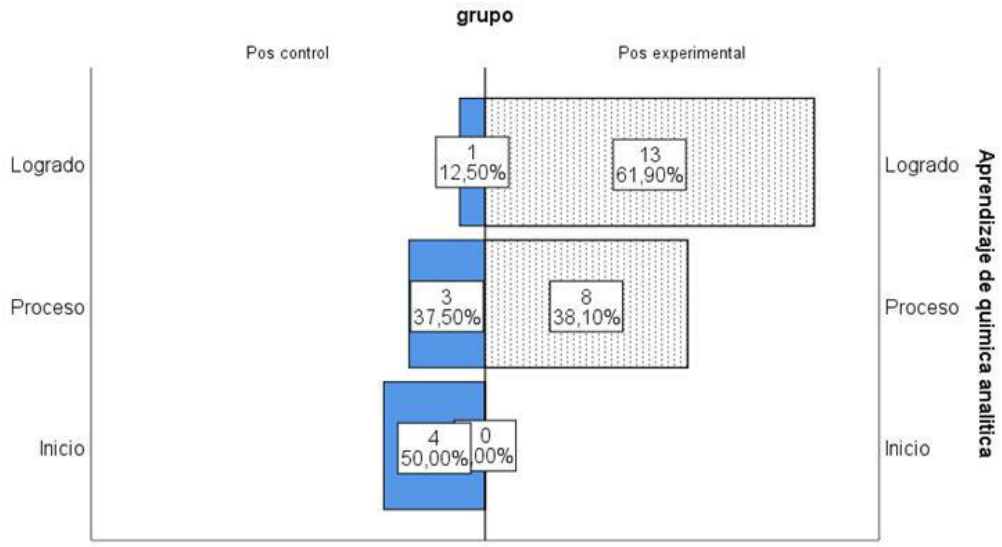


Nota. En el gráfico se muestran las calificaciones de los grupos control y experimental de la dimensión aprendizaje de química analítica cuantitativa.

Los resultados obtenidos muestran que las calificaciones registradas en el grupo control se encuentran distribuidas por debajo de la comparación del grupo experimental, además la mediana del pos-test experimental no logra atravesar a la caja del grupo de control, lo que representa clara evidencia que las calificaciones del grupo experimental son superiores en comparación a las notas del grupo de control.

Figura 3

Diagrama Piramidal de las Comparaciones entre las Calificaciones de los Grupos



Nota: El gráfico muestra el diagrama piramidal de la distribución de las calificaciones de los grupos control y experimental con respecto a la dimensión aprendizaje de química analítica cuantitativa.

El diagrama muestra la distribución de las calificaciones de manera comparativa entre los dos grupos, de los cuales la tendencia de las puntuaciones del grupo control se encuentra por debajo comparativamente entre las calificaciones del grupo experimental, lo que supone una diferencia significativa entre ellos.

4.2.2 Problema Específico

Problema específico 1 ¿Cuál es la influencia de la inclusión de un Programa de Educación Ambiental en enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa en el aprendizaje en vinculación con los cálculos en los estudiantes de Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, al reducir la cantidad de reactivos en un método analítico en base a la estequiometría en las clases de laboratorio sin afectar sus resultados?

Tabla 6

Niveles Comparativos entre los Grupos de Estudio de la Dimensión Vinculación con los Cálculos

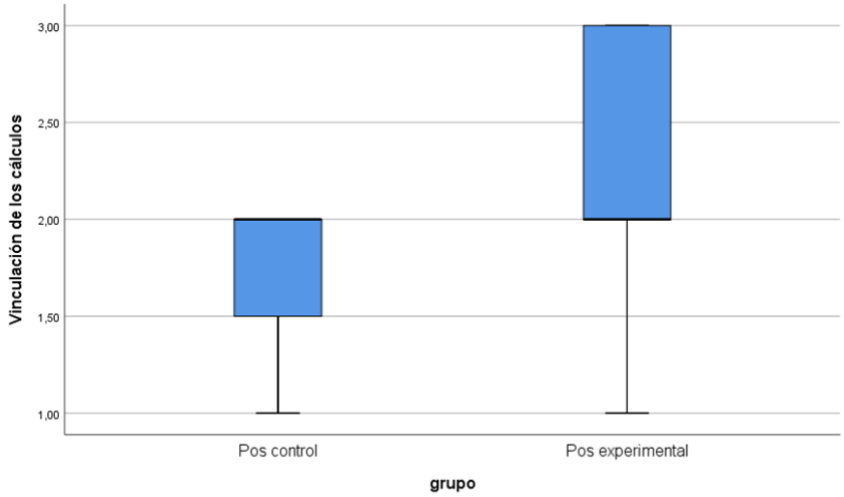
			Grupo	
			Pos control	**Pos experimental**
Vinculación de los cálculos	Inicio	Recuento	5	2
		% dentro de grupo	62,5%	9,5%
	Proceso	Recuento	0	9
		% dentro de grupo	0,0%	42,9%
	Logrado	Recuento	3	10
		% dentro de grupo	37,5%	47,6%
Total		Recuento	8	21
		% dentro de grupo	100,0%	100,0%

Nota. Esta tabla muestra el nivel de progreso de los grupos control y experimental en relación con el aprendizaje de los cálculos propios de la química analítica cuantitativa.

De manera semejante, según los resultados que se muestran en la tabla 4, se realiza la comparación de éstos, entre los grupos de estudio, de los cuales el 62.5% de los estudiantes del grupo control (2017-1) y el 9.5% del grupo experimental se encuentran en nivel de inicio, mientras que el 37.5% de los estudiantes del grupo de control y el 47.6% del grupo experimental se encuentran en nivel logrado en los aprendizajes de vinculación de los cálculos en estudiantes de la química analítica cuantitativa 2018-2019-1 de la FQIQ de la UNMSM.

Figura 4

Comparación entre los Datos del Pos test del Grupo de Control y Experimental de la Dimensión Vinculada con los Cálculos



Nota: El gráfico muestra las diferencias en cuanto al aprendizaje de la química analítica cuantitativa de la dimensión vinculación de los cálculos.

En ese mismo sentido, los resultados detectados muestran que las calificaciones logradas en el grupo control, se encuentran distribuidas por debajo en comparación a las notas del grupo experimental, en cuanto a la dimensión vinculación de los cálculos; además, la mediana del pos test experimental logra atravesar a la caja del grupo de control, lo que muestra clara evidencia que las calificaciones del grupo experimental son superiores a las notas del grupo de control en cuanto a la dimensión vinculación de los cálculos.

Problema específico 2. ¿Cuál es la influencia de la inclusión de un Programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa en el aprendizaje de las Leyes del Equilibrio Químico de los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, al reducir sistemáticamente los excesos de reactivos en un método analítico y minimizar la afectación del entorno por las prácticas del curso?

Tabla 7

Niveles Comparativos entre los Grupos de Estudio de la Dimensión Leyes del Equilibrio

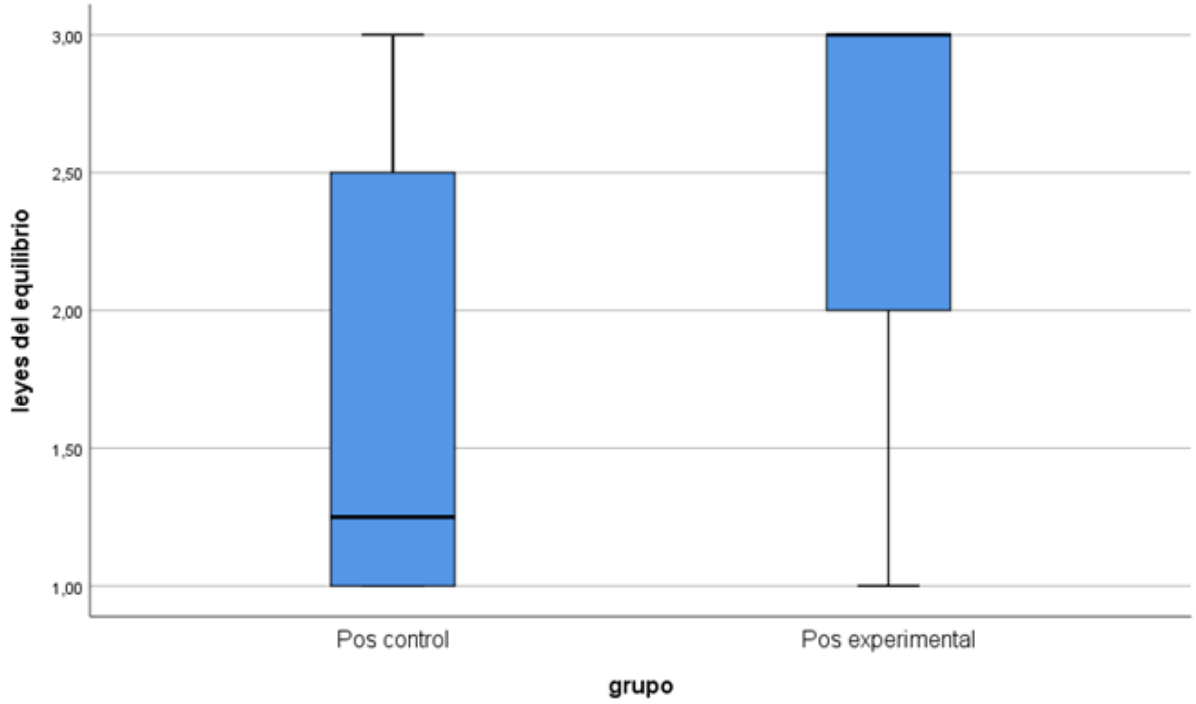
			Grupo	
			Pos control	**Pos experimental**
Leyes del equilibrio	Inicio	Recuento	4	2
		% dentro de grupo	50,0%	9,5%
	Proceso	Recuento	3	7
		% dentro de grupo	37,5%	33,3%
	Logrado	Recuento	1	12
		% dentro de grupo	12,5%	57,1%
Total		Recuento	8	21
		% dentro de grupo	100,0%	100,0%

Nota. Esta tabla muestra el nivel de progreso de los grupos control y experimental en relación con el aprendizaje de las leyes del equilibrio químico para una mejor comprensión de la química analítica cuantitativa.

De igual manera, en base a los resultados que se muestran en la tabla 5, se tiene la comparación entre los grupos de estudio, de los cuales el 50% de los estudiantes del grupo control se encuentran en nivel de inicio, en tanto que el 12.5% del grupo experimental se encuentran en nivel de inicio, el 33.31% en proceso y el 57.1% se encuentra en nivel logrado referente a las habilidades leyes del equilibrio en estudiantes de Química de 2018-2019-1 de la FQIQ de la UNMSM.

Figura 5

Comparación entre los Datos entre el Pos test del Grupo de Control y Experimental de la Dimensión Leyes del Equilibrio



Nota: El gráfico muestra las diferencias en el aprendizaje de la química analítica cuantitativa relacionado con la dimensión de las leyes del equilibrio químico.

