



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**OBTENCIÓN DEL CARBONATO DE CALCIO DE LA CÁSCARA
DE HUEVO PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS ÁCIDOS EN
LA MINA ESCUELA POMPERIA-PUNO 2020**

TESIS

PRESENTADA POR:

YESENIA MARISOL PARI MOYA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PUNO – PERÚ

2023



DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a Dios por acompañarme en los mejores momentos de mi vida y en los malos donde supo guiar mi camino y darme la fortaleza a seguir adelante.

También agradecer eternamente a mi admirable madre Alejandra Moya y mi papá Javier Pari por el gran esfuerzo que hizo en darme una profesión y un futuro mejor, a mis hermanas Claudia Pari, Myrian Pari y mi Ximenita, por aportar buenas cosas a mi vida y por los grandes dotes de felicidad y diversas emociones que me han causado.

Finalmente, a mi mascotita Chiripa.

Yesenia Marisol Pari Moya



AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano el cual es nuestra alma mater y de manera muy especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Química. y los docentes de mi facultad por la gran enseñanza que supieron compartir durante mi formación profesional.

A mi asesor de tesis D.Sc Nazario Villafuerte Prudencio por la confianza depositada en mí, por su tiempo brindando, apoyo, y sobre todo por la constante enseñanza durante todo este tiempo, a mis miembros del jurado evaluador, M. Sc. Víctor Atilio Barreda del Arroyo, D.Sc. Quille Calizalla, German M. Sc. Jorge Aruhuanca Cartagena, por su apoyo para la realización del presente trabajo de tesis.

Al equipo del laboratorio de aguas y suelos de la facultad de agronomía, por brindarme apoyo cuando lo necesite.

A mis amigos y amigas quienes siempre me apoyaron moralmente y profesionalmente. Muchas gracias fluye desde mi corazón y desearles siempre lo mejor.



INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
INDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.2 OBJETIVOS.....	21
1.2.1 Objetivo general	21
1.2.2 Objetivos específicos.....	21
CAPITULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 MARCO TEÓRICO	22
2.1.1 Generalidades de la cáscara de huevo.....	22
2.1.1.1 Estructura del huevo.....	23
2.1.1.2 Determinación de la calidad de la cáscara de huevo	25
2.1.2 Carbonato de calcio	28
2.1.2.1 Desarrollo para obtener carbonato de calcio	29
2.1.3 Suelos ácidos.....	30



2.1.3.1 Desarrollo de la acidificación de los suelos	31
2.1.4 Encalamiento de suelo ácido	34
2.1.4.1 Calidad de los materiales encalados	36
2.1.5 La minería	38
2.1.5.1 Plan de cierre	38
2.1.5.2 Impactos ambientales de pasivos mineros.....	38
2.1.5.3 Mina Pomperia	39

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 AMBITO DE ESTUDIO	40
3.1.1. Ubicación de la zona de estudio	40
3.1.2 Aspectos climáticos	42
3.2 MATERIALES.....	43
3.2.1 Material experimental	43
3.2.2 Reactivos.....	43
3.2.3 Materiales de vidrio	44
3.2.4 Equipos	44
3.2.5 Otros materiales	45
3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
3.3.1 Metodología para el objetivo específico 1:	45
3.3.1.1 Análisis físico químico del CaCO_2 de la cáscara de huevo	46
3.3.2 Metodología para el objetivo específico 2.....	47
3.3.2.1 Descripción para la obtención de Carbonato de calcio de la cáscara de huevo	48
3.3.2.2 Descripción del proceso para el mejoramiento del suelo ácido	50



3.3.2.3 Análisis fisicoquímico de la materia prima inicial y final.....	53
3.3.3. Metodología para el objetivo específico 3	61
CAPITULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. LOS RESULTADOS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 1.....	71
4.1.1 Resultados y discusión de la cantidad de carbonato de calcio y características de la materia prima	71
4.1.2. Carbonato de calcio (CaCO ₃)	71
4.2. LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2..	72
.....	72
4.1.2 Suelo	72
4.3 LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 3...	80
.....	80
V. CONCLUSIONES.....	84
VI. RECOMENDACIONES	85
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
ANEXOS.....	93

Línea: Tecnologías Ambientales y Recursos Naturales

Tema: Obtención del Carbonato de Calcio de la Cáscara de Huevo.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 13 de enero de 2023



ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1.	En cáscara de huevo análisis químico.....	27
Tabla 2.	Carbonato de calcio en la cáscara de huevo concentración	28
Tabla 3.	pH de una solución y el grado de acidez o basicidad.	30
Tabla 4 .	Equivalentes químicos y composición química de materiales de encalado puros.....	36
Tabla 5.	Granulométrica de la cal, eficiencia relativa con base en el tipo de malla. .	37
Tabla 6.	Coordenadas de los puntos de muestreo	40
Tabla 7.	Tabla de datos de la muestra inicial sin tratamiento	61
Tabla 8.	Tabla de las variables pH, acidez, tiempo y granulometría	62
Tabla 9.	Tabla DCA	62
Tabla 10.	Tabla de los R-Cuadrado, Coef Var, Raíz mse, pH Media de la tabla anterior	62
Tabla 11.	Tabla DCA Factores inter-sujetos.....	63
Tabla 12.	Tabla ANVA para efectos inter-sujetos	64
Tabla 13.	Pruebas post hoc- tiempo, comparaciones múltiples	65
Tabla 14.	Subconjuntos homogéneos para el pH.....	65
Tabla 15.	Para la granulometría comparaciones múltiples	66
Tabla 16.	Subconjuntos homogéneos para la granulometría	67
Tabla 17.	DCA para la acidez Factores inter-sujetos.....	67
Tabla 18.	Pruebas de efectos inter-sujetos	68
Tabla 19.	Pruebas post hoc para el tiempo – Comparaciones múltiples.....	69
Tabla 20.	Subconjuntos homogéneos para la Acidez.....	70
Tabla 21.	Características físico químicas de CaCO_3 partiendo de la cáscara de huevo	71
Tabla 22.	Del suelo las características fisicoquímicas	72



Tabla 23. Valores críticos de potasio	75
Tabla 24. A distintos tiempos y granulometrías la variación de pH	76
Tabla 25. Acidez en diferentes granulometrías y tiempos	78
Tabla 26. Datos del pH del suelo ácido y el suelo mejorado	81



ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.	Cáscara de huevo	22
Figura 2.	Las Partes de Huevo	24
Figura 3.	Distribución en % de formas de A1 en una solución al pH.....	33
Figura 4.	A diferentes tamices tamaño de partículas de cal.....	38
Figura 5.	Ubicación de la zona de estudio	41
Figura 6.	Carretera Puno – Moquegua km 7.....	41
Figura 7.	Socavón de la mina Escuela Pomperia.....	42
Figura 8.	Lugar de muestreo de suelo ácido de la Mina Escuela Pomperia	42
Figura 9.	Obtención de Carbonato de calcio de la cáscara de huevo.....	48
Figura 10.	pH del suelo a diferentes tiempos y granulometrías.....	77
Figura 11.	pH vs Tiempo	78
Figura 12.	A diferentes granulometrías y tiempo, variación de acidez en el suelo.	79
Figura 13.	Con respecto al tiempo variación de la acidez	80



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AOAC:	Official Methods of Analysis
ASTM:	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
CaCO₃:	Carbonato de Calcio
DCA:	Diseño Estadístico al Azar
ECA:	Estándar de Calidad Ambiental
EDTA:	Ácido Etilendiaminotetracético
INCAP:	El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
EQ:	Equivalente químico
INCAP/ OPS:	El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
INFOODS:	Red internacional de sistemas de datos sobre alimentos.
IPNI:	International Plant Names Index
LMP:	Límites Máximos Permisibles
pH:	Potencial Hidrógeno
PRNT:	Poder Relativo de Neutralización Total
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
TCA-INCAP:	Tabla de Composición de Alimentos



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Mina Escuela Pomperia de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, ubicado en la carretera Puno – Moquegua km 7, zona 19 Sur. Y tiene como objetivo general: Obtener Carbonato de Calcio de la cáscara de huevo para mejorar los suelos ácidos. Para ello se ha determinado la cantidad de carbonato de calcio presente en la cáscara de huevo utilizando el método volumétrico, dando como resultados del laboratorio RHLAB un 94 % de pureza de CaCO_3 . Así como también, se determinó el tamaño óptimo de partícula de CaCO_3 usando el método granulométrico según la norma MIL-STD-650. ítem 204,1 resultando que el tamaño óptimo de partícula es de 0,125 mm de enmienda calcárea que tiene mayor influencia en mejorar el pH en el suelo ácido. Como también se determinó la eficiencia de CaCO_3 de la cáscara de huevo según el método factorial de eficiencia cuyo resultado fue del 17 %. Sin embargo para el análisis del diseño estadístico se aplicó Tukey y DCA Diseño completamente aleatorio con arreglo factorial de 3x3, 3 valores granulométricos y 3 tiempos diferentes para cada uno, es decir, tres tratamientos repetidos para cada interacción, siendo, un total de 27 experimentos tanto para pH y acidez, los resultados cuyas diferencias fueron evaluadas en Excel estadísticamente, la evaluación mostró un aumento visible en el pH, lo cual demuestra una diferencia significativa en los resultados a mayor tiempo. Finalmente se concluye que se logró obtener el carbonato de calcio para mejorar el suelo ácido con un pH inicial de 5,08 incrementando a 8,15 del pH, neutralizando la acidez intercambiable lo cual es muy favorable en la corrección de suelos y aumentando la biodisponibilidad de nutrientes de calcio en el suelo de la Mina Escuela Pomperia.

Palabras claves: Acidez, Carbonato de calcio, Granulometría, pH, Suelo.



ABSTRACT

This research work was carried out at the Pomperia Mine School of the Universidad Nacional del Altiplano Puno, located on the Puno - Moquegua highway km 7, zone 19 South. And its general objective is: Obtain Calcium Carbonate from the egg shell to improve acid soils. To do this, the amount of calcium carbonate present in the egg shell has been determined using the volumetric method, giving as results from the RHLAB laboratory a 94% purity of CaCO_3 . As well as, the optimal CaCO_3 particle size was determined using the granulometric method according to the MIL-STD-650 standard. item 204,1 resulting in the optimum particle size being 0,125 mm of calcareous amendment, which has the greatest influence on improving the pH in acid soil. As the CaCO_3 efficiency of the eggshell was also determined according to the efficiency factorial method, the result of which was 17%. However, for the analysis of the statistical design, Tukey and DCA were applied. A completely random design with a 3x3 factorial arrangement, 3 granulometric values and 3 different times for each one, that is, three repeated treatments for each interaction, with a total of 27 experiments. both for pH and acidity, the results whose differences were statistically evaluated in Excel, the evaluation showed a visible increase in pH, which demonstrates a significant difference in the results over time. Finally, it is concluded that calcium carbonate was obtained to improve the acid soil with an initial pH of 5,08 increasing to 8,15 pH, neutralizing the exchangeable acidity which is very favorable in soil correction and increasing bioavailability of calcium nutrients in the soil of the Pomperia School Mine.

Keywords: Acidity, Calcium carbonate, Granulometry, pH, Soil.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo en el mundo se ha notado el aumento considerable de la cáscara de huevo como un desperdicio o residuo sólido procedente, entre las plantas de incubación de huevos, de la industria que procesan los huevos para otros fines, o residuos domésticos de las casas, restaurantes, panaderías entre otros, siendo un impacto negativo en el medio ambiente por la mala gestión de este residuo (Burga, 2018).

Tanto también que, para mundo agroindustrial y agrícola, el análisis de suelos que es muy importante porque sirve para diagnosticar problemas de nutrientes y hacer recomendaciones sobre la fertilización, siendo un método rápido y económico que puede ser utilizado por los agricultores o empresas, para determinar el grado de fertilidad de un suelo. El carbonato de calcio puede neutralizar o prevenir la progresión de la acidez en suelos ácidos, aumentando los niveles de potasio y calcio disponible para las plantas, inmovilizan el aluminio y recuperan el fósforo (Sánchez, 2017).

Debido a que también reducen los niveles de toxicidad que producen el magnesio y aluminio, al prevenir cambios en los procesos microbianos y neutralizan el suelo acidificado por los fertilizantes aplicados, lo que se conoce como encalado del suelo, por ello que el carbonato de calcio se usa para neutralizar la acidez de suelos, además de proporcionar calcio para alimentar los cultivos. Por lo tanto, a una granularidad más pequeña de carbonato de calcio, la velocidad de reacción con el suelo ácido es mayor (Sánchez, 2017).



A nivel mundial la contaminación a causa de la minería es uno de los mayores problemas que afecta la flora y la fauna en lo que se ha traducido una preocupación creciente sobre la manera como se desarrolla y controla esta actividad, en general la presencia de contaminantes en un suelo se refleja directamente en la vegetación lo que provoca su descomposición o reduce el número de especies presentes en el suelo, una de las limitaciones para la remediación de suelos se refiere a los fenómenos que ocurren en la acidez del suelo, cuyas interacciones químicas ácidas afectan en la fertilidad del suelo, lo que provoca como un problema de degradación, por ende es necesario bajar la acidez del suelo para restablecer la flora y la fauna de las zonas afectadas para ello se tomará una medida de solución remediando un suelo ácido con carbonato de calcio de la cáscara de huevo, por lo que observamos de esta forma efectiva capacidad neutralizante del carbonato de calcio en el suelos ácidos para lograr suelos fértiles (Manuela & Gonzales, 2010).

Los suelos aledaños a explotaciones mineras sufren modificaciones en sus propiedades físicas y químicas ya que ciertos minerales al ser expuestos al ambiente y lluvias que tienden a alterar y favorecer al incremento de la acidez, los resultados del presente proyecto de investigación permitirán plantear alternativas de solución, la cual cumple importantes funciones ambientales, entre las que destaca como conservante de la nutrición de las plantas, almacenar nutrientes, hábitat de diversos organismos que transforman la materia en ella, y entre otros factores indispensables para el desarrollo de la planta, ecosistemas de los que forma parte (Rodriguez & FAO, 2019).

La relevancia social de la investigación en la Mina Escuela Pomperia es evidente en tanto que antes de ser explotada, en esta zona se realizaban actividades pecuarias y al ser explotadas los recursos mineros, impacto en el normal desarrollo de sus actividades como en la agricultura trayendo como consecuencia la imposibilidad de hacer un uso



óptimo, por ende para establecer la productividad agropecuaria y conseguir un suelo fértil es necesario remediarlos e incorporar esta técnica en suelos ácidos del Perú (Rodrigues & FAO, 2019).

El presente trabajo está enmarcado en el análisis y aplicación de métodos fisicoquímicos y estadísticos que permitirá concluir mejor los resultados, con procedimientos estandarizados, e información verificada en los antecedentes presentados, que al aplicarse contribuirán a resolver y mejorar la situación de un suelo ácido y brindar un valor agregado a la parte agraria (Rodrigues & FAO, 2019).

1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Ayamamani, (2019) concluye que los problemas de suelo, agua y degradación que provoca la minería informal por parte de los artesanos en la zona de Puno. Se midieron concentración de metales pesados en el suelo y las aguas residuales de la zona, lo que afectó negativamente a la biodiversidad. El As, Hg y el Pb exceden los estándares de calidad ambiental de suelos, y los límites máximos permisibles que también están presentes en los sedimentos del lecho de los ríos (Crucero, Carabaya, etc.) Al llegar a la etapa de colapso, puede provocar cambios a largo plazo en la cadena alimentaria y la salud de los 20 habitantes de la zona minera y la cuenca de Ramis.

Becquer & Paredes, (2019) concluyen que el carbonato de calcio, que se encuentra como componente básico de Suplecal (suplemento dietético), se mide mediante el método de titulación con EDTA, y el método de cuantificación de carbonato de calcio de Suplecal. No hay diferencia significativa entre los valores obtenidos experimentalmente y los valores teóricos informados para la muestra de carbonato de calcio. Estos resultados muestran que la calidad de las cápsulas de Suplecal se puede controlar utilizando los



complejos métodos de medición descritos en la USP 27 para determinar el contenido de CaCO_3 .

Bizarro, (2018) concluye que la factibilidad de utilizar cáscara de huevo en tres tipos diferentes de suelo, Jauja, Pangoa y Ucayali, en tres porcentajes diferentes con dos distribuciones de tamaño de partícula diferentes con acidez variable de 100, 200 y 400% de enmienda calcárea y realizó experimentos con tres períodos de incubación: 45 días, 90 días y 135 días siendo que 90 días se pudo mejorar un pH de ácido a básico a 7,57 con una buena eficiencia de 30%. Esto da significancia al tamaño de partícula utilizada 53-106 μm de tamaño mejora el cambio de pH en el suelo.

Holmes (2023), en el uso de cáscaras de huevo molidas como fuente de encalado mostró que el pH estuvo entre 5,69 a 7,66 durante 2 años un factor muy importante en la determinación de Carbonato de Calcio.

Mandejon, (2017) concluye que las pruebas en tanques para evaluar el potencial de varios suplementos y/o recubrimientos de nutrientes en la recuperación de suelos contaminados con oligoelementos. El suelo se repuso con 4 sustancias orgánicas y se realizaron 5 tratamientos. Compostaje de residuos sólidos urbanos (CRSU). Compost elaborado a partir de biosólidos de aguas residuales urbanas (CB), leonardita comercial (LEO), hojarasca (LIT) y un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas por tratamiento, los datos obtenidos mejoraron, además mostró un aumento de la actividad enzimática en el suelo. Se puede concluir que estos resultados están asociados con un aumento del pH y una disminución de la concentración de elementos traza extraíbles y mejoran la fertilidad del suelo.



Oriuela & Ernesto, (2016) concluyen que el porcentaje máximo que se presentó fue en el ensayo N° 18 dando 94,94 % de CaCO_3 , siendo la temperatura de calcinación es un factor muy importante en la determinación de Carbonato de Calcio y de este depende la calidad del producto final, con la temperatura optima es de 600°C . Con procedimiento de molienda, tamizado y toma de muestra a partir de % pasante se llega a los resultados esperados tiene un alto contenido de carbonato.

