

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA DE DOCTORADO

**DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE**



TESIS

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA Y GRADO DE CONOCIMIENTO DE
LOS CONSUMIDORES Y COMERCIALIZADORES DE LAS ARCILLAS
COMESTIBLES (*cha'qo*) DE LA REGIÓN DE PUNO**

PRESENTADA POR:

LUIS ROQUE ALMANZA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

PUNO, PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA DE DOCTORADO

DOCTORADO EN CIENCIA TECNOLOGÍA y MEDIO

AMBIENTE

TESIS

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICA Y GRADO DE CONOCIMIENTO DE LOS
CONSUMIDORES Y COMERCIALIZADORES DE LAS ARCILLAS COMESTIBLES
(Cha'qo) DE LA REGIÓN DE PUNO**

PRESENTADA POR:

LUIS ROQUE ALMANZA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE


Dr. WALTER ALEJANDRO ZAMALLOA CUBA

PRIMER MIEMBRO


Dr. ELISEO PELAGIO FERNÁNDEZ RUELAS

SEGUNDO MIEMBRO


Dr. FELIPE SUPO CONDORI

ASESOR DE TESIS


Dr. MARCELINO JORGE ARANÍBAR ARANÍBAR

Puno, 9 de febrero del 2017

ÁREA: Ciencia, tecnología y medio ambiente

TEMA: Arcillas comestibles

LÍNEA: Tecnología moderna y tradicional en el medio ambiente

DEDICATORIA

- A la memoria de mis entrañables padres Rafaela y Francisco, y mis hermanos; Marcelina, Andrés, Luciano y Lizardo, los tengo presentes eternamente.
- A mis queridos hermanos Rosario, Matilde, José, Clemencia y Miguel; sus consejos y apoyo moral siguen siendo motivación para seguir adelante.
- En especial dedico este trabajo de investigación a mi querido hermano Luciano, quien con su profesionalismo y humildad fue un ejemplo de vida para alcanzar mis logros como profesional.
- A mi esposa, mis hijos Rafaela y Luis Jair, quienes son la motivación para superarme en la vida. Gracias por todo, no lo hubiera logrado sin ustedes.
- Le agradezco a Dios por ponerme en frente a mi hermosa nieta Alba Valentina, quien aunque no habla y su único medio para expresarse es su sonrisa tierna y su llanto, me motiva para seguir viviendo más.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano, alma mater desde el pre grado, hasta la consecución del Doctorado.
- Con el afecto de siempre a mi amigo y hermano Jorge Marcelino, a quien Dios le dio la dicha de ser más que un buen profesional excelente persona y con sensibilidad humana, recibo sus consejos y su aporte profesional.
- A la Escuela de Pos Grado, su Director Ph.D. Bernardo Roque Huanca, sus docentes quienes supieron inculcarme conocimientos y valores en mi formación profesional.
- A los miembros del Jurado Drs. Walter Zamalloa Cuba, Felipe Supo Condori y Eliseo Fernández Ruelas, con sus valiosos aportes hicieron posible la consecución del trabajo de investigación.
- A mis colegas de nuestra Universidad Nacional del Altiplano, por brindarme su amistad en estos dos años de docencia universitaria. En especial a Halley Rodríguez Huanca, Jorge Torres Gonzales, Ing. Salomón Tito León.
- A los Srs. Martín Chayña Vargas, Vicente Flores Velásquez y Miguel Quispe Asqui de la E.P. de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Benito Fernández Calloapaza y Marcelino de la E.P. de Ingeniería Agronómica, Ludwin Aliaga, Ing. Martín Choque del Mega Laboratorio de la UNA Puno, quienes me facilitaron las instalaciones de los laboratorios y equipos para la ejecución del presente estudio de investigación.
- A los estudiantes de la E.P. de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Nilton, Fernando, Mariam, Juan Carlos, Fabricio y Luis, por sus muestras de amistad y cordialidad en el quehacer académico.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2 OBJETIVOS	6
1.2.1 Objetivo general.....	6
1.2.2 Objetivos específicos	6
1.3 HIPÓTESIS.....	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES	8
2.2	MARCO REFERENCIAL	15
2.2.1	Las arcillas comestibles	15
2.2.2	Tipos de arcilla.....	18
2.2.3	Usos y beneficios de las arcillas	20
2.2.4	Arcillas comestibles para consumo humano	22
2.2.5	Las arcillas para uso en producción animal	26
2.2.6	Características físico-químicas de la arcillas	27
2.2.7	Microscopía Electrónica de Barrido	31
2.3	MARCO CONCEPTUAL.....	33

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1	CARACTERIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO.....	38
3.1.1	Caracterización del área de estudio.....	38
3.2	FASE DE CAMPO.....	39
3.2.1	Acopio de muestras de arcillas comestibles (<i>Cha'qo</i>)	39

3.2.2	Determinación del grado de conocimiento de consumidores y comercializadores sobre las arcillas comestibles.....	42
3.2.3	Procedimiento para determinar el grado de conocimiento de consumidores y comercializadores	43
3.2.4	Del método estadístico.....	45
3.3	FASE DE LABORATORIO	45
3.3.1	Determinación de la composición química de las arcillas comestibles (<i>Cha'go</i>)	45
3.3.2	Determinación de la materia orgánica total.....	49
3.3.3	Determinación del potencial de hidrogeniones (pH)	50
3.3.4	Determinación de tamaño de partícula	50
3.3.5	Determinación del aspecto y color de las arcillas	52
3.3.6	Método estadístico	53

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS (ELEMENTOS QUÍMICOS, MATERIA ORGÁNICA, PH, GRANULOMETRÍA Y COLOR), DE ARCILLAS NATURALES Y PURIFICADAS	54
4.2	GRADO DE CONOCIMIENTO DE CONSUMIDORES DE ARCILLAS COMESTIBLES DEL ALTIPLANO	67

4.3 GRADO DE CONOCIMIENTO DE LOS COMERCIALIZADORES DE LAS
ARCILLAS COMESTIBLES DEL ALTIPLANO 76

CONCLUSIONES.....85

RECOMENDACIONES86

BIBLIOGRAFÍA87

ANEXOS94



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Características físicas de la arcilla <i>cha'qo</i>	11
2. Características químicas de la arcilla <i>cha'qo</i>	11
3. Características físicas de la arcilla Montmorillonita (<i>Ch'aqo</i>).....	12
4. Composición mineralógica de la arcilla Montmorillonita (<i>Ch'aqo</i>).....	12
5. Composición química de la arcilla Montmorillonita (<i>Ch'aqo</i>).....	13
6. Características físico-químicas de la arcilla nativa <i>Cha'qo</i>	13
7. Composición relativa de los elementos mayores y elementos traza de las arcillas (Técnica de absorción atómica).....	14
8. Ubicación geográfica de las zonas de estudio.....	39
9. Composición química de las arcillas naturales y purificadas en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.	55
10. Composición química de arcillas nativas y purificadas en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.	57
11. Composición química de arcillas comestibles en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.....	58
12. Composición química de arcillas comestibles en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.....	59

13.	Interacción entre tratamiento y zona respecto de la composición química de arcillas comestibles naturales y purificadas en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.	60
14.	Composición química de arcillas comestibles naturales y purificadas por tratamiento y zona, en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.....	61
15.	Materia orgánica total (M.O.) y potencial de hidrogeniones (pH) de arcillas comestibles naturales y purificadas – 2016.....	62
16.	Materia orgánica total y potencial de hidrogeniones de arcillas comestibles naturales y purificadas en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.....	63
17.	Interacción entre tratamiento y zona respecto de la materia orgánica total y potencial de hidrogeniones en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.....	64
18.	Tamaño de partícula en arcillas naturales y purificadas en cuatro distritos de la región Puno – 2016.....	65
19.	Color de arcillas comestibles (<i>cha'qo</i>) naturales y purificadas de cuatro zonas de la región de Puno – 2016.....	66
20.	Conocimiento sobre la composición química de las arcillas comestibles (<i>ch'aqo</i>) , en Puno y Juliaca. 2016.....	67
21.	Preferencia de consumo de las arcillas comestibles (<i>ch'aqo</i>) en Puno y Juliaca – 2016.....	68

22.	Preferencia de consumo de arcillas comestibles (<i>ch'aqo</i>) por color en Puno y Juliaca – 2016.	68
23.	Formas de utilización de las arcillas comestibles (<i>cha'qo</i>) en Puno y Juliaca – 2016.....	69
24.	Utilización de las arcillas comestibles (<i>cha'qo</i>), en el tratamiento de enfermedades o males, en Puno y Juliaca - 2016.....	70
25.	Frecuencia de consumo de las arcillas comestibles (<i>cha'qo</i>), en Puno y Juliaca - 2016.	71
26.	Las arcillas comestibles en el tratamiento de enfermedades, en Puno y Juliaca – 2016.....	72
27.	Contenido de impureza y/o suciedades en las arcillas comestibles (<i>ch'aqo</i>) , en Puno y Juliaca - 2016.	73
28.	Acciones que se realizan con las impurezas/suciedades antes de utilizarlo, en Puno y Juliaca. 2016.	74
29.	Consumo de <i>cha'qo</i> purificado en Puno y Juliaca. 2016.....	74
30.	Formas de presentación para el consumo de <i>cha'qo</i> purificado, en Puno y Juliaca - 2016.	75
31.	Disponibilidad a pagar por una pastilla/cápsula, en Puno y Juliaca - 2016.	75
32.	Formas de comercialización de arcillas comestibles (<i>ch'aqo</i>) en cuatro distritos de la región Puno - 2016.....	76

33.	Demanda de las arcillas comestibles (<i>cha'qo</i>) en cuatro distritos de la región de Puno - 2016.....	77
34.	Propiedades benéficas de las arcillas comestibles (<i>cha'qo</i>) en cuatro distritos de la región Puno - 2016.....	78
35.	Conocimiento de las características físico químicas de las arcillas comestibles (<i>cha'qo</i>), en comercializadores de cuatro distritos de la región de Puno - (2016).....	79
36.	Preferencia de compradores de arcillas comestibles (<i>ch'aqo</i>) por color en cuatro distritos de la región Puno – 2016.....	80
37.	Principales compradores de arcillas comestibles en cuatro distritos de la región Puno – 2016.....	81
38.	Demanda de lugares de venta de arcillas comestibles (<i>ch'aqo</i>) en cuatro distritos de la región Puno – 2016.....	81
39.	Precio de venta del <i>cha'qo</i> natural en cuatro distritos de la región Puno - 2016.....	82
40.	Comercialización del <i>cha'qo</i> para uso industrial o farmacéutica en cuatro distritos de la región Puno - 2016.....	83

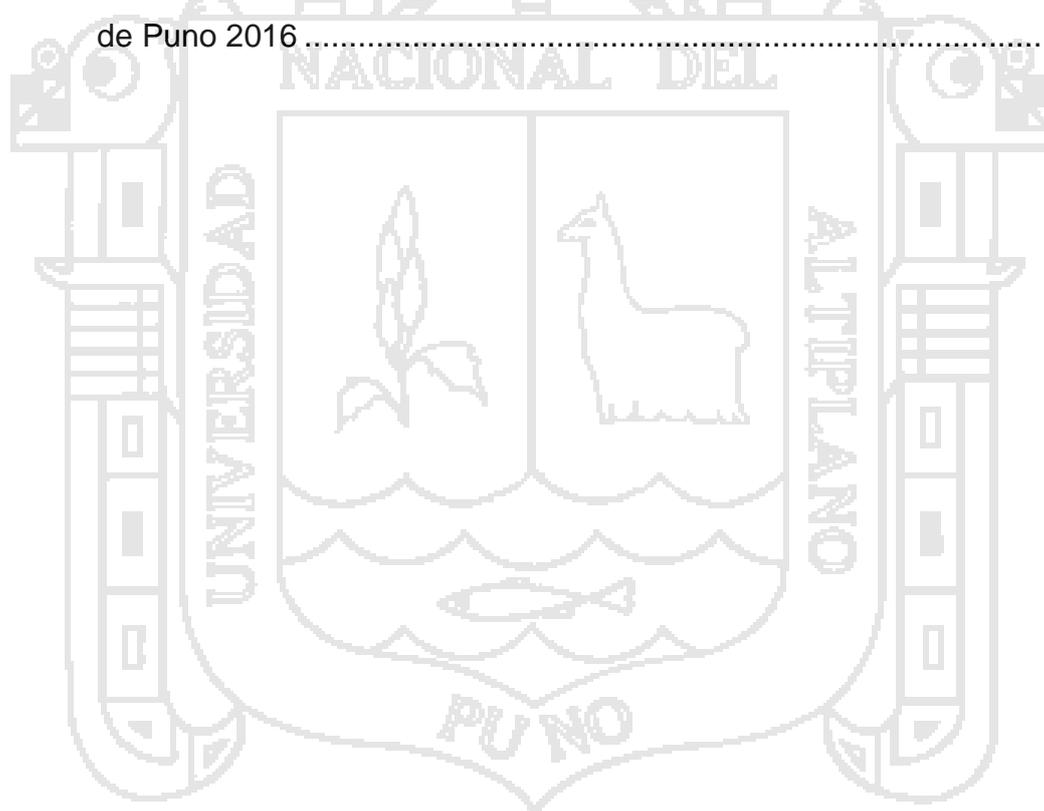
ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Estructura laminar de la arcilla	17
2. Microscopio Electrónico de Barrido ZEISS, modelo EVO LS10	33
3. Ubicación de las zonas de estudio en la región Puno.	40
4. Proceso de purificación de arcillas comestibles mediante el método de sedimentación	95
5. Cuatro arcillas naturales y cuatro purificadas, colocadas en el porta muestras del Microscopio Electrónico de Barrido, antes de su caracterización.	95
6. Ubicación de las muestras en el Microscopio Electrónico de Barrido y las imágenes en la pantalla LED	95
7. Microscopio Electrónico de Barrido ZEISS, modelo EVO LS10	96
8. Identificación de los resultados en las pantallas LED del Microscopio Electrónico de Barrido	96
9. Campo interior del Microscopio Electrónico de Barrido visualizado en la pantalla LED	96
10. Determinación de tamaño de partícula en tamices 40,60, 70, 80 y 200 hilos /pulgada ASTM 11.....	97
11. Tabla de Munsell, para la determinación del color de arcillas comestibles.....	97

12.	Difractograma de arcilla comestible natural de Azángaro visualizado en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)	98
13.	Difractograma de arcilla purificada de Azángaro visualizado en el MEB	98
14.	Difractograma de arcilla comestible natural de Tiquillaca visualizado en el MEB	99
15.	Difractograma de arcilla comestible purificada de Tiquillaca visualizado en el MEB	99
16.	Difractograma de arcilla comestible natural de Acora visualizado en el MEB	100
17.	Difractograma de arcilla comestible purificado de Acora visualizado en el MEB	100
18.	Difractograma de arcilla comestible natural de Asillo visualizado en el MEB	101
19.	Difractograma de arcilla comestible purificada de Asillo visualizado en el MEB	101

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Encuesta para consumidores aplicada en los distritos de Puno y Juliaca 2016.	102
2. Encuesta para comercializadores aplicada en los distritos de Puno, Juliaca, zángaro y Acora - 2016	103
3. Determinación de carbono orgánico total (COT), de arcillas comestibles naturales y purificadas en cuatro distritos de la región de Puno 2016	104



RESUMEN

El estudio se realizó con el objetivo de evaluar las características físicas químicas de las arcillas naturales y purificadas y determinar el grado de conocimiento de los consumidores y comercializadores. Los elementos químicos de las arcillas de cuatro yacimientos (Azángaro, Tiquillaca, Acora y Asillo) fueron determinados por microscopia electrónica de barrido (MEB) en el Mega Laboratorio de investigación y calidad ambiental de la UNAP en dos presentaciones (naturales y purificadas por sedimentación). La materia orgánica (MO) se determinó por el método de calcinación (650 °C). El pH se determinó a una temperatura de 20 °C. Después de la molienda el tamaño de partícula fue determinado en tamices ASTM. La apariencia y color se determinó con la tabla de Munsell. El grado conocimiento sobre arcillas comestibles se realizó en consumidores y comercializadores (n=268). Los resultados indican que existen diferencias entre las características químicas de las arcillas naturales *versus* las purificadas. El Carbono, Calcio y Wolframio incrementaron en su composición química ($P < 0.05$) con la purificación. El carbono incrementó en 0.49% con la purificación y fue relacionado a un aumento en 3.01% en la MO ($P < 0.05$). No hubo diferencias del pH entre las arcillas naturales y purificadas ($P > 0.05$) pero si entre los yacimientos ($P < 0.05$). La purificación no cambio la apariencia ni el color, pero si produjo partículas de menor tamaño ($P < 0.05$). Los *consumidores y comercializadores* desconocen sobre las características físicas químicas de las arcillas comestibles, pero si tienen conocimiento sobre las propiedades benéficas y curativas. Ellos saben de las impurezas que contiene y están dispuestos a consumir *Cha'qo* purificado. Finalmente, podemos concluir que con la purificación se obtiene partículas de menor tamaño, se incrementa la proporción de materia orgánica, Carbono, Calcio y Wolframio, pero el valor de pH no cambia. Asimismo, los consumidores y los comercializadores desconocen las características físicas químicas de las arcillas, sin embargo, confirman sus propiedades benéficas.