En este caso, los resultados registrados muestran que las calificaciones detectadas en el grupo control se encuentran distribuidas por debajo en comparación a las notas del grupo experimental en cuanto a la dimensión leyes del equilibrio, además la mediana del pos test experimental logra atravesar a la caja del grupo de control, lo que representa clara evidencia que las calificaciones del grupo experimental son superiores a las notas del grupo control en cuanto a la dimensión leyes del equilibrio.

Problema específico 3. ¿Cuál es la influencia de la inclusión de un Programa de Educación Ambiental en el aprendizaje en síntesis en la interpretación analítica en los estudiantes de Química del curso Química Analítica Cuantitativa en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, al contribuir a la actualización de las guías de prácticas de laboratorio con la inclusión de los principales conceptos de la educación ambiental?

Tabla 8

Niveles Comparativos entre los Grupos de Estudio de la Dimensión Síntesis en la Interpretación

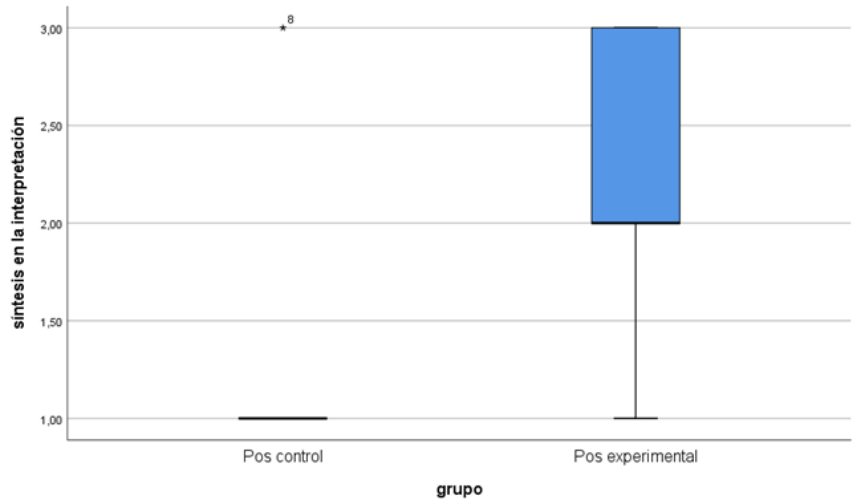
			Grupo	
			Pos control	**Pos experimental**
Leyes del equilibrio	Inicio	Recuento	4	2
		% dentro de grupo	50,0%	9,5%
	Proceso	Recuento	3	7
		% dentro de grupo	37,5%	33,3%
	Logrado	Recuento	1	12
		% dentro de grupo	12,5%	57,1%
Total		Recuento	8	21
		% dentro de grupo	100,0%	100,0%

Nota. Esta tabla muestra el nivel de progreso de los grupos control y experimental en relación con su capacidad de Síntesis en la interpretación de la experiencia realizada y los beneficios de los cambios propuestos.

Finalmente, los resultados detectados muestran que las calificaciones logradas en el grupo control se encuentran distribuidas por debajo en comparación a las notas del grupo experimental en cuanto a la dimensión síntesis en la interpretación, de los cuales el 50% de los estudiantes del grupo control y el 4.8% del grupo experimental se encuentran en nivel de inicio, mientras que el 25% del grupo control y el 66.7% del grupo experimental se encuentran en nivel logrado en la síntesis de interpretación en estudiantes de la Química analítica cuantitativa de FQIQ de la UNMSM.

Figura 6

Comparación entre los Datos entre el Pos test del Grupo de Control y Experimental de la Dimensión Síntesis en la interpretación



Nota. El gráfico muestra la comparación de las calificaciones entre el pos tes de los grupos control y experimental en relación a la dimensión síntesis en la interpretación.

Por último, los resultados registrados muestran que las calificaciones detectadas en el grupo control se encuentran distribuidas comparativamente de manera similar a las del grupo experimental en cuanto a la dimensión síntesis en la interpretación, además la mediana del pos test experimental no logra atravesar a la caja del grupo de control, lo que muestra clara evidencia que las calificaciones del grupo experimental son similares a las notas del grupo control en cuanto a la dimensión síntesis en la interpretación.

4.2.3 Prueba de hipótesis de estudio

Dado que la población estudiantil de la EP Química y la del curso Laboratorio de Química Analítica Cuantitativa es del orden de 60-80 personas por semestre distribuidas en 5-7 grupos con un promedio entre 8-10 estudiantes por cada grupo, la muestra, es decir el número de los participantes como grupo control 2017-1 fue de 8, representando un 17.7 % de la población de dicho semestre y, en los grupos experimentales 2018-1 y 2019-1 cada uno de ellos representó un porcentaje del mismo orden. Por tal razón, es necesario evaluar si la variable dependiente y

sus dimensiones se ajustan a una distribución normal o no, mediante la aplicación de la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 9

Prueba de Normalidad de la Variable Dependiente y sus Dimensiones

Dimensiones /variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Vinculación de los cálculos	0.601	8	0.000
leyes del equilibrio	0.418	8	0.000
síntesis en la interpretación	0.264	8	0.001
Aprendizaje de la quimica analitica cuantitativa	0.235	8	0.012

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Esta tabla muestra que los datos correspondientes a los valores de significación estadística p_valor resultan menores al nivel de significación estadística 0.05, lo que indica que la variable de estudio no presenta distribución normal; para el efecto de la prueba de hipótesis se asumió la prueba no paramétrica U de Mann Whitney para muestras independientes.

Planteamiento de Hipótesis estadísticas

Ho: La inclusión de un Programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa no promueve el aprendizaje de los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Ha: La inclusión de un Programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa influye en el aprendizaje de los estudiantes Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Nivel de significación de prueba

$\alpha = 0.05; \beta = 0.95$

Estadístico de prueba

Por las características de la muestra y el tipo de diseño asumido, se aplicó la prueba estadística no paramétrica de la U de Mann Whitney para el análisis de datos aplicable a muestras independientes.

Decisión

P< 0.05 se rechaza la hipótesis nula

P> 0.05 no se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 10

Niveles Comparativos entre los Grupos de Estudio de la Dimensión Conogscitiva

Variable y dimensiones	Test	Estadisticos					Parámetros		
		Min	Max	X	s	me	U Mann Whitney	sig.	ns
Vinculación de los cálculos	Pos control (8)	0	1	0.813	0.37	1	45	0.014	as**
	Post experimental (21)	1	3	2.24	0.77	2			
Leyes del equilibrio	Pos control (8)	1	1.5	1.06	0.18	1	44	0.016	as**
	Post experimental (21)	1	3	2.43	0.73	3			
Síntesis en la interpretación	Pos control (8)	1	1	1	0	1	23.5	0.022	as**
	Post experimental (21)	0.5	1.5	0.923	0.29	1			
Aprendizaje de la química analítica	Pos control (8)	10	20	13	2.96	12.25	23.5	0.021	as**
	Post experimental (21)	10	20	15	2.76	14			

Nota. Esta tabla resume el análisis estadístico con respecto al nivel de significancia de las dimensiones del estudio de la química análitica cuantitativa, considerando altamente significativa la diferencia entre los grupos control y experimental.

4.2.4 Resultados Descriptivos y Prueba de Hipótesis General

En la tabla 9, se presentan los resultados descriptivos e inferenciales, teniendo en cuenta respecto a los generales, una media de 13 con una desviación de 2.96, ademas, una mediana de 12.25 en el grupo control, mientras que en el grupo experimental, una media de 15 con una desviacion de 2.76 y una mediana de 14, de lo cual resulta que, existe una diferencia comparativa. Con respecto a la comparación entre ambas medianas por la prueba no paramétrica de la U de Mann Whitney de -1.75, y un p_valor de 0.021 en comparación con el nivel de significacion de prueba de 0.05 (p_valor<0.05) permite rechazar la hipotesis nula, por lo tanto:

La inclusión de un Programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa influye en el aprendizaje de los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

A continuación, se presenta los resultados descriptivos y prueba de hipótesis específicos.

4.2.4.1 Resultado descriptivo Específico 1

Ho: La inclusión de un programa de educación ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa no influye en el aprendizaje en la dimensión vinculación de los cálculos de los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Ha: La inclusión de un programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa influye en el aprendizaje en la dimensión vinculación de los cálculos en los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Nivel de significación de prueba

$\alpha = 0.05$; $\beta = 0.95$

Descripción

De los resultados específico 1, que se muestran en la tabla N.º 10, se obtuvo una media de 0.813 con una desviación de 0.37, además una mediana de 1 en el grupo de control mientras que en el grupo experimental 2.24 con una desviación de 0.77 y una mediana de 2, lo cual indica que existe una diferencia comparativa. Con respecto a la comparación entre ambas medianas por la prueba no paramétrica de U de Mann Whitney de 1, y un p_valor de 0.048 en comparación con el nivel de significación de prueba de 0.05 (p_valor<0.05) permite rechazar la hipótesis nula, *la aplicación de un Programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa no influye en el aprendizaje en la dimensión vinculación con los cálculos de los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.

4.2.4.2. Resultado descriptivo específico 2

Ho: La inclusión de un Programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa no influye en el aprendizaje en la dimensión leyes del equilibrio de los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Ha: La inclusión de un programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa influye en el aprendizaje en la dimensión leyes del equilibrio de los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Nivel de significación de prueba

$\alpha = 0.05$; $\beta = 0.95$

Descripción

En cuanto al segundo resultado específico mostrado en la tabla Nº10, de los cuales, se obtuvo una media de 1.06 con una desviación de 0.18, además una mediana de 1 en el grupo de control mientras que en el grupo experimental una media de 2.43 con una desviación de 0.73 y una mediana de 3, de lo cual se detecta que existe una diferencia comparativa. Con respecto a la comparación entre ambas medianas por la prueba no paramétrica U de Mann Whitney de 2 y un p_valor de 0.016 en comparación con el nivel de significación de prueba de 0.05, (p_valor <0.05) que permite rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, la inclusión de un Programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa influye en el aprendizaje de la dimensión leyes del equilibrio en los estudiantes de Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

4.2.4.3. Resultados descriptivos específico 3.

Ho: La inclusión de un programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa no influye en el aprendizaje en la dimensión síntesis en la interpretación de los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Ha: La inclusión de un Programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa influye en el aprendizaje de la dimensión síntesis en la interpretación de los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Nivel de significación de prueba

$\alpha = 0.05$; $\beta = 0.95$

Descripción

Finalmente, los resultados que se muestran en la tabla anterior indican una media de 1 con una desviación de 0, además una mediana de 1 en el grupo control mientras que, en el grupo experimental, una media de 0.923 con una desviación de 0.29 y una mediana de 1, de lo cual no se detecta una diferencia comparativa. Con respecto a la comparación entre ambas medianas por la prueba no paramétrica de la U de Mann Whitney de 1 y un p_valor de 0.022 en comparación con el nivel de significación de prueba de 0.05, (p_valor <0.05) permite rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, la inclusión de un programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica influye en el aprendizaje de la dimensión síntesis en la interpretación en los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

4.3 Presentación de resultados

Primera

Existe una diferencia con respecto a la comparación entre ambas medianas por la prueba no paramétrica del U Mann Whitney de -1.75, y un p_valor de 0.021 en comparación con el nivel de significación de prueba de 0.05, (p_valor<0.05) permite rechazar la hipótesis nula, teniendo que la inclusión de un Programa de Educación Ambiental influye en el aprendizaje de la Química Analítica Cuantitativa en los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Segunda