Pérez & Mahtout, (2016) concluyen que las partículas de los polimorfos velerita y calcita. Se parte de precursores inorgánicos, nitrato de calcio tetra hidratado y bicarbonato de sodio, en presencia de sacarosa empleada como aditivo orgánico en disolución acuosa que conducen a la obtención de carbonato de calcio mediante una reacción de precipitación en medio acuoso sea del polimorfo más estable termodinámicamente, calcita en forma de partículas romboédricas en una porción superior al 80% sin emplear algún aditivo.

Guerrero & Pineda, (2016) concluyen que es posible avanzar en el diseño de un modelo conceptual de riesgo de contaminación del suelo, análisis que facilita el diseño y desarrollo de estudios cuantitativos para establecer la presencia, acumulación y vías de movilización de sustancias que pueden conducir a más suelo, se ha demostrado que es posible. Deterioro sobre la base de datos epidemiológicos, es necesario desarrollar estudios que permitan a los aldeanos evaluar el riesgo de efectos en la salud expuestos como resultado de la contaminación química del suelo.

Carabalí & Páez, (2015) concluyen que para la extracción y rehabilitación de suelos se tomaron muestras en tres perfiles de suelo contaminado (SC), suelo rehabilitado (SR) y suelo no contaminado (SNC) en el sector. Identificados por estos metales y tóxicos para el suelo, la aplicación de aditivos orgánicos (CO) reduce la concentración de CuT,



ZnT, AsT, PbE y aditivos minerales (CaCO_3 , Fe, Mn). disminución. ZnT, AsT, metales solubles, CuE, ZnE y AsE disminuyeron. En el suelo restaurado, solo se observó toxicidad para bacterias entre los 40 cm y los 50 cm de profundidad, debido principalmente al pH de la solución del suelo

Espinosa & Molina, (2000) informan que la acción neutralizante de los materiales de encalado no se debe en forma directa al calcio y el magnesio, sino más bien a las bases químicas a la cual están ligados estos cationes: CO_3^{2-} , OH^- , y SiO_3^{2-} . Los cationes reemplazan a los iones ácidos de las posiciones intercambiables y los ponen en solución, y al entrar en contacto la cal con el agua del suelo. La fineza de partículas individuales de CaCO_3 será mayor la velocidad de reacción de la cal en el suelo.

Sánchez, (2017) informa su proyecto de investigación determinando el tamaño de partícula utilizando 500g de suelo y 15 g de la cáscara de huevo obteniendo un pH de 7,6 con un tamaño de partícula de 0,125 mm en la que gracias a la finura del tamaño de partícula individual del CaCO_3 da una velocidad de reacción en el suelo mejorando el suelo ácido en el valle de Santa Chimbote.

Vega, (2014) informa que, al evaluar el impacto de la aplicación de cal en el desarrollo, producción y disponibilidad de nutrientes para el cultivo de cebada con diferentes fertilizantes de diferente origen orgánico en suelos andinos altamente ácidos, experimentaron con 3,5 kg de suelo. Apliqué 14 g de CaCO_3 a la olla. Se concluyó que la aplicación de cal favorece la producción de cebada, el mejor aprovechamiento de los nutrientes por parte de todos los brotes y granos, y la aplicación de las fuentes orgánicas utilizadas para elevar el pH del suelo tratado.



Castro & Oscar, (2013) concluyen que se evaluó dos suelos con diferentes procesos de acidificación: suelos sulfatados ácidos no productivos de origen orgánico (SSAI) y suelos inorgánicos (capa de óxido). Los parámetros estudiados para el grado de mejora química en el suelo son pH, Al^{3+} , S y P. Los resultados muestran que los requerimientos de calcificación están directamente relacionados con los procesos químicos que caracterizan la acidez del suelo en cuestión. La mejor acción correctiva del ácido se mostró a 16 t ha⁻¹ $CaCO_3$ para SSAI y 4 t ha⁻¹ $CaCO_3$ para suelos con propiedades oxidantes y se obtuvo a dosis que pudieron neutralizar el aluminio y elevar el pH en los suelos investigados. $CaCO_3$ estudiado por la combinación de materiales calcáreos disponibles comercialmente, que muestra el efecto más efectivo de cambios complejos en la mejora de suelos ácidos, también disminuye en el control de la acidez.

Romaina, (2012) informa el ámbito del conocimiento en casos de la vida real, ya que los informes, análisis, interpretaciones y conclusiones se presentan de manera organizada, muy útil, y puede visualizar lo que es bueno con ideas concretas en su libro de estadística experimental. La idea es importante, da credibilidad a los investigadores, autoridad, y respeta a los que confían en él.

Vasquez, (2007) concluye que los resultados de rendimientos de lixiviación analizados en un diseño completamente al azar con arreglo factorial: 3 x 3 ($\alpha= 0,05\%$) (Concha de choro molido: 3, 4 y 5% y ácido clorhídrico: 3, 5 y 7 %), señalaron como mayor eficiencia al conseguido con 4% (conchas de choro molido). El néctar de durazno elaborado contiene 1,71% de sales de citrato, que cumple con las recomendaciones fisicoquímicas y microbiológicas y mostró alta aceptabilidad sensorial y biodisponibilidad en 27,65 y 27,63% para el Ca y Mg, respectivamente.



1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

- Obtener Carbonato de Calcio de la cáscara de huevo para el mejoramiento de suelos ácidos en la mina Escuela Pomperia – Puno 2020.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de carbonato de calcio presente en la cáscara de huevo.
- Determinar la granulometría adecuada del carbonato de calcio para el mejoramiento del suelo ácido de Mina-Pomperia.
- Determinar la eficiencia del carbonato de calcio obtenida de la cáscara de huevo para mejorar los suelos ácidos.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Generalidades de la cáscara de huevo

La parte exterior del huevo es la cáscara, que protege su integridad física, da forma y actúa como barrera bacteriológica. Consiste en una matriz de calcio con un marco orgánico que contiene calcio, es el elemento más abundante e importante. En su composición también se incluyen en bajas concentraciones otros minerales como el manganeso, zinc, magnesio, hierro, cobre, sodio, boro y aluminio (Bedoya, 2020).

El CaCO_3 constituye la mayor parte de la composición de la cáscara de huevo. Este está en forma de partículas cristalinas. Por ello, se puede notar en forma de un pequeño relieve en la concha. Al ser porosos, tienen pequeños poros que los hacen semipermeables y tienen la capacidad de "respirar" para intercambiar dióxido de carbono y oxígeno a través de ellos. La cáscara de huevo tiene entre 94% de CaCO_3 y pequeñas cantidades de MgCO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, NaK, y otros constituyentes orgánicos (en forma de cristales calcificados), entre otros compuestos (Abarca & Quintana, 2011).

Figura 1. Cáscara de huevo



Fuente: <https://www.univision.com/estilo-de-vida/asi-se-vive-mejor-hogar/9-usos-sorprendentes-de-la-cáscara-de-huevo-en-el-hogar>



2.1.1.1 Estructura del huevo

a. Cáscara:

La cáscara forma la cubierta protectora del huevo, una pared protectora contra factores externos e influencias ambientales, a través de la cual se pueden intercambiar gases y líquidos con el entorno circundante. El tono de la cáscara de huevo depende de la raza de las aves. Entre las gallinas el color que dominan son huevos amarillentos, huevos blancos o rosados o de tono canela más o menos claro que contiene carbonato de calcio. Los huevos grandes tienen cáscaras más delicadas. La cáscara tiene 2 capas de membrana externa e interna que rodean la clara de huevo. Estas membranas actúan como una barrera protectora contra la invasión bacteriana. Entre estas membranas se forman células o cámaras de gas. Las pequeñas celdas de gas, generalmente presentes en las cáscaras y en la parte más ancha del huevo, son causadas por la contracción del contenido del huevo cuando la temperatura del huevo desciende después de que la gallina lo pone. Por lo tanto, el tamaño de estas cámaras de aire aumenta con el tiempo, por lo que se espera que cuando los huevos pierdan su frescura, la cavidad de aire aumente (Figuroa, 2009).

b. Chalaza:

Estos son los dos lazos que sujetan la yema en el centro de la clara. Si los huevos son claros y espesos, son frescos y de alta calidad.

c. Clara (o albúmina):

Es espesa, transparente, coagulable y soluble

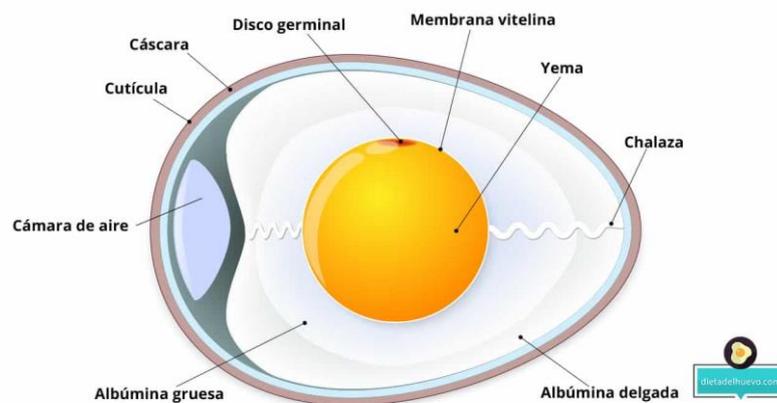
d. Yema:

Su color depende de la dieta del pollo. Contiene proteínas, vitaminas y agua. Su estructura se basa en un sistema de anillos concéntricos, aunque se fusionan en uno durante la combustión. Está rodeado por una membrana incolora llamada pericarpio (Figuroa, 2009).

e. Cutícula

Es la parte externa de la cáscara la que está cubierta con una cáscara de proteína natural llamada cutícula, que es delicada y muy sensible al proceso de limpieza del huevo. Esta película está expuesta a diversos factores externos que la degradan o contaminan, siendo necesarias buenas condiciones de almacenamiento para evitarlo (Figuroa, 2009).

Figura 2. Las Partes de Huevo



Fuente: <https://dietadelhuevo.com/composicion-y-estructura-del-huevo/>



2.1.1.2 Determinación de la calidad de la cáscara de huevo

En función del color, la forma, la resistencia, la estructura y la limpieza se juzga la calidad en la cáscara. Debe estar aseado, libre de hendidura, uniforme coloración, liso, estilo y proporción. Mientras tanto, el paso primero en el desarrollo de control de calidad se separan huevos con evidentes defectos a una inspección detallada. Indispensable a la relación del grueso del manto además el daño del caparazón, se han desarrollado varios métodos de cálculo, incluidos métodos directos, como medir el caparazón con un micrómetro. En la cáscara del huevo su grosor debe ser de unos 0,3 mm, y junto con la cutícula y la membrana alcanza un valor cercano a los 0,4 mm. Además, se descubrió que los huevos sin cutículas o con cutículas dañadas eran menos resistentes a la pérdida de agua y la invasión microbiana (Figuroa, 2009).

A determinar la calidad de la cáscara se juzga sobre la base del color, la forma, la resistencia, la textura y la limpieza. Debe ser, libre de grietas, limpio, liso, uniforme en color, tamaño y forma. En tanto el paso primero a el control de calidad en el proceso es separar huevos con evidentes defectos a una inspección más específica. Conveniente a la correlación entre el espesor de caparazón, así como su daño, para el cálculo se desarrollaron diversos métodos entre ellos directos conforme al medir la coraza con el micrómetro (Figuroa, 2009).

La cáscara del huevo debe tener un grosor de unos 0,3 mm, junto con la cutícula y la membrana alcanza un valor cercano a los 0,4mm. Además, se ha observado que los huevos sin cutículas o con cutículas dañadas no son resistentes a la pérdida de agua ni a la invasión microbiana, según la Revista Cubana Nutrición según (Figuroa, 2009).



a. Función

Según Admin, (2015) menciona que la superficie de la cáscara está cubierta por una orgánica cutícula compuesta primordialmente proteína (90%) y una pequeña cantidad de carbohidratos y lípidos. Para ello la principal función de esta membrana de mucina es los poros cerrarlos, conformando un muro físico contra la impregnación de microbios. De tal manera que evita que se sequen y da a los huevos un brillante aspecto.

b. Características químicas de la cáscara de huevo de gallina

Figuroa, (2009) menciona que la cáscara forma una cubierta protectora para el huevo y lo protege contra los agentes externos y ambientales, a través de la cual puede tener lugar un intercambio de gas y líquido con el medio ambiente, que también en su estructura contiene minerales de un rango alto especializado, permeable, alta cantidad de agua, que lubrica en a puesta de huevos su contextura es genética y la defensa primera del huevo.

c. Propiedades químicas en la cáscara de huevo

Guzman & Kevin, (2018) menciona que la cáscara de huevo se compone de las siguientes sustancias: minerales 95,1%, agua 1,6%, de los cuales el 94,6% pertenece a CaCO_3 en forma de calcita o MgCO_3 0,8%; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 0,73%, finalmente materia orgánica 3,3%.

Tabla 1. *En cáscara de huevo análisis químico.*

Ensayo	Análisis	Unidad de medida mg/L
pH	12,1	
Antimonio	<0,10	ppm
Arsénico	<3,0	ppm
Metales pesados	<20	ppm
Selenio	0,0055	ppm
Plata	8,29	ppm
Mercurio	0,025	ppm
Aluminio	<20	ppm
Cadmio	<5	ppm
Cromo	<10	ppm
Calcio	655000	ppm
Cobre	<2,5	ppm
Magnesio	5440	ppm
Manganeso	<1,5	ppm
Potasio	<500	ppm
Fosforo	1470	ppm
Níquel	<4	ppm
Vanadio	<5	ppm

Fuente: *El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP, 2012).*

d. Valor agregado de la cáscara de huevo

Sin embargo, Abarca & Quintana, (2011) indican que la cáscara de huevo se usaba como polvo para la alimentación animal debido a que es rico en calcio y una excelente fuente proteínas, ya que contiene las membranas testiculares. También es de gran calidad, comparable a las conchas de ostra o la piedra caliza. El polvo de corteza de igual manera se usa como aditivo en la pasta de dientes debido a sus propiedades abrasivas, que pueden asear el esmalte dental sin dañarlo.

e. Calcio

De la cascara de huevo en su componente mencionamos en forma de carbonato el calcio el cual recombinante, bioactivo, extraído e ionizado, realiza muchas labores metabólicas y fisiológicas resaltantes en los organismos vivos. El elemento químico calcio se presenta como iones de calcio (Ca^{+2}) en el ambiente interno de los organismos o igual que parte de otras moléculas (Gómez, 2011).

f. Concentración de carbonato de calcio en la cáscara de huevo

Químicamente la concentración de la cáscara de huevo está compuesta de 1,6 % de agua, 95,1 % de minerales, de los cuales 94,6% corresponden a carbonato de calcio CaCO_3 en forma de calcita, 0,8 % carbonato de magnesio MgCO_3 y 0,73 % fosfato tricálcico $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, y finalmente 3,3 % materia orgánica (Guzman & Kevin, 2018).

Tabla 2. Carbonato de calcio en la cáscara de huevo concentración

Composición	%
Calcita	94,6
Agua	1,6
Minerales	95,1
Materia orgánica	3,3
Carbonato de magnesio	0,8
Fosfato tricálcico	0,73

Fuente: *Cáscara de huevo, un modelo de biomineralización (Guzman & Kevin, 2018).*

2.1.2 Carbonato de calcio

El carbonato de calcio, que es solo un compuesto químico terciario, está compuesto por tres elementos diferentes: calcio, carbono y oxígeno; Está representado por la fórmula química CaCO_3 . También es una sustancia muy abundante en la naturaleza ya que es un componente principal de algunas rocas y también de los esqueletos y válvulas



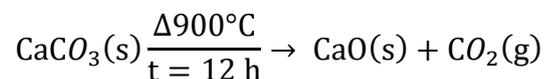
de ciertos organismos como corales y conchas marinas, así como de cáscaras de huevo (QuimiNet, 2006).

2.1.2.1 Desarrollo para obtener carbonato de calcio

Continuamente detallamos para el procedimiento en obtener CaCO_3 inorgánico a partiendo de la caliza, que en el proyecto servirá como guía para comprender mejor el proceso. Carbonato de cáscara de huevo. Anteriormente como se menciona, el carbonato de calcio es un componente primordial de algunas rocas, conchas marinas, esqueletos de organismos y cáscaras de huevo (QuimiNet, 2006).

Según Berrú & Castro, (2014) informan que los procesos requeridos se detallan a continuación:

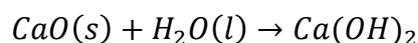
- Calcinación: A temperaturas superiores a $900\text{ }^\circ\text{C}$ se calcina la piedra caliza utilizando un horno principalmente vertical. Los materiales se descomponen según la ecuación química:



Berrú & Castro, (2014) relacionan los productos resultantes de la calcinación son el Óxido de calcio o Cal viva CaO y Dióxido de Carbono CO_2 en forma de gas que se usará posteriormente en la carbonatación.

Hidratación:

El procedimiento, la Cal viva se hidrata en el hidratador continuo que tendremos cal apagada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ o Hidróxido de Calcio en la ecuación según (Berrú & Castro, 2014).



2.1.3 Suelos ácidos

Ramiro & Bonifaz (2018), menciona que un ácido es una sustancia que puede producir protones (iones de hidrógeno). Teniendo en cuenta estos principios químicos, la acidez del suelo se determina midiendo la actividad de H de la solución del suelo y se expresa mediante un parámetro llamado potencial hidrógeno (pH). El pH se define como el inverso del logaritmo de la actividad de los iones H dado según la siguiente fórmula:

$$pH = \log \frac{1}{H^+}$$

En esta expresión logarítmica del pH significa que cada cambio de unidad en el pH corresponde a un aumento de 10 veces en la acidez o basicidad del suelo. En otra forma, un suelo con un pH de 5,0 tiene 10 veces más H⁺ activo que un suelo con un pH de 6,0. Esto tiene un enorme impacto para la nutrición de las plantas y el uso eficiente de fertilizantes y otros insumos. La Tabla 3 se distingue el grado de basicidad o acidez para un pH neutro 7,0 menciona en su libro de Pastos y forrajes del Ecuador, (Ramiro & Bonifaz, 2018).