Palabras clave: Arcilla, características físico-químicas, carbono, purificación, materia orgánica.

ABSTRACT

This study was carried out with the objective of evaluating the physical and chemical characteristics of the natural and purified clays and determining the level of knowledge of the consumers and marketers. The chemical elements of the clays from four reservoirs (Azángaro, Tiquillaca, Acora and Asillo) were determined by scanning electron microscopy (SEM) in the Mega Laboratory of research and environmental quality of the UNAP in two presentations (natural and purified by sedimentation). The organic matter (OM) was determined by the calcination method (650 ° C). The pH was determined at 20 °C of temperature. After milling the particle size was determined on ASTM sieves. The appearance and color was determined with the Munsell table. The degree of knowledge on edible clays was made in consumers and marketers (n=268). The results indicated that there were differences between the chemical characteristics of the natural *versus* the purified clays. Carbon, Calcium and Wolfram increased in their chemical composition ($P < 0.05$) with purification. The carbon increased by 0.49% with the purification and was related to an increase in 3.01% in OM ($P < 0.05$). There were no differences in pH between the natural and purified clays ($P > 0.05$) but if there were between the sites ($P < 0.05$). Purification did not change appearance or color, but produced smaller particles ($P < 0.05$). Consumers and marketers are ignoring of the physical and chemical characteristics of edible clays, but they are knowledgeable of beneficial and curative properties. They know of the impurities it contains and are willing to consume purified *Cha'qo*. Finally, we can conclude that the purification produces smaller particles, increases the proportion of organic matter, Carbon, Calcium and Wolfram, but the pH value does not change. Also, consumers and marketers do not know the physical characteristics of clays, however, confirm their beneficial properties.

Keywords: Clay, physical-chemical characteristics, carbon, purification, organic matter.

INTRODUCCIÓN

En el altiplano peruano – boliviano existen muchos yacimientos de arcillas comestibles, principalmente en las comunidades de Acora, Asillo, Azángaro y Tiquillaca en la región de Puno, y Achocalla, Mocomoco y Andamarca en Bolivia, dichos recursos minerales son de uso masivo por la población como parte de la alimentación en el consumo de papas (Castillo y Frisancho, 2014); por lo que es importante valorar estos recursos, contribuyendo al desarrollo de un conocimiento más científico sobre las arcillas comestibles, revalorando el conocimiento ancestral de nuestra cultura altiplánica.

Desde la época precolombina, los pobladores del altiplano peruano-boliviano consumen las arcillas “*Cha’qo*”, muy apreciada por sus propiedades digestivas, es usada en forma de suspensión con agua para aliviar molestias dispépticas o manifestaciones ácido-pépticas (Castillo y Frisancho, 2014). El mecanismo de acción terapéutico se debe a una acción citoprotectora sobre la mucosa gástrica por mecanismos independientes de la inhibición de la secreción ácida, ya que no posee propiedad antiácida *in vitro*. Además, tiene una capacidad de adsorción a distintas moléculas orgánicas debido a su gran superficie externa y carga tetraédrica que hace que interaccione con sustancias polares como el agua y toxinas (García *et al.* 2006).

Valdizan y Maldonado (1922), mencionan que el “*Ch’aqo*” es usado para alivio de molestias digestivas mezclando la arcilla en agua de mesa y bebiendo la suspensión en ayuno. Según los pobladores de las zonas aledañas al Lago Titicaca, el uso de la arcilla es efectivo contra la acidez gástrica luego de la ingesta de bebidas alcohólicas, protege a la mucosa intestinal frente a las toxinas

y favorece la digestión. No queda claramente determinado sobre su mecanismo de acción del efecto citoprotector, es probable que la formación de una cubierta protectora sobre la mucosa gástrica actúe como barrera física que limita la difusión de iones H^+ dentro de la mucosa, contrarresta el efecto de la pepsina, ácidos biliares por sus propiedades adsorbentes, y facilite la cicatrización de lesiones gástricas existentes (Villanueva, 1993). Los efectos beneficiosos citoprotectores de las arcillas comestibles en el tratamiento de la úlcera gástrica inducida por stress (ratas) ha sido reportado por Arizábal (2011) (Domínguez, 2001).

Los consumidores utilizan arcillas para diferentes tratamientos; mal aliento de la boca, problemas del hígado, úlceras gástricas y diarreas. Aranibar *et al.* (2007). Ellos prefieren arcilla purificada y la comprarían en forma de pastilla de arcilla.

Existen antecedentes de estudios realizados sobre este recurso alimenticio mineral, se ubican en una línea de investigación desarrollada en trabajos de investigación de pre, post grado y otras investigaciones, queda pendiente establecer un estudio más profundo y pertinente sobre las características físico químicas de arcillas comestibles en estado natural, en comparación con aquellas sometidas a procesos de purificación, los resultados que se obtendrán permitirá fortalecer la valoración de este valioso recurso natural, para contribuir a promover su producción de manera más técnica y sea comercializado cumpliendo las mínimas normas de higiene e inocuidad alimentaria. El estudio pretende aportar información más precisa en la composición química y generar nuevas alternativas de producción local, valorando nuestros recursos naturales de bajo costo para obtener productos y servicios que optimicen su rentabilidad. De esta manera se considera el presente estudio desde la perspectiva del

conocimiento técnico, social, productivo y en el entorno de la preservación del medio ambiente; también de reconocer la existencia de la “Medicina Tradicional.

El estudio de investigación tiene como objetivo contribuir al conocimiento de las características físico químicas de las arcillas naturales y purificadas, así como determinar el nivel de conocimiento de los consumidores y comercializadores en la región de Puno.



CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es conocido que el consumo de arcillas en el altiplano peruano – boliviano está más relacionado con la cosecha de papas, aunque pueden ser ingeridas en cualquier época del año (Araníbar *et al.*, 2007), se tiene comentarios de algunos médicos humanos quienes mencionan que algunos pacientes han llegado con constipación de colon, lo cual es un problema que se daría por el excesivo consumo de las arcillas comestibles en un corto tiempo.

Ante el elevado precio de los medicamentos y las deficientes condiciones sociales y económicas del 70% de la población en vías de desarrollo, la medicina tradicional o popular se presenta como una alternativa en la atención primaria de la salud y hoy en día comienza a ganar importancia. La Organización Mundial de la Salud (OMS), ha reconocido desde 1978 a la Medicina Tradicional y entre ellas a la Geoterapia, como una práctica muy importante que enseña a utilizar los

recursos propios de cada zona, para el alivio o curación de determinadas enfermedades. La implementación de esta Medicina Alternativa todavía carece de estudios rigurosos a cerca de su utilización en forma de arcillas purificadas que optimicen su consumo.

El mismo hecho de desconocer la dosis terapéutica del *Ch'aqo* en seres humanos para la prevención o tratamiento de gastritis, constituye una limitante para hacer uso de esta alternativa potencial dentro de las posibilidades de uso farmacéutico, con el presente estudio se pretende aportar mediante la utilización de arcillas comestibles purificadas para que sean industrializadas y comercializadas con mejores posibilidades para la salud pública.

Otro hecho particular es que los comercializadores y consumidores carecen de la suficiente información acerca de las características físicas y químicas de estas arcillas comestibles.

Existen estudios de investigación que se han realizado sobre las propiedades benéficas de las arcillas naturales en humanos y en producción animal, por lo tanto se requiere conocer cuánto cambia la composición química de las arcillas naturales cuando son purificadas. Los resultados proporcionarían información para mejorar su comercialización, cumpliendo con requisitos legales, ambientales, ecológicos y de bienestar para la bioseguridad alimentaria de las personas. Con estos antecedentes nos planteamos las siguientes preguntas: Problema general ¿Cuáles son las características físico químicas y el nivel de conocimiento de los consumidores y comercializadores de las arcillas comestibles de la región

Puno?, y como problemas específicos los siguientes ¿Cambian las características físico-químicas (elementos químicos, materia orgánica, color, granulometría y pH) de las arcillas naturales de la región Puno (Acora, Asillo, Azángaro y Tiquillaca), cuando son purificadas en el laboratorio?, ¿Qué y cuánto saben los consumidores de las arcillas comestibles en la región de Puno? y ¿Qué y cuánto saben los comercializadores de las arcillas comestibles en la región de Puno?.

1.2 OBJETIVOS

En función al problema propuesto se plantearon los siguientes objetivos:

1.2.1 Objetivo general

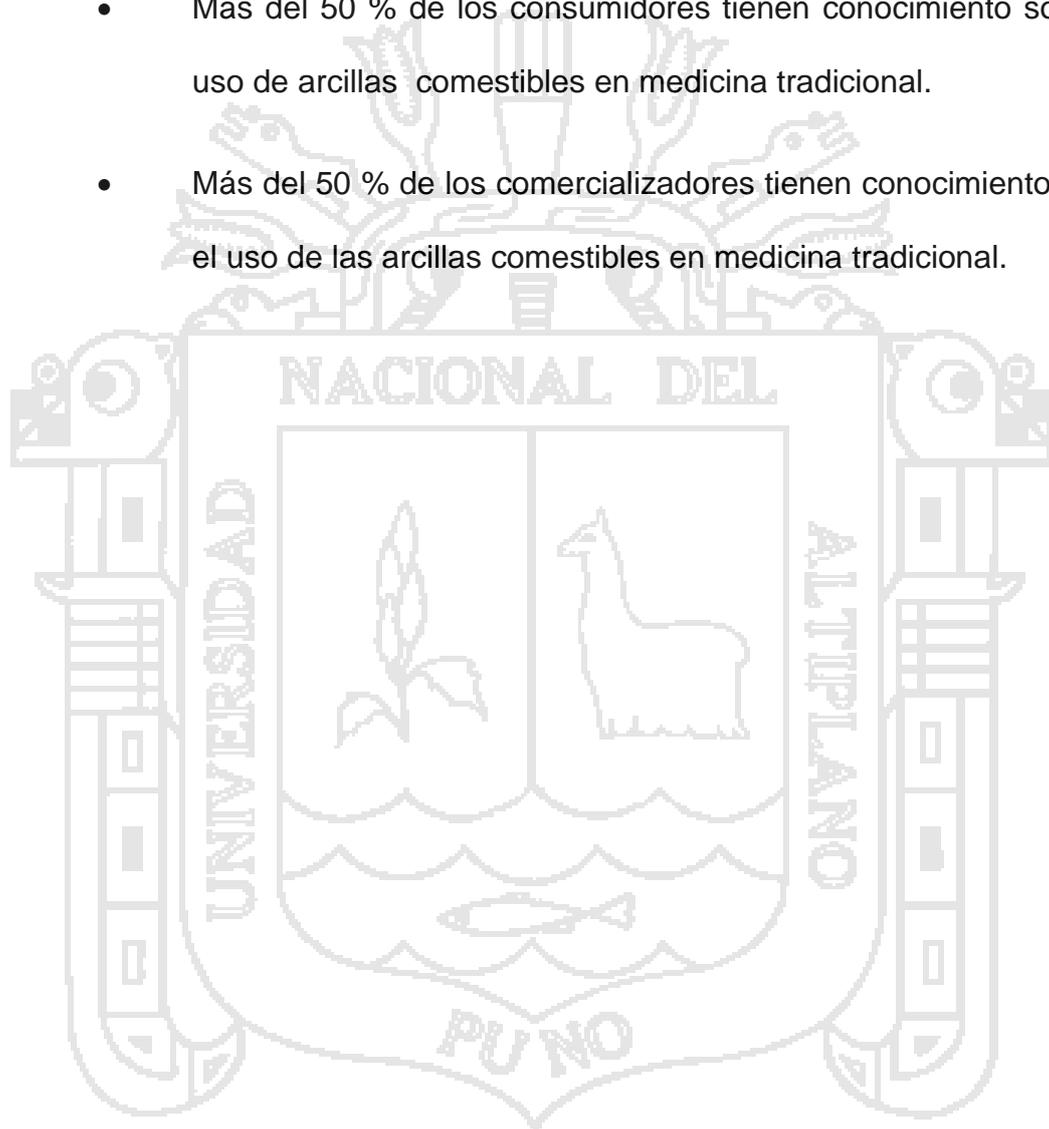
Contribuir al conocimiento de las características físico químicas de las arcillas naturales y purificadas y determinar el nivel de conocimiento de los consumidores y comercializadores en la región de Puno.

1.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar las características físicas químicas (elementos químicos, materia orgánica, color, granulometría y pH) de arcillas naturales respecto de las de arcillas purificadas.
- Determinar el nivel de conocimiento de los consumidores de las arcillas comestibles del altiplano.
- Determinar el nivel de conocimiento de los comercializadores de las arcillas comestibles del altiplano.

1.3 HIPÓTESIS

- Las características físico químicas de arcillas purificadas son diferentes a las características físico químicas de arcillas naturales (elementos químicos, materia orgánica, color, granulometría y pH).
- Más del 50 % de los consumidores tienen conocimiento sobre el uso de arcillas comestibles en medicina tradicional.
- Más del 50 % de los comercializadores tienen conocimiento sobre el uso de las arcillas comestibles en medicina tradicional.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

En un estudio de evaluación geológica de diatomitas en la cuenca de Ayacucho realizada por Ramírez (2012), concluye que estas, difieren en su calidad de acuerdo al siguiente orden: El yacimiento de Quicapata ubicado al suroeste de la cuenca Ayacucho, son las de mejor calidad, con un contenido de SiO_2 mayor al 89%, el 11% restante la conforman las impurezas como la alúmina (Al_2O_3) y óxidos (Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O y Na_2O). El yacimiento de Tambillo, poseen un contenido en SiO_2 mayor al 85%, el 15% restante está conformado por la alúmina (Al_2O_3) y óxidos (Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O y Na_2O). Por último el yacimiento de Moya, SiO_2 mayor al 70% y el 30% está conformado por la alúmina (Al_2O_3), óxidos (Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O y Na_2O).

En un estudio de caracterización química, Díaz *et al.* (2004), encontró mayor proporción de calcio (29.9 meq/100g); y en menor proporción: magnesio, potasio y sodio, además elementos metálicos como mercurio

(80 ppm) y trazas de plomo y cromo, a pesar que el mercurio es considerado toxico, sin embargo no se han registrado casos de intoxicaciones en humanos y animales de experimentación. Mientras que Domínguez (2001) al analizar una arcilla terapéutica dio los siguientes resultados: Silice 49.10%, Alumina 14.61 %, Sesquióxido de hierro 5.65 %, Calcio 4.44%, Magnesio 4.24 %, Oxidos alcalinos 3.08 %, Anhidrido Titanico 0.74 %, Humedad 7.40 %, materia orgánica 10.85 %.

Estudios realizados por Quispe *et al.* (2007), reporta que el *Cha'go* de yacimientos ubicados en los poblados de Acora, Asillo, Azángaro, y Tiquillaca, de la región Puno, al análisis por espectroscopia Mössbauer (EM), microscopia electrónica de barrido (MEB) y difracción de rayos X (DRX), los resultados varían en su composición, identificándose minerales del grupo de los esmectitas (montmorillonita, nontronita, volkonskoita y vermiculita) y minerales correspondientes al grupo de los tectosilicatos (cuarzo, cristobalita, albita y ortoclasa). Además, microfósiles de diatomeas pertenecientes a la orden Pennales. Concluyéndose que contienen principalmente esmectita.