Existe una diferencia con respecto a la comparación entre ambas medianas por la prueba no paramétrica de la U Mann Whitney de 1, y un p_valor de 0.048 en comparación con el nivel de significación de prueba de 0.05, (p_valor<0.05) que permite rechazar la hipótesis nula, por tanto, la inclusión de un Programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa influye en el aprendizaje de la dimensión vinculación de los cálculos de los estudiantes Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Tercera

Existe una diferencia con respecto a la comparación entre ambas medianas por la prueba no paramétrica de la U de Mann Whitney de 2 y un p_valor de 0.016 en comparación con el nivel de significación de prueba de 0.05, (p_valor <0.05), lo cual permite rechazar la hipótesis nula, la inclusión de un Programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa influye en el aprendizaje de la dimensión leyes del equilibrio en los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Cuarta

Finalmente existe una diferencia con respecto a la comparación entre ambas medianas por la prueba no paramétrica de la U de Mann Whitney de 1 y un p_valor de 0.022 en relación con el nivel de significación de prueba de 0.05 (p_valor <0.05) que permite rechazar la hipótesis nula, ya que la inclusión de un Programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa influye en el aprendizaje de la dimensión síntesis en la interpretación en los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Los resultados analíticos, ambientales, metodológicos y económicos han estado dentro de lo esperado. La forma propuesta para realizar el Programa de Educación Ambiental mediante una gestión ambiental de la determinación analítica seleccionada es sistemática, basada en la estequiometria y los principios del equilibrio químico. Sirve como referencia para optimizar otros procedimientos, ya sea analíticos o industriales. Ha demostrado ser efectiva para reducir tanto

las emisiones nocivas, como los costos en reactivos, al emplear el 20% del ácido clorhídrico propuesto en la guía para disolver la muestra, además de usarlo diluido, habiéndose reducido el consumo de amoniaco a 20% y el de cloruro de bario al 66,67%. La menor variabilidad analítica demuestra que se ha optimizado el procedimiento, como consecuencia de la disminución de los reactivos, se ha reducido el efecto salino y las probabilidades de contaminación del precipitado, además de la mayor eficiencia en la etapa de filtración y lavado, que se realiza al 50% del tiempo usual.

Hipótesis General

H: La inclusión de un Programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa influye en el aprendizaje de los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2019-1

Hipótesis Específicas

H1: La inclusión de un Programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa influye en el aprendizaje en vinculación de los cálculos en los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2019-1

H2: La inclusión de un Programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa influye en el aprendizaje en las leyes del equilibrio de los estudiantes de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2019-1.

H3: La inclusión de un Programa de Educación Ambiental en la enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa influye en el aprendizaje en síntesis en la interpretación de los estudiantes de Química de Química en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2019-1

CONCLUSIONES

1. Se hace necesario reducir los impactos ambientales causados por los diversos procedimientos analíticos de manera sistemática, de forma sostenible y continua, mediante el estudio de sus fundamentos teóricos, la aplicación de la estequiometria, el equilibrio químico y otras consideraciones específicas, según cada caso, así como la observación, la búsqueda de información y la aplicación de nuevos avances en la ciencia.
2. Es factible reducir el consumo y, por consiguiente, los costos de reactivos en los mismos procedimientos analíticos al incluir actividades propias de una gestión ambiental, aplicando el principio de reducción en la fuente y los criterios químicos mencionados, sin afectar la calidad de los resultados como se ha comprobado estadísticamente.

3. Se debe incluir la educación ambiental de forma transversal en las diversas asignaturas, con el propósito de formar a los estudiantes de la EP Química de la UNMSM como profesionales respetuosos del ambiente y agentes de cambio según se indica en el perfil del egresado sanmarquino, capaces de contribuir activamente al desarrollo sostenible del Perú.
4. El docente debe lograr un mayor impacto como promotor de actitudes de responsabilidad ambiental, si actúa en forma evidente y efectiva en favor del cuidado y respeto por el medio, realizando las prácticas de forma coherente con los principios fundamentales correspondientes.
5. Se promueve el ejercicio del pensamiento crítico, generando un clima de apertura en el desarrollo de las clases de teoría y de laboratorio, que motive a los estudiantes a participar, opinando libre y abiertamente, sin censuras, de forma democrática y alturada, respetando las opiniones de cada uno.
6. Se debe fomentar la práctica del pensamiento crítico valorando las observaciones y propuestas innovadoras de los estudiantes para optimizar las labores y procedimientos analíticos y otros, por encima del aprendizaje memorístico.
7. El aprendizaje será más significativo, si se plantea el reto de resolver situaciones problemáticas de la realidad en el desarrollo de los cursos, cuya resolución esté al alcance del grupo o de los grupos conformados por los estudiantes con el apoyo del profesor y que sea del interés de todos sus integrantes; que les permita realizar satisfactoriamente el trabajo en equipo, así como cimentar aspectos esenciales para el éxito, como la autoestima y autoconfianza, la seguridad y la profundidad de sus conocimientos.
8. La evaluación de los puntajes de los estudiantes en la rúbrica de los informes presenta una alta dispersión en ambos grupos, debido a que los estudiantes tienen una formación ambiental muy heterogénea, al no haber llevado cursos previos sobre la problemática ambiental en la universidad.

RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta las conclusiones anteriores, así como los aspectos teóricos metodológicos y estadísticos abordados en este trabajo investigativo, se llega a las siguientes proposiciones:

1. Se debe recurrir a la actualización docente en los cambios que se dan de forma constante en la realidad nacional y global, en los aspectos sociales, económicos y ambientales, para contribuir a la formación integral de los estudiantes.
2. Aplicar el principio de reducción en la fuente de acuerdo con los criterios químicos para reducir el consumo y los costos de dichos reactivos sin alterar el resultado que se espera.
3. Incluir dentro del programa de la asignatura el modelo de educación ambiental de forma transversal y así ir creando una conciencia de responsabilidad profesional en los estudiantes de la EP de Química para transmitir estos valores a sus compañeros y a la comunidad.
4. Cambiar las formas de enseñanza aprendizaje en función de los cambios y problemas causados por la globalización de mercados, el calentamiento global, la contaminación química creciente y el incremento de las poblaciones urbanas en el orden del 80%, que plantean situaciones muy diversas, nuevas y difíciles de afrontar, demandando una preparación distinta, tanto del docente como del estudiante, fomentando el trabajo en equipos multidisciplinarios y el ejercicio del pensamiento crítico, parte esencial del criterio profesional, a diferencia de las exigencias tradicionales de priorizar la memorización de conceptos y datos.
5. Asimismo se deben reforzar y priorizar los criterios para que el estudiante pueda discernir científicamente e interpretar toda la información posible disponible de forma crítica y colectiva a través de un enfoque constructivo.
6. El docente debe reflejar en su plan de clases y en sus actividades diarias, el conocimiento y respeto de la normativa ambiental relacionada con su campo profesional, que sus acciones y la forma de ejecutarlas, sean congruentes con los principios de responsabilidad para gestionar las prácticas con criterios de respeto hacia el medio, demostrando proactividad, creatividad, conocimientos, ingenio y dedicación.
7. El docente debe demostrar durante toda su actividad, el reconocimiento y la enseñanza de la vigencia temporal de los conocimientos, que el cambio es permanente y se da tanto en la ciencia y tecnología, como en los procedimientos científicos y tecnológicos desarrollados en base a dichos conocimientos, sean métodos analíticos o productivos, debiendo actualizar los procedimientos de las guías. Se propone un modelo en el Anexo 7, que permite dejar evidencia de la mejora continua.

8. Lograr a través de una planificación correcta de las guías del laboratorio, una homogeneidad en cuanto a la política ambiental y a la actualización de los problemas ecológicos tanto a nivel local como a nivel global, cuestión que el estudiante debe demostrar en la práctica.

BIBLIOGRAFÍA

American Chemical Society. (1990). ***American Chemical Society*****. Obtenido de American Chemical Society: https://www.acs.org/content/dam/acsorg/about/governance/committees/chemicalsafety/publications/less-is-better.pdf**

Instituto del Cancer del Gobierno español. (s.f.). ***Diccionario del Cancér del NCI*****. Obtenido de Diccionario del Cancér del NCI: https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/apoptosis**

Naciones Unidas. (1987). ***Asamblea General de las Naciones Unidas*****. Obtenido de Asamblea General de las Naciones Unidas: https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml**

Naciones Unidas. (2014). ***United Nations*****. Obtenido de United Nations: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/iwrm.shtml**

Alvarez Vega, P. (2009). ***Redalyc*****. Obtenido de Redalyc Actitudes ambientales y conductas sostenibles: https://www.redalyc.org/pdf/175/17512724006.pdf**

ANA, GOBIERNO DELPERU. (s.f.). ***GOBIERNO DEL PERU - AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA*****. Obtenido de GOBIERNO DEL PERU - AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA: http://www.ana.gob.pe/**

Baca Bocanegra, B. (2021-2022). ***IDUS*****. Obtenido de Depósito de Investigación Universida de Sevilla: https://idus.us.es/handle/11441/134187**

Banco Mundial. (21 de junio de 2023). ***Perú Accipnes Estratégicas para la Seguridad Hídrica*****. Obtenido de Banco Mundial: https://www.bancomundial.org/es/topic/water/publication/peru-strategic-actions-toward-water-security**

Baracho da Silva, A. S. (Julio de 2010). ***Yumpu.com*****. Obtenido de Yumpu.com - descarga de articulo Revista Litteris - Brasil: https://www.yumpu.com/es/document/read/28876732/la-relacian-entre-motivacian-y-aprendizaje-en-el-e-le**

Bautista Ruiz, M. J. (2019). ***Universidas de la Rioja*****. Obtenido de Dialnet de la Universidad de la Rioja: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7441726**

Bolaños Narciso, A. M. (2022). ***Repoitorio UNS Universidad Nacional del Santa*****. Obtenido de Tesis UNS Universidad Nacional del Santa: https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/4206/52684.pdf?sequence=1&isAllowed=y**

Boletín Oficial del Estado Español. (2016). ***Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado*****. Obtenido de Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado: https://www.boe.es/eli/es/rdlg/2016/12/16/1/con**

Cardona Gallo, M. M. (2006). ***Producción más limpia*****. Obtenido de Repository. Unilasallista.edu.co: http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/226/1/pl_v1n2_46-57_Minimizaci%C3%B3n.pdf**

CEPAL. (2019). *CEPAL*. Obtenido de CEPAL: https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/gestion_de_residuos_-_jordi_pon.pdf

Comisión para la Cooperación Ambiental de America del Norte. (agosto de 2004). *CEC.org*. Obtenido de CEC.org: http://www.cec.org/files/documents/publications/2143-moving-forward-pollution-prevention-in-north-america-es.pdf

Cortez, F. C. (2017). *Estudios Pedagicos de la Universidad Austral de Chile*. Obtenido de Estudios Pedagicos de la Universidad Austral de Chile . Volumem XLIII Nº2 2017 paginas 27-46: https://www.redalyc.org/pdf/1735/173553865002.pdf

Emilia Moyano, Y. E. (julio de 2007). *Reserch Gate*. Obtenido de Reserch Gate: https://www.researchgate.net/publication/274063735_Evaluacion_del_Sistema_Nacional_de_Certificacion_Ambiental_de_Establecimientos_Educacionales_SNCAE_en_Chile_operatoria_e_impacto

EPA. (2002). *EPA*. Obtenido de EPA : https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1004H5G.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2000+Thru+2005&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=

Erazo Romero, M. y. (2013). *Ecología: Impacto de la problemantica ambiental actual sobre la salud y el ambiente.* Bogota: Ecoe Ediciones.