Tabla 3. *pH de una solución y el grado de acidez o basicidad.*

pH del suelo	Acidez/Basicidad comparadas con pH 7.0
9,0	Basicidad 100
8,0	Basicidad 10
7,0	Neutro
6,0	Acidez 10
5,0	Acidez 100
4,0	Muy Ácido 1000

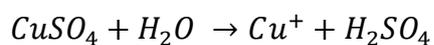
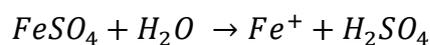
Fuente: (Ramiro & Bonifaz, 2018)

Dando a entender que la acidificación del suelo es un proceso dinámico que involucra la acción de factores naturales (adicionales, climáticos y bióticos) y antropogénicos (derivados de la acción humana), que aumentan la acidez natural del suelo (Ramiro & Bonifaz, 2018).

2.1.3.1 Desarrollo de la acidificación de los suelos.

Hay que mencionar que los suelos ácidos se producen por pérdida de cationes básicos Ca, Mg, K y Na y acumular ácidos cationes de Aluminio e Hidrógeno. De igual modo en la acidez de un suelo también inhibe el crecimiento de las plantas debido a una combinación de factores, uno de los cuales incluye la toxicidad del aluminio, el manganeso y el hidrógeno, así como la falta de nutrientes esenciales, particularmente calcio, magnesio, fósforo y molibdeno (Sánchez, 2017).

Generalmente las minas auríferas contienen sulfuros primarios como la calcopirita $CuFeS_2$; los mismos que al ser extraídos a la superficie tienden a pasar por un proceso de oxidación que con lleva a la formación de suelos ácidos según (Ramiro & Bonifaz, 2018) en las ecuaciones:



De esta manera se puede sintetizar la presencia de los suelos ácidos según (Ramiro & Bonifaz, 2018).

a. Medición de la acidez del suelo

Con respecto a la medición que hay dos formas de acidez de un suelo que se puede medir, y una de ellas se puede usar el método de rápido diagnóstico en el campo usando



el papel indicador. De la misma manera el procedimiento se usará por operarios capaces en prevenir fallos, este método podrá dar un buen diagnóstico bastante aproximado del pH del suelo. Por otro lado, para que el método sea más preciso y utilizado se deberá de utilizar el potenciómetro en la medición de pH en el suelo. Este procedimiento se puede realizar en un Laboratorio, que ahora también cuenta con dispositivos de campo portátiles que miden. (Galeano & Cruz, 2017)

a. Remoción de nutrientes

En cuanto el suelo a pH neutro tiene un intercambio saturado con cationes básicos (Mg^{+2} , Ca^{+2} , K^+ , Na^+). Estos cationes satisfacen la carga en la superficie del coloide. En tanto comienza la acidificación con la pérdida parcial de estos cationes a través de las raíces. Las plantas, al absorber cationes, liberan H para mantener un equilibrio interno que ayuda a bajar el pH del suelo (Sánchez, 2017).

Además, la materia orgánica del suelo se descompone con la ayuda de microorganismos, creando un suministro continuo de CO_2 , que se convierte fácilmente en bicarbonato HCO_2 mediante la siguiente reacción según (Sánchez, 2017).

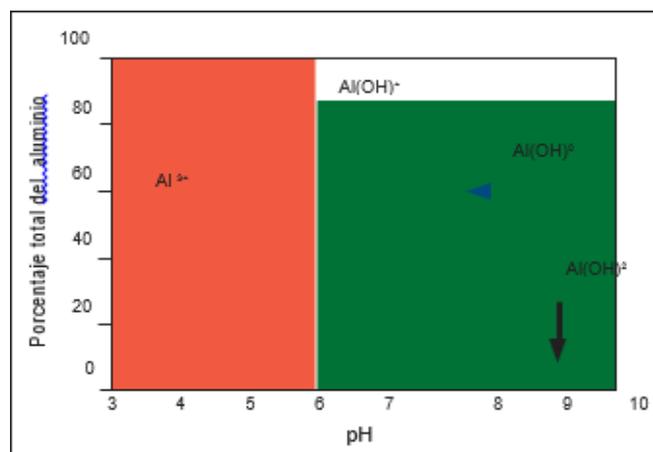


La reacción proporciona H^+ , lo que disminuye el pH, y el (HCO_3^-) (bicarbonato) se junta con los cationes básicos, eliminando la estructura y dando facilidad a la acidez. En la materia orgánica el contenido cambia de una región a otra, por tanto, en la contribución de la acidez del suelo varia (Sánchez, 2017).

b. Aluminio Intercambiable

El factor reconocido a su desarrollo en la acidez del suelo está presente el (Al^{+3}) en el suelo. El ion Al^{+3} el arcilloso mineral se traslada por hidrolisis de diferentes cationes (estos con las moléculas de agua reaccionan) y dan complejos de $\text{Al}(\text{OH})_3$ simples macromoleculares, que es similar a la de un ácido fuerte como el ácido acético, la hidrólisis de Al^{+3} liberando iones. Cada una de estas reacciones libera H^+ y contribuye a un suelo más ácido. Este aumento de acidez facilita la presencia de más Al^{+3} listo para reaccionar de nuevo (Sánchez, 2017).

Figura 3. Distribución en % de formas de Al en una solución al pH



La Figura 3 muestra la actividad de diferentes formas estructurales de Al en función del pH de la solución. Se observa que el Al^{+3} aparece en solución a pH 5,3 y por encima de este pH comienza a formar $\text{Al}(\text{OH})_3$, que precipita cuando se elimina el Al de la solución. Estas reacciones son importantes en el control de la acidez, como se discutirá más adelante (Sánchez, 2017).

c. Clasificación de la acidez

La acidez de las fuentes anteriores se puede clasificar de la siguiente manera:

- **Acidez activa:** En la solución del suelo el hidrógeno H se disocia y proviene de diferentes fuentes.



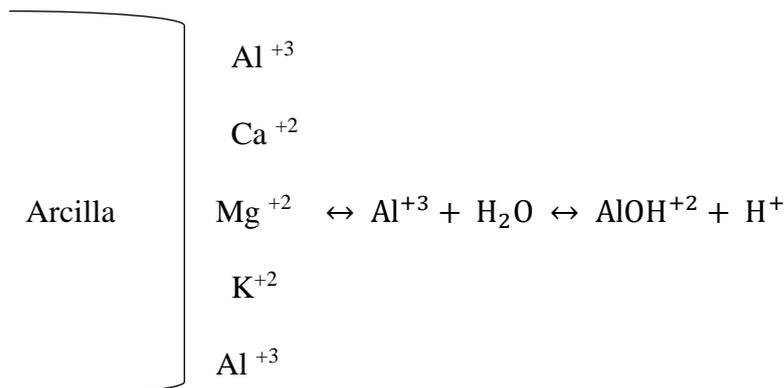
- **Acidez intercambiable:** el aluminio y el hidrógeno intercambiable Al^{+3} , H^+ se retiene en el coloide del suelo por fuerza electrostática.
- **Acidez no intercambiable:** Covalentemente el hidrógeno está unido al mineral arcilloso en su superficie en distintas cargas.
- **Acidez potencial:** La No intercambiable acidez + La intercambiable acidez.

2.1.4 Encalamiento de suelo ácido

Consiste en aplicar sales básicas en el suelo para la neutralización de la acidez. Se utilizan materiales alcalinizantes, regulador de la acidez que son óxidos, silicatos de calcio Ca y/o Mg, hidróxidos, carbonatos. Al neutralizar el carbonato se utiliza en la acidez del suelo, además aporta en las plantas su nutrición el carbonato. La velocidad de reacción puede variar según el tamaño de partícula (Espinosa, 2000).

Según Espinosa, (2000) las reacciones de neutralización de ácidos en el suelo se pueden ilustrar de la siguiente manera:

Suelo ácido:

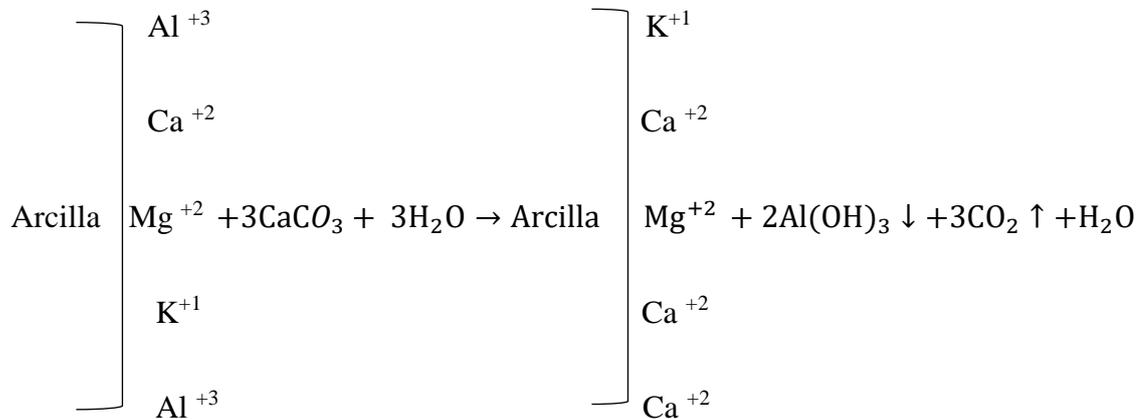




Material Encalante:



Reacción de Encalado:



Espinosa, (2000) en el anterior diagrama la Ca al neutralizar el ácido no interviene, en tanto CO_3^{-2} el anión que al ionizarse nos da OH^- iones que neutraliza al ion H^+ que viene de la hidrólisis del Al en precipitación de ese mismo. El desarrollo inverso puede pasar también siendo los iones básicos como Mg, Ca y K estos se podrán eliminar del suelo en la lixiviación o absorción de plantas, para reemplazarse por el Al. Consecuentemente en el transcurso del proceso, la actividad de H aumenta y el suelo su pH reduce.

2.1.4.1 Calidad de los materiales encalados

Tabla 4 . *Equivalentes químicos y composición química de materiales de encalado puros*

Material	Equivalente Químico (EQ)	Fórmula	Contenido de Ca (%)	Contenido de Mg (%)
Dolomita	108	CaCO ₃	21	131
Carbonato de magnesio	119	MgCO ₃	--	28,5
Carbonato de Calcio	100	CaCO ₃	40	--
Óxido de magnesio	248	MgO	--	60
Óxido de calcio	179	CaO	71	--
Hidróxido de magnesio	172	Mg (OH) ₂	--	41
Hidróxido de calcio	138	Ca (OH) ₂	54	--
Silicato de magnesio	100	MgSiO ₃	--	24
Silicato de calcio	86	CaSiO ₃	34,4	--

Fuente: (Huano, 2017)

En la tabla 4 considerando uno de los aspectos más importantes en la eficiencia agronómica es la calidad del material encalado. Siguiendo los siguientes factores la calidad se fundamenta en: Pureza del material, tamaño de las partículas, forma química y poder relativo de neutralización total (Huano, 2017).

a. Tamaño de partícula

Sánchez, (2017) informa que la finura de las partículas de cal individuales determina su velocidad de reacción. A medida que disminuye el tamaño de partícula del material encalado aumenta el contacto con la superficie el área. 1 m^3 de cal son solo 6 m^2 de superficie.

La superficie de la misma cantidad de tierra y tamizada a través de 100 mallas es de 6 m^2 . Cuanto mayor sea la superficie del material, más rápido reacciona la cal en el suelo. Para evaluar la finura o la eficiencia de medición de las partículas, se tamizan a través diferentes tamaños de mallas (Sánchez, 2017).

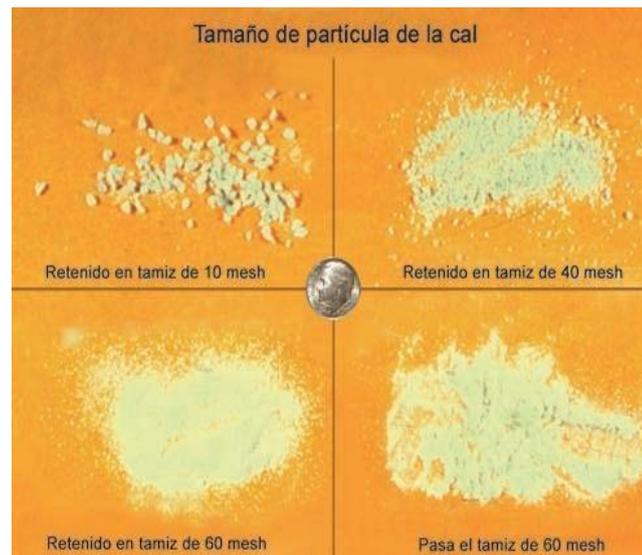
Tabla 5. *Granulométrica de la cal, eficiencia relativa con base en el tipo de malla.*

Número de malla	Eficiencia relativa	Tamaño de los orificios
< 8	0	> 2,36
8– 20	20	2,36 – 0,85
20 – 40	40	0,85 – 0,42
20 – 60	60	0,85 – 0,25
> 60	100	< 0,25
- Numero de orificios por pulgada cuadrada		

Fuente: (Sánchez, 2017)

En la tabla 5 la secuencia de puntadas se usa comúnmente: 8 o 10, 20, 60 y 80 puntadas. Cada tamaño específico tiene un rendimiento de tamaño de partícula específico como se muestra (Sánchez, 2017).

Figura 4. A diferentes tamices tamaño de partículas de cal



Fuente: (Espinosa & Molina, 2000)

2.1.5 La minería

Es la producción mediante la cual se identifican áreas con presencia de minerales, se extraen y procesan para que podamos contar con los metales que utilizamos en nuestras labores diarias (plata, oro, cobre, etc). Previo al inicio de las actividades de exploración, se requieren los estudios ambientales correspondientes, incluyendo un informe de impacto ambiental (DIA) o un estudio de impacto ambiental semi-detallado (Miranda & Panca, 2018).

2.1.5.1 Plan de cierre

El Plan de Cierre de Mina es un estudio ambiental que incluye las acciones técnicas y legales que debe realizar cada minero antes, durante y después de una parada de operación para restaurar su área. (Miranda & Panca, 2018).

2.1.5.2 Impactos ambientales de pasivos mineros

Siendo la inadecuada disposición de aguas residuales, relaves, y desmontes ha causado daños graves en la contaminación de cuerpos acuíferos u graves filtraciones de



un drenaje ácido que así es como decir que son efectos negativos en el ecosistema y la biodiversidad. Además, se conoce que más de la mitad de las 5.818 comunidades campesinas existentes, ubicadas principalmente en la sierra del Perú, conviven con actividades mineras, constituyendo un riesgo ambiental para la vida rural dependiente de las actividades agropecuarias. (Miranda & Panca, 2018).

2.1.5.3 Mina Pomperia

En relación que el debate sobre la minería activa o inactiva ha dado lugar a muchas incertidumbres sobre sus efectos contaminantes en el medio ambiente, en la calidad del agua existe en el entorno minero (Escobar & Marin, 2014).

Este estudio tiene como objetivo explorar los efectos del pasado minero de Pompería, que operó en la colonia española desde 1600 hasta 1977, sobre la variabilidad del agua debido al drenaje ácido de la antigua socavón, expuesta a las ruinas. Rocas y materiales masivamente mineralizados son los factores responsables del medio ambiente (Escobar & Marin, 2014).

Especialmente el agua que salía del antiguo socavón, las muestras se examinaron fisicoquímicamente para comprobar si estaban contaminadas. En tanto indican resultados producto de la meteorización y oxidación de sulfatos metálicos tienen un nivel de acidez las aguas de salida, siendo un poco leve, en tanto el nivel tóxico descienden a los pastizales de abajo. Proviene del consumo directo por parte del ganado, menciona (Escobar & Marin, 2014).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 AMBITO DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación de la zona de estudio

La Mina Pomperia, también conocida como la mina Carolina, se encuentra ubicada en la provincia de Puno, región de Puno, a una altura de 3,990 a 4000 msnm, en el cuadrilátero geológico Puno 32v. Se encuentra en el lado sureste de los cerros Caracollos en Puno. Para la distancia se aproxima de Puno a la mina es de 7 km. Que también esta mina es conocida como Mina Escuela. Siendo sus coordenadas UTM: (389722,80 E, 8241294,51 N), la zona de exploración y la zona 19 S encontramos en la carretera Puno - Moquegua, km 07 Mina Escuela o la Mina Pomperia de la Universidad Nacional del Altiplano como también en históricos antecedentes, se cree que los yacimientos de los hermanos Salcedo fueron explotados en la colonia.

Siendo 9 puntos en la zona muestreada los cuales muestran en tabla 6:

Tabla 6. *Coordenadas de los puntos de muestreo*

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9
L	038 986 8	03898 71	03898 74	03898 78	03898 79	03898 84	03898 81	03898 90	03898 87
UTM	824 158 1	82415 83	82415 81	82415 85	82415 81	82415 84	82415 77	82415 80	82915 71
Altura	397 7	3978	3980	3980	3981	3982	3981	3982	3978

Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Google Earth, Elaboración propia, 2022

a. Accesibilidad a la zona de estudio

El ingreso principal es por la carretera PUNO - MOQUEGUA se recorren unos 10 minutos, 07 Km. Puno Laraqueri. En condiciones perfectas el campo está de libre acceso siendo también que la carretera esta asfaltada, pero al lugar mis para entrar a dentro es trocha a unos 150 metros de la carretera, de Puno a Pomperia la carretera esta pavimentada, pero el lugar en sí a unos 150m de la carretera es un sendero.

Figura 6. Carretera Puno – Moquegua km 7



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Socavón de la mina Escuela Pomperia



Fuente: Elaboración propia/ Socavón de la mina Escuela Pomperia

Figura 8. Lugar de muestreo de suelo ácido de la Mina Escuela Pomperia



Fuente: Elaboración propia/ Mina Escuela Pomperia

3.1.2 Aspectos climáticos

a. Temperatura

Por lo general, en Puno el clima es seco y frío, ubicado en el lago la orilla por lo que por la influencia del lago el clima es moderado. Para la precipitación estas son anuales y suelen durar en diciembre y abril, dependiendo cada año suele durar. Las temperaturas son muy variables, con marcadas diferencias entre los meses de junio y noviembre y con oscilaciones entre una temperatura máxima media de 21° C y una mínima de 15° C (Miranda & Panca, 2018).



b. Descripción geológica

En la ruta de visita en el área de viaje, se puede notar el espacio físico y relieve características del local de Mina Pomperia debido a que hay presencia de irregular relieve (taludes y rocas). Del pueblo Cutimbo y de todo el camino a Salcedo Puno las propiedades físicas y del relieve influyeron decisivamente en las campesinas vecinas comunidades, principalmente porque presenta un desnivel (rocas y taludes). El lugar físico del bioma Cutimbo se caracteriza por la presentación de relieves muy diversos, la condición topográfica es generalmente la presencia de coladas de lava, lechos volcánicos y afloramientos rocosos volcánicos, provenientes de las partes altas y bajas. Por estar ubicada en la parte sur del Perú y en la región de Puno, o bien está clasificada como región sunita, bien por su clima, vegetación, etc (Miranda & Panca, 2018).