Estudios recientes realizados por García *et al.* (2006), citado por Aranibar M.J. indican que la arcilla 3A-T es una esmectita dioctaédrica de alta pureza del tipo beidellita (Si 7.45 Al 0.55) (Al 2.54 Fe₃⁺ 0.92 Mg 0.64 Ti 0.04) Ca 0.18 K 0.19 Na 0.13). Además, el pequeño tamaño de partícula y la delaminación o desorden en la dirección de apilamiento de las láminas son los responsables de la capacidad de adsorción de distintas moléculas orgánicas (poder secuestrante). Estas propiedades le confieren mucha afinidad por moléculas polares como el agua y las

toxinas. Los mismos autores han encontrado, como impurezas, pequeñas cantidades de illita de fórmula (Si 6.77 Al 1.23) (Al 2.91 Fe₃⁺ 0.73 Mg 0.46 Ti 0.03) Ca 0.08 K 1.01 Na 0.07 de muy baja carga (carga de vermiculita) acompañando a las esmectitas.

Domínguez (2001), encontró la siguiente composición química, Sílice: 49.10 %, Alúmina: 14.61 %, Sesquióxido de hierro: 5.65 %, Calcio: 4.44 %, Magnesio: 4.24 %, Óxidos alcalinos: 3.08 %, Anhídrido titánico: 0.74 %, Humedad: 7.40 %, Materia orgánica: 10.85 %. Además considera que desde el punto de vista terapéutico las arcillas más interesantes, son las más ricas en sílice, ya que este elemento químico le permite fortificar todos los tejidos elásticos del organismo, en particular en los casos de sangre viciada, de reumatismos, de arteriosclerosis, de artrosis, de tuberculosis y para curar rápidamente las fracturas, siendo además el sílice, un verdadero cemento para las células.

Delgadillo *et al.* (2006), utilizó una arcilla peruana que fue suministrada por la compañía "Agregados Calcáreos S.A." La que fue sometida a un proceso de sedimentación controlada para separar la fracción montmorillonítica $\leq 2 \mu\text{m}$ de otras fracciones constituidas por impurezas, usualmente feldespato, cuarzo y mica. Luego fue molida y tamizada hasta un tamaño de partícula de $60 \mu\text{m}$. El análisis químico obtenido por fluorescencia de rayos X (FRX) en un equipo PHILLIPS PW 1480 arrojó los siguientes resultados: MgO 2.4%; Al₂O₃ 14.75%; SiO₂ 74.63%; Fe₂O 5.12%.

En el Laboratorio de Análisis de suelos, Plantas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria la Molina-Lima, Pascual y Villanueva (1993) realizaron un estudio sobre las características físico - químicas de la arcilla *Ch'aqo*, con una muestra recolectada del Distrito de Asillo, Provincia de Azángaro y Región Puno, reportando los resultados que se muestran en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Características físicas de la arcilla *cha'qo*.

Análisis	Organoléptico	Análisis Mecánico	
Estado físico	Sólido	Arcilla	66%
Aspecto	Amorfo	Arena	14%
Color	Grisáceo	Limo	20%
Olor	Inodoro	pH	7.3
Sabor	Terroso	Material orgánico	1.07%

Fuente: Pascual y Villanueva (1993).

En la tabla 2, se realizó una evaluación de las características químicas utilizando 3 tratamientos y los resultados se expresan en concentraciones (meq/100mg).

Tabla 2. Características químicas de la arcilla *cha'qo*.

Elementos	Estándares (ppm)			Concentraciones (meq/100g)
	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	
Calcio	5	15	30	29.9
Magnesio	0.5	1.5	3	6.07
Potasio	2	6	12	0.89
Sodio	1	3	6	1.54

Fuente: Pascual y Villanueva (1993).

Otro estudio de investigación realizado por Cruz (1988), en el Laboratorio de Físico Química de la Universidad Nacional de San Agustín con muestras de arcillas montmorillonita (*Ch'aqo*) procedentes de Totorá Baja, Provincia de Espinar, Región Cuzco (Tablas 3, 4 y 5) reportó que la alúmina, es el más importante en la composición química de los adsorbentes alúmino silicatos, también encontró una pérdida del 5.0 % por calcinación, lo que indicaría presencia de materia orgánica.

Tabla 3. Características físicas de la arcilla Montmorillonita (*Ch'aqo*).

Características	
Aspecto	Sólido
Color	Blanco grisáceo
Sabor	Agradable (a leche magnesia)
pH	8
Densidad	1.47 g/ml
Humedad	8.98 %

Fuente: Cruz (1988).

Tabla 4. Composición mineralógica de la arcilla Montmorillonita (*Ch'aqo*).

Nº	Mineral	Concentración %	Fórmula
1	Montmorillonita	40.56	Ca, Na, Mg, Fe, Al, Si, O.
2	Cristobalita	39.18	SiO ₂
3	Cuarzo	14.42	SiO ₂
4	Moscovita	5.84	K, Na, Ba, Al, V, Ti, Mg, Si.

Fuente: Cruz (1988).

Tabla 5. Composición química de la arcilla Montmorillonita (*Cha'go*).

Compuesto	%	Compuesto	%
SiO ₂	59.3	CaO	1.31
Al ₂ O ₃	15.32	MgO	1.35
TiO ₂	0.62	Na ₂ O	1.01
Fe ₂ O ₃	4.29	K ₂ O	1.5
MnO	0.009	PxC ¹ , %	5.0

1 PxC = Pérdida por calcinación.

Fuente: Cruz (1988).

Aparicio (2002), en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, demostró que el *Cha'go* pertenece a una hidralginita estándar (Tabla 6).

Tabla 6. Características físico-químicas de la arcilla nativa *Cha'go*.

FISICAS		QUIMICAS	Aparicio (2000)	Paz Soldán (1902)
Lustre	Mate	Silice (SiO ₂), %	66.03	54.4
Raya	No	Aluminio (Al ₂ O ₃); %	14	23.4
Sistema	Amorfo	Magnesio (MgO), %	12.16	1.58
Clivaje	Fractura Coloidal	Hierro (Fe ₂ O ₃), %	2.16	6.9
Cristales	No	Calcio (CaO), %	1.79	2.8
Estructura	Terrosa a grano fino	Potasio (K ₂ O), %	0.55	–
Color	Gris claro parduzco	Sodio (Na ₂ O), %	0.18	–
Peso Especifico	2.8 a 3.0	Humedad, %	11.15	10.5
Dureza	2.0 a 2.5			

Fuente: Aparicio (2002).

Castillo y Frisancho (2014), realizó un estudio sobre la evaluación de la capacidad antiácida *in vitro* de la arcilla del Altiplano Peruano "*Cha'go*", comparado con la suspensión de antiácido y Sucralfato mediante la

prueba de eficacia antiácida de la United States Pharmacopeia (U.S.P.). Esta organización establece que si el pH es menor de 3.5 el producto no se considera un antiácido, y si resulta con valor mayor o igual de 3.5 se procede con la prueba de la capacidad neutralizante ácida.

Quispe *et.al.*(2005), en su estudio de caracterización estructural del *Cha'qo*, empleada comúnmente en las comunidades campesinas de Puno y Cusco, encontrándose 59% de SiO₂, mientras que los otros elementos están en menor proporción, tal como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Composición relativa de los elementos mayores y elementos traza de las arcillas (Técnica de absorción atómica).

Elementos mayores	%	LD* %
MgO	1.50	0.01
CaO	0.52	0.01
Fe ₂ O ₃	2.95	0.02
Al ₂ O ₃	20.40	0.02
SiO ₂	59.10	0.05
TiO ₂	0.86	0.005
NaO	0.42	0.01
K ₂ O	4.3	0.01
Elementos Trazas	ppm	Ppm
Rb	239	5
Cs	538	10
Sr	135	5

Fuente: Quispe et al. (2005).

2.2 MARCO REFERENCIAL

2.2.1 Las arcillas comestibles

Son sustancias minerales terrosas compuestas en gran parte de hidrosilicato de alúmina que se hace plástica cuando se humedece y dura y semejante a la roca cuando es cocido. “Las arcillas son cualquier sedimento o depósito mineral que consiste de un material granuloso muy fino, formado por partículas muy pequeñas cuyo tamaño es inferior a 2 micras y que se compone principalmente de silicatos de aluminio hidratado” (Valdez, 1994; citado por Llerena, 2003).

Calderón (2001), define a las arcillas como producto de la descomposición de ciertas rocas ígneas antiguas, se presenta en terrenos llamados estratificados generalmente en capas muy regulares, la arcilla pura es el silicato de aluminio llamado caolín. Géminis (2002), los considera como elementos minerales que se mezclan y producen diferentes coloraciones, y que tienen propiedades características como elasticidad y plasticidad que se les atribuye por la textura de estos silicatos hidratados.

Perkins (2005), menciona que las arcillas están formadas por 2 o más capas de óxido mineral. Estas capas son unidades paralelas apiladas de láminas de sílice que forma láminas tetraédricas y aluminio, formando láminas octaédricas. Algunas de estas partículas de arcilla tienen la habilidad de absorber humedad y se expanden, mientras que otros no, esto a consecuencia de la química de la arcilla y los elementos (cationes) que son componentes de las capas, algunos enlaces son débiles y permite

la expansión de las capas como la de bentonita de sodio, una Montmorillonita que se expande con la adición de agua, mientras que otras son más fuertes y no permite que las capas se separen entre ellos al adicionarles agua como la caolinita, que están unidos fuertemente por enlaces de hidrogeno. Castaing (1988), define a las arcillas como filosilicatos y las clasifica según los minerales que las componen. Las arcillas más comúnmente empleadas en la alimentación animal son las denominadas esmectita, caolín, talco, sepiolita y atapulgita. Las zeolitas no son arcillas, puesto que pertenecen al grupo de los tectosilicatos pero se emplean en alimentación animal.

Valdez de la Torre (1994), sostiene que las arcillas están constituidas por los llamados minerales de arcilla, siendo los principales los siguientes:

- A. Caolinita: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- B. Montmorillonita: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (\text{Mg}, \text{Ca}) \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
- C. Illita: $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Una arcilla constituida con bastante montmorillonita será muy plástica, por ejemplo la bentonita. La bentonita y el caolín son arcillas, insolubles en agua destilada y en disolventes orgánicos, se hinchan con el agua formando suspensiones inorgánicas hidrocoloidales, es un intercambiador catiónico que al variar el pH de la suspensión se produce un desequilibrio en el número de cargas positivas, al intercambiar los iones Al^{+3} por los iones Mg^{+2} , Fe^{+2} , se recupera el equilibrio agregando iones Ca^{+2} y Na^{+1} . Iannotta N. y Nelfiore T. (2006) consideran al Caolín o Caolinita, como una arcilla blanca muy pura que se utiliza para la fabricación de porcelanas y

de aprestos para almidonar, utilizada en ciertos medicamentos y como agente adsorbente, conserva su color blanco durante la cocción.

Tuesta (2003), define a la montmorillonita como un mineral del grupo de los silicatos, subgrupo filosilicatos y dentro de ellos pertenece a las llamadas arcillas; es un hidroxisilicato de magnesio y aluminio. Es soluble en ácidos y se expande al contacto con agua, estructuralmente se compone por una capa central que contiene aluminio y magnesio coordinados octaédricamente en forma de óxidos e hidróxidos. Dicha capa central está rodeada por otras dos capas. Las capas externas están formadas por óxidos de silicio coordinados tetraédricamente, tal como se muestra en la siguiente figura:

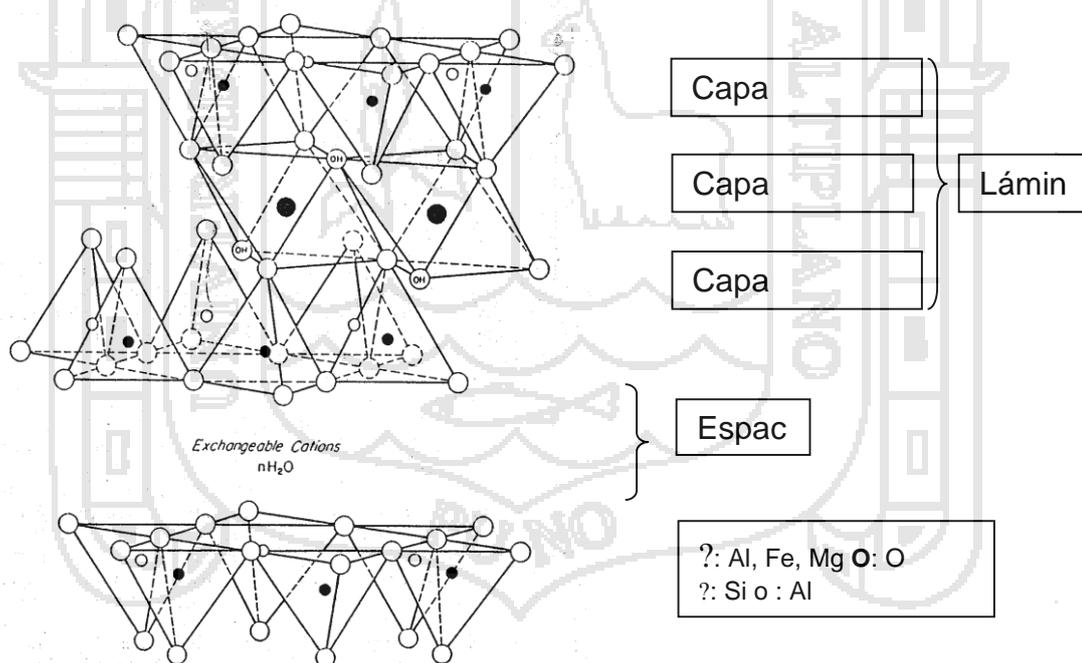


Figura 1. Estructura laminar de la arcilla.

Fuente: García (1991).

La Illita es un mineral del grupo de los silicatos, es una arcilla no expansiva, micácea, es un filosilicato o silicato laminar, estructuralmente es similar a la moscovita o a la sericita con algo más de silicio, magnesio, hierro, y agua; y ligeramente menos aluminio tetraédrico y potasio interlaminar (Mitchell, 1993).

2.2.2 Tipos de arcilla

Calderón (2001), clasifica a las arcillas en dos tipos: *primarias* o *residuales*: formadas en el lugar de sus rocas madres y no han sido por tanto transportadas por el agua, y el viento, son de grano grueso y relativamente no plásticas; son puras, blancas y libres de contaminación con materiales arcillosos, la mayoría de los caolines son arcillas primarias; y, las *secundarias* o *sedimentarias*; han sido desplazadas del lugar de las rocas madres originales, el agua y el viento son los agentes transportadores, son mucho más corrientes que las anteriores y están compuestas por material procedente de distintas fuentes: hierro, cuarzo, mica, materias carbonosas y otras impurezas.

Otros autores como Géminis (2002) y Aqua Spa Center (2007), describen tres tipos de arcilla, por su color: *arcilla verde*, la más representativa la montmorillonita o bentonita, pueden ser de color pardo o gris, muy rica en magnesio, además contiene silicio, potasio, sosa, cal, fosfatos y óxidos de hierro, aluminio, manganeso y titanio, con buena capacidad desintoxicante, absorbente y remineralizante se le utiliza para drenar. La *arcilla blanca* o *caolinita*, en forma de leche de arcilla por su fuerte poder cubriente, antibacteriana, antiinflamatoria, y cicatrizante, absorbe las

toxinas, lo que la hace muy útil ante una intoxicación alimentaria. Por su efecto de arrastre ayuda a combatir el estreñimiento y también regula el pH, útil en enjuagues bucales y como polvo, parecido al talco para bebés. *La arcilla roja*, cuyo color se debe a un mayor contenido de óxidos e hidróxidos de hierro, por su contenido en silicato de aluminio actúa como antiácido, por su poder absorbente utilizado en curas gástricas, úlceras de estómago, colitis y gastritis.