Espinosa Descalzo, E. N. (2020). *Scielo*. Obtenido de Sociendad Quimica del Perú - olumen 86 número 3 paginas 288-299: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2020000300288&script=sci_abstract&tlng=en

FAO. (s.f.). ***FAO.org*****. Obtenido de FAO.org: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/themes/pesticides/es/**

Gil Garzon, M. J. (2012). ***Scielo- Produccion + limpia*****. Obtenido de Scielo- Produccion + limpia: http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf**

Harris, D. (2012). ***Analisis Químico Cuantitativo.*** **Barcelona: Editorial Reverté S.A.**

I. M. Kolthoff, E. B. (1989). ***Quantitative Chemical Analysis 4ta edición.*** **Londres: the Macmillan Company.**

Instituto Nacional del Cancer España. (s.f.). ***Gobierno Español*****. Obtenido de Gobierno Español: https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/hojas-informativas**

Jose Manuel Barreiro Fernandez, M. A. (2002). ***Universidad de Santiago de Compostela - Galicia - España*****. Obtenido de Scribd: https://es.scribd.com/document/555000567/Analisis-de-Las-Dimensiones-Cognoscitiva-y-Afectiv**

Juan Francisco Ayala Cabrera, C. P. (marzo de 2020). ***Universtat de Barcelona*****. Obtenido de Dispòsit Digital: http://hdl.handle.net/2445/160864**

Juana Sandivar, A. O. (2014). Monitoreo y Evaluación del grado de contaminación en los labratorios de la facultad de Química e Ingenieria Química y su impacto en la salud y medio ambiente. ***Sociedad Quimica del Perú*****, 211 - 219.**

Kumar Ranna, K. y. (agosto de 2014). ***Scirp*****. Obtenido de Open Access Library Journal: https://www.scirp.org/pdf/OALibJ_2016031514550942.pdf**

Llano, M. A. (Julio a Setiembre 2014 de 2014). ***Redalyc*****. Obtenido de Revista Avances en Ciencias e Ingenieria Volumen 5 Número 3 páginas 103 - 108: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323632128007**

Loayza Pérez, J. E. (2005). ***Revista de investigación de La Universidad Nacional Mayor de San marcos*****. Obtenido de Revista Peruana de Química e Ingenieria Quimica: https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/5421**

MAGUIÑA VARGAS, C., & UGARTE GIL, M. M. (2006). ***REDALYC*****. Obtenido de REDALYC, Colegio medico paginas 15 - 20: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=96623104**

Mark Dourojeanni, E. R. (31 de enero de 2016). ***Los Principales Problemas Ambientales Politicamente Relevantes en el Perú*****. Obtenido de Research Gate: https://www.researchgate.net/publication/335568319_Los_principales_problemas_ambientales_politicamente_relevantes_en_el_Peru/link/5d6d7039a6fdcc547d758493/download**

Medina Rodríguez, J. P. (2021). ***Universidad Manizales*****. Obtenido de Universidad Manizales: https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/4866/TRABAJO%20DE%20GRADO%20FINAL%20JUAN%20PABLO%20MEDINA.pdf?sequence=2**

Miguel de la Guardia, A. P. (2015). ***Universidad de Valencia*** **. Obtenido de Universidad de Valencia : https://www.uv.es/uvweb/servicio-investigacion/es/ciencias-basicas-experimentales/grupo-1285949713081.html**

MINAM - Gobierno del Perú. (2019). ***MINAM - Gobierno del Perú*** **. Obtenido de MINAM - Gobierno del Perú: https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/294565-269-2019-minam**

MINAM Gobierno del Perú. (2009). *MINAM - Gobierno del Perú*. Obtenido de MINAM - Gobierno del Perú: https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_009-2009-minam.pdf

MINAM Gobierno del Perú. (2021). *MINAM Gobierno del Perú*. Obtenido de MINAM Gobierno del Perú: https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAH/normas/3_NORMAS_AMBIENTALES_TRANSVERSALES/31.%20Resoluci%C3%B3n%20Ministerial%20N%C2%B0%20085-2014-MINAM.pdf

Miranda Murillo, L. M. (2013). *Repository UNISALISTAS*. Obtenido de Biblioteca digital Cultura Ambiental: Un estudio desde las dimensiones de valor y creencias, actiitudes y comportamientos ambientales: http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1251/1/94-105.pdf

Miranda Ruvalcaba, R., Hernández, O. M., Arroyo, G., Martínez, J. O., Morales, M. L., Reyes Sánchez, L. B., & Obaya Valdivia, A. (2011). *UNAM UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MEXICO*. Obtenido de REVISTA DE UNAM: https://repositorio.unam.mx/contenidos/que-tan-verde-es-un-experimento-54255?c=rw2Nyp&d=false&q=*:*&i=33&v=1&t=search_0&as=0

Nuñez, M. I. (2016). Tesis: Educación e informacion docente. Perú. *Tesis: Educación e informacion docente. Perú*. Lima, Perú: Ediciones Quipu.

OEFA. (s.f.). Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827#:~:text=Son%20aquellas%20aguas%20cuyas%20caracter%C3%ADsticas,descargadas%20al%20sistema%20de%20alcantarillado

OEFA. (s.f.). ***OEFA*****. Obtenido de OEFA: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827#:~:text=Son%20aquellas%20aguas%20cuyas%20caracter%C3%ADsticas,descargadas%20al%20sistema%20de%20alcantarillado.**

OMS. (s.f.). Obtenido de https://1aria.com/entrada/la-escalera-analgesica-de-la-oms-y-los-farmacos-del-dolor#:~:text=Son%20medicamentos%20que%20aumentan%20o,determinadas%20condiciones%20o%20s%C3%ADndromes%20dolorosos.

ONU. (31 de agosto de 2023). ***Conferencia De Biodiversidad De Las Naciones Unidas*****. Obtenido de Noticias ONU: http://news.un.org/es/story/2023/08/1523717**

Paz Quiroz, C. A. (2022). ***Universidad Nacional de Ucayali*****. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Ucayali: http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5668**

Riascos Forero, L. y. (2018). ***Redalyc*****. Obtenido de Redalyc - paginas 113-127: https://www.redalyc.org/journal/5739/573962519009/movil/**

Roberto Hernandez Sampieri, C. F. (2014). ***Metodología de la Investigación.*** **Estados Unidos : Mc Graw Hill.**

Roberto Hernandez Sampieri, C. F. (2014). ***Metodología de la investigación 6ta edición.*** **Estados Unidos: Editorial Mc Graw Hill.**

Robustillo Fuentes, A. R. (2009). ***Universidad Rey juan Carlos*****. Obtenido de Universidad Rey juan Carlos: http://hdl.handle.net/10115/5582**

Ruiz Pacco, G. A. (2019). ***Sunedu*****. Obtenido de Renati Sunedu: https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2652149**

Sagasti, F. (1993). ***Agenda Perú.*** **LIma: Planeta.**

Sagasti, Francisco. (1993). ***Agenda Perú.*** **Lima: Planeta.**

Sánchez, M. P., de la Garza-González, A., & Rodríguez, M. C. (2014). ***Universidad de Chile Santiago, Chile - Mexico*****. Obtenido de Análisis de la percepción y conducta ambiental mediante una red bayesiana Revista de Psicología, vol. 23, núm. 2, 2014, pp. 56-70 Universidad de Chile Santiago, Chile: https://www.redalyc.org/pdf/264/26435341006.pdf**

Sassen, S. (2015). Expulsiones. Brutalidad y Complejidad en la economía global. ***Expulsiones. Brutalidad y Complejidad en la economía global*****.**

SEDAPAL - Gobierno del Perú. (s.f.). ***SEDAPAL - Gobierno del Perú*****. Obtenido de SEDAPAL - Gobierno del Perú: https://www.gob.pe/12808-valores-maximos-admisibles-vma**

V. Corral Verdugo, M. F. (2019). ***Redalyc*****. Obtenido de Introduction to the psychological dimensions of sustainability. Psychological approaches to sustainability, 3-18.: https://www.redalyc.org/journal/778/77864998003/html/**

Valero Alicia y Uson, S. (2011). ***Ecología industrial: Cerrando el ciclo de los materiales.*** **Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.**

Valero Delgado, A. y. (2011). ***Ecología Industrial: Cerrando Circulo de materiales.*** **Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.**

Valero, A. y. (2011). ***Ecologia Industrial: Cerrando el Circulo de materiales.*** **Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.**

World Quality Report. (2022 - 2023). ***Micro Focus*****. Obtenido de Micro Focus: https://www.microfocus.com/en-us/marketing/world-quality-report-2022-23**

Yuleidis González Peréz, Y. G. (2020). *Scielo*. Obtenido de Scielo:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852020000200226

Anexos

Anexo 1. Rúbrica - Variable X1

ITEMS	CRITERIO	Escala de Evaluación				
		Excelente 5.0	**Muy Bueno 4.0**	**Bueno 3.0**	**Regular 2.0**	**Deficiente 1.0**
1. Resumen	En el resumen declara los objetivos y los métodos utilizados en la investigación, los resultados, las conclusiones y recomendaciones a las que se llega al discutir los resultados mencionando los beneficios de los cambios propuestos con comentarios que demuestren su actitud responsable ambiental y capacidad para síntetizar la interpretación analítica.	Cumple al 100% con el criterio	Cumple al 75% el criterio	Cumple 50% del criterio, incluye aspecto ambiental parcial.	Cumple 25% del criterio. No incluye aspecto ambiental	Es insuficiente.
2. Introducción	La introducción es ordenada e incluye las generalidades y fundamento teórico relacionados con la práctica analítica realizada y con los cambios efectuados para lograr la minimización de la contaminación ambiental en el procedimiento analítico	**Excelente 3.0**	**Muy Bueno 2.5**	**Bueno 2.0**	**Regular 1.5**	**Deficiente 1.0**
		Cumple al 100% con el criterio	Cumple al 75% el criterio	Cumple 50% del criterio, incluye aspecto ambiental parcial.	Cumple 25% del criterio. No incluye aspecto ambiental	Es insuficiente.
3. Principios teóricos	Presenta los principios teóricos que sustentanse la argumentación de los resultados obtenidos, debidamente referenciados: Técnica, método, muestra y analito. Incluye aspectos relacionados con el impacto ambiental y de seguridad en relación con la práctica realizada.	**Excelente 4.0**	**Muy Bueno 3.0**	**Bueno 2.0**	**Regular 1.0**	**Deficiente 0.5**
		Cumple al 100% con el criterio	Cumple al 75% el criterio	Cumple 50% del criterio, incluye aspecto ambiental parcial.	Cumple 25% del criterio. No incluye aspecto ambiental	Es insuficiente.
ITEMS	**CRITERIO**	**Escala de Evaluación**				