3.2 MATERIALES

3.2.1 Material experimental

- a. Cáscara de huevo
- b. Suelo ácido

3.2.2 Reactivos

- a. Cloruro de amonio NH_4Cl
- b. Amoniaco NH_3
- c. Pellets de hidróxido de sodio
- d. Carbonato de calcio
- e. Eriocromo negro T
- f. EDTA
- g. Murexida
- h. Solución buffer
- i. Fenolftaleína
- j. Cloruro de potasio KCl
- k. Fluoruro de potasio



- l. Ácido clorhídrico 0.1 M
- m. Cloruro de amonio NH_4Cl

3.2.3 Materiales de vidrio

- a. Bureta
- b. 9 depósitos de vidrio
- c. Embudo de vidrio de vástago largo
- d. Fiolas de 100 ml, 250 ml
- e. Matraz de Erlenmeyer de 250 ml
- f. Placa Petri
- g. Volumétricas pipetas de 10 ml y 25 ml
- h. Medida de probeta de 10, 25, 50 y 100 ml
- i. Vasos precipitados

3.2.4 Equipos

- a. Nombre: Absorción atómica

Modelo: SPECTROMON 381L

Serie: CO_2 -FBME/CH-001

- b. Nombre: Balanza analítica

Marca: TM ELECTRONIC SCALE

- c. Nombre: pH metro

Marca: HANNA

- d. Nombre: Conductímetro

Marca: HACH

Modelo: CONDUTIVITY/TDS METER

- e. Nombre: Estufa

Marca: Blue – M



Modelo: SW-18 TC-1

Serie: SW-1994

f. Nombre: Mufla

Marca: Thermolyne

Serie: 1300 Furnace

3.2.5 Otros materiales

- a. Bandeja de plástico
- b. Una campana de desecación
- c. Cápsula de porcelana
- d. Mortero
- e. Papel filtro
- f. Pinzas
- g. Tamiz tamaño 1mm; 0,250 mm; 0,125 mm
- h. Vaso descartable

3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es experimental, retrospectivo y descriptivo.

3.3.1 Metodología para el objetivo específico 1:

- La cantidad de carbonato de calcio se determinó por el método volumétrico que se llevó la muestra de cáscara de huevo, recepcionada en el laboratorio RHLAB S.A.C
- Muestra de cáscara de huevo también fue recepcionada en el Laboratorio de aguas y suelos de la Escuela Profesional de Agronomía UNA-PUNO



3.3.1.1 Análisis físico químico del CaCO_2 de la cáscara de huevo

a. Determinación de la dureza total (Valoración de EDTA)

Según Sánchez (2017) la dureza total del CaCO_3 se determina:

- Pesar 1 g de carbonato de calcio (CaCO_3)
- En un matraz llevar y agregar 50 ml de destilada agua
- En una probeta de 10 ml poner solución buffer y agregar al matraz
- Y poner un poco de eriocromo
- De color rojo vino hasta azul puro Titular con EDTA, gasto V_1 ml EDTA
- Formamos prueba en blanco, gasto V_2 ml
- La valoración en el ml es $V = v_1 - v_2$
- Para los cálculos se utiliza la siguiente fórmula
- Dureza Total = $4000 \times M \times V$
- Donde:
- M= molaridad de EDTA
- V= ml de EDTA gastado
- La dureza total se expresa en ppm u mg/l de CaCO_3

b. Determinación de la dureza cálcica

Según Sánchez, (2017) la dureza cálcica del CaCO_3 se determina con el siguiente procedimiento:

- Pesamos 1 g de (CaCO_3)
- El matraz lavar y poner 50 ml de destilada agua
- Agregamos a la probeta 10 ml de buffer y poner al matraz
- Añadimos indicador en polvo de 0,1 a 0,2 g de muréxida.
- Titulamos con EDTA de rozado a purpura. Consideramos gasto V_1 .
- Con 50 ml de destilada agua hacer prueba en blanco. Anotamos el gasto V_2 ml.



- Gasto de la titulación en ml es $V=V1*V2$

Utilizamos la siguiente fórmula para los cálculos

Dureza Cálcica= $4000 \times M \times V$

Donde:

M= molaridad de EDTA en la titulación

V= ml de EDTA gastado

c. Determinación de la dureza de calcio

Sánchez, (2017) informa la fórmula para hallar la dureza de calcio del CaCO_3 de la cáscara de huevo se determina:

$$\text{ppm de Ca} = \text{Dureza Calcica (PM de Ca)} / (\text{PM de CaCO}_3)$$

$$\text{ppm de Ca} = 0,400 \times (\text{Dureza calcica})$$

d. Determinación de Magnesio

Sánchez, (2017) informa la fórmula para la cantidad de magnesio del CaCO_3 de la cáscara de huevo se determina:

$$\text{ppm de Mg} = \text{Dureza Magnesica (PM de Mg)} / (\text{PM de CaCO}_3)$$

$$\text{ppm de Mg} = 0,243 \times (\text{Dureza magnesica})$$

e. Determinación de dureza Magnésica

Sánchez, (2017) informa la fórmula para hallar la dureza magnésica del CaCO_3 de la cáscara de huevo se determina:

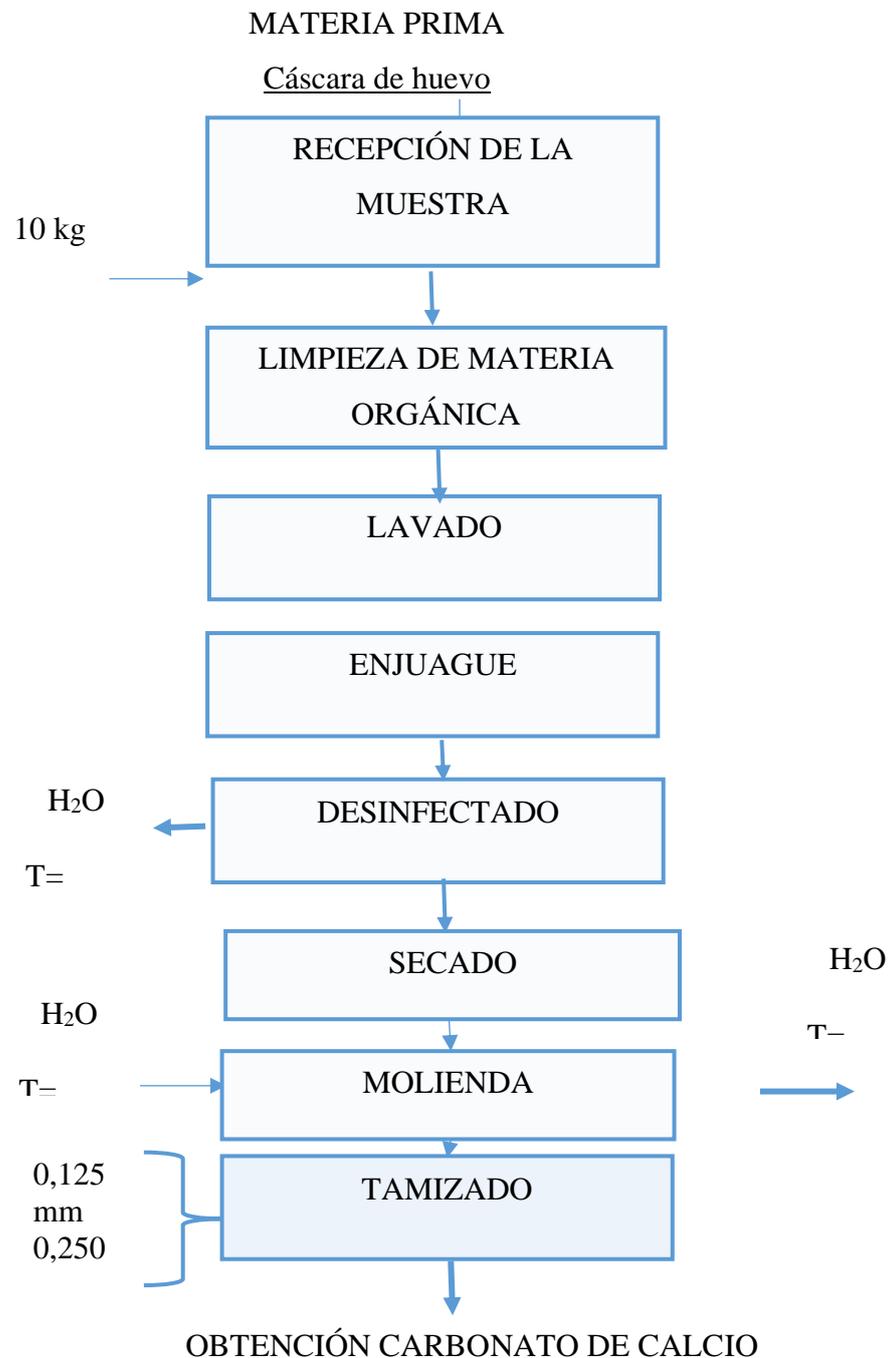
$$\text{Dureza Magnesica} = \text{Dureza total} - \text{Dureza Calcica}$$

3.3.2 Metodología para el objetivo específico 2

- Para determinar la granulometría de carbonato de calcio se aplicó la siguiente metodología según la norma MIL –STD-650. Ítem 204,1

3.3.2.1 Descripción para la obtención de Carbonato de calcio de la cáscara de huevo

Figura 9. Obtención de Carbonato de calcio de la cáscara de huevo



Fuente: Elaboración propia

- A partir de la figura 9 para la metodología detallamos el proceso de obtención de carbonato de calcio a partir de la cáscara de huevo.



a. Recepción

En el laboratorio de aguas y suelos, la materia prima fue recepcionada realizando una inspección visual de la cáscara de huevo

b. La materia orgánica extracción

Con mucho cuidado se retiró la materia orgánica, para que pueda quedar de proteínas libre y continuamente tener solo carbonato de calcio.

c. Lavado

Con abundante agua a 25°C se realizó del lavado de la cáscara de huevo, para remover u sacar la suciedad y físicos contaminantes.

d. Desinfección

En la cáscara de huevo desinfectamos con hipoclorito de sodio (NaOCl) 0,01 % continuamente por un tiempo de 2 minutos se añadió 12 ml de (NaOCl) en 12 L de H₂O para prevenir en los microorganismos la proliferación y descartar residuos orgánicos.

e. Secado

Secamos la cáscara de huevo a T° ambiente.

f. Molienda

En este procedimiento de molienda utilizamos un molino convencional continuamente trituramos la cáscara de huevo obteniendo el CaCO₃



g. Tamizado

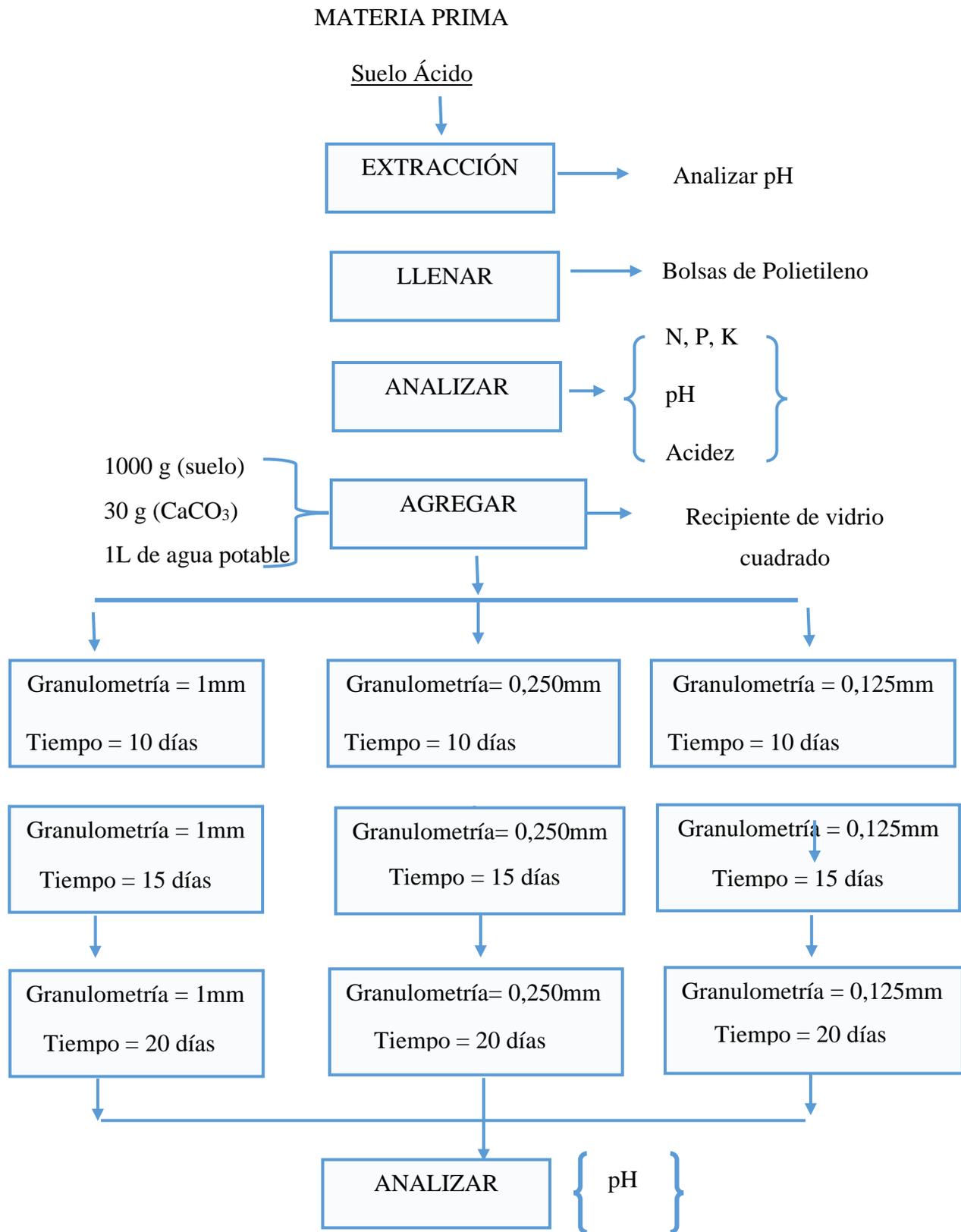
En el tamizado se realizó por diferentes tamaños de partículas, usando el número de malla 18 para un tamaño de abertura de 1 mm; así como también el número de malla 60 para tamaño de partícula 0,250 mm y malla 100 para 0,125 mm de tamaño de abertura.

Finalmente obtenemos carbonato de calcio en tamaño de partícula que se utilizó fue de (1mm ; 0,250 mm ; 0,125 mm) para el mejoramiento del suelo ácido.

3.3.2.2 Descripción del proceso para el mejoramiento del suelo ácido

- Se aplicó el CaCO_3 obtenido de la cáscara de huevo en el suelo ácido siguiendo los siguientes pasos:

Figura 11. Procedimiento para el mejoramiento del Suelo Ácido



Fuente: Elaboración propia



a. Extracción

Limpiando la superficie del terreno se retiró muestras de suelo tomadas entre 20 y 30 cm de profundidad.

b. Llenar

Continuamente las muestras de suelo se llenaron en de polietileno bolsas para el análisis previo en el laboratorio.

c. Analizar

- Las nueve muestras de suelo se recepciónó en el laboratorio de aguas y suelos de la Escuela Profesional de Agronomía UNA-PUNO y se analizó el pH para constatar que sea ácido.

- Se analizaron: N, P, K, pH, T, Cond, Acidez, Densidad, Materia Orgánica, Textura.

- Las muestras de suelo se introdujeron en los recipientes de vidrio respectivamente conteniendo 1000 g de suelo en cada una de ellas. Posteriormente añadimos 30g de CaCO_3 en diferentes granulometrías (1 mm, 0,250 mm, 0,125 mm) según el número de calicatas respectivamente y 100 ml de agua potable a cada una de ellas.

En unos pequeños vasos de plástico se tomaron muestras de suelo de cada recipiente de vidrio por tiempos de 10, 15 y 20 días para su evaluación previa de pH y acidez.



3.3.2.3 Análisis fisicoquímico de la materia prima inicial y final

Para el análisis inicial y final se tomaron pequeñas porciones de las muestras para los siguientes parámetros: Determinación de: La humedad (%), cenizas (%), acidez, densidad, pH, nitrógeno (%) por el método de Kjeldahl, fósforo disponible (%) Método de Olsen y potasio por el método Pratt según (Sánchez, 2017).

a. Determinación de % de humedad en la cáscara de huevo

La determinación del contenido de humedad se determinó por efecto de la gravimetría en la estufa a temperatura de 115 °C por un tiempo de 3 horas, según el método descrito por (García, 2013)

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(P_1 - P_2)}{m} \times 100$$

Donde:

P1= Peso del crisol más muestra

P2= Peso del crisol más muestra seca

m = Peso de muestra

b. Determinación del % de ceniza en la cáscara de huevo

La determinación del porcentaje de cenizas en seco es el método más común para determinar la cantidad total de minerales, este método se basa en la descomposición de la materia orgánica quedando solamente materia orgánica en la muestra, se determinó por la incineración de la muestra por 12 horas según (AOAC, 2000).

$$\% \text{Cenizas} = \frac{\text{peso de ceniza (g)}}{\text{pso de la muestra (g)}} \times 100$$



Donde:

P1= Peso del crisol más muestra

P2= Peso del crisol más muestra seca

m = Peso de la muestra

c. **Determinación de pH en el suelo**

Según Sánchez, (2017) menciona el procedimiento en la determinación de pH en el suelo:

- el pH metro el equipo se utilizará.
- En un vaso de 100 ml Pesamos 20 g de suelo y aforamos 50 ml de destilada agua.
- Agitamos en el tiempo durante 10 min
- Ponemos el electrodo de pH y anotamos.

d. **Determinación en el suelo la acidez**

Debido a la acidez del suelo, el procedimiento es seguido por una evaluación con un reactivo alcalino. El índice de acidez se expresa como el resultado de ácido dominante en el material. El método de ácido intercambiable de Barnhisel y Bertsch, determina la acidez además que utiliza cloruro de potasio. Además de las bases (Ca, Mg, Na y K) también hay una cantidad de acidez que puede ser desplazada del complejo intercambiable del suelo según (AOAC, 2000).