Sin embargo para muchos autores es sumamente complicado clasificar las arcillas y trazar líneas de demarcación entre varias clases. Las variedades de arcillas disponibles para el servicio del hombre forman una serie continua, desde la sustancia muy compleja y aquella en que la arcilla está contenida solo en pequeñas porciones. También puede servir de base para una clasificación la consistencia, las propiedades exteriores, color, incombustibilidad, localidad y aplicación. Es así que Singer y Singer (1979), citado por Llerena (2003) clasifica a las arcillas de acuerdo a su importancia geológica en tres grupos: Caolín, Montmorillonita y grupo de arcillas alcalinas. En tanto que García y Suarez (1991), clasifican a las arcillas, en tres grupos: *caolines* y *arcillas caoliníferas*, son rocas compuestas del grupo de minerales del caolín, utilizados en la fabricación de materiales cerámicos refractarios, en la industria farmacéutica como elementos inertes en cosméticos y como elemento activo en absorbentes estomacales. *Bentonitas* o *montmorillonita*, roca compuesta por minerales del grupo de las esmectitas, su clasificación industrial es aceptada en función de su capacidad de hinchamiento en el agua. *Poligorskita* – *Sepiolita*, son minerales con hábito fibroso con una enorme

área superficial, debido al pequeño tamaño de partícula como la porosidad estructural que presenta su estructura.

2.2.3 Usos y beneficios de las arcillas

El poblador inca tuvo la idea que la arcilla “*Ch’aqo*” era un producto bueno para curar las úlceras, y aún se dice hoy que es eficaz contra el cáncer, Según Antúnez (1981), en Puno donde hay un alto consumo de este recurso mineral, el índice de cáncer es muy bajo; considera que el campesino tiene la impresión que la papa recién cosechada es agria y picante, y para neutralizar estos efectos se condimentan las papas con una salsa preparada de “*Ch’aqo*” a la que se le ha adicionado bastante sal; a fin de que no fermente la mezcla. Malpica (1970), menciona que estas arcillas se extraen de los lugares contiguos a los collpares (zonas salinas muy apreciadas por las alpacas y las llamas).

Frisancho (1988), considera que, cuando las arcillas se mezclan con vinagre o zumo de membrillo quita los dolores de la gota, tiene acción astringente ya que detiene las hemorragias por gastritis ulcerosas crónicas, como talcos en las excoriaciones entre las piernas de los niños y las personas muy gordas. Los curanderos indígenas lo usaron para quitar manchas (acción detergente) y puede suplir la falta de jabón, al levantar espuma, con ella limpia la ropa, y se lavan la cabeza, combatiendo de esta forma la piojera. Además un estudio realizado en el Laboratorio de farmacología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, confirma que su efecto cito protector y la regeneración de la mucosa gástrica, se da en pocos días de tratamiento (Pascual y

Villanueva, 1993). Otra de las propiedades que se le atribuye es que proporcionan mayor resistencia a la agresión tóxica, pero su acción no es solamente preventiva, sino también curativa, como se deduce de los resultados que se obtienen en las intoxicaciones o infecciones diversas (Suárez, 2002).

Una acción muy peculiar que se le atribuye a las arcillas es por su comportamiento “antagónico”, ya que disminuye la toxicidad a las sustancias nocivas y esto se confirma, al comprobar que unos perros después de haber comido carne envenenada, sobrevivieron al haberles administrado regularmente arcilla disuelta en agua (Suárez, 2002).

García y Suarez (1999), consideran que las arcillas, se vienen usando como excipiente en la industria farmacéutica, ya que no son tóxicas, ni irritantes, y, no pueden ser absorbidas por el cuerpo humano, se utilizan para la elaboración de preparaciones tanto de uso tópico como oral, como adsorbente, estabilizante, espesante, agente suspensor y como modificador de la viscosidad; su principal uso es la preparación de suspensiones tópicas, geles y soluciones. Para Dextreit (2001), los productos químicos actúan ciegamente y destruye todas las bacterias de manera indiscriminada, las buenas y las malas, las sanas y las enfermas, las beneficiosas y las dañinas, frente a ello las arcillas actúan con enorme sabiduría, pues se dirige siempre a la zona dañada o enferma, donde se aloja quizá durante varios días y finalmente se evacúa, arrastrando consigo el pus, la sangre podrida.

Langreo (2000), considera que la afinidad existente entre una persona y la arcilla se explica por la presencia en la tierra de sales minerales y oligoelementos iguales a los que se hallan en nuestro organismo. Esto es fácil de comprobar cuando recibimos un análisis médico de sangre y orina que nos detalla las cantidades de calcio, hierro, magnesio, silicio y otros.

2.2.4 Arcillas comestibles para consumo humano

Comúnmente denominadas con el vocablo quechua “*Ch’aqo*” (Cha’aqo, ch’aqu, chaco, ch’ako, ch’aquo, chhacco, ch’akko, chachakko, upi) es una variedad de las arcillas de tipo bentonita (Aparicio, 2002). Mientras que García *et al* (2006) la ha clasificado como esméctica del tipo beidellita. De las investigaciones realizadas por Aranibar *et al.* (2007), utilizando arcillas de los Distritos de Asillo, Azángaro de la zona norte de la región, Acora y Tiquillaca de la zona sur, las denominó a las cuatro como “Arcilla 3A-T”, denominándolas así por el lugar de procedencia; el mismo autor menciona que tienen muchas propiedades favorables para el hombre y los animales, adsorbe toxinas que existen en algunos alimentos, reduce la acidéz gástrica, protege la mucosa gastrointestinal, mejora el aprovechamiento del alimento y disminuye los efectos nocivos de la diarrea.

Estas arcillas denominadas: 3A-T (Azángaro, Asillo, Azángaro y Tiquillaca) han sido clasificadas como montmorillonita (Cruz, 1998), y que presenta intercambio ionico, con lo cual es posible ablandar el agua parcialmente (Aparicio, 2002). Durante mucho tiempo son consumidas por los pobladores con la finalidad de disminuir el sabor amargo de las papas

nativas y como medicina para el tratamiento de úlceras gástricas y diarreas (Frisancho, 1988; Valdizan y Maldonado, 1992). También produjo efecto citoprotector en ratas con lesiones en la mucosa gástrica (Pascual y Villanueva, 1993).

Alma – Helal (1999), confirma que es conveniente su consumo en forma de leche de arcilla por su fuerte poder cubriente, su acción antibacteriana, antiinflamatoria y cicatrizante, se prefiere como protectora de la mucosa gástrica e intestinal pues acelera la cicatrización, disuelve las fermentaciones y absorbe las toxinas, haciéndola muy beneficiosa ante la hinchazón del vientre y la intoxicación alimentaria y, por su efecto de arrastre ayuda a combatir el estreñimiento, y regula el pH. Agronoticias (2007), considera que una de las mejores formas de consumir el *Ch'aqo* es semipurificada, disolviéndolo previamente en un vaso con agua, se deja reposar durante unas horas y finalmente se forma el sobrenadante (partículas de arcilla en suspensión que no precipitan). Según los usuarios, es efectiva contra la acidez gástrica post-alcohólica, probablemente debido al efecto regulador del pH que tiene la arcilla.

Barrio (2009), afirma que muchas medicinas modernas deben su existencia al consumo de la arcilla medicinal (Geofagia), tal como el Caolín que ha sido usado por la industria farmacéutica para producir el Kaopectate, el cual alivia la diarrea y el dolor abdominal. La variedad de arcilla hidalgirita (silicato de aluminio hidratado) es consumida por pobladores del Distrito de Asillo en la región de Puno, quienes aderezan las papas con una salsa de chaco y sal especialmente en las épocas de cosecha de este tubérculo. Se usan para aliviar las úlceras, acidez

estomacal, contra los parásitos, y como emplasto externo, realiza una gradual higiene intestinal, desintoxica y a la vez mineraliza.

Según Abehsera (1999), la arcilla impide la proliferación bacteriana y microbiana, reforzando las defensas del organismo hasta producir una revitalización general que a veces puede estar acompañada de excitación nerviosa, los remedios naturales conducen siempre a la exteriorización de los síntomas, además la arcilla reduce la toxicidad de las sustancias dañinas y neutraliza los venenos.

Para uso interno, es un excelente depurativo, útil para todo tipo de afecciones gastrointestinales, diverticulitis y colitis, y es fuente de minerales, absorbe las toxinas del estómago y los intestinos segregados por los microorganismos, haciéndolos inofensivos y eliminándolos, desintoxica la sangre, aplicada por vía nasal, es eficaz contra la sinusitis (Carrillo A., 2006).

Domínguez (2011), menciona que la Arcilla Terapéutica para uso interno, fortifica y vitaliza todo el organismo, las pequeñas partículas radioactivas de la arcilla estimulan las mucosas que tapizan todo este recorrido, activando también las funciones digestivas; renueva todas las células debilitadas, aporta al organismo, en forma asimilable, todas las sales minerales que necesita (calcio, hierro, magnesio, sílice, potasio, etc.) que, en la alimentación habitual faltan muy a menudo. Absorbe toxinas, venenos, bacterias, gases putrefactos, fermentaciones, acideces que encuentra en el organismo, purificándolo integralmente.

El consumo de la arcilla *Ch'aqo* actualmente está ampliamente difundido en la región de Puno, como un complemento alimenticio y para el tratamiento de afecciones gastrointestinales, aunque las arcillas pueden también participar como destoxificantes y como fuente de minerales (Quispe *et al*, 2007).

En un artículo publicado por Langreo (2000), menciona que la arcilla aporta sílice (agente remineralizador y antitóxico, importante en los terrenos óseo, vascular, nervioso y respiratorio, actúa sobre las fibras elásticas y en la regeneración de los tendones y la piel), magnesio (fundamental para el crecimiento de los huesos, permite la correcta asimilación del calcio, drena el hígado, es estimulador biliar, antiséptico y antioxidante, activa la regeneración celular y reequilibra psíquicamente), calcio (importante en la formación y conservación de huesos, dientes y tendones, imprescindible en la coagulación sanguínea y en la regulación del sistema nervioso), sodio (con potasio y cloro, regula el equilibrio de líquidos en el organismo), potasio (complementa la función del sodio), manganeso (forma parte de muchas enzimas y provoca la acción de otras en procesos antioxidantes y de producción de energía), hierro (produce glóbulos rojos en la sangre, favorece la circulación y oxigenación del organismo e interviene en la generación de energía) y zinc (necesario para el sistema inmunológico, es imprescindible para el crecimiento, la formación de tejidos y la maduración sexual masculina).

2.2.5 Las arcillas para uso en producción animal

En 1992 se empezó a fabricar con bentonitas un innovador producto comestible denominado “Repotentiado Bentonita (RB)” según estudios de “Poultry Research Institute” el aporte de pequeñas cantidades de bentonitas (1%) a la alimentación de aves de corral reporta importantes beneficios: se incrementa la producción de huevos en un 15%, su tamaño en un 10% y la cáscara se hace más dura (García, 1991).

García y Suarez (1991), hace mención sobre las propiedades beneficiosas de la bentonita, es que tiene doble acción: promotor del crecimiento y atrapador de toxinas, esto se debe a su gran capacidad de adsorción, permanece más tiempo en la zona intestinal, la arcilla adsorbe el exceso de agua, y hace que los nutrientes permanezcan más tiempo en el estómago, siendo mayor su rendimiento (mayor producción); además, hace que los excrementos sean menos húmedos, así los lechos permanecen más limpios y reduciendo la probabilidad de epidemias y la proliferación de moscas y parásitos. Las aves que comen este tipo de alimentos excretan un 26 % más de toxinas y adsorben un 42 % más de proteínas.

Los aluminosilicatos son material inerte, capaces de fijar en su superficie a las micotoxinas y salir del organismo junto con las heces, evitando que la micotoxina sea absorbida por el animal y el efecto tóxico de la micotoxina (Lara, 2002). Aranibar *et al.* (2012), considera que el uso de las arcillas en la alimentación animal, pueden aumentar la digestibilidad de los pastos duros, previenen las diarreas, reducen la acidosis ruminal

en vacunos, reducen la proporción de huevos sucios en gallinas ponedoras, mejoran los gránulos en el proceso de la peletización en alimentación para peces, tiene cierta capacidad para atrapar o neutralizar sustancias que al ser digeridas podrían causar malestares digestivos. A cualquier animal de granja, se le puede sumergir en un baño de barro, excavando primero un agujero, luego se llenará el agua con arcilla. Se observó que las vacas que padecían con fiebre aftosa se curaron con aplicación en algunas partes de sus patas y emplastes en la boca (Suárez, 2002).

2.2.6 Características físico-químicas de la arcillas

García *et al.* (2006), caracteriza a la arcilla *Ch'aqo* como una esmectita (dioctaédrica de carga tetraédrica) de gran pureza, muy homogénea y compacta formada por pequeñas placas de esmectita que constituye agregados laminares con tamaños medios inferiores a 1 micra, entre los agregados laminares, se observan placas de mayor tamaño, que se corresponden con partículas de illita recubiertas de láminas de esmectita, también aparecen restos de caparzones fósiles de *Diatomeas*, dispuestas entre las esmectitas.

Marcatoma *et al.* (2007), consideran que la arcilla *Ch'aqo* varía en su composición, identificándose minerales correspondientes al grupo de las *esmectitas* (montmorillonita, nontronita, volkonskoita y vermiculita) y minerales correspondientes al grupo de los *tectosilicatos* (cuarzo, cristobalita, albita y ortoclasa). Se identificó la presencia de microfósiles de diatomeas pertenecientes a la orden Pennales (Navícula, Nitzchia y

Cymbella) presentes en todas las muestras. Concluyéndose que las arcillas del altiplano contienen esmectita y presentan una gran variabilidad en sus componentes mineralógicos.

En el año 1991, en el Dpto. de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de C.C. Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid en España. Determinaron que la arcilla *Montchack 3A-T*[®] desde el punto de vista mineralógico está compuesta por esmectita de gran pureza, con pequeñas impurezas de cuarzo. En estado natural presenta un cierto grado de delaminación o desorden. Texturalmente es una arcilla homogénea y compacta, constituyendo agregados laminares con tamaños medios inferiores a 1 μm dispuestos según una textura tipo maíz expansionado, con presencia de abundantes restos de caparzones fósiles de diatomeas dispuestos entre las esmectitas.

García y Suarez (1991), destacan las propiedades físico químicas como su pequeño tamaño de partícula (inferior a 2 μm), su morfología laminar (filosilicatos), las sustituciones isomórficas, que dan lugar a la aparición de carga en las láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en el espacio interlaminar, como consecuencia de estos factores, presentan un valor elevado del área superficial y la presencia de una gran cantidad de superficie activa, con enlaces no saturados.

La caracterización mineralógica de esta arcilla por difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido y microscopía electrónica de transmisión, se realizó en la Universidad Complutense de Madrid, encontrándose que son arcillas muy homogéneas y compactas, formadas

por placas de esméctica di octaédrica que constituyen agregados laminares menores de $1\mu\text{m}$. El pequeño tamaño de partícula y la de laminación (desorden en la dirección de las láminas de esmectita) son los responsables de la alta superficie externa que posee la arcilla. Aranibar (2012), reportó que la capacidad de adsorción de distintas moléculas orgánicas se explica por la elevada superficie externa con enlaces no saturados que hace que interaccione con sustancias polares como el agua y toxinas; y además tiene un gran número de centros ácidos debido a su carga tetraédrica que favorece su poder secuestrante. García *et al.* (2006) confirman que el área superficial de la arcillas es de $81\text{ m}^2/\text{g}$, superficie externa de $61\text{ m}^2/\text{g}$ y una superficie de microporos de $20\text{ m}^2/\text{g}$. El pequeño tamaño de partícula y la delaminación o desorden en la dirección de apilamiento de las láminas es el responsable de la alta superficie externa que presenta. La capacidad de adsorción de distintas moléculas orgánicas (poder secuestrante) está relacionada con dos factores: a) La elevada superficie externa que da lugar a numerosos bordes de partícula con abundantes enlaces rotos que son por tanto centros activos y 2) El gran número de centros ácido tipo Bronsted que posee debido a su elevada carga tetraédrica. Corroborando lo anterior, Perkins (2005), menciona que la partícula de arcilla para adsorber o enlazar una molécula orgánica, debe tener cargas eléctricas positiva o negativas que se atraen. La forma de superficie de las partículas, el tamaño de poro y la acidez (pH) puede afectar el enlace.