		Excelente 5.0	Muy Bueno 4.0	Bueno 3.0	Regular 2.0	Deficiente 1.0
4. Detalles experimentales y discusión de los resultados	Explica de forma coherente los procedimientos realizados, incluyendo el detalle sobre el manejo de los reactivos, los materiales, los equipos empleados y los cálculos estequiométricos para estimar los reactivos y los resultados analíticos, enfatizando las mejoras en la técnica operatoria para reducir el impacto ambiental, cambios que mejoran las condiciones materiales para el trabajo analítico. Discute los resultados obtenidos contrastando con los valores esperados, como base para la obtención de conclusiones y recomendaciones.	Cumple al 100% con el criterio y menciona las mejoras.	Cumple al 75% el criterio. Menciona las mejoras	Cumple 50% el criterio mención parcial de las mejoras	Cumple al 25% el criterio. No menciona mejoras.	Es insuficiente.
ITEMS	**CRITERIO**	**Escala de Evaluación**				
		Excelente 3.0	**Muy Bueno 2.5**	**Bueno 2.0**	**Regular 1.5**	**Deficiente 1.0**
5. Conclusiones y recomendaciones	A traves de sus conclusiones y recomendaciones los estudiantes valoran los cambios realizados e incluyen entre sus recomiendaciones actualizar los procedimientos bajo consideraciones ambientales. El número de determinaciones efectuadas sustenta estadisticamente la mejora.	Cumple al 100% con el criterio y menciona las mejoras.	Cumple al 75% el criterio. Menciona las mejoras	Cumple 50% el criterio mención parcial de las mejoras	Cumple al 25% el criterio. No menciona mejoras.	Es insuficiente

Anexo 2: Matriz de Operacionalización de las Variables: Educación Ambiental y Enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa.

"Educación Ambiental en la Enseñanza de Química Analítica Cuantitativa para estudiantes de Química: Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2019-1"

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	INSTRU-MENTO	VALOR
X: Educación Ambiental	La educación ambiental promueve actitudes favorables en las personas hacia la conservación del medio ambiente bajo una mirada crítica que permita el correcto uso de los recursos naturales mediante la sensibilización que despierte el interés sobre los problemas ambientales y las actitudes y aptitudes para resolverlos.	Cognoscitiva: Grado de información y conocimiento acerca de la problemática ambiental.	- Puntaje asignado al resumen según su grado de concordancia con las fuentes teóricas citadas y la experiencia realizada.	1	Rúbrica	- Teoría - Práctica
			- Puntaje a la introducción que tenga en cuenta los objetivos y métodos empleados.	2		
			- Puntaje asignado a los principios teóricos relacionados con el impacto ambiental y la seguridad en el laboratorio.	3		
		Afectiva: Preocupación por los problemas ambientales y sus consecuencias para el planeta y las especies vivientes, incluyendo el grado en que se percibe la gravedad de dichos problemas.	- Puntaje asignado al grado de percepción del deterioro ambiental por parte de los estudiantes para su minimización.	4	Rúbrica	- Teoría - Práctica
			- Puntaje asignado a la proposición de medidas proambientales y ecológicas identificando las deficiencias y formas de operación en el laboratorio.	4		
Y: Enseñanza	La enseñanza de la Química Analítica bajo los nuevos paradigmas	Vinculación de los cálculos	- Puntaje asignado por la participación individual de los alumnos en los cálculos estequiométricos.	4	Rúbrica	- Teoría - Práctica

de la Química Analítica cuantitativa.	educacionales aplica los principios de la Química Analítica Verde mejorando los conceptos y procedimientos sistemáticos, para llevar al estudiante a construir su propio conocimiento.	estequiométricos para mejorar el experimento, donde el alumno actúa de forma constructivista.	- Puntaje asignado por la participación de los alumnos en el experimento y los cálculos efectuados para estimar el consumo mínimo de los reactivos.	4		
		Relaciona las leyes del equilibrio químico y el principio de Le Châtelier con el experimento y los excesos de reactivos.	- Puntaje asignado por el nivel de observación de la correspondencia entre los principios y las leyes del equilibrio químico.	1-5		
		Aplicar la síntesis en la interpretación de los cambios propuestos para llegar a las conclusiones y validar sus resultados y proponer recomendaciones.	- Puntaje asignado en la presentación de las conclusiones provenientes de la comparación con la aplicación de la propuesta en relación con la guía y la valoración de sus beneficios que se manifieste en recomendaciones para mejorar las guías de prácticas.	1 y 5		

ANEXO 3: Fichas de validación del instrumento (Rúbrica) de evaluación de los aprendizajes con los criterios de calificación de los informes de prácticas de los estudiantes.

Rúbrica validada por los siguientes expertos:

- Doctor en Matemáticas Ángel Salvatierra Melgar (UNMSM).
- Doctora en Química Gloria Alejandrina Cosco Salguero (UNMSM)
- Doctora en Educación Pelagia Cecilia Villarreal Magán. (Universidad Norbert Wiener)
- Magister en Economía del Medio Ambiente y Recursos Naturales Ing. Químico Jorge Eduardo Loayza Pérez. (UNMSM)

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOJO DE INFORMACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS INFORMATIVOS

Apellidos y nombres del Informante	Especialidad del Evaluador (a)	Cargo o institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor(a) del instrumento
Salvatierra Melgar, Ángel	MATEMATICA	DOCENTE-UNMSM	Rúbrica para calificar informes de prácticas, propuesta como instrumento de evaluación del aprendizajes del curso laboratorio de Química Analítica	Espinosa Descalzo, Elizabeth Norma
Titulo: Educación Ambiental en la Enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa para Estudiantes de Química. Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2019-1				

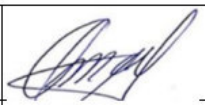
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 0 - 20%	REGULAR 21 – 40%	BUENA 41 – 60%	MUY BUENA 61 -80%	EXCELENTE 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado				X	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuando al avance de la ciencia y tecnología				X	
4. ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y claridad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				X	
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos				X	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones				X	
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					X
10. PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación				X	

III. OPINION DE LA APLICACIÓN

Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN

Ciudad Universitaria 20. De MAYO del 2022	19873533		920033490
Lugar y fecha	**DNI**	**Firma del Experto**	**Teléfono**

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOJO DE INFORMACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS INFORMATIVOS

Apellidos y nombres del Informante	Especialidad del Evaluador (a)	Cargo o institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor(a) del instrumento
Cosco Salguero, Gloria Alejandrina	Profesional Química y Doctora en Química en la Especialidad de Química Analítica	Profesora del Departamento de Química Analítica de la Facultad de Química e Ingeniería Química, UNMSM	Validación de la rúbrica para calificar informes de prácticas propuesta como instrumento de evaluación de los aprendizajes del curso laboratorio de Química Analítica	Espinosa Descalzo, Elizabeth Norma
Título: Educación Ambiental en la Enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa para Estudiantes de Química. Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2019-1				

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 0 - 20%	REGULAR 21 – 40%	BUENA 41 – 60%	MUY BUENA 61 -80%	EXCELENTE 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuando al avance de la ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y claridad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					X
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					X
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					X
10. PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación					X

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOJO DE INFORMACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS INFORMATIVOS

Apellidos y nombres del Informante	Especialidad del Evaluador (a)	Cargo o institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor(a) del instrumento
Villarreal Magán Pelagia Cecilia	Dra. en Educación	Docente mentor de la Universidad Norbert Wiener	Rúbrica	Elizabeth Norma Espinosa Descalzo
Título: Educación Ambiental en la Enseñanza de Química Analítica Cuantitativa para estudiantes de Química. Universidad Nacional Mayor De San Marcos 2019-1				

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 0 - 20%	REGULAR 21 – 40%	BUENA 41–60%	MUY BUENA 61-80%	EXCE-LENTE 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuando al avance de la ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y claridad					X
6. INTENCIONALI-DAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					X
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					X
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					X
10.PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación					X

III. OPINION DE LA APLICACIÓN
Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN

Ciudad Universitaria de 3 de octubre del 2022	25673150	Pelagia Cecilia Villarreal Magan Fecha: 03/10/2022 FIRMADO ELECTRONICAMENTE	903172882
Lugar y fecha	**DNI**	**Firma del Experto**	**Teléfono**

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOJO DE INFORMACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS INFORMATIVOS

Apellidos y nombres del Informante	**Especialidad del Evaluador (a)**	**Cargo o institución donde labora**	**Nombre del instrumento de evaluación**	**Autor(a) del instrumento**
Loayza Pérez, Jorge Eduardo	Ingeniero Químico y Magister en Economía del Medio Ambiente y Recursos Naturales	Profesor Principal del Departamento Académico de Procesos de la Facultad de Química e Ingeniería Química, UNMSM	Validación de la rúbrica para calificar informes de prácticas propuesta como instrumento de evaluación de los aprendizajes del curso laboratorio de Química Analítica	Química Elizabeth Norma Espinosa Descalzo.

Título:
Educación Ambiental en la Enseñanza de la Química Analítica Cuantitativa para Estudiantes de Química. Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2019-1

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIEN-TE 0 - 20%	REGULAR 21 – 40%	BUENA 41 – 60%	MUY BUENA 61 -80%	EXCELENTE 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y claridad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias (procedimientos)					X
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					X
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					X
10. PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación					X

I. OPINION DE LA APLICACIÓN Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )			
II. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: Excelente 81 – 100%			
Ciudad Universitaria, 11 de Octubre del 2022	**08714366**		**998599889**
Lugar y fecha	**DNI**	**Firma del Experto**	**Teléfono**

Anexo 4

SESIONES DE CLASES

Facultad de Química e Ingeniería Química

Escuela Profesional de Química

Sesión de Clases Práctica Nº2- 2019-1

I) Datos Generales

1. **Departamento** : Química Analítica
2. **Experiencia curricular** : Laboratorio de Química Analítica Cuantitativa**.**
3. **Semestre académico** : 2019- I (1º aplicación en 2018-1)
4. **Ciclo/sección** : VII/1
5. **Sesión** : 02
6. **Fecha** : Del 29 de abril al 3 de Mayo 2019
7. **Docente** : Química Elizabeth Norma Espinosa Descalzo

II) PROGRAMACIÓN

RESULTADO DE APRENDIZAJE	CONTENIDOS/TEMÁTICA	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	INSTRUMENTO
Realiza el experimento Determinación Gravimétrica de sulfatos en una muestra de yeso por precipitación como sulfato de bario, por reacción del sulfato con cloruro de bario, para calcular estequiométricamente los resultados cuantitativos de la muestra y aplicar experimentalmente el principio de minimización en la fuente y la Química Analítica Verde (QAV).	Desarrollo experimental de una técnica gravimétrica por precipitación. Aplicación experimental de los principios de la QAV, mediante el desarrollo participativo de un método para reducir el consumo de reactivos sin afectar los resultados analíticos y minimizar los impactos ambientales.	Informe sobre el experimento determinación gravimétrica de sulfatos en yeso por precipitación con $BaCl_2$, que debe incluir los resultados de las mejoras introducidas al método al aplicar los principios de la QAV, el ahorro de reactivos, la minimización de los impactos ambientales, entre otros .	Rúbrica para evaluar cada parte del informe.