Soluciones:

- Para KCl de 1 M. Pesamos 74,55 g de KCl en un volumétrico matraz de un litro, ponerlo y aforar con agua. Por último, a pH a 7,0 ajustar
- NaOH a 0,1 M. Pesamos g de NaOH y disolver en 1 litro de agua (con HCl 0,1 M titular de referencia un certificado).



- titulado HCl 0,1 M.
- A 0,5% (p/v) Fenolftaleína en etanol.
- En un matraz aforado de 100 ml Pesamos 0,5 g de fenolftaleína, disolver con etanol enrasar.
- Solución de fluoruro de potasio 1 M. En un matraz aforado de 1 L pesamos 58,1 g de fluoruro de potasio y enrasar con agua.

Procedimiento

- Pesamos 5 g de suelo
- Añadimos 50 ml de la solución de KCl 1 M.
- Cerramos el tubo y agitamos durante 30 min mecánicamente.
- Destapamos y centrifugar 10 min a 2500 rpm los tubos.
- En el vaso de precipitados de 100 ml filtramos el sobrenadante.
- Tomar una pequeña cantidad de 40 ml y transferir al Erlenmeyer de 125 ml matraz usando una pipeta volumétrica.
- Agregamos 5 gotas de fenolftaleína al 0,5 % y titulamos al 0,1 M de hidróxido de sodio titulado hasta un punto final rosa permanente.
- Titulamos el blanco (cloruro de potasio 1 M, mismo volumen que la muestra) de la igual manera.
- Seguidamente registraos la solución NaOH, agregamos 2 ml de solución de fluoruro de potasio 1 M de la solución misma y titular con HCl 0,1 M agitando, hasta que el color rosa desaparezca.
- Seguidamente pasando 30 min, agregar HCl 0,1 M titulado adicional, hasta un claro punto final.

Cálculos



$$\text{Acidez intercambiable (cmol}^{(+)}\text{Kg}^{-1}) = \frac{(a - b)}{s} (M \times 100)$$

Dónde:

a = ml de NaOH de la muestra gastada

b = ml de NaOH en el blanco gastada

M= solución de NaOH molaridad

s = en gramos peso de la muestra

Acidez de H^+ (c mol $^{(+)} \text{kg}^{-1}$) =acidez como KCl^- Al intercambiable

e. Densidad

Según Sánchez, (2017) menciona el procedimiento para la determinación de la densidad:

- En un lapso de tiempo 1 hora secamos el suelo a 120°C de temperatura
- Para la densidad aparente, pesar 100 g de muestra en una probeta de 100 ml y golpear la probeta 40 veces en la mesa y lecturar hasta donde queda la muestra en la probeta.
- Para la densidad real, agregar 70 ml de agua potable, posteriormente pesar 30 g de muestra de suelo y añadir a la probeta
- -Para poder determinar la densidad ver el desplazamiento del agua y así obtener el volumen y poder reemplazar en la siguiente ecuación, según (Sánchez, 2017).

$$\rho = \frac{m}{v}$$

f. Determinación del Nitrógeno por el Método Micro Kjeldahl

Mencionando el inicio del nitrógeno orgánico se vuelve en sulfato de amonio en el proceso de ataque por acción del ácido sulfúrico adicionado por el proceso de digestión, durante la destilación por el aumento del hidróxido de sodio, el amonio que se desprende



es recibido en una solución de ácido bórico para luego formar el borato de amonio (Torres, 2000).

Durante la titulación con una solución valorada de ácido sulfúrico, se regenera el ácido bórico y la cantidad de amonio que contiene la muestra es determinada mediante los cálculos correspondientes según (Torres, 2000)

Procedimiento

- Digestión

- En un papel en forma de disco pesamos 0,1 g de la materia vegetal secado y molido y así doblamos el papel sobre el contenido e introducimos dentro de un balón kjeldahl de 30 ml el papel, de allí agregamos 2 ml de ácido sulfúrico y 0,5 g de la mezcla de selenio. Esperamos tiene que digerir el material hasta se torne claro el residuo, cuando se haga significa que terminó la digestión (Torres, 2000).

- En un balón frío añadimos 2 a 3 ml de destilada agua libre de amonio con esto disolvemos los sólidos, después echamos al aparato de destilación con la ayuda del embudo; enjuagamos el balón dos veces 2 veces con destilada agua abrimos la llave y dejamos lentamente el contenido a la cámara de vapor; continuamente el contenido que haya sido pasado del tope cerramos la llave y dejamos caer otra vez lentamente continuando que la solución en la cámara tome un color rojizo carmesí de allí cerramos la llave y dejamos de destilar.

- Anticipadamente debemos de colocar para el tubo que destilaremos un Erlenmeyer de 50 ml este contendrá 20 ml de bórica solución.

- Finalmente, cuando el Erlenmeyer el contenido tenga un color verde; dejamos un margen de 3 min.



- Para la determinación en blanco efectuamos las mismas cantidades del reactivo y el mismo tiempo de digestión y hacemos subsecuentemente la titulación la misma.

Cálculo:

$$\%N = \frac{(\text{meq H}_2\text{SO}_4 - \text{blanco me H}_2\text{SO}_4) \times N \times \text{Peso equiv. N} \times 100}{\text{Peso de muestra (mg)}}$$

g. Determinación de fósforo disponible (p) por el Método de Olsen Modificado

Torres, (2000) informa la determinación de fosforo disponible consiste en la extracción del fosforo por medio de una solución extractiva (generalmente sales de ácidos débiles) siguiendo el procedimiento:

1. Emplearemos para este método la solución extractora de NaHCO_3 bicarbonato de sodio 0,5 M pH 8,5.
2. Reactivos
 - a. 0,5 M solución de Bicarbonato de Sodio (Na HCO_3)
 - b. Tomar 42 g de Na HCO_3 , mezclar con poca agua y completar a un litro.
 - c. Carbón activado lavado con HCl 10 %.
 - d. Una sola vez 250 ml por 200 gr de carbón Usar carbón Darco G-60 enjuagar con H_2O hasta dejar libre de P.
 - e. Solución de $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
 - f. Poner 1 g de molibdato de amonio en la destilada agua. Agregamos 0,025 g de tartrato de antimonio y potasio ($\text{K Sb OC}_4 \text{H}_4\text{O}_6 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$). Aumentamos 16 ml de H_2SO_4 . Aforamos a 1 L de destilada agua. Almacenar en un color oscuro de frasco.
 - g. Ácido Ascórbico
 - h. Para el análisis químico $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$
- Solución A



De molibdeno de amonio a 1 L de solución, agregamos 1 g de $C_6H_8O_6$

3. Procedimiento

- a. En el recipiente de una botella de 100 ó 125 ml tomamos de suelo 22 g
- b. Añadimos cantidad igual de carbón
- c. De nuestra solución extractora de bicarbonato de sodio agregamos 22 ml
- d. Movemos o agitamos en un tiempo de 15 min
- e. Papel de filtro Whatman N° 40 usando filtramos
- f. De lo que se filtró tomamos una cantidad de 3 ml
- g. De la solución A agregamos 10 cc.
- h. Para que pueda desarrollar un color azul dejamos en reposo 30 minutos,
- i. Para termina leemos en banda de 660 m μ /s en el espectrofotómetro.

h. Método del (H_2SO_4 ; 6N) Método Pratt, Determinación de potasio disponible

Según Torres, (2000) informa que una solución extractora de H_2SO_4 6 N se extrae el K adsorbido intercambiable en las coloides superficies del suelo y el soluble K en agua. En tanto consistirá en determinar K extraído por el H_2SO_4 , por flamometría siguiendo el procedimiento:

1. Reactivos

- a. H_2SO_4 6N

Tomamos 165 cc de H_2SO_4 concentrado Q.P y aforamos con agua destilada a un litro.

- b. Floculante

1 gr de floculante disolver en 1 L de destilada agua. De esta solución tomamos 100 cc. y aforamos a 1 L con agua destilada.

- c. Solución estándar de potasio

- d. Pesar 74,56 g de cloruro de potasio, disolver con agua destilada y completar a 1 litro. Esta solución contiene 1000 meq/L. de potasio.



2. Procedimiento

- a. En frasco de 75 a 125 ml introducir 5 gr. de suelo
- b. De H_2SO_4 6 N agregamos 25 cc.
- c. Mover u agitar durante 10 min
- d. De nuestra solución floculante agregamos 25 cc
- e. Movemos y agitamos durante 3 min
- f. Hasta que el líquido sobrenadante de encima este completamente claro dejamos en reposo entre 15 a 20 min
- g. Tomamos 3 cc. de la clara sobrenadante solución
- h. De nuestra solución de carbonato de amonio agregamos 3 cc y mezclamos
- i. De esta solución anterior se tomará 3 ml y lo diluimos con 22 ml de agua destilada.
- j. Se lleva a nuestro fotómetro de llama y se lectura.

3. Cálculos

- En el fotómetro de llama los resultados dan en meq de K por L; en ppm (partes por millón) se expresa el contenido de K acuerdo a la igualdad siguiente:
ppm de K en el suelo = Lectura en meq/L x Equivalente de potasio peso x factor de dilución

Ejemplo:

- Supongamos que se hayan hecho las diluciones indicadas en el procedimiento
- Lectura en el fotómetro de llama = 0,048 meq/ litro
- Peso equivalente de K = 39 g/litro
- Factor de dilución = $\frac{50}{5} \times \frac{6}{3} \times \frac{25}{3} = 167$
- Ppm de K = $0,048 \times 39 \times 167 = \text{Ppm de k} = 312$

3.3.3. Metodología para el objetivo específico 3

- Para determinar la eficiencia se aplicó la siguiente fórmula según (Cáceres, 2014).

$$\text{Eficiencia} = \frac{\bar{x} \text{ pH del suelo mejorado} - \bar{x} \text{ pH del suelo ácido}}{\bar{x} \text{ pH del suelo ácido}} \times 100$$

Diseño experimental

Se utilizó un diseño estadístico Tukey y DCA, Completamente al Azar, de 3x3 con arreglo factorial, tres valores de granulometría (A) y tres tiempos diferentes (B) a cada uno, explicando, para cada interacción tratamientos con tres repeticiones, dando 27 experimentos en total. El software infostad-2017 se utilizó para analizar los resultados (Sánchez, 2017).

Tabla 7. *Tabla de datos de la muestra inicial sin tratamiento*

CODIGO DE CALICATA	pH	Acidez inicial (cmol
(MUESTRA INICIAL		(⁽⁺⁾ kg⁻¹)
sin tratamiento)		
CAL-01	5.82	0.8
CAL-02	5.41	0.7
CAL-03	6.02	0.7
CAL-04	5.69	0.7
CAL-05	6.61	0.4
CAL-06	6.21	0.5
CAL-07	6.91	0.4
CAL-08	6.68	0.4
CAL-09	5.08	0.4

Fuente: *Elaboración propia/ Datos de pH y acidez de la muestra inicial*

Tabla 8. Tabla de las variables pH, acidez, tiempo y granulometría

		Granulometría								
		Granulometría 1mm			Granulometría 0,250 mm			Granulometría 0,125 mm		
		t=10	t=15	t=20	t=10	t=15	t=20	t=10	t=15	t=20
pH		5,9	7,08	7,68	6,61	7,07	7,94	7,5	7,35	8,15
		6,0	7,22	7,79	7,06	7,19	7,76	7,4	7,48	8,15
		6,1	7,31	7,98	7,21	7,05	8,12	7,42	7,50	7,91
Acidez		0,5	0,1	0,1	0,30	0,3	0,2	0,5	0,10	0,1
		0,5	0,1	0,1	0,50	0,1	0,1	0,4	0,20	0,1
		0,4	0,1	0,1	0,5	0,3	0,2	0,2	0,30	0,1

Fuente: Elaboración propia, Donde t= días.

Como se observa en la tabla 8. Los resultados de laboratorio nos muestran que a menor granulometría el rendimiento incrementa, tal como se observa en la reducción de la acidez y en el aumento del pH.

Tabla 9. Tabla DCA

		Diseño DCA	
Prueba de		Tipo de análisis	
Homogeneidad,		no	
Test de Bartlett		paramétrico	paramétrico
	dato		
	normal		
pH	0,4256	Si	
Acidez	0,7981		Si

Fuente: Elaboración propia / Datos normal de pH y Acidez

Tabla 10. Tabla de los R-Cuadrado, Coef Var, Raíz mse, pH Media de la tabla anterior

R- cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	pH Media
0,92	2,08	0,15	7,33

Fuente: Elaboración propia



Como se observa en la tabla 10 tenemos un indicador de la variable respuesta en nuestro caso la variación de la granulometría del carbonato de calcio de 0,92 lo que nos permitirá predecir con mayor exactitud a nuestro indicador arreglo factorial DCA.

Tabla 11. *Tabla DCA Factores Inter - Sujetos*

Factores Inter – sujetos			
		Etiqueta de	
		valor	N
Tiempo	1	10	9
	2	15	9
	3	20	9
Granulometría	1	1mm	9
	2	0,250mm	9
	3	0,125mm	9

Fuente: *Elaboración propia/ Factores Inter - Sujetos de tiempo y granulometría.*

En la tabla 11 los factores Inter - Sujetos en tiempo son de 10, 15 y 20 días con una granulometría de 1mm; 0,250 mm; 0,125 mm de CaCO₃ y 9 muestras de suelo.



Tabla 12. *Tabla ANVA para efectos Inter - Sujetos*

ANVA para efectos Inter – Sujetos					
Variable dependiente: pH					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	7,794 ^a	4	1,948	21,067	0,000
Intersección	1451,267	1	1451,267	15691,141	0,000
Tiempo	5,938	2	2,969	32,100	0,000
Granulometría	1,856	2	0,928	10,034	0,001
Error	2,035	22	0,092		
Total	1461,096	27			
Total corregido	9,829	26			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 para el pH el R al cuadrado = 0,793 (R al cuadrado ajustada = 0,755). Resulta tanto el tiempo como la granulometría altamente significativos por Siguiendo $0,001 < 0,01$

Tabla 13. Pruebas post hoc- tiempo, comparaciones múltiples

COMPARACIONES MÚLTIPLES						
Variable dependiente: pH						
HSD Tukey						
(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
10	15	-0,4478*	0,14336	0,013	-0,8079	-0,0876
	20	-1,1400*	0,14336	0,000	-1,5001	-0,7799
15	10	0,4478*	0,14336	0,013	0,0876	0,8079
	20	-0,6922*	0,14336	0,000	-1,0524	-0,3321
20	10	1,1400*	0,14336	0,000	0,7799	1,5001
	15	0,6922*	0,14336	0,000	0,3321	1,0524

- Se basa en las medias observadas.
- La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Fuente: Elaboración propia / comparaciones múltiples

En la tabla 13 se muestran las medias de tiempo en días son significativamente diferentes entre sí por $0,013 < 0,05$

Tabla 14. Subconjuntos homogéneos para el pH

pH				
HSD Tukey a, b				
Tiempo	N	Subconjunto		
		1	2	3
10	9	6,8022		
15	9		7,2500	
20	9			7,9422
Sig.		1,000	1,000	1,000

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

Se basa en las medias observadas

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0,05

Resultando que la media 6,8022 de 10 días es menor al 7,25 de 15 días y 7,9422 de 20 días va incremento el pH.

Tabla 15. Para la granulometría comparaciones múltiples

COMPARACIONES MÚLTIPLES						
Variable dependiente: pH						
HSD Tukey						
(I) Granulometría a	(J) Granulometría a	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1mm	0,250mm	-0,3256	0,14336	0,081	-0,6857	0,0346
	0,125mm	-0,6422*	0,14336	0,001	-1,0024	-0,2821
0,250mm	1mm	0,3256	0,14336	0,081	-0,0346	0,6857
	0,125mm	-0,3167	0,14336	0,092	-0,6768	0,0435
0,125mm	1mm	0,6422*	0,14336	0,001	0,2821	1,0024
	0,250mm	0,3167	0,14336	0,092	-0,0435	0,6768

Se basa en las medias observadas.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se puede ver las medias de la granulometría de 1mm frente a 0,250mm son iguales por $0,081 > 0,05$, de manera similar ocurre 0,125mm es igual a 0,250 por $0,092 > 0,05$

Tabla 16. *Subconjuntos homogéneos para la granulometría*

SUBCONJUNTOS HOMOGÉNEOS			
Granulometría	N	Subconjunto	
		1	2
1mm	9	7,0089	
0,250mm	9	7,3344	7,3344
0,125mm	9		7,6511
Sig.		0,081	0,092

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0,05.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se observa que la granulometría de 0,250 es similar a granulometría de 1mm y/o también a 0,125mm, pero 1mm es diferente a 0,125mm

Tabla 17. *DCA para la acidez Factores inter-sujetos*

FACTORES INTER-SUJETOS			
		Etiqueta de valor	N
Tiempo	1	10	9
	2	15	9
	3	20	9
Granulometría	1	1mm	9
	2	0,250mm	9
	3	0,125mm	9

Fuente: Elaboración propia / Factor inter- sujetos al tiempo y granulometría

Tabla 18. Pruebas de efectos Inter-Sujetos

PRUEBAS DE EFECTOS INTER-SUJETOS					
Variable dependiente: Acidez					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0,477 ^a	4	0,119	15,604	0,000
Intersección	1,565	1	1,565	204,736	0,000
Tiempo	0,459	2	0,229	29,996	0,000
Granulometría	0,019	2	0,009	1,211	0,317
Error	0,168	22	0,008		
Total	2,210	27			
Total corregido	0,645	26			

a. R al cuadrado = 0,739 (R al cuadrado ajustada = 0,692)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18 se puede ver que para la acidez el tiempo resulta altamente significativos por $\text{Sig } 0,000 < 0,01$, mientras que la granulometría resulta no significativa, lo cual indica que no hay mucha diferencia.