En otro de los resultados obtenidos por la Universidad Complutense de Madrid mediante microscopía electrónica de barrido, determinaron que la

arcilla Montchack 3A-T, es una esmectita muy compacta formada por pequeñas placas (tamaños medios en torno a 1 micra) dispuestas según una textura tipo “cornflakes”. Pero entre las placas hay fósiles, del tipo diatomeas (caparazones fósiles de organismos silíceos) dispuestos entre las placas (Aranibar *et al.*, 2007).

El *Ch'aqo* es una arcilla de textura homogénea y compacta formada por pequeñas placas de esmectita que constituyen agregados laminares con tamaños medios inferiores a 1 μm dispuestas según una textura tipo maíz, (Marcatoma, *et al.*, 2006). Entre los agregados laminares se observan ocasionalmente placas de mayor tamaño que se corresponden con partículas de illita recubiertas de láminas de esmectita y aparecen restos de caparazones fósiles de diatomeas dispuestos entre las esmectitas, parcialmente disueltos formando moldes y creciendo sobre los restos silíceos (García *et al.*, 2006; Llerena, 2003).

Al análisis físico de la arcilla 3A-T, Aranibar *et al.* (2007); García *et al.*, (2006), indican que tiene una gran superficie molecular para secuestrar diferentes tipos de micotoxinas, este hecho se observó en la mejora de la salud y el desarrollo del animal. Sin embargo la característica más importante es que las arcillas mantienen activa los distintos niveles de pH gástrico, intestinal y frente a distintas enzimas gástricas e intestinales (Aranibar *et al.*, 2007; García *et al.*, 2006)

La arcilla *Ch'aqo* posee un tamaño de partícula muy pequeña (menor de 2 micras), de las sustancias isomórficas, que dan lugar a la aparición de cargas en las láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en

el espacio interlaminar (García *et al.*, 2006). El mismo autor señala las siguientes características: elevada superficie específica, absorben agua u otras moléculas en el espacio interlaminar (esmectitas) o en los canales estructurales (sepiolitas), la absorción de agua por la arcilla es mayor del 100% con respecto a su peso. Sin embargo, Aparicio (2002) hizo una evaluación de arcilla *Ch'aqo* procedente de Azángaro sin indicar lugar de origen presentaba aspecto amorfo, color grisáceo, olor inodoro, sabor terroso, conductividad eléctrica de 0.46, pH de 7.3 y materia orgánica 1.07%. Llerena (2003), reportó que todas las arcillas están constituidas en su mayor parte por los siguientes minerales: filosilicatos de aluminio, magnesio y hierro, entre los que merecen mencionarse la caolinita, montmorillonita, illita, vermiculita, hallysita, sílice (en forma coloidal), carbonato de calcio y materia orgánica.

2.2.7 Microscopía Electrónica de Barrido

Largo (2013), considera que el MEB funciona con un sistema de bomba de vacío. Cuando las muestras se encuentran en el interior del equipo éste se enciende y se ubica la muestra a analizar para dirigir correctamente el haz de electrones que va a incidir sobre la misma y pasado un tiempo debido a los electrones secundarios dispersados, se obtendrán las imágenes correspondientes. Así mismo, Villamarin (2013) señala que gracias al análisis de microscopia electrónica de barrido, es posible observar la topografía de las bentonita naturales, cuyas partículas presentan superficie tanto lisa como rugosa en la cual predomina ésta última si se observa a nivel tridimensional, puesto que si se observa la micrografía que da un tamaño de 20 μm con una vista ampliada

unidimensional se observa una amplia superficie lisa. Piqueras (1980), indica que en el MEB, los electrones emitidos por un cátodo de tungsteno pasan a través de una columna en la que se ha hecho un vacío de alrededor de 10^{-7} Torr. En ella, el haz inicial es concentrado por una serie de lentes electromagnéticas (condensadora, objetivo) desde unos 25.000-50.000 nm hasta unos 10 nm; es decir, su diámetro va disminuyendo hasta hacerse casi puntual, al mismo tiempo, la intensidad de corriente disminuye desde unos 10^{-14} Anstromgs, hasta 10^{-10} , a 10^{-12} Anstromgs. Además Faura (1979) indica que el haz electrónico que se genera con estas últimas características, es desplazado sobre toda la superficie de la muestra a modo de un pincel que iría barriendo la muestra con continuas idas y venidas. Esta motilidad del haz se consigue gracias a un sistema de bobinas de barrido situadas en la columna del instrumento.

El MEB es una técnica de microscopía electrónica capaz de producir imágenes de alta resolución de la superficie de una muestra utilizando las interacciones electrón – materia, para lo cual utiliza un haz de electrones en lugar de un haz de luz para formar una imagen, este haz de electrones viajan a través del cañón y barren la superficie de la muestra a analizar, y en respuesta remite partículas que son analizadas por los diferentes sensores que hacen que sea posible la reconstrucción de una imagen tridimensional de la superficie. También el MEB posee una gran profundidad de campo, que permite enfocar a la vez gran parte de la muestra, produciendo imágenes de alta resolución, de forma que las

características más íntimas de la muestra pueden ser examinadas con gran amplificación.



Figura 2. Microscopio Electrónico de Barrido ZEISS, modelo EVO LS10.

Fuente: Mega Laboratorio de Investigación y Calidad Ambiental de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Las arcillas comestibles. Son sustancias minerales terrosas compuestas en gran parte de hidrosilicato de alúmina que se hace plástica cuando se humedece y dura y semejante a la roca cuando es cocido. “Las arcillas son cualquier sedimento o depósito mineral que consiste de un material granuloso muy fino, formado por partículas muy pequeñas cuyo tamaño es inferior a 2 micras y que se compone principalmente de silicatos de aluminio hidratado” (Valdez, 1994; citado por Llerena, 2003).

Montmorillonita. Es un mineral del grupo de los silicatos, subgrupo filosilicatos y dentro de ellos pertenece a las llamadas arcillas; es un hidroxisilicato de magnesio y aluminio (Tuesta, 2003).

Arcilla Terapéutica para uso interno. Fortifica y vitaliza todo el organismo, las pequeñas partículas radioactivas de la arcilla estimulan las mucosas que tapizan todo este recorrido, activando también las funciones digestivas. Absorbe toxinas, venenos, bacterias, gases putrefactos, fermentaciones, acideces que encuentra en el organismo, purificándolo integralmente (Domínguez, 2011).

Arcilla Montchak 3 A-T. Arcillas comestibles, que responden al siguiente significado: *Montchak* = Montmorillonita – *Cha'go*, 3 A = Arcillas de Azángaro, Asillo y Acora, *T* = Arcilla de Tiquillaca (Araníbar, 2007).

Materia orgánica. Contribuye al crecimiento de las plantas a través de sus efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Este último tiene una función Nutricional en la que sirve como una fuente de N, P y S para el crecimiento de las plantas. Función biológica, afecta profundamente la actividad de la microflora y la micro fauna. Función física, promueve una buena estructura, mejorando las labores de labranza, aireación y la retención de humedad (Chang y Goldsby, 2013).

Geo terapia. Procedimiento terapéutico que emplea las tierras medicinales (T.M.) para la prevención, alivio o curación de determinadas patologías desde tiempo inmemorial. (Organización Mundial de la Salud, 1978).

Potencial de hidrogeniones (pH). Es una unidad de medida que sirve para establecer el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia. Se expresa como el logaritmo negativo de base de 10 en la actividad de iones de hidrógeno. Cuando se obtiene mediante una medida de pH que un

producto, sustancia o elemento es ácido, quiere decir que posee una alta o baja cantidad de iones de hidrógeno (dependiendo del nivel). Por su parte, que la medición arroje que una sustancia es alcalina (base), significa que no cuenta con estas concentraciones de iones de hidrógeno. Por lo tanto el pH no es más que el indicador del potencial de hidrógenos (Chang y Goldsby, 2013).

Tamaño de partícula. Es cualquier parte o cuerpo muy pequeño de algo. Entre los ejemplos de partículas que podemos dar se encuentran los granos minerales y las partículas subatómicas. El tamaño del grano o partícula puede ir desde lo más pequeño, como ser unos pocos nanómetros, hasta varios milímetros, pero nunca se excede de esta media (Chang y Goldsby, 2013).

Microscopio electrónico de barrido. Técnica de microscopía electrónica capaz de producir imágenes de alta resolución de la superficie de una muestra utilizando las interacciones electrón – materia, para lo cual utiliza un haz de electrones en lugar de un haz de luz para formar una imagen, este haz de electrones viajan a través del cañón y barren la superficie de la muestra a analizar, y en respuesta remite partículas que son analizadas por los diferentes sensores que hacen que sea posible la reconstrucción de una imagen tridimensional de la superficie (Piqueras y Faura, 1980).

Sedimentación. Proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el, que se encuentran en su seno en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad. Las impurezas naturales pueden encontrarse en las aguas según tres estados de suspensión en función del diámetro.

Éstos son: a) Suspensiones hasta diámetros de 10^{-4} cm., b) Coloides entre 10^{-4} y 10^{-6} cm. y c) Soluciones para diámetros aún menores de 10^{-6} cm. Estos tres estados de dispersión dan igual lugar a tres procedimientos distintos para eliminar las impurezas. El primero destinado a eliminar las de diámetros mayores de 10^{-4} cm. constituye la "sedimentación simple" Pérez (2005).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

El estudio de investigación se realizó en tres etapas: a) Caracterización y ubicación de las áreas de estudio, b) fase de campo, en la cual se hizo el acopio de las muestras en las cuatro zonas designadas para el estudio, específicamente de los mismos lugares donde se producen estos recursos minerales, conjuntamente se hizo el levantamiento de la información mediante la aplicación de encuestas sobre el nivel de conocimiento de los consumidores y comercializadores a cerca de las arcillas comestibles. Los estudios de encuesta son un tipo de estudio descriptivo y, por lo tanto, su objetivo será el de ayudar a describir un fenómeno dado, y también son eficientes para obtener un primer contacto con la realidad a investigar o para estudios exploratorios (Gonzales, *et al.* 2009). c) Fase de laboratorio, para el análisis y caracterización de elementos químicos, materia orgánica, pH, tamaño de partícula, aspecto y color se utilizó los ambientes de laboratorios y el Mega Laboratorio de Investigación y Calidad Ambiental de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, donde existe la necesidad que haya dos grupos como mínimo para establecer comparaciones (condición experimental); este método implica comparar el efecto de una

condición entre dos grupos o más (Arquero, *et al.* 2009). La metodología de la investigación respondió a combinar la reflexión racional o momento racional (la formación de hipótesis y la deducción) con la observación de la realidad o momento empírico (la observación y la verificación), Hernández *et al.* 2006.

3.1 CARACTERIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO.

3.1.1 Caracterización del área de estudio

El clima del altiplano de la región Puno es semi-seco y frío, abarca cuatro sub-tipos térmicos: Sub-tipo Climático "A", Sub-tipo Climático "B", Sub-tipo Climático "C" y Sub-tipo Climático "D" (ONERN, 2005), análogamente, corresponden a los pisos altitudinales Montano, Sub-alpino, Alpino y Nival de las zonas de vida del mundo (Holdridge, 1982). La temperatura promedio anual oscila entre 10.3°C y 3.6°C, precipitación pluvial promedio anual es de 714 mm. y la altitud está comprendida entre los 3,812 a más de 4,100 m.s.n.m. (ONERN, 2005).

Fisiogeográficamente abarca tres unidades geomorfológicas: área de la cordillera accidental, área del altiplano y área de la cordillera oriental (ONERN, 2005), por cuya razón, predomina rocas ígneas extrusivas/volcánicas, terrazas fluvial aluviales y aluvionamiento, rocas metamórficas sedimentarias. El suelo y subsuelo está ligada a la composición petrográfica de las rocas y factores de edafización, es decir, son suelos residuales profundos y actualmente están en un proceso de erosión moderada

(Holdridge, 1982).

Ubicación del área de estudio.

La tabla 8, y la Figura 3, muestran las localidades y ubicaciones geográficas de las áreas de estudio en la Región Puno. El reconocimiento de las áreas de trabajo se hizo al final de la época lluviosa y al comenzar la época de estiaje (abril -agosto), habiéndose elegido cuatro zonas de estudio.

Tabla 8. Ubicación geográfica de las zonas de estudio.

Localidad:	Ubicación geográfica			Sub Tipo Climático
	Altitud	Latitud Sur	Longitud Oeste	
Azángaro	3,859 msnm	14°54'35"	70°11'50"	B
Tiquillaca	3,958 msnm	15°47'51"	70°11'22"	B
Acora	3,960 msnm	15° 58' 30"	69° 48' 15"	D
Asillo	3,913 msnm	14° 47' 34"	70° 21' 22"	C

Fuente: Holdrige (1982).

3.2 FASE DE CAMPO

3.2.1 Acopio de muestras de arcillas comestibles (*Cha'qo*)

Se realizó el acopio de muestras de arcillas comestibles provenientes de cuatro zonas consideradas como representativas de la región de Puno, acopiados desde los yacimientos rurales donde se producen estos insumos comestibles, existiendo mucha reserva de parte de los productores para tener acceso a los lugares, por cuanto lo consideran como yacimientos privados, en donde en muchos casos tienen acceso los miembros de la comunidad a la que pertenecen, y algunos familiares.

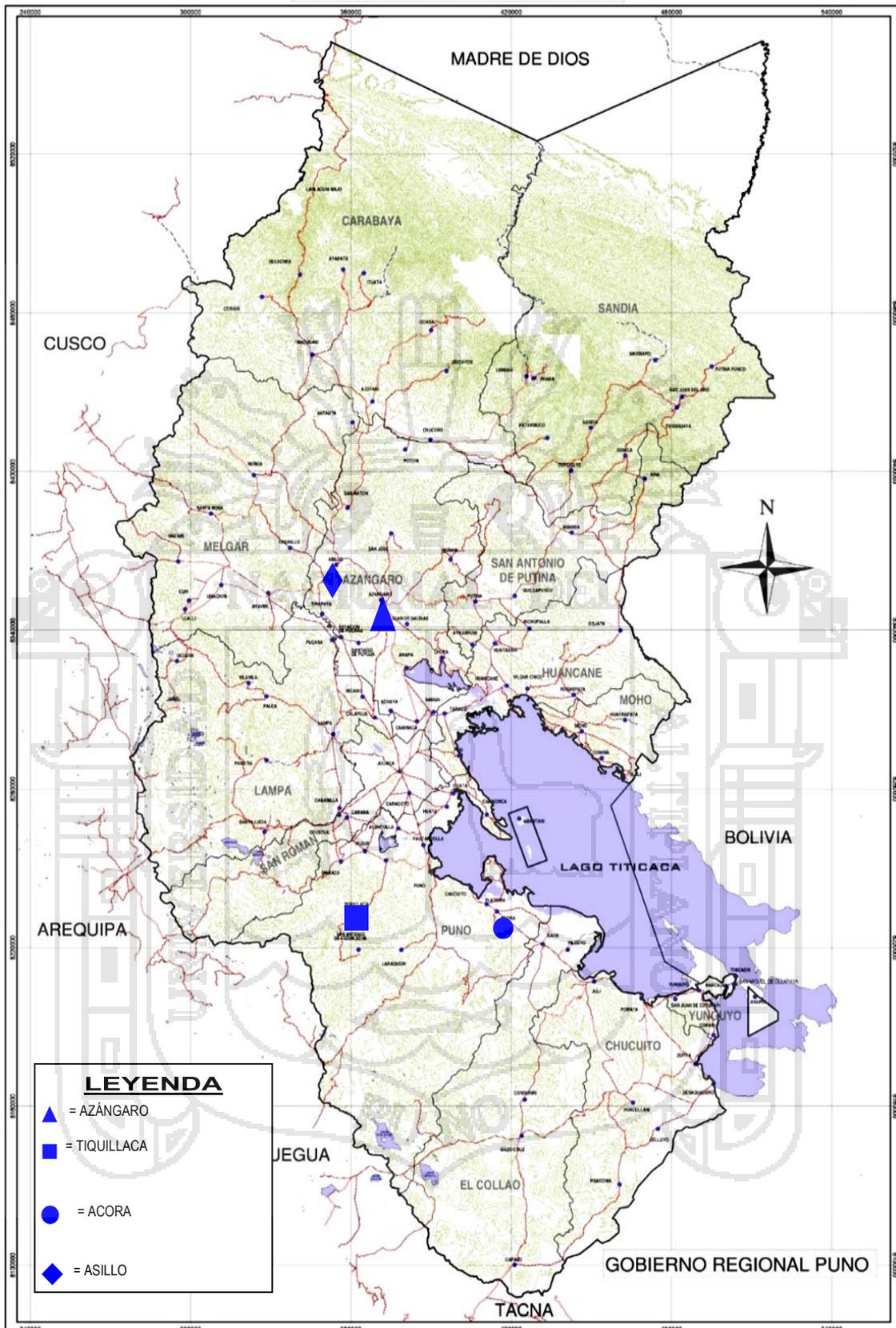


Figura 3. Ubicación de las zonas de estudio en la región Puno.