III) SECUENCIA METODOLÓGICA

ACTIVIDADES DE INICIO	MEDIOS Y MATERIALES	TIEMPO
1. El docente realiza una introducción teórica de los fundamentos de la práctica. Introduce los conceptos de la QAV mediante el cuestionamiento del uso del mismo volumen de ácido clorhídrico (HCl) para disolver las muestras de la práctica Nº1 (0,5 g) y la práctica Nº2 (0,15 g); comenta, además, cómo se resolvió un problema de falta de HCl en el semestre 2017-1. Explica la importancia de aplicar el principio de minimización en la fuente para reducir los impactos ambientales que causa el desarrollo de las prácticas y procesos con químicos. Propone partir de la reacción de disolución de la muestra de los 0,15 g de la muestra de yeso ($CaSO_4.2H_2O$) asumiendo que su fórmula es $CaSO_4$, con HCl y a partir de este supuesto, calcular el HCl necesario según la estequiometría, el cual resulta del orden de 0,2mL de HCl versus 5 mL (guía). Dado que se requiere un ligero exceso por varias razones que se explican, se decide usar el equivalente a 1 mL de HCl 12M, pero diluido a 1:1 (6M) para reducir las emisiones de gases de cloruro de hidrógeno al operar. Resaltar la reducción del consumo de amoniaco (NH_3) 15 M para neutralizar el exceso de HCl 6M y de la disminución del volumen de solución de cloruro de bario al 3% (de 15 a 10mL) por cálculos estequiométricos. 2. El docente incorpora preguntas sobre • ¿Qué diferencias hay entre una balanza analítica y una de precisión? • ¿Conocen los tipos de papeles de filtro y los usos de cada uno? • ¿Para qué sirve un desecador y su importancia? • ¿Cómo podemos reducir las emisiones de gases al usar el HCl, que es un ácido fumante? • ¿Por qué es importante usar el mínimo exceso de reactivos al efectuar una determinación analítica?	Guía de práctica y pizarra.	60 minutos

• ¿Es posible basarnos en la estequiometría para reducir los reactivos de manera sistemática para un método analítico dado? • ¿Qué ventajas tiene el uso del HCl diluido frente al 12M? • ¿Qué otros reactivos se logran ahorrar, a consecuencia de la reducción del volumen de HCl?		
ACTIVIDADES DE PROCESO	**MEDIOS Y MATERIALES**	**TIEMPO**
1. Explicar el modo de operar paso por paso, iniciando con la pesada de la muestra. El uso seguro del ácido HCl concentrado (12 M) bajo campaña, que será diluido a 6M (1:1) por uno de los estudiantes, para disolver la muestra, para el uso general en cada etapa del desarrollo del método, a diferencia de las instrucciones de la Guía de Prácticas, en donde se indica que se use concentrado. 2. Los estudiantes observarán con detenimiento los cambios que ocurren en la muestra al reaccionar con el HCl diluido caliente y explicará qué reacciones se producen; importancia del vidrio de reloj y criterios para determinar el término de este proceso. 3. Precauciones al retirar con las pinzas los vasos calientes de la plancha y al adicionar agua destilada con la pisceta, siempre por las paredes interiores del vaso y parte cóncava del vidrio de reloj. 4. Observar si hay sedimentos no solubles como materiales silíceos para separarlos mediante filtro cualitativo. Justificar el lavado de los filtros. 5. Neutralizar el exceso de ácido HCl con amoniaco concentrado (NH_3, 15M) agregado gota a gota, en presencia de indicador rojo de metilo. Justificar el ajuste de pH al agregar 4 mL de HCl 6 M antes de calentar la solución de la muestra para agregarle 10 ml del agente precipitante diluido ($BaCl_2$ al 3%) lentamente y con agitación constante. 6. Digerir el precipitado obtenido ($BaSO_4$) en su propio licor madre sobre la plancha a temperatura mínima (15 minutos) retirar y dejar en digestión	• Balanza analítica y de precisión. • Desecador. • Crisoles. • Pinzas para vasos y crisoles. • Estufas. • Muflas. • Papeles de filtro. • Probetas. • Vasos precipitados. • Embudos cónicos. • Bagueta. • Pisceta. • Soportes para embudos.	250 a 260 minutos

adicional por 30 minutos al ambiente. Justificación de este procedimiento (purificación de los precipitados por redisolución, recristalización que permite el crecimiento de los cristales para poder ser filtrados). 7. Filtrar el precipitado por decantación mediante filtro cuantitativo, tipo Whatman 42 (lento) Lavar 5-6 veces el precipitado con agua destilada caliente, pasando el agua de lavados por decantación, antes de transferir el precipitado al papel de filtro con ayuda de la pisceta, lavando 5-6 veces con chorro fino y mínimo de la pisceta hasta que el agua de lavados esté libre de cloruros. 8. Pasar el papel de filtro doblado para proteger el precipitado, en un crisol previamente calcinado, enfriado en desecador y pesado en balanza analítica e identificado. Introducirlo en la estufa a 110ºC por unos 20 minutos y luego a la mufla colocándolo en la puerta hasta quemar el papel de filtro. 9. Desplazar el crisol hacia el interior de la mufla y calcinar a 800ºC por unos 20 minutos. Pasar a la estufa por unos 5 minutos y luego al desecador para enfriar y pesar en balanza analítica. 10. Realizar los cálculos y reportar. 11. Lavar y dejar escurrir todos los materiales de vidrio usados para guardarlos en sus respectivos lugares. Desenchufar los equipos, dejar las mesas limpias y entregar los materiales al profesor.		
ACTIVIDADES FINALES	**MEDIOS Y MATERIALES**	**TIEMPO**
Al cierre del experimento se registran los resultados analíticos para ser incluidos en el informe y ser procesados estadísticamente, por uno de los estudiantes (por turno) **METACOGNICIÓN** El estudiante responde las preguntas: • ¿Qué son los factores gravimétricos?	Foto digital de la pizarra. Pizarra.	30 a 40 minutos

• ¿Cuál es la función de la digestión del precipitado? • ¿Por qué se debe lavar el precipitado hasta no detectar cloruros? • ¿Qué es la coprecipitación? • ¿Por qué se quema el papel al ingreso de la mufla? • ¿Qué ventajas tiene el uso del HCl diluido frente al 12M? ¿En qué criterios nos basamos para reducir el HCl necesario para disolver la muestra de yeso? • ¿Qué otros reactivos se logran ahorrar, a consecuencia de la reducción del volumen de HCl? • ¿Qué tipo de beneficios se logran al usar HCl diluido y en general menos reactivos? ¿Qué es el efecto salino? • ¿Los resultados analíticos son los mismos? Compare discretamente sus resultados con compañeros de otros grupos de laboratorio. **TRANSFERENCIA – EXTENSIÓN** Elabore el informe sobre la práctica de laboratorio realizada, en casa.		90 minutos

IV) BIBLIOGRAFÍA

Código de biblioteca	LIBROS, REVISTAS, ARTÍCULOS, TESIS, PÁGINAS WEB.
	Kolthoff, I.M., Sandell, E.B., Meehan, E.J. y Bruckenstein, S. Quantitative Chemical Analysis, Mc Millan Company 4ºEdition,1969 (London)
	Flaschka, H.A., Barnard, A.J. y Sturrock, P.E.Química Analítica Cuantitativa tomos 1 y 2. Editorial CECSA,1º edición en español, 1973.(México)
	Harris, D.Análisis Químico Cuantitativo. Editorial Reverté, 3º edición(6ºedición original), 2012 (Barcelona, España)

PRÁCTICA N.º 2:

Determinación Gravimétrica de sulfatos en una muestra de yeso por precipitación con cloruro de bario.

Esta actividad consiste en que cada estudiante realice el procedimiento del método analítico como ejemplo de aplicación de la técnica gravimétrica por precipitación. El analito (ión sulfato, SO_4^{-2}) contenido en una muestra del mineral yeso ($CaSO_4 . 2H_2O$) será determinado, luego de ser disuelto en medio ácido, al formar un compuesto muy poco soluble por reacción en medio ligeramente ácido con una sal soluble y diluida de bario. Dicho compuesto poco soluble ($BaSO_4$) debe ser acondicionado para ser pesado y que su peso sea directamente proporcional al contenido de sulfato; debe tratarse para ser purificado en la medida de lo posible con técnicas como la precipitación en caliente (reducir la sobresaturación) digestión en su licor madre y obtener cristales de mayor tamaño, que sean filtrables (crecimiento de los cristales, purificación por disolución y recristalización de sustancias coprecipitadas, adsorbidas y ocluidas), lavado reiterado por decantación con volúmenes reducidos de agua destilada caliente y fría (prevenir pérdidas por solubilidad) y ensayos de comprobación de ausencia de cloruros en los últimos filtrados (con solución diluida de nitrato de plata). En este caso, se realizará cambios con respecto a la guía de prácticas en relación a los volúmenes del ácido clorhídrico necesario para disolver la muestra, además de su concentración, estimando dicho volúmen a partir de las reacciones estequiométricas involucradas en el proceso de disolución del yeso con HCl, en base a un supuesto del conocimiento de la fórmula de la muestra, la cual es un mineral, no es una sustancia pura. A consecuencia de la disminución del ácido, a su vez, se reducirá el consumo del amoniaco necesario para neutralizar el exceso de dicho ácido. Al usar el HCl 6M en lugar de 12M, se reduce drásticamente la propiedad de emitir gases de cloruro de hidrógeno del HCl 12M. Luego, se calcula estequiometricamente el volumen necesario del reactivo precipitante $BaCl_2$ al 3%, el cual se reduce de 15 a 10 mL.

Procedimiento:

- Ingresa al laboratorio con su respectivo mandil, guantes tipo quirúrgico resistentes a los ácidos y álcalis (puede ser caucho nitrilo), si fuera necesario gafas de seguridad, cuaderno de apuntes, lapicero, lápiz, calculadora.
- Revisa y lava los materiales de vidrio de la mesa que te corresponde (lista de usuarios en la cajonería).
- Atiende la explicación del docente y ejecuta todo el procedimiento indicado en la guía de prácticas.

- En caso de dudas, consulta con el profesor y participa activamente en el proceso de calcular los volúmenes reajustados basados en la estequiometría y el supuesto de partida sobre la composición química de la muestra, opinando libremente para objetar los cambios propuestos por el docente con argumentos sobre su posición, puede sugerir mejoras y otros cambios, expresando su opinión acerca de los beneficios de las modificaciones, entre otros.

Evaluación: Se evaluará el informe considerando la rúbrica (Anexo 1), además de las intervenciones en la clase durante el desarrollo de la práctica, y las labores realizadas de manera adecuada, respetando las normas de seguridad.

FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE QUÍMICA

SESIÓN DE CLASES PRÁCTICA Nº 2- 2017-1

I) DATOS GENERALES

1. **DEPARTAMENTO** : QUÍMICA ANALÍTICA
2. **EXPERIENCIA CURRICULAR** : Laboratorio de Química Analítica Cuantitativa.
3. **SEMESTRE ACADÉMICO** : 2017- I
4. **CICLO/SECCIÓN** : VII/1
5. **SESIÓN** : 02
6. **FECHA** : Del 24 al 28 de abril 2017
7. **DOCENTE** : Química Elizabeth Norma Espinosa Descalzo

II) PROGRAMACIÓN

RESULTADO DE APRENDIZAJE	CONTENIDOS/TEMÁTICA	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	INSTRUMENTO
Realiza el experimento sobre "Determinación Gravimétrica de sulfatos en una muestra de yeso por precipitación con cloruro de bario" para calcular estequiométricamente los resultados cuantitativos de la muestra.	Determinación Gravimétrica de sulfatos en una muestra de yeso por precipitación como sulfato de bario, por adición de una solución de cloruro de bario.	Informe sobre el experimento por determinación gravimétrica.	Rúbrica para evaluar cada parte del informe.

III) SECUENCIA METODOLÓGICA

ACTIVIDADES DE INICIO	MEDIOS Y MATERIALES	TIEMPO
1. El docente realiza una introducción teórica de los fundamentos de la práctica. 2. El docente incorpora preguntas sobre • ¿Qué diferencias hay entre una balanza analítica y una de precisión? • ¿Conocen los tipos de papeles de filtro y los usos de cada uno? • ¿Para qué sirve un desecador y su importancia?	Guía de práctica y pizarra.	35 minutos
ACTIVIDADES DE PROCESO	**MEDIOS Y MATERIALES**	**TIEMPO**
3. Explica el modo de operar paso por paso, iniciando con la pesada de la muestra, el uso seguro del ácido HCl concentrado (12 M, 5 mL) para disolver la muestra bajo campana extractora según las instrucciones de la Guía de Prácticas. 4. Los estudiantes observarán con detenimiento los cambios que ocurren en la muestra al reaccionar con el HCl diluido caliente y explicará qué reacciones se producen; importancia del vidrio de reloj y criterios para determinar el término de este proceso. 5. Precauciones al retirar con las pinzas los vasos calientes de la plancha y al adicionar agua destilada con la pisceta, con mínimo volumen por las paredes y lavando la parte cóncava del vidrio de reloj. 6. Observar si hay sedimentos no solubles como materiales silíceos para separarlos mediante filtro cualitativo. Justificar el lavado de los filtros. 7. Neutralizar el exceso de ácido HCl con amoniaco concentrado (NH_3, 15M) en presencia de	• Balanza analítica y de precisión. • Desecador. • Crisoles. • Pinzas para vasos y crisoles. • Estufas. • Muflas. • Papel de filtro. • Probetas. • Vasos precipitados. • Embudos cónicos. • Bagueta. • Pisceta.	305 minutos

indicador rojo de metilo. Justificar el ajuste de pH al agregar 2 mL de HCl 12 M antes de calentar la solución de la muestra para agregarle 15 ml del agente precipitante diluido ($BaCl_2$ al 3%) lentamente y con agitación constante. 8. Digerir el precipitado obtenido ($BaSO_4$) en su propio licor madre sobre la plancha a temperatura mínima (15 minutos) retirar y dejar en digestión adicional por 30 minutos al ambiente. Justificación de este procedimiento (dados los fenómenos de impurificación de los precipitados, se requiere disolver y recristalizar para purificación y crecimiento de los cristales, que se sean filtrables). 9. Filtrar el precipitado por decantación mediante filtro cuantitativo, tipo Whatman 42 (lento) Lavar 5-6 veces el precipitado con agua destilada caliente, pasando el agua de lavados por decantación, antes de transferir el precipitado al papel de filtro con ayuda de la pisceta, lavando 5-6 veces con chorro fino y mínimo de la pisceta hasta que el agua de lavados esté libre de cloruros. 10. Pasar el papel de filtro doblado para proteger el precipitado, en un crisol previamente calcinado, enfriado en desecador y pesado en balanza analítica e identificado. Introducirlo en la estufa a 110ºC por unos 20 minutos y luego a la mufla colocándolo en la puerta hasta quemar el papel de filtro. 11. Desplazar el crisol hacia el interior de la mufla y calcinar a 850ºC por unos 20 minutos. Pasar a la estufa por unos 5 minutos y luego al desecador para enfriar y pesar en balanza analítica.	• Soportes para embudos.	

12. Realizar los cálculos y reportar. 13. Lavar y dejar escurrir todos los materiales de vidrio usados para guardarlos en sus respectivos lugares. Desenchufar los equipos, dejar las mesas limpias y entregar los materiales al profesor.		
ACTIVIDADES FINALES	**MEDIOS Y MATERIALES**	**TIEMPO**
Al cierre del experimento se registran los resultados analíticos para ser incluidos en el informe y ser procesados estadísticamente, por uno de los estudiantes (por turno) **METACOGNICIÓN** 14. El estudiante responde las preguntas: • ¿Qué son los factores gravimétricos? • ¿Cuál es la función de la digestión del precipitado? • ¿Por qué se debe lavar el precipitado hasta no detectar cloruros? ¿Qué fenómenos de impurificación de los precipitados se pueden dar en general y en especial en este precipitado? • ¿Qué es la coprecipitación? • ¿Por qué se quema el papel al ingreso de la mufla? **TRANSFERENCIA – EXTENSIÓN** Elabore el informe sobre la práctica de laboratorio realizada (en casa).	Foto digital de la pizarra. Pizarra.	20 minutos 90 minutos

IV) BIBLIOGRAFÍA

Código de biblioteca	LIBROS, REVISTAS, ARTÍCULOS, TESIS, PÁGINAS WEB.
	Kolthoff, I.M., Sandell, E.B., Meehan, E.J. y Bruckenstein, S. Quantitative Chemical Analysis, Mc Millan Company 4ºEdition,1969 (London)
	Flaschka, H.A., Barnard, A.J. y Sturrock, P.E.Química Analítica Cuantitativa tomos 1 y 2. Editorial CECSA,1º edición en español, 1973.(México)
	Harris, D.Análisis Químico Cuantitativo. Editorial Reverté, 3º edición(6ºedición original), 2012 (Barcelona, España)

PRÁCTICA N.º 2:

Determinación Gravimétrica de sulfatos en una muestra de yeso por precipitación con cloruro de bario.

Esta actividad consiste en que cada estudiante realice el procedimiento del método analítico como ejemplo de aplicación de la técnica gravimétrica por precipitación. El analito (ión sulfato, SO_4^{-2}) contenido en una muestra del mineral yeso ($CaSO_4 . 2H_2O$) será determinado, luego de ser disuelto el mineral en medio ácido, al formar un compuesto muy poco soluble por reacción en medio ligeramente ácido con una sal soluble y diluida de cloruro de bario. Dicho compuesto poco soluble ($BaSO_4$) debe ser acondicionado para ser pesado y su peso sea directamente proporcional al contenido de sulfato; debe ser purificado en la medida de lo posible con técnicas como la precipitación en caliente (reducir la sobresaturación) digestión en su licor madre y obtener cristales filtrables (crecimiento de los cristales, purificación por disolución y recristalización de sustancias coprecipitadas, adsorbidas y ocluidas), lavado reiterado por decantación con volúmenes reducidos de agua destilada caliente y fría (prevenir pérdidas por solubilidad) y ensayos de comprobación de ausencia de cloruros en los últimos filtrados (con solución diluida de nitrato de plata)

Procedimiento:

Ingresa al laboratorio con su respectivo mandil, guantes tipo quirúrgico resistentes a los ácidos y álcalis (puede ser caucho nitrilo), si fuera necesario gafas de seguridad, cuaderno de apuntes, lapicero, lápiz, calculadora.

Revisa y lava los materiales de vidrio de la mesa que te corresponde (lista de usuarios en la cajonería).

Atiende la explicación del docente y ejecuta todo el procedimiento indicado en la guía de prácticas.

En caso de dudas, consulta con el profesor.

Evaluación: Se evaluará el informe considerando la rúbrica (Anexo 1) además de las intervenciones en la clase durante el desarrollo de la práctica, y las labores realizadas de manera adecuada, respetando las normas de seguridad.

Anexo 5:

Fotografías de las prácticas

Balanzas analíticas y operaciones de pesado de muestras.







La autora de la tesis en el laboratorio de Química Analítica Cuantitativa, 2017.

Proceso de disolución y digestión de las muestras de yeso con ácido clorhídrico diluido en la plancha de calentamiento, luego de digerir se filtra, lava, seca y calcina en la mufla, se enfría en el desecador y se pesa el residuo de $BaSO_4$





(a) Precipitación

1)



2)



3)



4) y 5)

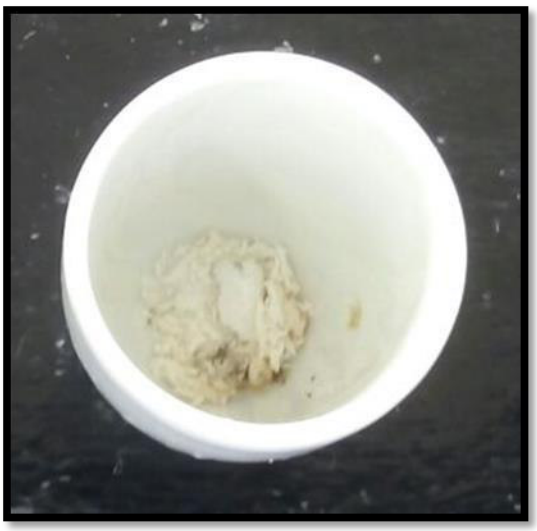


6)