Tabla 19. Pruebas post hoc para el tiempo – Comparaciones múltiples

COMPARACIONES MÚLTIPLES						
Variable dependiente: Acidez						
HSD Tukey						
(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
10	15	0,244*	0,0412	0,000	0,141	0,348
	20	0,300*	0,0412	0,000	0,196	0,404
15	10	-0,244*	0,0412	0,000	-0,348	-0,141
	20	0,056	0,0412	0,385	-0,048	0,159
20	10	-0,300*	0,0412	0,000	-0,404	-0,196
	15	-0,056	0,0412	0,385	-0,159	0,048

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,008.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Fuente: Elaboración propia / Pruebas post hoc para el tiempo

En la tabla 19 se puede observar el tiempo de 15 días y 20 días son iguales por $0,385 > 0,05$

Tabla 20. Subconjuntos homogéneos para la Acidez

ACIDEZ			
Tiempo	N	Subconjunto	
		1	2
20	9	0,122	
15	9	0,178	
10	9		0,422
Sig.		0,385	1,000

HSD Tukeya,b

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,008.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0,05.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 se puede observar que en los subconjuntos se observa que en 15 y 20 días son iguales, pero ambos son diferentes a 10 días en el mejoramiento del suelo ácido



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. LOS RESULTADOS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 1

4.1.1 Resultados y discusión de la cantidad de carbonato de calcio y características de la materia prima

- Resultado

La cantidad de CaCO_3 encontrado en la cáscara de huevo es de un 94 % que se realizó el análisis por el método volumétrico en el Laboratorio RHLAB S.A.C

4.1.2. Carbonato de calcio (CaCO_3)

Entre las propiedades más importantes se analizaron dureza magnésica, dureza cálcica, dureza total, el % de humedad, ceniza y la cantidad de carbonato de calcio se dio en un porcentaje total por el método de volumetría en el Laboratorio de Aguas y Suelo en la Escuela profesional de Ingeniería Agronómica

Tabla 21. Características físico químicas de CaCO_3 partiendo de la cáscara de huevo

PARÁMETRO	VALOR
Humedad (%)	5
Ceniza (%)	6,4
Dureza Total (mg/L)	893
Dureza cálcica(mg/L)	722
Dureza magnésica (mg/L)	41,55
Carbonato de calcio (%)	94
pH	8,39
C.E. mS/cm	0,70

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21 se observa que el contenido de humedad de la cáscara de huevo fue de 5%, este análisis se realizó por método analítico de gravimetría a temperatura de 115 °C en la estufa por un tiempo de 3 horas, de acuerdo por el método descrito por (Garcia, 2013).

El % de ceniza en la cáscara de huevo es de 6,4 %, por lo tanto, se determinó el análisis de la muestra por incineración por 12 horas según (AOAC, 2000)

La dureza total en la cáscara de huevo fue de 893 mg/L, la dureza cálcica en la cáscara de huevo fue 722 mg/L, la dureza magnésica en la cáscara de huevo fue 41,55 mg/L, siendo que estos análisis fueron realizados por el método volumétrico (EDTA) según (Sánchez, 2017).

4.2. LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2

4.1.2 Suelo

En la muestra del suelo ácido el promedio de las características iniciales utilizadas en la investigación se presenta en la Tabla 22. La característica más relevante se logró analizar el % de N, P, K, pH, y acidez

Tabla 22. *Del suelo las características fisicoquímicas*

PARÁMETRO	VALORES	
	Antes	Después
pH	5,08	8,15
Acidez (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)	0,8	0,1
Nitrógeno (%)	0,03	0,14
Fósforo (ppm)	3,71	9,10
Potasio (ppm)	41	110

Fuente: Elaboración propia



- En la tabla 22 se observa los resultados que el pH durante el análisis del suelo ácido de la mina Escuela Pomperia – Puno es un suelo ácido ya que dio un pH inicial de 5,08 de manera que al aplicar el CaCO_3 obtenido de la cáscara de huevo, se logra mejorar el suelo, en cual se ha aplicado como cal agrícola teniendo un resultado de pH del suelo tratado 8,15 dando un mejoramiento en el suelo.

Discusión del pH

Ramiro & Bonifaz, (2018) afirmó que la expresión logarítmica de los valores de pH significa que por cada unidad de cambio en el pH de una solución corresponde a un cambio de 10 veces en la actividad de H^+ . Así, un suelo con un pH de 5,5 es 10 veces más ácido que un suelo con un pH de 6,5 mientras que un suelo con un pH de, 5 es 100 veces más ácido que un suelo con un pH de 6,5. Si el pH en la solución cae, digamos 6 a 5, significa que los iones de concentración hidrogeno sube 10 veces, así como también la cantidad de iones de hidroxilo disminuye equivalentemente.

Siendo que el pH ideal para un suelo moderadamente alcalino esta entre 7,4 – 8,1 como también el rango para pH alcalino esta entre 8,2 – 8,8 en un suelo según (INTAGRI, 2018)

- Los resultados para la acidez durante el análisis de suelo tomado de la Mina Escuela Pomperia – Puno, se confirmó que es un suelo ácido ya que tiene una acidez de 0,8 ($\text{cmol}^{(+)} \text{kg}^{-1}$) . En tanto que después del tratamiento se logró disminuir la acidez a 0,1 ($\text{cmol}^{(+)} \text{kg}^{-1}$) siendo apto para el mejoramiento de un suelo ácido.

Discusión de la acidez mencionando según (Castro & Munevar, 2013) presenta el rango de acidez presente en un suelo:

- $\text{pH} < 5,5$
- Al intercambiable o Acidez $> 0,5 \text{ cmol}^{(+)} / \text{L}$
- Suma de bases ($\text{Ca}^+ \text{Mg}^+ \text{K}^+$) $< 5 \text{ cmol}^{(+)} / \text{L}$



- Acidez saturación > 20 %

El pH del suelo está directamente relacionado con el % de saturación de acidez, siendo que el aluminio intercambiable precipita entre pH 5,5 y 6,0. Cuando el pH es menor de 5,5 el aluminio se solubiliza, por lo tanto, es más abundante y tóxico para las plantas y suelo.

Según (Castro & Munevar, 2013), la acidez del suelo se puede disminuir de a través de la aplicación de dolomita o piedra caliza en forma de cal agrícola que son fáciles de obtener y económicos a lo contrario de los sulfatos de Fe^{2+} Al^{3+} que son productos caros y su uso es restringido de obtener cuya velocidad de reacción es importante ya que los sulfatos de Fe^{2+} Al^{3+} , así como también el H_2SO_4 son productos de reacción rápida, mientras que azufre y caliza son de reacción lenta, y el yeso es de reacción media.

- La medida de nitrógeno analizado con pH de 5,08 en el suelo ácido fue de N 0,03% en la muestra original. En tanto que después del tratamiento mejoró el N a 0,14%

En discusión para el nitrógeno. Según (Navarro, 2014) el nitrógeno total en suelos ácidos, va desde:

- Muy alto > 0,087% ,
- Alto 0,062 a 0,087%,
- Medio 0,037 a 0,062 ,
- Bajo 0,025 a 0,037% ,
- Muy bajo <0,025%

Dado que los resultados obtenidos de cantidad de N 0,03% según su clasificación se encuentra en un rango muy bajo y que después del tratamiento con $CaCO_3$ de la cáscara de huevo el suelo incremento el N a 0,14 %

- En el análisis el resultado inicial de fósforo disponible es de 3,71 ppm y con el tratamiento de CaCO_3 se logró aumentar el fósforo disponible a 9,10 ppm
- La cantidad de potasio obtenido en la muestra inicial del suelo ácido con un pH a 5,08 fue de 41 ppm, de fósforo disponible, y en el tratamiento final con un pH de 8,15 fue de 110 ppm de potasio

Discusión para el potasio en tanto la tabla 23 se muestra los niveles críticos de potasio, según (Huanio, 2017).

Tabla 23. *Valores críticos de potasio*

K + kg /HA	Clasificación
< 146,6	Bajo
146,6 – 293,3	Medio
> 293,3	Alto

Fuente: (Sánchez, 2017)

La comparación del potasio (K) inicial es 41 ppm que muestra en la tabla 22, con la tabla 23, se puede ver que la cantidad de K, es baja lo que pertenece a un suelo ácido.

- En un suelo ácido con un pH de 5.08 se obtuvo una densidad de $1,35 \text{ (g/cm}^{-3}\text{)}$. Sin embargo, según (Huanio, 2017) está relacionada que la densidad de suelo con otras propiedades debido a que un suelo ácido tiene la densidad mayor de 1,2 a 1,8 (g/cm^{-3}); y los alcalinos suelos de 1,0 a 1,6 (g/cm^{-3}), que poseen un volumen mayor.
- Determinación de pH en el suelo según la granulometría.

Tabla 24. *A distintos tiempos y granulometrías la variación de pH*

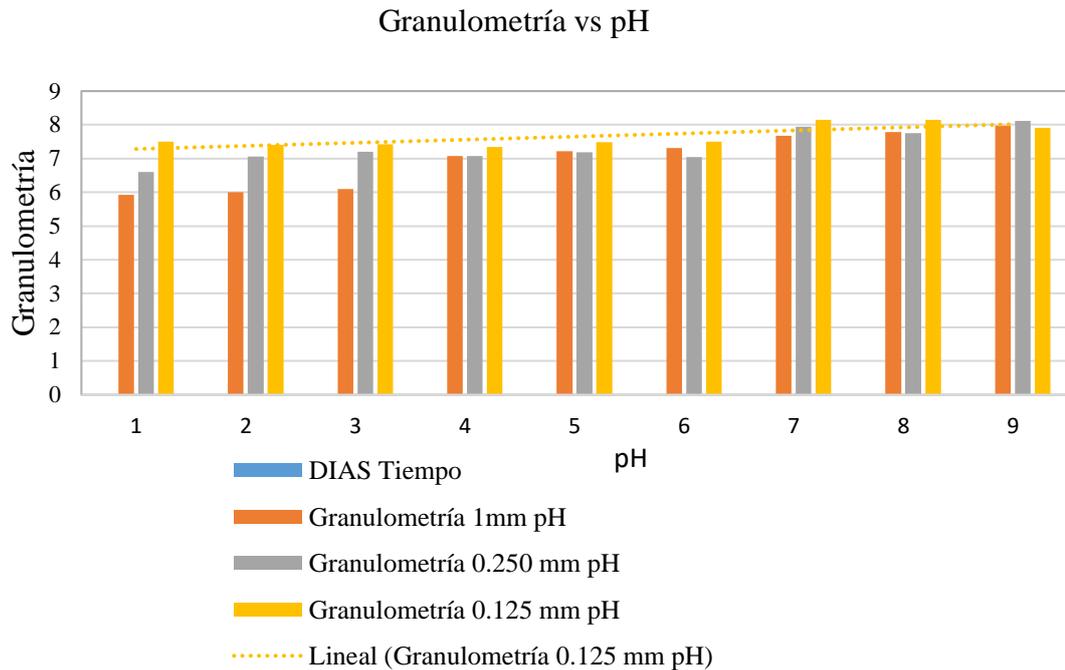
Días	Granulometría 1 mm	Granulometría 0,250 mm	Granulometría 0,125 mm
	pH	pH	pH
t=10	5,92	6,61	7,50
	6,00	7,06	7,40
	6,10	7,21	7,42
t=15	7,08	7,07	7,35
	7,22	7,19	7,48
	7,31	7,05	7,50
t=20	7,68	7,94	8,15
	7,79	7,76	8,15
	7,98	8,12	7,91

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24 se muestra los resultados que indica la validez de las distintas granulometrías que se aplicaron según el tamaño de partícula (0,125mm, 0,250mm, y 1 mm) para el suelo ácido en tanto la variación de pH a distintos tiempos según (Navarro, 2014) informa que es importante el tamaño de partícula sobre todo en el carbonato de calcio, cuanto menor es el tamaño de partícula, más rápido actúa la reacción de la cal en el suelo. Todos los productos sólidos se aplican normalmente a voleo y posteriormente, mediante una labor de arado más o menos profunda, se introducen al suelo para su reacción.

Comparando con el resultado obtenido se vieron diferentes medidas de granulometrías utilizadas, la velocidad de reacción es mayor a 0,125 mm de tamaño de partícula de CaCO_3 , consiguiendo mejorar la muestra del suelo con pH de 5,08 a pH de 8,15.

Figura 10. pH del suelo a diferentes tiempos y granulometrías

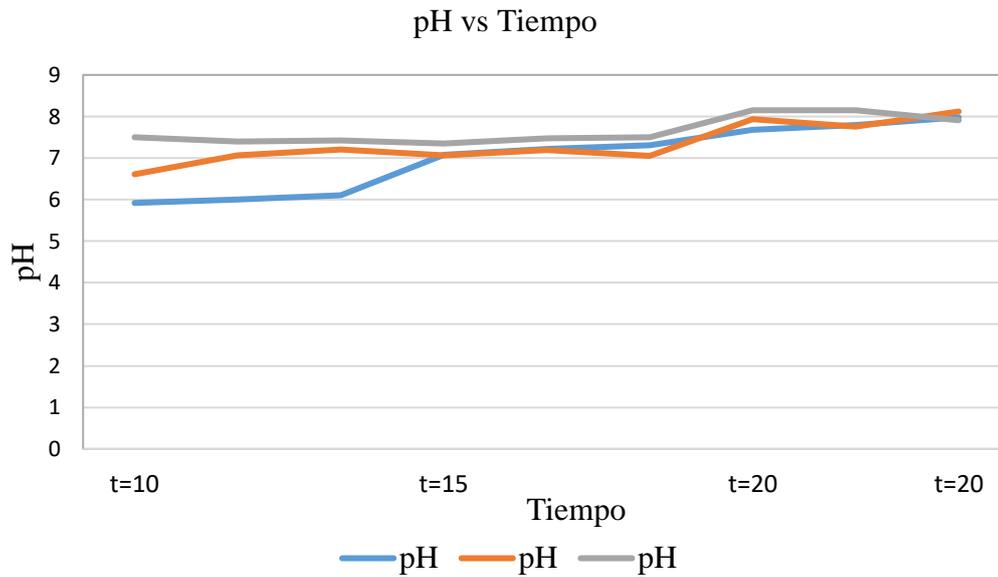


Fuente: Con el programa Excel elaboración propia, Variación del pH del suelo.

En la siguiente figura 11, se aprecia visiblemente un aumento del pH, que mejora el suelo desde el pH inicial 5,08 a pH 8,15 por mayor tiempo $t=20$, y al tamaño de grano menor de 0,125 mm.

De igual manera se puede ver en el gráfico en una granulometría de 0,250 mm - 1 mm que a un tiempo $t=20$, se logra 7,7 y 8 de pH respectivamente, lo cual indica una mínima diferencia de resultados.

Figura 11. pH vs Tiempo



Fuente: Elaboración propia, pH vs Tiempo

Se puede ver en la figura 12, el pH vs el tiempo que reacciona con el CaCO_3 su comportamiento obteniendo mejora en el suelo de $\text{pH}=5,08$ a $8,15$ hasta el día 20.

Del mismo modo se pudo ver que se logró alcanzar un pH de 7,1 el día 15, lo que indica que este tiempo de reacción es óptimo para mejorar suelos ácidos.

- Determinar la acidez en el suelo

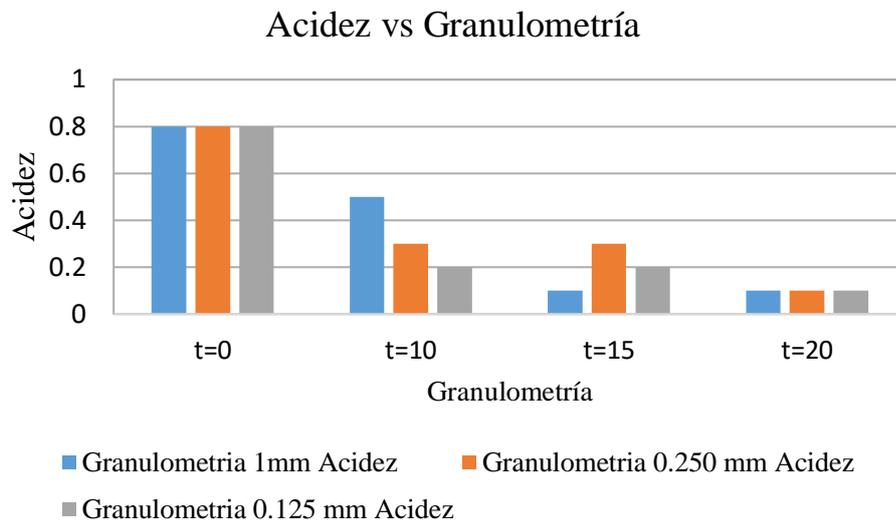
Tabla 25. Acidez en diferentes granulometrías y tiempos

Días	Granulometría		
	1 mm	0,250 mm	0,125 mm
Tiempo	Acidez	Acidez	Acidez
t=0	0,8	0,8	0,8
t=10	0,5	0,3	0,2
t=15	0,1	0,3	0,2
t=20	0,1	0,1	0,1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25 se obtuvieron resultados que muestran la eficacia de las distintas granulometrías que se aplicaron en el suelo ácido (0,125 mm; 0,250 mm y 1mm) y en cuanto a su variación a distintos tiempos.

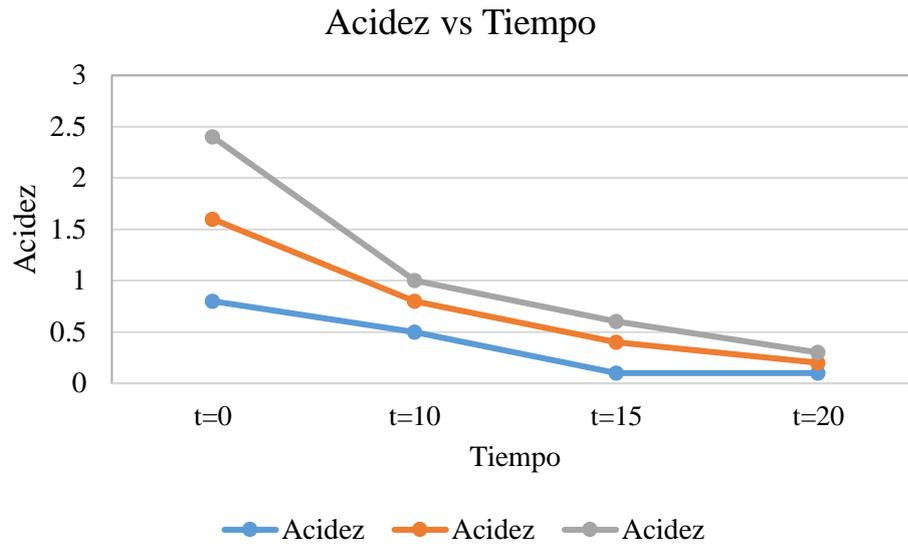
Figura 12. A diferentes granulometrías y tiempo, variación de acidez en el suelo.