Fuente: ONERN (2005).

Yacimiento de Azángaro (Provincia de Azángaro).

Ubicado en la comunidad de San Martín, a unos 15 km de la ciudad de Azángaro y tiene un extensión de 6 hectáreas aproximadamente.

Yacimiento de Tiquillaca (Provincia de Puno)

El distrito de Tiquillaca se encuentra a 25 km de la ciudad de Puno, y el yacimiento se encuentra ubicado a 3 km al sur este del distrito. Tiene una extensión de 0.5 hectáreas aproximadamente. El yacimiento presenta tres socavones grandes y la arcilla se encuentra de 3 a 4 m de profundidad. Por encima de la arcilla comestible existen otras arcillas de menor calidad (abundantes impurezas), algunas son de color blanco y no son utilizadas para consumo, se utilizan para pintar las casas de barro, como pintura base.

La muestra de arcilla es de color gris y de tonalidad con tendencia al amarillo, presenta pocas impurezas, en el aspecto general tiene una similitud a la arcilla de la zona de Acora.

Yacimiento de Acora (Provincia de Puno)

Este yacimiento se encuentra en la Comunidad de Mocaraya y está dividido por la carretera Puno – Desaguadero en el km 44 (yacimiento A y B). Presenta una extensión aproximada de 25 hectáreas y la arcilla se encuentra formando una capa de 30 a 40 cm y a unos 2 m de profundidad aproximadamente. Existen abundantes excavaciones cerradas realizadas con anterioridad y excavaciones abiertas, de donde se extraen en la actualidad.

En este yacimiento, la arcilla presenta un color gris oscuro y en la superficie de la arcilla natural, se observa algunas manchas de tonalidad amarillas.

Yacimiento de Asillo (Provincia de Azángaro)

Dicho yacimiento se encuentra ubicado en la comunidad de Catawicuchu, a unos 5 km del distrito de Asillo. Presenta una extensión aproximada de 2 hectáreas. La arcilla se encuentra formando una capa de 50 cm a unos 4 m de profundidad aproximadamente. Las excavaciones normalmente están cerradas, debido a que solo se realiza la extracción durante la semana santa. Una particularidad observada es que después de cerrar la excavación colocan piedras sobre la entrada.

3.2.2 Determinación del grado de conocimiento de consumidores y comercializadores sobre las arcillas comestibles

Las personas consideradas como consumidores y comercializadores para este estudio, estuvo constituida por una población heterogénea que pertenecen a grupos étnicos diferenciados por el idioma materno quechua y aimara, de ambos géneros y diferentes edades.

Consumidores: La población que se consideró para tal fin son personas que tienen como residencia habitual en las capitales más pobladas de la región, caso de Juliaca y Puno.

Comercializadores: Se consideró, aquellos pobladores dedicados a la comercialización de estas arcillas comestibles y que habitan cerca de los lugares de procedencia de la zona respectiva, considerando que los

lugares de mayor expendio de este recurso mineral son Juliaca y Puno mayoritariamente, Azángaro, Acora y Tiquillaca en un segundo orden.

Lugares donde se aplicó las encuestas a los consumidores: a) Distrito de Juliaca, Provincia de San Román, considerado como la capital más comercial y económicamente representativa, se expresa en que tiene las ferias más concurridas como son la denominada como “dominical”, que se realiza en el barrio las Mercedes y en la salida al Cusco, y la otra feria denominada como “San José” ubicada en el barrio del mismo nombre, Mercado de Santa Bárbara ubicado en el barrio del mismo nombre.; b) Distrito de Puno, que tiene una feria denominada como “sabatina”, que se realiza cada sábado en la avenida Simón Bolívar, específicamente en el mercado Unión y Dignidad, Mercados Central, Laykakota y Bellavista.

3.2.3 Procedimiento para determinar el grado de conocimiento de consumidores y comercializadores

a) Definición de los objetivos de la encuesta, donde se determinó los objetivos de las preguntas más relevantes para obtener una adecuada información de los consumidores y comercializadores:

- Obj. 1: Composición química y color de las arcillas comestibles.
- Obj. 2: Como y para que enfermedades o males lo utilizan.
- Obj. 3: Lugar y frecuencia de consumo.
- Obj. 4: Se curó de sus males, precio del *cha'qo*.
- Obj. 5: Presencia de Impurezas y que hace con ellas.

- Obj.6: Disponibilidad para consumir *Cha'qo* purificado, presentación y precio.
 - Obj.7: Ciudades y grupos etarios que demandan el *Cha'qo*,
- b) Determinación del tamaño de la muestra: Por Conveniencia – Discrecional (A criterio del investigador los elementos son elegidos sobre lo que él cree que pueden aportar al estudio). Se aplicó el instrumento de la encuesta a personas que asisten a las ferias y mercados de los cuatro Distritos que fueron considerados para el estudio de investigación.
- c) Diseño de la encuesta: Tiene como propósito fundamental indagar ¿Qué información se desea, y por qué?, en base a los objetivos de la encuesta, mediante interrogantes simples y puntuales, tal como se muestra en los anexos 1 y 2.
- d) Aplicación de la encuesta: Una vez diseñado y validado la encuesta, se procedió a copiar la información. Estableciendo el o los lugares donde se realizara la encuesta, el número de personas encuestadas (tamaño de muestra) y la cantidad de encuestadores que se requirió en función al número de encuestas que se aplicaron. La aplicación de la encuesta fue directa y presencial con los consumidores y comercializadores.
- e) Procesamiento de la información recopilada: Luego de aplicadas las encuestas se ordenaron, clasificaron y procesaron los

resultados obtenidos, haciendo uso de una hoja de cálculo Excel donde van expresados las variables de las encuestas.

- f) Análisis de los resultados: Para el análisis e interpretación de resultados, los datos fueron ingresados Programa Estadístico SPSS (versión 2002).

3.2.4 Del método estadístico

Una vez recogidos los datos, se procedió a la clasificación y tabulación de la información, mediante el programa Microsoft Office Excel (versión 2013), para luego ser analizados con la ayuda del Programa Estadístico SPSS (versión 2002),

3.3 FASE DE LABORATORIO

3.3.1 Determinación de la composición química de las arcillas comestibles (*Cha'qo*)

Se evaluó la composición química de las arcillas comestibles en dos estados: *natural* y *purificado*, con la finalidad de observar las diferencias entre ambos estados. La purificación de las arcillas demandó procedimientos adicionales basados en técnicas de decantación y sedimentación simultáneamente.

3.3.1.1. Purificación de las arcillas comestibles

El objetivo del proceso de purificación es el de eliminar elementos no deseables contenidos en las arcillas en estado natural o nativas, como restos de tierra, arena, restos de vegetales, pastos secos, entre otros.

Mediante la *técnica de sedimentación por gravedad*, se utilizó los siguientes materiales: 3 baldes de plástico transparentes de 8 lt de capacidad, adaptados con un caño en la parte superior media y otro caño en la parte inferior, 2 baldes de plástico transparente, probetas de 1000 ml, balanza analítica de precisión de 3 dígitos, baguetas, placas Petri.

Fundamento: Corresponde al método de separación mecánica aplicable en mezclas heterogéneas, tiene su fundamento en las diferencias físicas entre las partículas, tales como el tamaño, forma y densidad. Se aplican para separar líquidos de líquidos, sólidos de gases, líquidos de gases, sólidos de sólidos y sólidos de líquidos. La técnica corresponde al proceso de sedimentación por gravedad, en este caso existen partículas sólidas gruesas mayores a 325 micras (Pérez, 2005). Las muestras acopiadas de los yacimientos, algunas con humedad hasta del 85 % fueron secadas al medio ambiente y bajo techo de vidrio, a una temperatura promedio de 35 °C, durante 72 horas, en los ambientes del Mega laboratorio de investigación y calidad ambiental de la Universidad Nacional del Altiplano.

Procedimiento:

- a) Se dispusieron tres recipientes de plástico de 8 lt de capacidad, adaptados con 2 caños, superior e inferior, dispuestos y ordenados del 1 al 3.

- b) Se pesó 525 g de la muestra de arcilla, para luego disolverlo lentamente hasta completar con 7 litros de agua bidestilada contenidos en el recipiente de plástico transparente con dos piletas,

una ubicada en la parte superior media y la otra en la parte inferior del balde. (ver figura 3 de anexos).

- c) Se procedió a la homogenización completa de la arcilla en el agua bi destilada del balde de plástico.
- d) Luego de 15 minutos de haber sedimentado la arcilla, se abre el caño inferior que permite separar:
 - El sedimento que contiene partículas gruesas como arena y otros restos que alcanzan el fondo del recipiente para luego retirarlos.
 - El líquido sobrenadante en suspensión que es colectado por el caño de la parte media del recipiente que contiene partículas más puras de la arcilla.
- e) Este líquido sobrenadante es sometido al mismo procedimiento de sedimentación por gravedad, por 3 veces, cada uno de 15 minutos, hasta obtener un líquido sobrenadante purificado y apto para el siguiente proceso.
- f) Finalmente se obtuvo 4 muestras líquidas en suspensión purificados y listos para el siguiente proceso.

3.3.1.2. Preparación de las muestras de arcilla para su observación en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)

- a) Muestras naturales:
 - Las 4 muestras naturales se procedieron a triturar en un molino para granos.

- Se tamizó y homogenizó la muestra en el tamiz de malla N° 80, a un tamaño de partícula de 180 μ , para posteriormente ser secadas en un horno a 60 °C por un tiempo de 24 horas.
 - Se pesó 5g de muestra, de las cuales se obtuvieron 4 pellets circulares de 3 g de peso, 1 cm de diámetro y 1 a 2 mm de espesor.
- b) Muestras Purificadas:
- En una placa Petri se tomó 200 ml de la muestra líquida purificada.
 - La placa con la muestra fue secada bajo techo de vidrio a una temperatura de 35 °C por un tiempo de 5 días en promedio, hasta que se forma una lámina delgada de 1 a 2 mm de espesor.
 - De la misma placa Petri se tomó un raspado en forma de pellet circular de 3 g de peso, de 1 cm de diámetro para colocarlo en la porta muestras del MEB, para su observación posterior (ver figura 4 de anexos).

3.3.1.3. Observación de las muestras de arcilla en el MEB

- a) Las 8 muestras de arcillas preparadas (4 naturales y 4 purificadas), fueron colocadas en sus respectivos porta muestras, luego del cual transcurren 24 horas con el fin de promover un medio vacío en el MEB.
- b) Se procedió a la observación y el análisis de cada muestra en el MEB (Ver figura 6, anexos).

- c) Para la observación de cada muestra de arcilla se visualizó 5 tomas por muestra en diferentes zonas del área circular, tal como se muestra en la figura 5 (anexos).
- d) En las pantallas LED del MEB, se visualizaron inmediatamente imágenes, difracto gramas y la composición de elementos químicos de cada muestra.

3.3.2 Determinación de la materia orgánica total

Para cuantificar directamente el contenido de materia orgánica total (MOT), se hizo mediante el *método de calcinación o pérdida por ignición* (Schulte & Hopkings), y se basa en determinar la pérdida de peso de una muestra de suelo al someterla a elevadas temperaturas. El ambiente donde se determinó la MOT fue el Laboratorio de Nutrición, perteneciente a la E.P. de Medicina Veterinaria y Zootecnia, utilizándose como equipos la Mufla thermolyne de 650 °C, balanza de precisión de 4 dígitos Boeco; materiales: crisoles de porcelana de 20 ml de capacidad, espátula.

Procedimiento:

- a) Se pesaron 3 g de arcilla con tamaño de partícula de 75 μ , en crisoles de 20 ml.
- b) Los crisoles con la muestra fueron colocados en la mufla a 600 °C durante 24 h.
- c) Luego del cual las muestras fueron enfriadas en un desecador, para luego registrar el peso de la arcilla calcinada.

- d) Se realizaron los cálculos correspondientes para la determinación de la MOT.

3.3.3 Determinación del potencial de hidrogeniones (pH)

Se realizó en el laboratorio de Análisis de Agua y Suelos de la Facultad de Ingeniería Agronómica. Utilizándose los siguientes materiales: un peachimetro digital Marca Water Proof, modelo pH test 10, balanza analítica de precisión de 3 dígitos, buretas graduadas, vasos descartables para la preparación de las soluciones, agitadores de vidrio. Para las arcillas naturales y purificadas se realizó tres repeticiones del pH a una temperatura promedio de 20 °C.

Procedimiento:

- a) Pesar 10 g de arcilla.
- b) Medir 25 ml de agua bidestilada.
- c) Mezclar hasta lograr una solución completamente homogenizada.
- d) Realizar la lectura del pH.

3.3.4 Determinación de tamaño de partícula

Se realizó en el laboratorio de Ciencias Básicas de la Escuela Profesional de Ingeniería Química, en la cual se utilizó un juego de tamices N° 40, 60, 70, 80 y 200 mesh (hilos/pulgada), balanza analítica de precisión de 3 dígitos marca Sartorius modelo CP 323 S, horno, molidora de granos, cepillo.

Procedimiento:

De las 8 muestras de arcilla tanto en estado natural y purificado, se obtiene una muestra representativa que fue secada en el horno a una temperatura de 60 °C durante 24 horas.

- En una moladora de granos se redujo las muestras a tamaño de partículas elementales y homogéneas.
- Las arcillas identificadas y reducidas, se emplearon para realizar la granulometría gruesa a fina, vertiendo las muestras a través de una serie de tamices ordenados de menor a mayor número de hilos/pulgada (N° 40, 60, 70, 80 y 200), colocando al final el receptáculo denominado fondo.
- Se encendió el sistema de agitadores mecánicos durante 5 minutos por cada muestra.
- Se colectó el material retenido en cada tamiz asegurándonos manualmente de que las partículas hayan sido retenidas en el tamiz correspondiente. Figura 7 (Anexos).
- Se pesó el material retenido en cada tamiz, en forma individual, para realizar el cálculo de porcentaje retenido de cada muestra y establecer la relación del tamaño de partícula equivalente en micras que se lee en cada tamiz.

3.3.5 Determinación del aspecto y color de las arcillas

Realizado en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la E.P. de Ingeniería Agronómica, utilizándose básicamente la Tabla de Color de Munsell (1975), cuya lectura e interpretación se basa en que los colores tienen tres cualidades o atributos: Matiz, intensidad y croma. Los mismos que se muestran en la el siguiente recuadro de codificación:

5 Y 7/1
GRIS CLARO

Leyenda:

5Y = matiz, es una medida de la composición cromática de la luz que llega al ojo, establece el color dominante del suelo.

7 = claridad, define el grado de oscuridad del color en términos de cantidad de blanco o negro que él tenga, en relación con una escala de grises; es una medida de la cantidad de luz que llega al ojo bajo condiciones de estándares de iluminación.

1 = pureza, indica la magnitud de dilución que tiene el color, debido a la presencia de colores grises.