(a) Filtración y lavado del precipitado	
	

Desecador



Crisol con residuo calcinado



Anexo 6

Base de datos para el tratamiento estadístico

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	gra	d1	d2	d3	d4	d5	d6		
1	1	1	3	3	0.5	1	1	1	11,5	5	3	0,5	1	1	1		
1	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1	1	6	1,5	1,5	0,5	0,5	1	1	gra	
1	1.5	0	3	3	2	1	1	1	12,5	4,5	3	2	1	1	1	d1	
1	1	1	3	1.5	3	0	1	1	11,5	5	1,5	3	0	1	1	d2	
1	1	0	1	1.5	2	1	1	1	8,5	2	1,5	2	1	1	1	d3	
1	1	0	1	1.5	2	1	1	1	8,5	2	1,5	2	1	1	1	d4	
1	1	0	1.5	1.5	2	1	1.5	1	9,5	2,5	1,5	2	1	1,5	1	d5	
1	1.5	0	2	1.5	3	1	1	1	11	3,5	1,5	3	1	1	1	d6	
2	1.5	1.5	2	1.5	2	2	2	0.5	13	5	1,5	2	2	2	0,5		
2	1.5	0	2	2	1.5	2	1	0.5	10,5	3,5	2	1,5	2	1	0,5		
2	1.5	1	2	1.5	2	1	1.5	1	11,5	4,5	1,5	2	1	1,5	1		
2	1.5	0	2	1.5	2	2	3	0.5	12,5	3,5	1,5	2	2	3	0,5		
2	2	1.5	3	2	3	3	3	1	18,5	6,5	2	3	3	3	1		
2	1	1	1.5	2	2	3	3	1	14,5	3,5	2	2	3	3	1		
2	2	1	3	2	2	3	3	1	17	6	2	2	3	3	1		
2	2	2	3	3	3	3	3	1	20,0	7	3	3	3	3	1,5		
2	1	1	1.5	2	2	1	3	1	12,5	3,5	2	2	1	3	1		
2	2	1	3	2	3	1	3	1	16	6	2	3	1	3	1		
2	2	1.5	2	1.5	2	3	2	1	15	5,5	1,5	2	3	2	1		
2	1	0	2	1.5	2	2	1	0.5	10	3	1,5	2	2	1	0,5		
2	1.5	1.5	3	1.5	2	2	1.5	1	14	6	1,5	2	2	1,5	1		
2	1.5	0	2	1.5	2	2	3	0.5	12,5	3,5	1,5	2	2	3	0,5		
2	2	1.5	3	2	3	3	3	1	18,5	6,5	2	3	3	3	1		
2	1.5	1	2	2	2	1	2	1	12,5	4,5	2	2	1	2	1		
2	2	1	3	2	2	3	3	1	17	6	2	2	3	3	1		
2	2	2	3	2	3	3	3	1	19	7	2	3	3	3	1		
2	1.5	1	2	2	2	2	2	1	13,5	4,5	2	2	2	2	1		
2	1.5	2	3	1	3	3	3	1.5	18	6,5	1	3	3	3	1,5		
2	1.5	1	2	2	2	2	2	1	13,5	4,5	2	2	2	2	1		

grupo	grupo
act_res	actitudes responsables
Cognoscitiva	Cognoscitiva
Afectiva	Afectiva
Activa	Activa
vin	Vinculación de los cálculos
ley	leyes del equilibrio
sis	síntesis en la interpretación

Anexo 7

Formato propuesto para la guía de prácticas.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS	Laboratorio de Química Analítica Cuantitativa	Pag Nº: 1 Semestre: 2019-1 Código del Curso: QO7431
FQIQ Departamento de Química Analítica	Metodo Analítico Gravimetrico: Determinación de sulfato en una muestra de yeso por precipitación con cloruro de bario	Vigencia: 1 año Páginas: 1- x Fecha de emision: Versión: 2

I.OBJETIVOS DE LA GUÍA DE PRÁCTICAS

1.1. Las guías contienen la relación y los procedimientos detallados de cada una de las experiencias propuestas para cimentar los conocimientos impartidos en la parte teórica del curso sobre las técnicas de análisis Químico Cuantitativo.

1.2. Los estudiantes, con el apoyo del profesor de prácticas, desarrollan los procedimientos completos de los métodos analíticos, aprendiendo a realizar las operaciones básicas de cada técnica con las medidas de seguridad y la destreza necesarias, la comprensión del fundamento de la técnica, del método y de los cálculos, el uso de los factores gravimétricos para la expresión adecuada de los resultados, en función de la matriz de la muestra.

1.3. Los estudiantes, al término de la práctica realizan el respectivo informe, según la rúbrica que establece las partes, contenidos y criterios de calificación del mismo; dicho informe se entrega en la siguiente semana y debe reflejar el grado de comprensión y formación de criterio analítico, desde el resumen, la introducción y los fundamentos teóricos, tanto de la técnica como del método, información sobre la muestra, presentar referencias para evaluar la pertinencia de los resultados, ejemplos de cálculo, tabla de resultados y discusión de éstos contrastando con referencias, conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas. El docente revisa, corrige y reenvía el informe a los estudiantes para su retroalimentación y mejor aprovechamiento (mejora continua)

II.-ASPECTOS DE SEGURIDAD

Los estudiantes deben conocer los aspectos de seguridad generales y los específicos relacionados con la práctica previamente, incluyendo los riesgos para la salud de los reactivos que se emplearán, las precauciones para su uso seguro, instrucciones en caso de derrame, de exposición por las diversas vías de contacto (inhalación, ingestión, por la piel) y primeros auxilios.

III.-ASPECTOS AMBIENTALES:

Tratar sobre los principios de sostenibilidad ambiental propios del ejercicio profesional responsable, buscando la mayor eficiencia y mínimo consumo de reactivos para causar los menores impactos ambientales que sea posible. Incluir indicaciones para la disposición de los residuos generados.

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	VALIDO DESDE:
Quim. Elizabeth Espinosa Descalzo	Xxxxxxxx xxxxx	Xxxxxx xxxxx	Xxxxxxx xxxxxxxx

IV.-PROMOVER LA PRÁCTICA DEL PENSAMIENTO CRÍTICO:

Generar un ambiente de apertura que facilite la intervención de los estudiantes durante la clase, que puedan preguntar si tienen dudas, observar y proponer mejoras y expresar sus opiniones con libertad y respeto.

V.- OBJETIVO DEL MÉTODO ANALÍTICO:

Desarrollar el procedimiento experimental para conocer la técnica del análisis gravimétrico, sus fundamentos, alcances, aplicaciones, las principales operaciones desde la disolución de las muestras, el control de las interferencias, ajuste del medio para establecer las condiciones idóneas antes de la adición del reactivo que dé un precipitado adecuado para la determinación cuantitativa del analito, las consideraciones sobre su lavado, secado y calcinación, los fundamentos de los cálculos, la aplicación de los factores gravimétricos y la expresión adecuada de los resultados finales según la matriz.

VI.- PRINCIPIO:

La muestra se disuelve en ácido clorhídrico diluido (HCl), separándose la materia insoluble por filtración; en el filtrado se encuentra el analito por determinar (ion sulfato SO_4^{-2}); debiendo neutralizarse el exceso de ácido empleado en la disolución de la muestra dado que el pH del medio para la precipitación debe ser limitado. El método está basado en la siguiente reacción estequiométrica:

$$SO_4^{2-} + Ba^{2+} \longleftrightarrow BaSO_4(s)$$

Blanco

La precipitación se hace en solución ligeramente acidificada con HCl para controlar los posibles interferentes y cercana a la temperatura de ebullición. El precipitado se deja en digestión, se filtra, lava con agua destilada caliente, seca y calcina a la temperatura de 850 °C, se enfría y pesa el residuo. A partir del peso del residuo y de la muestra, se calcula el % del ión sulfato en la misma, pudiendo expresarse como $CaSO_4.2H_2O$ (pureza del mineral) mediante los factores gravimétricos adecuados.

VII.-PROCEDIMIENTO

(a) *Preparación de la muestra y precipitación.* Pesar 0,1500g de la muestra con exactitud a la cuarta cifra decimal, transferirla a un vaso de 250mL, agregar 20mL de agua destilada y 2 mL de HCl 6M, calentar suavemente hasta disolución total (alrededor de 60ºC). Si se observa presencia de materia insoluble (posible SiO_2) filtrar a través de un filtro rápido. Lavar con pequeños volúmenes de agua.

(b)

(c) *Precipitación.* En el filtrado se neutraliza en exceso de HCl en frío con NH_4OH empleando como indicador el rojo de metilo, luego de obtener el viraje del indicador agregar 4mL. de HCl 6M y llevar hasta unos 100mL; calentar la solución casi a ebullición y agregar 10mL. de $BaCl_2$ al 3% gota a gota por las paredes del vaso y con agitación constante. Colocar en la plancha suave por unos 15 min., retirar y dejar en digestión por 30 min.

(d) *Filtración y lavado del precipitado.* Filtrar por decantación a través de papel filtro Whatman N° 42 ó su equivalente, primero la solución, dejando el precipitado en el vaso, a fin de realizar los lavados del mismo con pequeños volúmenes de agua caliente (10 - 15mL) filtrando siempre por decantación, por unas 6 veces y luego con agua destilada fría por igual número de veces; transferir ahora el precipitado ayudándose con la pisceta. Verificar que la solución de los últimos lavados, este libre de cloruros con solución diluida de nitrato de plata.

(e) *Calcinación y pesada del precipitado.* Pasar el papel de filtro que contiene el precipitado de $BaSO_4$ a un crisol de porcelana previamente tarado, secar en la estufa a 110°C por unos 20 min. y luego llevar a la mufla, con la puerta abierta, proceder a quemar el papel de filtro, introducir el crisol dentro de la mufla y calcinar a 800 °C por unos 20 min. Retirar de la mufla, llevar a estufa por l5 minutos y luego al desecador por unos 15 a 20 minutos, pesar el residuo.

(f) *Cálculos.* Expresar los resultados en % de: SO_4^{2-} y $CaSO_4$ y pureza del mineral

VIII REACTIVOS:

Estimar el volumen necesario de cada solución de acuerdo al número de estudiantes del grupo: No preparar soluciones en exceso. Leer las etiquetas de cada reactivo previamente para conocer el peso molecular, su concentración y la forma correcta de usarlos con el fin de minimizar los riesgos y sus impactos ambientales al manipularlos. Los ácidos concentrados se miden en probeta, no se pesan ni se pipetean; no se introducen pipetas en los recipientes de ácidos concentrados y si son fumantes, se deben manipular bajo campana extractora. Evitar introducir espátulas en los reactivos sólidos, de ser posible verter una pequeña cantidad en la misma tapa del reactivo para transferir la cantidad necesaria al recipiente de preparación ubicado en una balanza de precisión. Solo usar una balanza analítica para pesar las muestras y/o en caso de un reactivo que se requiera usarse en cantidades inferiores a la sensibilidad de la balanza de precisión.

- Solución diluida de HCl 6 M: Preparar bajo la campana el ácido diluido midiendo en probeta el 50% del volumen en ácido, que se vierte en un volumen igual de agua destilada o deionizada, se homogeniza y guarda en un frasco gotero de vidrio.
-

- ❖
- ❖ *$BaCl_2$ - 3%:* Estimar el volumen necesario de 30 g. de la sal, disueltos en agua y llevar a un litro. Envasar y etiquetar indicando fecha y nombre del responsable.
- ❖ Solución del indicador rojo de metilo: Según el método ASTM E200, se prepara al 0,5% en etanol de 95%, sin embargo es posible usarlo en solución etanol/agua 1:1 y hasta en medio acuoso, al mismo porcentaje.
- ❖
- ❖ **Disposición de los residuos**: El licor madre diluido por los líquidos de lavado de los precipitados de $BaSO_4$, se reunen en un recipiente y se les agrega sulfato de sodio hasta que precipite todo el $BaSO_4$ adicional que se producirá al reaccionar el exceso de Ba^{+2} con el ion sulfato. Se lleva a pH 7 con hidróxido de sodio en solución (recuerde que la solución contiene el indicador rojo de metilo). Se deja sedimentar y el líquido sobrenadante se puede verter al desagüe, ya solo quedan sales de muy bajo impacto ambiental (NaCl, NH_4Cl, $CaCl_2$) y el precipitado se puede eliminar como residuo sólido por su inercia (la forma más insoluble de los minerales de bario es la baritina o sulfato de bario), se podría usar para otras prácticas o para fabricar locetas decorativas, entre otros.
- ❖ **En caso de quedar soluciones**: Se reservan para el uso en las siguientes prácticas o en otros grupos de estudiantes.