Fuente: Con el programa Excel elaboración propia

En la siguiente figura 13 podemos observar la disminución de acidez a una granulometría menor de 0,125 mm que mayor el tiempo, t= 20 se puede mejorar el suelo de una acidez de la primera muestra inicial 0,8 (cmol⁽⁺⁾ kg⁻¹) a una acidez de 0,1 (cmol⁽⁺⁾ kg⁻¹) a la muestra final.

Figura 13. Con respecto al tiempo variación de la acidez



Fuente. Elaboración propia

Se alcanza a ver en la figura 14 la acidez vs el tiempo el comportamiento de reacción con el CaCO_3 a las distintas granulometrías. Consiguiendo mejorar la acidez de la muestra inicial $0,8 \text{ (cmol}^{(+)} \text{ kg}^{-1})$ a $0,1 \text{ (cmol}^{(+)} \text{ kg}^{-1})$ a la muestra final del suelo, hasta el día 20.

4.3 LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 3

La evaluación de la eficiencia se desarrolla a partir de la fórmula de eficiencia según (Cáceres, 2014). Para ello se usaron los datos del promedio pH del suelo ácido y suelo mejorado de la Tabla 22.

Tabla 26. Datos del pH del suelo ácido y el suelo mejorado

Código de calicata	pH del suelo ácido	pH del suelo mejorado	Cantidad del aumento de pH
CAL- 01 (T.P de CaCO ₃ 1.0 mm)	5,92	7,68	1,76
CAL- 02 (T.P de CaCO ₃ 1,0 mm)	6,00	7,79	1,79
CAL- 03 (T.P de CaCO ₃ 1,0 mm)	6,10	7,98	1,88
Promedio de CaCO ₃ 1,0 mm	6,01	7,82	1,81
CAL- 04 (T.P de CaCO ₃ 0,250 mm)	6,61	7,94	1,33
CAL- 05 (T.P de CaCO ₃ 0,250 mm)	7,06	7,76	0,7
CAL- 06 (T.P de CaCO ₃ 0,250 mm)	7,21	8,12	0,91
Promedio de CaCO ₃ 0,250 mm	6,96	7,94	0,98
CAL- 07 (T.P de CaCO ₃ 0,125 mm)	7,50	8,15	0,65
CAL- 08 (T.P de CaCO ₃ 0,125 mm)	7,40	8,15	0,75
CAL- 09 (T.P de CaCO ₃ 0,125 mm)	7,42	7,91	0,49
Promedio CaCO ₃ 0,125 mm	7,44	8,07	0,63
<i>Promedio Total</i>	6,80	7,94	1,14

Fuente: Elaboración propia

$$Eficiencia = \frac{\bar{x} \text{ pH del suelo mejorado} - \bar{x} \text{ pH del suelo ácido}}{\bar{x} \text{ pH del suelo ácido}} \times 100$$

$$Eficiencia = \frac{7,94 - 6,80}{6,80} \times 100$$

$$Eficiencia = 17\%$$

La eficiencia para el mejoramiento del pH del suelo ácido de la mina escuela Pomperia es del 17%.



DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los datos obtenidos en este trabajo se aproximan a los resultados hallados por Mandejon (2017), quien reporta un 94,94% de CaCO_3 en las valvas residuales de caracol (Thais Chocolate) con valoración volumétrica de EDTA. Sin embargo, según (Recinos, 2011) en su investigación buscó aplicar la cuantificación de Ca en caseras soluciones que emplea pulverizada la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*) para ello empleo la metodología del análisis volumétrico usando la titulación EDTA 0,005M en soluciones entre la más resaltante fue en el vinagre. Finalmente, los resultados demostraron el 66,12% de CaCO_3 de pureza en el huevo de gallina *Gallus gallus* aproximándose a los resultados obtenidos.

A partir de los hallazgos encontrados el tamaño de partícula utilizando 500g de suelo y 15 g de la cáscara de huevo obteniendo un pH de 7,6 con un tamaño de partícula de 0,125 mm es la manera que mejoro el suelo del en el valle de Santa Chimbote según (Sánchez, 2017). Ello es acorde con lo que en este estudio de investigación resulto con 1000g de suelo y 30g de CaCO_3 en un periodo de 45 días de incubación de CaCO_3 siendo la granulometría optima de 0,125mm que logró mejorar a un pH de 8,1 en el suelo de la Mina escuela Pomperia. Lo que valida (Espinosa & Molina, 2000) que mientras haya una fineza de particulas individuales sera mayor la velocidad de reacción de la enmienda calcarea en el suelo.

En los resultados de la eficiencia para el mejoramiento del pH del suelo ácido de la Mina Escuela Pomperia es del 17% con un mejoramiento en el suelo de un pH a 8,15 para ello los resultados se evaluaron después de 45 días en el suelo con tres tratamientos en un aplicadas en 10, 15 y 20 días en diferentes con tamaños de partículas 0,125mm siendo la más óptima para el suelo tratado con cáscara de huevo provocando en el pH



cambios de 5,08 a 8,15. Comparando con el autor (Bizarro, 2018), en su experimento uso 400% de enmienda calcaría de la cascara de huevo en un tiempo de 90 días se pudo mejorar un pH de ácido a básico 7,57 demostrando la eficacia en un 30% para mejorar el suelo ácido. Como también da la significancia al tamaño de partícula utilizada (Bizarro, 2018). Por lo tanto, el área de las partículas de enmienda calcaría que están expuestas al suelo controla su cambio eficientemente el incremento del pH, en Jauja, Pangoa y Ucayali.



V. CONCLUSIONES

Conclusiones para el objetivo general:

- Se logró obtener el carbonato de calcio para mejorar suelo ácido de un pH inicial de 5,08 incrementando a 8,15 del pH, neutralizando la acidez intercambiable lo cual es muy favorable en la corrección de suelos u aumentando la biodisponibilidad de nutrientes de calcio en el suelo.

Conclusiones para los objetivos específicos:

- Se obtuvieron el 94% de carbonato de calcio de la cáscara de huevo en forma de calcita, el que permitió el mejoramiento de los suelos ácidos de la mina Escuela Pomperia.
- El tamaño óptimo de partícula de carbonato de calcio de la Cáscara de Huevo es 0,125 mm; ya que tiene una gran influencia sobre la rapidez en la adherencia al suelo para mejorar el pH del suelo ácido de la mina escuela Pomperia.
- La eficiencia para el mejoramiento del pH del suelo ácido de la mina escuela Pomperia es del 17% con un tamaño de partícula de 0,125mm óptimo de la cáscara de huevo.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos de investigación que permitan tratar suelos contaminados con metales pesados u otros tipos de suelos altos andinos para ver la eficiencia en diferentes tiempos y granulometrías de la cáscara de huevo.
- Realizar trabajos de investigación que permitan recuperar las condiciones iniciales de los suelos agrícolas en su hábitat natural.
- Realizar trabajos de investigación de la cáscara de huevo o diferentes tipos de enmienda calcárea a fin de que no siga siendo un residuo contaminante y pueda ser reaprovechable.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, & Quintana. (2011). La cáscara de huevo y sus propiedades . *Meritxell*.
- Admin. (2015). El huevo tiene una estructura diseñada por la naturaleza con el fin de proteger y mantener el futuro embrión hasta su eclosión y dar lugar a un pollito. *Huevo Nutricion*. Obtenido de <https://sistemaproductoaves.org.mx/ComeMejorViveMas/?p=67>
- AOAC. (2000). Agricultural Chemicals Contaminants; Drugs. *Official Metodos de Analisis, Association of Afficial Analytical Chemists* (pág. 771). United State of America.
- Arias, Y. (2010). *Tajo Abierto*. Obtenido de <http://tajoabierto.blogspot.com/2010/09/que-es-un-limite-maximo-permisible-lmp.html>
- Ayamamani, J. (2019). *Vigilancia de la contaminación de suelos por relaves mineros en la minería artesanal e informal de la región Puno (Rinconada-Ananea)*. Tesis de pre grado,. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingenierias de Minas., Puno.
- Becquer, C., & Paredes, G. (2019). Desarrollo y validación del método de cuantificación de carbonato de calcio en Suplecal. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, vol, 41,2010, pp 1-8.
- Bedoya, V. (2020). Usos potenciales de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*): una revision sistematica. *RECIA Revista Colombiana de Ciencia Animal*. doi: <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n2.2020.776>
- Berrú, M., & Castro, G. (2014). *Disño para la planta para la produccion de carbonato de Calcio a partir de la concha de abanico de la ciudad de Sechura*. Area Departamental de Ingenierias Industrial y de Sistemas, Universidad de Piura, Piura,



Perú. Obtenido de
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2025/PYT_Informe%20Final_DIPROCAL.pdf?sequence=1

Bizarro, H. &. (2018). Uso de la cascara de huevo molida como material encalante en suelos acidos del Perú. *Tesis de Pregrado*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima - Peru.

Burga, P. (2018). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales de cáscara de huevo como insumo para la elaboración de pintura látex de color*. Universidad Nacional Mayor de San marco, Lima - Perú.

Cáceres, H. (2014). Analisis de la eficiencia tecnica y su relacion con los resultados de la evaluacion de desempeño en una Universidad Chilena. *INNOVAR*.

Carabalí, S., & Páez, C. (abril-junio de 2015). Evaluación de la recuperacion de los suelos contaminados por el vertido de Aznalcollar. *Sistema de Información Científica Redalyc*, 156-164. doi:<https://doi.org/10.15446/acag.v64n2.44265e>

Castro, H., & Munevar, O. (2013). Mejoramiento químico de suelos ácidos mediante el uso combinado de materiales encalantes. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(2), 409–416.

Castro, H., & Oscar, M. (2013). *Mejoramiento químico de suelos ácidos mediante el uso combinado de materiales encalantes*. Universidad pedagógica y Tecnológica de Colombia , Grupo de investigacion Suelos Sulfatados Ácidos Tropicales. Colombia : Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgacion Científica.



- Escobar, F., & Marin, E. (2014). Drenaje de Aguas y pasivos Ambientales en la Inactiva Mina Poperia, Puno Perú. (U. N. Puno, Ed.) *Revista de Investigaciones Alto Andinas- Journal of Andean Research*. doi: <https://doi.org/10.18271/ria.2014.58>
- Espinosa, J., & Molina, E. (2000). Acidez y Encalado de los suelos. *International Plant Nutrition Institute*, 7.
- Espinosa, J., & Molina, E. (2014). *Acidez de suelo y encalado*. Universidad de Costa Rica. Obtenido de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/libros/Acidez%20y%20encalado%20de%20suelos,%20Olibro%20por%20J%20Espinosa%20y%20E%20Molina.pdf>
- Figueroa, J. (2009). : La cáscara del huevo: ¿desecho o valor agregado para la salud humana y la producción avícola? Una experiencia Cubana. *Rev Cubana Aliment Nutr*, S84-S102.
- Galeano, R., & Cruz, R. (2017). *Determinacion del pH*. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Honduras . Obtenido de <https://vsip.info/determinacion-del-ph-14-pdf-free.html/>
- Garcia, F. (2013). Determinacion de la humedad de un alimento por un metodo gavimetrico indirecto po secación.
- Gómez, L. (2011). *Cuantificación de Calcio en soluciones caseras que contienen cascara pulverizada de huevo de gallina (Gallus gallus)*. Universidad de San Carlos Guatemala Facultad de Ciencias Química y Farmacia, Guatemala. Obtenido de <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QF1161.pdf>



- Guerrero, E., & Pineda, V. (2016). Contaminacion del suelo en la zona minera Rasgatá bajo (Tausa). *Modelo conceptual Scielo, Ciencia e Ingenieria Neogranadina*. doi:doi: <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1664>
- Guzman, J., & Kevin, D. (2018). Aprovechamiento de las cascaras de huevo en la fortificación de alimentos. *Revista Ciencia, Tecnologia e Innovacion vol 16 no.18*. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225-87872018000200003
- HOLMES, J. y. (2013). Use of Ground Eggshells as a Liming Source. *Lowa State University*. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2018]. Obtenido de http://lib.dr.iastate.edu/farms_reports.
- Huanio, N. (2017). *Granulometria optima del carbonato de calcio obtenida de la cascara de huevo para un suelo acido del Valle del Santa*. Universidad Nacional del Santa, Facultad de ingenieria Agroindustrial. Chimbote, Peru.
- INCAP. (2012). *Tabla de composicion de alimentos de centro america*. /INCAP/. Instituto de Nutricion de Centro America y Panama (INCAP) Organizacion Panamericana de la Salud (OPS). Obtenido de <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/tablacalimentos.pdf>
- INTAGRI. (2018). Disponibilidad de Nutrimientos y el pH del Suelo. *Serie Nutrición Vegetal. Núm 113. rticulo Técnico de INTAGRI, 4*.
- Mandejon. (2017). *Propiedades bioquímicas como indicadores de la recuperación de un suelo contaminado con elementos traza*. Articulo de tendencias Actuales de la Ciencia del suelo,, Instituto de recursos Naturales y Agrobiologia., Sevilla, España.



- Manuela, V., & Gonzales, I. (2010). Efecto del encalado y la Fertilización Nitrogenada sobre el desarrollo *Oenothera affinis* en un suelo afectado por la minería de cobre. *Scielo*. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912010000200002>
- MINEM, M. (2020). *Inventario de Pasivos Ambientales Mineros*. Lima, Perú.
- Miranda, R., & Panca, W. (2018). *USO DE RESIDUOS MINEROS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETOS en la Provincia de Puno*. Universidad Nacional de Altiplano, Puno, Perú.
- Navarro, G. (2014). *Fertilizantes Química y Acción*. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.
- Oriuela, R., & Ernesto, W. (2016). Obtención de Carbonato de calcio a partir de las valvas residuales de caracol (*thais chocolata*). *Tesis de grado*,. Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, Perú.
- Pérez, L., & Mahtout, L. (2016). Obtención de nanopartículas de carbonato de calcio a partir de precursores inorgánicos y sacarosa como aditivo con potencial utilización como biomaterial. *Boletín de la sociedad española de Cerámica y Vidrio*, 179-184.
- QuimiNet. (2006). Los procesos de obtención del carbonato de calcio. *SEMRUSH*. Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/los-procesos-de-obtencion-del-carbonato-de-calcio-17455.htm>
- Ramiro, L., & Bonifaz, N. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador Siembra y producción de pasturas*. Universidad politecnica Salesiana, Quito, Ecuador. Obtenido de <file:///C:/Users/Grupo%20Etec/Downloads/PASTOS%20Y%20FORRAJES%20DEL%20ECUADOR%202021.pdf>



- Recinos, D. L. (2011). Cuantificación de Calcio en soluciones caseras que contienen cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*). *UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA*, 34.
- Rimski, H. (2016). *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos*. Universidad de Buenos Aires, BUenos Aires, Argentina.
- Rodrigues, N., & FAO, E. (2019). La contaminación del suelo: Una realidad oculta. (U. d. Leadell Pennock, Ed.) *Organización de las Naciones Unidas*, 3. Obtenido de <https://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>
- Romaina, J. (2012). *Estadística experimental, Herramienta para la investigación*. Universidad Privada de Tacna . Perú: UPT-PERÚ Fondo editorial primera edición . Obtenido de <http://www.iiap.org.pe/upload/Transparencia/Actualizaciones%202011-2013/TRANSP632/20130129/CursoEstadistica/TEXTOS/estadisticaexperimental.pdf>
- Sánchez, J. (2017). *Determinación de la granulometría óptima del Carbonato de Calcio obtenida de la cáscara de huevo para mejoramiento de suelos ácidos del Valle Santa*. Universidad Nacional del Santa, Chimbote - Perú. Obtenido de http://www.revicubalimentanut.sld.cu/Vol_19_1_Suplemento/Ponencia%20Jesus%20Valdes.pdf
- Toledo, M. (2016). MANEJO DE SUELOS ÁCIDOS DE LAS ZONAS ALTAS DE HONDURAS. En (. Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola. Tegusigalpa, Honduras. Obtenido de (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>)



Torres, C. &. (2000). ANALISIS DE SUELOS, TEJIDO VEGETAL, AGUAS Y FERTILIZANTES. En D. d. Molina. Lima.

Vasquez, M. (Octubre - Diciembre de 2007). Obtención de calcio y magnesio a partir de conchas de choro (*Aulacomya ater molina*) para enriquecer un néctar de durazno (*Prunus persica* L.) Variedad blanquillo. *Revista de la Sociedad Química del Perú*.
Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000400007

Vega. (2014). *Efecto de la materia orgánica y aplicación de cal en un suelo cultivando Cebada de variedad de 96 cultivado dentro de un Invernadero*". Universidad Nacional Agraria la Molina, Departamento Académico de Suelos . Lima : Facultad de Agronomía.