Se procedió colocando una muestra de las arcillas comestibles en los agujeros que tienen adjunto el color que tiene que ser relacionado por la similitud del color de la arcilla. Figura 8 (anexos).

3.3.6 Método estadístico

Los resultados de las variables como composición química, materia orgánica total, potencial de hidrogeniones, granulometría y color, fueron analizados mediante pruebas de tendencia central, de dispersión y de proporción (%). La comparación de medias e interpretación de los resultados se hizo mediante el programa estadístico Info Stat, 2015. Universidad Nacional de Córdoba. Versión: 2015 I. [www. Infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar)



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS (ELEMENTOS QUÍMICOS, MATERIA ORGÁNICA, PH, GRANULOMETRÍA Y COLOR), DE ARCILLAS NATURALES Y PURIFICADAS

La purificación de las arcillas permitió observar variaciones en su composición química, con respecto de las arcillas comestibles naturales. Es así que el Carbono, Calcio y Wolframio mostraron un incremento en la composición de las arcillas purificadas ($P < 0.05$).

Estos resultados muestran que con el proceso de purificación existen elementos que aumentan y disminuyen indistintamente en su composición química. Un hecho a destacar es el Silicio (Si), que incrementa en un 0.59% cuando se purifica, este hecho nos permite aprovechar las propiedades terapéuticas y benéficas para la salud humana (Domínguez, 2001).

Tabla 9. Composición química de las arcillas naturales y purificadas en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.

Arcilla	O	Si	Fe	Al	Mg	K	C	F	Br	Ca	W
Natural	52.50±5.62	23.71±3.24	6.72±2.13	5.65±3.51	1.16±0.12	2.00±0.94	1.13±0.24	5.76±0.41	14.64±2.31	0.72±0.12	4.21±0.68
Purificada	51.73±9.37	24.30±5.14	7.10±1.89	3.65±3.26	0.93±0.33	2.08±0.61	1.62±1.42	5.21±2.60	13.38±4.63	1.00±0.13	6.23±0.36
Probabilidad	0.586	0.408	0.287	0.175	0.147	0.343	0.001	0.408	0.262	0.001	0.001

Fuente: Elaboración en base a resultados en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).

De los resultados obtenidos en la tabla 9, existen particularidades como lo observado en el Hierro purificado (7.10 %); que son superiores a los encontrados por Domínguez (2011) 5.65 %, Delgadillo *et al.* (2006) 5.12 %, Cruz (1988) 4.29%, lo que explica que el proceso de purificación, ha resultado ser efectivo para mejorar su presencia de este elemento en estas arcillas, por tanto sería beneficioso para la salud de las personas. El Hierro es un mineral requerido por el organismo, al igual que el Calcio, Magnesio, Sílicio y Potasio que, en la alimentación habitual faltan muy a menudo. Es conocido que el hierro forma la molécula de hemoglobina contribuyendo a la formación de glóbulos rojos en la sangre, favorece la circulación y oxigenación del organismo e interviene en la generación de energía (Langreo, 2000).

Respecto del elemento químico Carbono, se incrementa en 0.49 % cuando se purifican las arcillas naturales, dichos resultados coinciden con el aumento de la materia orgánica total que se determinó por el método de ignición (calcinado en mufla a 650° C), este incremento fue de 3.01 % cuando las arcillas fueron purificadas.

Un hecho a destacar es que uno de los elementos más regulares y que se presenta en todas las muestras de arcilla, y no deja de faltar en cada una de las 5 visualizaciones que se hicieron en el MEB, y que existe en mayor porcentaje es el silicio (Si), y la presencia del resto de elementos es variable, corroborado por todos los autores que hicieron el análisis químico. Es así que Ramírez (2012), reportó este elemento químico en Ayacucho en tres yacimientos de Quicapata (89%), Tambillo (85%) y Moya (70%). Domínguez (2011) considera al silicio uno de los elementos

más representativos de las arcillas por atribuírsele propiedades benéficas para el organismo.

En el análisis realizado en el MEB se observó que algunos elementos no fueron detectados regularmente en las arcillas naturales, sin embargo con el procedimiento de purificación fueron visualizados, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10. Composición química de arcillas nativas y purificadas en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.

Arcilla	In	Ta	Ti	Na	I
Natural	0.0	5.39	0.82	0.0	0.0
Purificado	2.17	10.22	0.95	1.53	6.61

Fuente: Elaboración en base a resultados en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).

La tabla 10, muestra resultados atípicos de la composición química de las arcillas naturales y purificadas, que no han sido visualizados regularmente en el MEB, tal es el caso del Indio (In), que en la arcilla nativa no tiene presencia, pero si en la arcilla purificada. Es necesario destacar el incremento en la composición de los cinco elementos químicos cuando estos son purificados, lo que se evidencia más con el Tántalo que incrementa en 4.83%, el Yodo (I) en 6.61 %. También se observa que elementos químicos con mayor masa atómica relativa; Indio: 115, Tántalo: 181 y Yodo: 127 (Tabla periódica de elementos), son los que registraron un mayor incremento, cuando estas arcillas son purificadas.

Tabla 11. Composición química de arcillas comestibles en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.

Zona	O	Si	Al	K	C	Br	Ca
Azangaro	58.70±9.10 ^c	21.31±4.75 ^a	6.60±3.32 ^b	1.85±0.35 ^b	1.48±0.53 ^b	10.36±3.19 ^a	0.74±0.09 ^a
Tiquillaca	52.39±6.59 ^b	24.23±4.07 ^b	4.32±3.29 ^b	1.46±0.59 ^a	3.29±1.73 ^c	13.48±0.80 ^b	0.89±0.17 ^b
Acora	51.29±5.64 ^b	22.12±1.98 ^a	5.12±2.94 ^b	1.70±0.38 ^{ab}	0.84±0.24 ^a	15.60±3.63 ^c	0.93±0.18 ^b
Asillo	46.08±2.26 ^a	28.35±1.50 ^c	1.23±1.26 ^a	3.15±0.39 ^c	0.96±0.51 ^a	16.96±0.88 ^c	0.71±0.14 ^a
Probabilidad	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004

Medias en la misma columna con letras diferentes, son estadísticamente diferentes a la prueba Tukey ($P < 0.05$).

Fuente: Elaboración en base a resultados en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).

En la tabla 11, es evidente que la composición química de los elementos respecto de la zona de estudio son significativamente diferentes ($P < 0.05$), observándose que el mayor contenido de Oxígeno 58.70%, y de Aluminio 6.60 % se encuentran en la arcilla de Azángaro, otro resultado similar se observa en la arcilla de Asillo, que tiene tres elementos químicos con el más alto porcentaje de Silicio 28.35%, Potasio 3.15 % y Bromo 16.96%. El carbono de Tiquillaca 16.96% y el calcio de Acora 0.93% son los de mayor contenido, en comparación a las otras arcillas. El aluminio se presenta como un compuesto de hidroxisilicato de magnesio y aluminio, y otros elementos, estructuralmente se compone por una capa central aluminio y magnesio coordinados octaédricamente, rodeados de dos capas de silicio, que corresponde a la estructura de las Montmorillonita (Tuesta, 2003). Es preciso destacar las propiedades del silicio, sobre el particular, Langreo (2000), menciona que la arcilla aporta

silicio como agente remineralizador y antitóxico, importante en los sistemas óseo, vascular, nervioso y respiratorio, actúa sobre las fibras elásticas y en la regeneración de los tendones y la piel. El Silicio es parte de la pared celular de las diatomeas denominada como sílice oparina polimerizada (Ramírez, 2012).

En la siguiente tabla se observa que algunos elementos químicos no fueron detectados regularmente en el microscopio electrónico de barrido:

Tabla 12. Composición química de arcillas comestibles en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.

Zona	Fe	Mg	F	Ta	In	Na	Ti	W	I
Azangaro	9.82 ^c	1.07	6.41	-	-	-	-	-	-
Tiquillaca	11.84 ^d	0.93	-	-	-	-	-	-	-
Acora	8.58 ^b	1.07	-	-	-	-	-	-	-
Asillo	5.01 ^a	1.07	2.73	-	-	-	-	5.61	-
Probabilidad	0.001	0.871	0.099	--	--	--	--	--	--

Fuente: elaboración en base a resultados en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).

La tabla 12, nos muestra como el Hierro de Tiquillaca, tiene diferencia significativa ($P < 0.05$) en comparación a las otras zonas de estudio, lo contrario ocurre con el resto de elementos, además de no haberse visualizado regularmente en las diferentes tomas que se hicieron en el MEB. Es importante la presencia de Fluor en las arcillas de Azángaro y Asillo, mas no en las otras zonas. El hierro es el componente esencial de la Hemoglobina de la sangre, que hace posible la fijación y liberación del Oxígeno de la Respiración. De ahí que su principal acción sea su efecto

Antianémico, aunque también favorece el Tránsito Intestinal (Dominguez, 2001).

Tabla 13. Interacción entre tratamiento y zona respecto de la composición química de arcillas comestibles naturales y purificadas en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.

Arcilla	Zona	o	si	al	k	c
Natural	Azángaro	52.11±4.10 ^b	25.10±3.42 ^{cd}	9.19±0.69 ^c	2.15±0.18 ^d	1.37±0.19 ^{ab}
	Tiquillaca	58.45±2.03 ^c	21.28±1.19 ^b	6.17±1.57 ^{bc}	1.06±0.08 ^a	1.18±0.15 ^{ab}
	Acora	53.39±4.72 ^{bc}	21.15±0.73 ^b	3.42±0.35 ^{ab}	1.37±0.05 ^{ab}	1.04±0.16 ^{ab}
	Asillo	46.04±3.07 ^a	27.31±1.42 ^{de}	1.15±0.08 ^a	3.42±0.21 ^f	0.84±0.24 ^a
Purificada	Azángaro	65.28±7.84 ^d	17.53±1.82 ^a	4.01±2.60 ^{ab}	1.55±0.11 ^{bc}	1.59±0.71 ^b
	Tiquillaca	46.34±1.37 ^a	27.19±3.75 ^{de}	2.46±3.35 ^a	1.87±0.60 ^{cd}	5.40±0.50 ^c
	Acora	49.19±6.19 ^{ab}	23.09±2.44 ^{bc}	6.82±2.90 ^{bc}	2.03±0.23 ^d	0.63±0.08 ^a
	Asillo	46.12±1.43 ^a	29.39±0.62 ^e	1.31±1.66 ^a	2.88±0.34 ^e	1.07±0.75 ^{ab}
Probabilidad		0.001	0.001	0.025	0.001	0.001

Medias en la misma columna con letras diferentes, son estadísticamente diferentes a la prueba Tukey ($P < 0.05$).

Fuente: Elaboración en base a resultados en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).

La interacción entre tratamientos y zonas entre las arcillas de los 4 distritos muestran diferencia significativa ($P < 0.05$). Otro aspecto a observar es el incremento significativo que han tenido varios elementos como consecuencia de este proceso de purificación, tal es el caso del oxígeno de Azángaro, El silicio de (Tiquillaca, Acora y Asillo), el aluminio de Acora, el potasio de (Tiquillaca y Acora) y el carbono de (Azángaro y Tiquillaca); en resumen podríamos afirmar que son las arcillas que han respondido

mejor al proceso de purificación. Sin embargo Quispe *et.al.*(2005), en el estudio de caracterización estructural del *Cha'qo*, en comunidades campesinas de Puno y Cusco, encontró 59% de SiO₂, y 20.40 % de Aluminio y 4.3 % de Potasio, valores que son más altos que los encontrado en arcillas purificadas. Observando estos resultados y considerando las propiedades benéficas de estos elementos, y a las que hacen mención la mayoría de autores, podemos afirmar que es necesario realizar la purificación de las arcillas a fin de mejorar a futuro el consumo de este recurso alimenticio mineral, cumpliendo con los requisitos legales, ambientales, ecológicos y de bienestar de las personas.

Tabla 14. Composición química de arcillas comestibles naturales y purificadas por tratamiento y zona, en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.

Arcillas	Zona	Fe	Mg	F	Br	Ta	In	Ca	Ti	W
Natural	Azángaro	7.28	1.24	5.76	13.92	5.39	-	0.63	0.82	-
	Tiquillaca	-	1.07	-	13.81	-	-	0.75	-	3.47
	Acora	9.32	1.10	-	13.41	-	-	0.80	-	4.18
	Asillo	4.42	-	-	16.85	-	-	0.57	-	4.98
Purificada	Azángaro	12.36	0.91	7.05	6.79	-	--	--	--	-
	Tiquillaca	6.52	0.78	-	13.16	9.52	2.17	1.03	0.99	-
	Acora	7.85	1.04	-	17.80	10.91	-	1.05	-	-
	Asillo	5.59	0.95	3.37	17.07	-	-	0.84	0.91	6.23

Fuente: Elaboración en base a resultados en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).

La tabla 14, muestra la composición química de elementos que no se han visualizado regularmente en el MEB, caso del Indio que no aparece en la arcilla natural, pero al purificarlo solo aparece en la muestra de Tiquillaca.

Es pertinente destacar el incremento que han tenido el Hierro de Azángaro y Tiquillaca, el Magnesio de Asillo, el Flúor de Azángaro y Asillo, el Bromo de Acora y el Wolframio de Asillo. Al igual que en los resultados del cuadro anterior, si son purificados mejoraran para su consumo. Un caso particular se presenta con el incremento del elemento Flúor en la arcilla de Azángaro; y en la de Asillo si bien es cierto no aparece en el estado natural, pero si lo hace cuando se purifica.

Tabla 15. Materia orgánica total (M.O.) y potencial de hidrogeniones (pH) de arcillas comestibles naturales y purificadas – 2016.

Arcillas	M.O.	pH
Natural	6.58 ± 1.13 ^b	6.59 ± 0.41
Purificada	9.59 ± 1.48 ^a	6.66 ± 0.72
Probabilidad.	0.001	0.731

Medias en la misma columna con letras diferentes, son estadísticamente diferentes a la prueba Tukey (P<0.05)

Fuente: Elaboración en base a resultados en Laboratorios de Nutrición y Agua - Suelos.

La materia orgánica total se incrementó con el proceso de purificación (P<0.05), Las propiedades químicas y coloidales de la materia orgánica del suelo pueden ser estudiada solo en el estado libre, cuando está separada de los compuestos inorgánicos del suelo, así la primera tarea en investigación es separar la materia orgánica de la matriz inorgánica: de la arena, limo y arcilla (Silva *et al.* 1992), además la materia orgánica y la arcilla son los componentes del suelo que más a menudo están implicados en la absorción de pesticidas.. La determinación de materia orgánica total

tiene bastante relación con el incremento del Carbono encontrado en el análisis del Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). En tanto que el pH no muestra diferencia significativa ($P > 0.05$), existiendo una tendencia al pH neutro en las arcillas naturales y purificadas.

Tabla 16. Materia orgánica total y potencial de hidrogeniones de arcillas comestibles naturales y purificadas en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.

.Zona	M.O.	pH
Azángaro	7.00 ± 1.79^a	6.79 ± 0.82
Tiquillaca	10.18 ± 2.12^c	6.96 ± 0.29
Acora	8.76 ± 1.33^b	6.38 ± 0.49
Asillo	7.00 ± 1.22^a	6.38 ± 0.45
Probabilidad.	0.001	0.103

Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente a la prueba Tukey ($P < 0.05$).

Fuente: Elaboración en base a resultados en Laboratorios de Nutrición y Agua - Suelos.

Observamos que la materia orgánica total de Tiquillaca (10.18 %) es superior a las demás arcillas, siendo este resultado significativo ($P < 0.05$). Este resultado corresponde al total de la materia orgánica de elementos como Carbono y Nitrógeno orgánico. Sin embargo adicionalmente se determinó el Carbono Orgánico Total (COT), mediante la técnica de Walkley & Black, obteniéndose 0.58% en las arcillas naturales y 0.57 % en las purificadas (Anexo 3), resultados que tienen relación con lo obtenido por Fernández (2013) quien reportó 0.056 % carbono orgánico

por combustión cuantitativa, y Aparicio (2002), en una arcilla procedente de Azángaro obtuvo 1.07 % de materia orgánica.