MIL-STD-650, (1962) *Numerical Index of Test Methods*. Standard Test Method for Sampling, Inspection and Testing. Pag. 6. Washington. Obtenido de: https://www.academia.edu/36182125/Designation_E_165_95_Standard_Test_Method_for_Liquid_Penetrant_Examination_1?auto=download&email_work_card=download-paper

ANEXOS

Anexo A. Análisis de caracterización de suelo ácido (Muestra Inicial, libre de Carbonato de Calcio), de la Mina escuela Pomperia



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

PROCEDENCIA : MINA ESCUELA POMPERIA - PUNO
INTERESADO : Bach. Yesenia Marisol Pari Moya
MOTIVO : Análisis de caracterización físico y químico
ANÁLISIS : 25/10/2021

# ORD	CODIGO DE CALICATA (MUESTRA INICIAL) 0 g de CaCO ₃	ANÁLISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ²⁻ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	CAL-01	83	7	10	Arenoso Franco	0.00	0.80	0.04
02	CAL-02	49	30	21	Franco Arcilla Arenoso	0.00	1.20	0.06
03	CAL-03	55	27	18	Franco Arcilla Arenoso	0.00	0.84	0.04
04	CAL-04	49	45	6	Arcilla Arenoso	0.00	2.00	0.10
05	CAL-05	66	15	19	Franco Arenoso8	0.00	0.60	0.03
06	CAL-06	81	8	11	Arenoso Franco	0.00	0.60	0.03
07	CAL-07	82	9	9	Arenoso Franco	0.00	1.00	0.05
08	CAL-08	80	7	13	Arenoso Franco	0.00	1.20	0.06
09	CAL-09	51	43	6	Arcilla Arenoso	0.00	0.60	0.03

# ORD	pH	C.E. mS/cm	T° C	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B. %	ACIDE Z (cmol (+) kg ⁻¹)	DENSIDAD	
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺				Aparente (g/cm ³)	Real (g/cm ³)
01	5.82	0.13	17.1	3.90	45	3.5	1.50	0.08	0.05	0.00	6.00	85.50	0.8	1.52	2.50
02	5.41	0.10	17.3	4.10	58	3.2	1.35	0.04	0.06	2.00	9.00	73.89	0.7	1.45	2.50
03	6.02	0.10	17.4	3.92	47	4.0	1.60	0.11	0.05	0.00	6.01	95.84	0.7	1.59	2.50
04	5.69	0.09	17.1	6.90	98	3.4	1.52	0.07	0.05	0.00	12.00	42.00	0.7	1.35	2.14
05	6.61	0.19	17.3	3.70	41	4.5	1.68	0.18	0.06	0.00	4.90	131.02	0.4	1.82	2.73
06	6.21	0.12	17.5	3.71	42	4.2	1.60	0.12	0.07	0.00	5.00	119.8	0.5	1.89	2.73
07	6.91	0.09	17.2	3.87	49	4.8	1.80	0.26	0.06	0.00	7.80	88.72	0.4	1.92	3.00
08	6.68	0.18	17.1	4.20	62	4.7	1.51	0.19	0.05	0.00	8.20	78.66	0.4	1.85	3.00
09	5.08	0.09	17.0	3.75	44	3.3	1.21	0.02	0.04	2.60	5.00	143.4	0.4	1.56	2.50

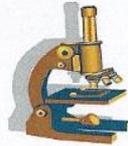
Ar = Arcilloso
FArA = Franco arcillo arenoso
CIC = Capacidad Intercambio Catiónico
N = Nitrógeno total
K⁺ = Potasio cambiante
A = Arena
Ca²⁺ = Calcio cambiante
Na⁺ = Sodio cambiante
CO₃²⁻ = Carbonatos
meq = mili equivalente.

M.O. = Materia orgánica
P = Fósforo disponible
K = Potasio disponible
C.E. = Conductividad eléctrica
SB = Saturación de bases
Mg²⁺ = Magnesio cambiante
mS/cm = mili Siemens por centimetro
C.E. (e) = Conductividad eléctrica del extracto
Al³⁺ = Aluminio cambiante

Yesenia Marisol Pari Moya
DIRECTORA DE LA ESCUELA DE AGUAS Y SUELOS
PUNO, ORGANISMO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLOS

M. Sc. Isaac Ticona Zuñiga
DIRECTOR - E.P.I. AGRONÓMICA
PUNO - PERÚ

Anexo B. Análisis de caracterización de suelo ácido (Tratamiento 1 con Carbonato de Calcio), de la Mina escuela Pomperia



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

PROCEDENCIA : MINA ESCUELA POMPERIA - PUNO
INTERESADO : Bach. YESENIA MARISOL PARI MOYA
MOTIVO : Análisis de caracterización físico y químico
ANÁLISIS : 25/10/2021

# ORD	CODIGO DE CALICATA (TRATAMIENTO 1) Agregando 30 g de CaCO ₃ "TIEMPO 10 días"	ANÁLISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ²⁻	M.O.	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	CAL- 01 (T.P de CaCO ₃ 1.0 mm)	-	-	-	Arenoso Franco	-	-	-
02	CAL- 02 (T.P de CaCO ₃ 1.0 mm)	-	-	-	Franco Arcilla Arenoso	-	-	-
03	CAL- 03 (T.P de CaCO ₃ 1.0 mm)	-	-	-	Franco Arcilla Arenoso	-	-	-
04	CAL- 04 (T.P de CaCO ₃ 0.250 mm)	-	-	-	Arcilla Arenoso	-	-	-
05	CAL- 05 (T.P de CaCO ₃ 0.250 mm)	-	-	-	Franco Arenoso	-	-	-
06	CAL- 06 (T.P de CaCO ₃ 0.250 mm)	-	-	-	Arenoso Franco	-	-	-
07	CAL- 07 (T.P de CaCO ₃ 0.125 mm)	-	-	-	Arenoso Franco	-	-	-
08	CAL- 08 (T.P de CaCO ₃ 0.125 mm)	-	-	-	Arenoso Franco	-	-	-
09	CAL- 09 (T.P de CaCO ₃ 0.125 mm)	-	-	-	Arcilla Arenoso	-	-	-

# ORD	pH	C.E. mS/cm	T° C	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B. %	ACIDEZ (cmol (+) kg ⁻¹)
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺			
01	5.92	0.22	18.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5
02	6.00	0.26	18.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5
03	6.10	0.25	18.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4
04	6.61	0.42	17.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3
05	7.06	0.33	17.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5
06	7.21	0.37	17.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5
07	7.50	0.25	17.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5
08	7.40	0.40	17.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4
09	7.42	0.27	17.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2

Ar = Arcilloso
FArA = Franco arcillo arenoso
CIC = Capacidad Intercambio Catiónico
N = Nitrógeno total
K⁺ = Potasio cambiabile
A = Arena
Ca²⁺ = Calcio cambiabile
Na⁺ = Sodio cambiabile
CO₃²⁻ = Carbonatos
meq = mili equivalente.
T.P = Tamaño de particula

M.O.=Materia orgánica
P = Fósforo disponible
K = Potasio disponible
C.E. = Conductividad eléctrica
SB = Saturación de bases
Mg²⁺ = Magnesio cambiabile
mS/cm = mili Siemens por centimetro
C.E. (e) = Conductividad eléctrica del extracto
Al³⁺ = Aluminio cambiabile

Yezenia Marisol Pari Moaya
Profesora de la Coordinación de Asesoría
Planta de Investigación de Alimentos y Fertilizantes

Isaac Titona Zuñiga
DIRECTOR - E.P.I. AGRONÓMICA
F.C.A. - U.N.A. - PUNO

Anexo C. Análisis de caracterización de suelo ácido (Tratamiento 2 con Carbonato de Calcio), de la Mina escuela Pomperia



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

PROCEDENCIA : MINA ESCUELA POMPERIA - PUNO
INTERESADO : Bach. YESENIA MARISOL PARI MOYA
MOTIVO : Análisis de caracterización físico y químico
ANÁLISIS : 25/10/2021

# ORD	CODIGO DE CALICATA (TRATAMIENTO 2) Agregando 30 g de CaCO ₃ TIEMPO 15 días*	ANÁLISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁺ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	CAL- 01 (T.P de CaCO ₃ 1.0 mm)	-	-	-	Arenoso Franco	-	-	-
02	CAL- 02 (T.P de CaCO ₃ 1.0 mm)	-	-	-	Franco Arcilla Arenoso	-	-	-
03	CAL- 03 (T.P de CaCO ₃ 1.0 mm)	-	-	-	Franco Arcilla Arenoso	-	-	-
04	CAL- 04 (T.P de CaCO ₃ 0.250 mm)	-	-	-	Arcilla Arenoso	-	-	-
05	CAL- 05 (T.P de CaCO ₃ 0.250 mm)	-	-	-	Franco Arenoso	-	-	-
06	CAL- 06 (T.P de CaCO ₃ 0.250 mm)	-	-	-	Arenoso Franco	-	-	-
07	CAL- 07 (T.P de CaCO ₃ 0.125 mm)	-	-	-	Arenoso Franco	-	-	-
08	CAL- 08 (T.P de CaCO ₃ 0.125 mm)	-	-	-	Arenoso Franco	-	-	-
09	CAL- 09 (T.P de CaCO ₃ 0.125 mm)	-	-	-	Arcilla Arenoso	-	-	-

# ORD	pH	C.E. mS/cm	T °C	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B. %	ACIDEZ (cmol (+) kg ⁻¹)
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺			
01	7.08	0.41	15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1
02	7.22	0.59	15.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1
03	7.31	0.33	15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1
04	7.07	0.57	15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3
05	7.19	0.43	15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1
06	7.05	0.64	15.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3
07	7.35	0.46	15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1
08	7.48	0.57	15.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
09	7.50	0.97	15.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3

Ar = Arcilloso
FArA = Franco arcillo arenoso
CIC = Capacidad Intercambio Catiónico
N = Nitrógeno total
K⁺ = Potasio cambiante
A = Arena
Ca²⁺ = Calcio cambiante
Na⁺ = Sodio cambiante
CO₃⁺ = Carbonatos
meq = mili equivalente.
T.P = Tamaño de partícula

M.O.=Materia orgánica
P = Fósforo disponible
K = Potasio disponible
C.E. = Conductividad eléctrica
SB = Saturación de bases
Mg²⁺ = Magnesio cambiante
mS/cm = mili Siemens por centímetro
C.E. (e) = Conductividad eléctrica del extracto
Al³⁺ = Aluminio cambiante

Yessenia Marisol Pari Moza
ANALISTA
PLANTAS, IRRIAGACION DE SUELOS Y FERTILIZANTES

M. Sc. Ismael Pitonda Zuñiga
DIRECTOR - E.P.I. AGRONÓMICA
E.C.A. - UNA - PUNO

Anexo D. Análisis de caracterización de suelo ácido (Tratamiento 1 con Carbonato de Calcio), de la Mina escuela Pomperia



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

PROCEDENCIA : MINA ESCUELA POMPERIA - PUNO
INTERESADO : Bach. YESENIA MARISOL PARI MOYA
MOTIVO : Análisis de caracterización físico y químico
ANÁLISIS : 25/10/2021

# ORD	CODIGO DE CALICATA (TRATAMIENTO 3) Agregando 30 g de CaCO ₃ TIEMPO 20 días*	ANÁLISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁻ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	CAL- 01 (T.P de CaCO ₃ 1.0 mm)	-	-	-	Arenoso Franco	15.68	1.0	0.05
02	CAL- 02 (T.P de CaCO ₃ 1.0 mm)	-	-	-	Franco Arcilla Arenoso	5.52	1.6	0.08
03	CAL- 03 (T.P de CaCO ₃ 1.0 mm)	-	-	-	Franco Arcilla Arenoso	6.16	1.0	0.05
04	CAL- 04 (T.P de CaCO ₃ 0.250 mm)	-	-	-	Arcilla Arenoso	6.48	3.2	0.14
05	CAL- 05 (T.P de CaCO ₃ 0.250 mm)	-	-	-	Franco Arenoso	6.92	2,6	0.13
06	CAL- 06 (T.P de CaCO ₃ 0.250 mm)	-	-	-	Arenoso Franco	7.36	1.8	0.09
07	CAL- 07 (T.P de CaCO ₃ 0.125 mm)	-	-	-	Arenoso Franco	8.04	2.2	0.11
08	CAL- 08 (T.P de CaCO ₃ 0.125 mm)	-	-	-	Arenoso Franco	9.12	2.4	0.12
09	CAL- 09 (T.P de CaCO ₃ 0.125 mm)	-	-	-	Arcilla Arenoso	7.64	2.2	0.11

# ORD	pH	C.E. mS/cm	T° C	ELEMENTOS DISPONIBLES		CACIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B. %	ACIDEZ (cmol(+) kg ⁻¹)
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺			
						meq/100 g suelo							
01	7.68	0.37	15.1	3.90	47	7.20	1.90	0.09	0.07	0.00	6.00	154.33	0.1
02	7.79	0.47	15.0	4.50	55	7.19	1.82	0.08	0.06	0.00	10.00	91.50	0.1
03	7.98	0.36	15.0	3.87	47	7.15	1.53	0.05	0.06	0.00	7.00	125.57	0.1
04	7.94	0.46	15.1	9.10	110	7.12	1.49	0.03	0.07	0.00	16.00	54.44	0.2
05	7.76	0.34	15.1	8.90	105	7.14	1.75	0.06	0.07	0.00	14.00	64.43	0.1
06	8.12	0.48	15.0	4.60	59	7.14	1.77	0.06	0.05	0.00	11.00	82.00	0.2
07	8.15	0.43	15.1	7.10	100	7.16	1.84	0.08	0.07	0.00	13.00	70.38	0.1
08	8.15	0.54	15.1	7.22	102	7.15	1.79	0.07	0.06	0.00	14.00	64.79	0.1
09	7.91	0.97	15.1	7.11	101	7.18	1.80	0.07	0.08	0.00	13.00	70.23	0.1

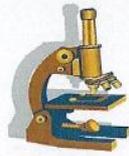
Ar = Arcilloso
FArA = Franco arcillo arenoso
CIC = Capacidad Intercambio Catiónico
N = Nitrógeno total
K⁺ = Potasio cambiante
A = Arena
Ca²⁺ = Calcio cambiante
Na⁺ = Sodio cambiante
CO₃⁻ = Carbonatos
meq = mili equivalente.
T.P = Tamaño de partícula

M.O. = Materia orgánica
P = Fósforo disponible
K = Potasio disponible
C.E. = Conductividad eléctrica
SB = Saturación de bases
Mg²⁺ = Magnesio cambiante
mS/cm = mili Siemens por centimetro
C.E. (e) = Conductividad eléctrica del extracto
Al³⁺ = Aluminio cambiante

M. Sc. Isaac Urzúa Zuñiga
DIRECTOR - E.P.I. AGRONÓMICA
F.C.A. - UNA - PUNO



Anexo E: Método utilizado para análisis de caracterización de suelo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS

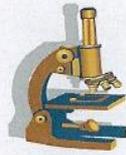


MÉTODOS DE ANÁLISIS UTILIZADOS

Análisis	Método
Arena	Bouyoucos
Limo	Bouyoucos
Arcilla	Bouyoucos
Clase textural	Triángulo textural
pH	Potenciómetro
Conductividad eléctrica	Conductímetro
Materia orgánica	Walkley y Black
Nitrógeno total	Microkjeldahl
Fósforo disponible	Olsen modificado
Potasio disponible	Pratt-Fotómetro de llama
Capacidad de Intercambio de Cationes	Acetato de amonio 1N
Calcio cambiabile	Complexometría
Magnesio cambiabile	Complexometría
Sodio cambiabile	Fotómetro de llama
Potasio cambiabile	Fotómetro de llama
Aluminio cambiabile	Cloruro de potasio 1N
Carbonatos	Gasómetro
Acidez intercambiabile	Barnhisel y Bertsch



Anexo F. Análisis Físico-Químico del Carbonato de Calcio.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE CARBONATO DE CALCIO

PROCEDENCIA : MINA ESCUELA POMPERIA - PUNO
INTERESADO : YESENIA MARISOL PARI MOYA
MOTIVO : ANALISIS FISICO - QUIMICAS
FECHA RECEPCION : 20 / 11 / 2021 (por la interesado)
FECHA DE ANALISIS : 08 / 12 / 2021

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:

RESULTADOS

# ORD	CODIGO DE LA MUESTRA	ANALISIS VOLUMETRICO				HUMEDAD %	CENIZA %	pH	C.E. mS/cm	T° C
		Dureza total (mg/L)	Dureza cálcica (mg/L)	Dureza de calcio (mg/L)	Dureza Magnesi ca (mg/L)					
01	CaCO ₃ de la cáscara de huevo	893	722	288.8	41.55	5	6.4	8.39	0.70	18

Los resultados que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

METODOS DE REFERENCIA

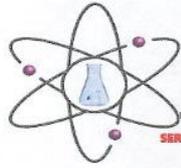
- Determinación del carbonato de calcio en Cáscara de Huevo – Método volumétrico


ANALISTA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO


DIRECTOR
M. Sc. Ismael Ticona Zuñiga
DIRECTOR - E.P.I. AGRONÓMICA
R.C.A. - UNA - PUNO



Anexo G. Resultado de la cantidad de Carbonato de calcio



RHLAB S.A.C.
SERVICIOS ANALÍTICOS QUÍMICO - METALÚRGICO

RH-M80-0037

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

A SOLICITUD DE : **Bach. YESENIA MARISOL PARI MOYA**
ASUNTO : **Determinación Analítica del contenido Carbonatos en la muestra**
CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA :
CANTIDAD DE MUESTRAS : **01**
SOLICITUD DE ENSAYO : **Análisis Químico de Carbonato de Calcio (CaCO₃)**
RECEPCION DE MUESTRAS : **Bolsa de Plástico**
FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO : **06/01/2022 al 08/01/2022**
DETALLE DEL INFORME

RESULTADO DE ENSAYO

N°	N° RH	Código de Cliente	CaCO ₃
			%
1	RH-M80026	Carbonato de Calcio	94,00

Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

METODOS DE REFERENCIA

* Determinación Carbonatos de Calcio en Cascara de Huevo - Método Volumetría

Av Martires del 4 de Noviembre N° 2414 (Salida Puno - Frente a Covisur)
Cel: 978645480 - 935008140

Anexo H. Panel fotográfico

- *Procedimiento de la metodología de la investigación para la obtención de CaCO_3 de la cáscara de huevo*

a) Recepción de la Materia Prima



b) Extracción de la materia orgánica



c) Limpieza de la cáscara de huevo



d) Desinfección de la cáscara de huevo



e) Secamos la cáscara de huevo



f) Obtención del CaCO_3



- g) Tamizado de CaCO_3 malla 18 abertura 1mm; malla 60 abertura 0,250 mm; malla 100 abertura 0,125 mm



- h) Tamaño de partícula de CaCO_3 1mm ; 0,250 mm ; 0,125 mm



- Descripción del proceso

- a) Extracción del suelo



b) Muestras de suelo en cajas de vidrio



c) Muestras de suelo para análisis de pH



d) Análisis de pH de muestras de suelo



e) Equipo de estufa para determinación de la humedad



f) Determinación de la ceniza de la cáscara de huevo



g) Análisis de pH en el suelo



h) Determinación de la Acidez



i) Determinación de la densidad



j) Determinación de nitrógeno



k) Determinación de Fosforo disponible



1) Determinación de potasio disponible