No existiendo diferencias significativas para el caso del pH. Al respecto Silva (1992), considera que el pH es muy variable, que van desde 5, 6 y 10 % y están relacionados a factores de formación del suelo como: tiempo, clima, vegetación, material madre, topografía.

Tabla 17. Interacción entre tratamiento y zona respecto de la materia orgánica total y potencial de hidrogeniones en cuatro distritos de la región de Puno – 2016.

Arcilla	Zona	MO	pH
Natural	Azángaro	5.43 ± 0.82 ^a	6.93 ± 0.15 ^c
	Tiquillaca	7.86 ± 0.06 ^{bc}	6.73 ± 0.06 ^{abc}
	Acora	7.54 ± 0.02 ^b	5.93 ± 0.06 ^a
	Asillo	5.89 ± 0.03 ^a	6.77 ± 0.12 ^{bc}
Purificada	Azángaro	8.56 ± 0.22 ^d	6.65 ± 1.26 ^{abc}
	Tiquillaca	11.73 ± 0.11 ^f	7.18 ± 0.25 ^c
	Acora	9.97 ± 0.11 ^e	6.82 ± 0.13 ^c
	Asillo	8.11 ± 0.14 ^{cd}	5.98 ± 0.19 ^{ab}
Probabilidad		0.003	0.031

Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente a la prueba Tukey (P<0.05)

Fuente: Elaboración en base a resultados en Laboratorios de Nutrición y Agua - Suelos.

Existe diferencia significativa (P<0.05), en la materia orgánica y pH de las arcillas naturales y purificadas de 4 distritos de la región de Puno. Es evidente este incremento de materia orgánica total cuando las arcillas son purificadas, las mismas que han aumentado en 3.87 % para el caso de Tiquillaca, Azángaro 3.13 %, Acora 2.43 % y Asillo 2.22 %, resultados

que nos hacen inferir que la arcilla de Tiquillaca responde mejor a los procesos de purificación. El pH disminuye y aumenta indistintamente cuando es purificado, caso del pH de Tiquillaca que en estado natural de un pH ligeramente ácido de 6.73, incrementa a un pH ligeramente alcalino de 7.18. Dichos resultados tienen similitud al pH promedio de 6.77, encontrado por Fernández (2013). Aparicio (2002) al realizar la evaluación de la arcilla *Ch'aqo* procedente de Azángaro sin indicar lugar de origen encontró un pH de 7.3; sin embargo las arcillas en sus dos estados por lo general tienden a la neutralidad, lo que explica Aranibar *et al.* (2007) y García *et al.* (2006), que las arcillas mantienen activo los distintos niveles de pH gástrico, intestinal y frente a distintas enzimas gástricas e intestinales.

Tabla 18. Tamaño de partícula en arcillas naturales y purificadas en cuatro distritos de la región Puno – 2016.

Malla N° Micras	%
40 (425)	42.28 ^c
60 (250)	26.81 ^b
70 (210)	9.51 ^a
80 (180)	8.70 ^a
200 (75)	12.71 ^a
Probabilidad	0.001

Tratamiento	Gramos
Natural	38.71
Purificado	17.97
Probabilidad.	0.001

Fuente: Elaboración en base a resultados en el laboratorio de Ciencias Básicas de la E. P. de Ingeniería Química.

El cuadro 18, muestra que el tamaño de partícula de 425 micras, es tamizado en la malla N° 40 (tamiz USTM), y esto corresponde al 42.28 %

de la muestra total tamizada, siendo totalmente diferente al tamaño de partícula de 75 micras tamizado en la malla N° 200. Observándose que el resultado de tamaño de partícula es significativo ($P < 0.05$). También es evidente la relación entre el N° de tamiz que es inversamente proporcional al tamaño de partícula.

Tabla 19. Color de arcillas comestibles (*cha'qo*) naturales y purificadas de cuatro zonas de la región de Puno – 2016.

Estado de la arcilla	Azángaro	Tiquillaca	Acora	Asillo
Natural	5y 7/1 GRIS CLARO	2.5 Y 7/2 GRIS CLARO	5Y 7/2 GRIS CLARO	2.5 Y 8/0 BLANCO
Purificada	2.5 Y 8/2 BLANCO	2.5 Y 6/2 GRIS PARDUZCO	2.5 Y 7/2 GRIS CLARO	2.5 Y 8/2 BLANCO

Fuente: Elaboración en base a lo observado en la tabla de Munsell.

La tabla 19, muestra una descripción cualitativa del aspecto de las arcillas naturales de Azángaro, Tiquillaca y Acora, que son de color gris claro, mientras que la de Asillo correspondió al color blanco. Las arcillas purificadas han tenido una variación para el caso de Azángaro que del gris claro ha cambiado al blanco; el de Tiquillaca del gris claro al gris parduzco, Las demás arcillas no han variado de su color original. Estos resultados tienen relación con la opinión de los consumidores, ya que en el cuadro 22, donde las arcillas comestibles de mayor preferencia en Puno son el gris claro y gris oscuro, mientras que en Juliaca el de mayor consumo es el blanco.

4.2 GRADO DE CONOCIMIENTO DE CONSUMIDORES DE ARCILLAS COMESTIBLES DEL ALTIPLANO

Los siguientes resultados corresponden a encuestas realizadas a los consumidores de las arcillas comestibles de las ciudades de Puno y Juliaca, por considerarlos los mercados de mayor población y movimiento económico en la región de Puno.

Tabla 20. Conocimiento sobre la composición química de las arcillas comestibles (*ch'aqo*), en Puno y Juliaca. 2016.

Lugar	Si	No	Total
Puno	4.5 % (4/89)	95.5% (85/89)	100% (89)
Juliaca	3.5 % (4/115)	96.5 % (111/115)	100% (115)
Promedio	3.9 % (8/204)	96.1 % (196/204)	100% (204)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para consumidores.

En la tabla 20, se observa que el 96.1 % (196/204) de los pobladores encuestados en Puno y Juliaca, no conocen la composición química de las arcillas comestibles (*Cha'qo*), mientras que solo el 3.9 % (8/204) opinaron tener conocimiento, sin embargo estos resultados no son significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P > 0.05$), observándose que no existe asociación entre el lugar y el conocimiento de los encuestado sobre la composición química de las arcillas comestibles. A pesar de ello dichos pobladores tienen un conocimiento popular sobre sus propiedades benéficas, y que son consumidas en su mayoría en las campañas de cosecha de cultivos de pan llevar como la papa, tal como lo menciona (Antúnez, 1981).

Tabla 21. Preferencia de consumo de las arcillas comestibles (*ch'aqo*) en Puno y Juliaca – 2016.

Lugar	Asillo	Azángaro	Tiquillaca	Acora	Total
Puno	8.6 % (8/93)	11.8 % (11/93)	10.8 % (10/93)	68.8 % (64/93)	100%(93)
Juliaca	44.1 % (52/118)	26.3 % (31/118)	16.1 % (19/118)	13.6 % (16/118)	100%(118)
Promedio	28.4 % (60/211)	19.9 % (42/211)	13.7 % (29/211)	37.9 % (80/211)	100%(211)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para consumidores.

Los consumidores de la ciudad de Puno conocen y prefieren las arcillas comestibles de Acora 68.8 % (64/93). En cambio los consumidores de Juliaca prefieren la arcilla de Asillo 44.1 % (52/118). Estas preferencias de consumo entre los pobladores de Puno y Juliaca resultaron ser significativas ($P < 0.05$) para la prueba de Ji cuadrado, hecho que se evidencia en la tabla 22, por las preferencias que tienen los consumidores respecto de los colores.

Tabla 22. Preferencia de consumo de arcillas comestibles (*ch'aqo*) por color en Puno y Juliaca – 2016.

Lugar	Color				Total
	Blanco	gris claro	gris oscuro	otro	
Puno	25,5% (24/94)	38,3% (36/94)	35,1% (33/94)	1,1% (1/94)	100% (94)
Juliaca	49,1% (57/116)	30,2% (35/116)	17,2% (20/116)	3,4% (4/116)	100% (116)
Promedio	38,6% (81/210)	33,8% (71/210)	25,2% (53/210)	2,4% (5/210)	100% (210)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para consumidores.

Las arcillas comestibles de mayor preferencia en Puno son el gris claro 38,3% (36/94) y gris oscuro 35,1% (33/94), mientras que en Juliaca el de mayor consumo es el blanco 49,1% (57/116) y el gris claro 30,2%

(35/116). Se observa que estos resultados son significativos para la prueba de Ji cuadrado ($P < 0.05$); la determinación de la característica física color se realizó mediante la tabla de Munsell.

Tabla 23. Formas de utilización de las arcillas comestibles (*cha'qo*) en Puno y Juliaca – 2016.

Lugar	Alimento	Medicina	Alimento y medicina	Mascarilla	Total
Puno	31,3% (30/96)	13,5% (13/96)	54,2% (52/96)	1,0% (1/96)	100%(96)
Juliaca	38,3% (46/120)	15,8% (19/120)	45,8% (55/120)	0,0% (0/120)	100%(120)
Promedio	35,2% (76/216)	14,8% (32/216)	49,5% (107/216)	0,5% (1/216)	100% (216)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para consumidores.

La mayoría de las personas encuestadas de Puno y Juliaca manifestaron utilizar las arcillas como alimento y medicina en un 49,5% (107/216), solo como alimento 35,2% (76/216) y como medicina 14,8% (32/216); sin embargo estos resultados no son significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P > 0.05$). Dichos resultados son corroborados por varios autores, como, Geminis (2002) atribuye variados usos y beneficios tomando en cuenta los colores, para la arcilla blanca o caolinita, le atribuye acción antibacteriana, antiinflamatoria y cicatrizante prefiriéndose como protectora de la mucosa gástrica e intestinal y por su efecto de arrastre ayuda a combatir el estreñimiento, y regula el pH. Barrio (2009), afirma que muchas medicinas modernas deben su existencia al consumo de la arcilla medicinal (Geofagia), que además de ser usada en la industria farmacéutica para producir el Kaopectate, (alivia la diarrea y el dolor

abdominal), considera a la variedad de arcilla hidralgirita (silicato de aluminio hidratado) la cual es consumida por los pobladores del Distrito de Asillo en la región de Puno, quienes hasta el día de hoy aderezan las papas con una salsa de chaco y sal en las épocas de cosecha de este tubérculo.

Tabla 24. Utilización de las arcillas comestibles (*cha'qo*), en el tratamiento de enfermedades o males, en Puno y Juliaca - 2016.

Lugar	Gastritis	Diarreas	Fiebre	Otros	Total
Puno	76,6% (72/94)	10,6% (10/94)	8,5% (8/94)	4,3% (4/94)	100% (94)
Juliaca	76,9% (90/117)	12,0% (14/117)	10,3% (12/117)	0,9% (1/117)	100% (117)
Promedio	76,8% (162/211)	11,4% (24/211)	9,5% (20/211)	2,4% (5/211)	100% (211)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para consumidores.

La mayoría de los consumidores de Puno y Juliaca que son el 76,8% (162/211), utilizan las arcillas para la enfermedad de de la gastritis, 11,4% (24/211) para las diarreas, 9,5% (20/211) aliviar la fiebre y 2,4% (5/211) para otros fines. Estos resultados no son significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P > 0.05$). Este resultado es confirmado por la mayoría de autores quienes citan y mencionan la misma propiedad benéfica de este recurso mineral, Alma-Helal (1999), destaca su fuerte poder cubriente, su acción antibacteriana, antiinflamatoria y cicatrizante, se prefiere como protectora de la mucosa gástrica e intestinal pues acelera la cicatrización, disuelve las fermentaciones y absorbe las toxinas, haciéndola muy beneficiosa ante la hinchazón del vientre y la intoxicación alimentaria;

recientemente; Quispe *et al*, (2007), reconoce que el consumo del *Ch'aqo* actualmente está muy difundido en la región de Puno, como un complemento alimenticio y para el tratamiento de afecciones gastrointestinales, aunque las arcillas pueden también participar como destoxicantes y como fuente de minerales.

Tabla 25. Frecuencia de consumo de las arcillas comestibles (*cha'qo*), en Puno y Juliaca - 2016.

Lugar	Semanal	Mensual	Temporal	Otros	Total
Puno	16,8% (16/95)	26,3% (25/95)	51,6% (49/95)	5,3% (5/95)	100% (95)
Juliaca	9,6% (11/114)	24,6% (28/114)	60,5% (69/114)	5,3% (6/114)	100% (114)
Promedio	12,9% (27/209)	25,4% (53/209)	56,5% (118/209)	5,3% (11/209)	100% (209)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para consumidores.

La mayoría de personas encuestadas en las ciudades de Puno y Juliaca manifestaron consumir las arcillas comestibles en forma temporal 56,5% (118/209), seguido de los que consumen en forma mensual 25,4% (53/209), y semanal 12,9% (27/209). Dichos resultados no son significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P > 0.05$). La frecuencia de consumo temporal coincide con lo manifestado por Antúnez (1981), quien atribuye la demanda de este recurso alimenticio en las épocas de cosecha de papas, en razón que el campesino o productor, tiene la impresión que la papa recién cosechada es agria y picante, y para neutralizar estos

efectos se condimentan con una salsa preparada de “*Cha’qo*” a la que se le ha adicionado bastante sal; a fin de que no fermente la mezcla.

Tabla 26. Las arcillas comestibles en el tratamiento de enfermedades, en Puno y Juliaca – 2016.

Lugar	Si	No	Total
Puno	81,5% (75/92)	18,5% (17/92)	100% (92)
Juliaca	89,1% (98/110)	10,9% (12/110)	100% (110)
Promedio	85,6% (173/202)	14,4% (29/202)	100% (202)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para consumidores.

El 85,6% (173/202) de las personas encuestadas de Puno y Juliaca manifestaron que se curaban de sus males con el consumo de arcillas comestibles, mientras que un 14,4% (29/202) dijeron que no. Estos resultados no fueron significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P > 0.05$). Este resultado coincide con la opinión de los encuestados que en el cuadro 24, lo utilizan como alimento y medicina, en especial para las gastritis, diarreas, fiebre y otras enfermedades. Estas opiniones tienen relación con la mayoría de autores que reconocen las propiedades benéficas de las arcillas frente a enfermedades, como Dextreit (2001), quien considera que este recurso natural, actúa con enorme sabiduría, dirigiéndose casi siempre a la zona dañada o enferma. Abehsera (1999) reconoce la acción del *Cha’qo* impidiendo la proliferación bacteriana y microbiana, reforzando las defensas del organismo, reducen considerablemente la toxicidad de las sustancias dañinas y neutraliza los

venenos. Carrillo (2006) considera al *Cha'qo* como un excelente depurativo, útil para todo tipo de afecciones gastrointestinales, diverticulitis y colitis, y como fuente de minerales.

Tabla 27. Contenido de impureza y/o suciedades en las arcillas comestibles (*ch'aqo*), en Puno y Juliaca - 2016.

Lugar	Si	No	Total
Puno	100,0% (93/93)	0,0% (0/93)	100% (93)
Juliaca	93,1% (108/116)	6,9% (8/116)	100% (116)
Promedio	96,2% (201/209)	3,8% (8/209)	100% (209)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para consumidores.

El 100,0% (93/93) de los encuestado de Puno opinaron que las arcillas comestibles (*Cha'qo*) vienen con impurezas y/o suciedades, mientras que en Juliaca 93,1% (108/116) de los encuestados dijeron que tenían impurezas y un 6,9% (8/116), dijeron no tener impurezas. Sin embargo los resultados son significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P < 0.05$). Este hecho se ha evidenciado con el procedimiento de purificación que se ha realizado a fin de preparar las muestras para su análisis químico en el Microscopio Electrónico de Barrido, donde se han encontrado en cada fase de sedimentación buena cantidad de arena, restos de tierra, pastos secos entre otros, hecho que tiene que ver con las formas rudimentarias con las cuales se realiza su extracción desde los yacimientos.

Tabla 28. Acciones que se realizan con las impurezas/suciedades antes de utilizarlo, en Puno y Juliaca. 2016.

Lugar	Elimina	Sedimenta	Ninguna acción	Otros	Total
Puno	55,9% (52/93)	7,5% (7/93)	36,6% (34/93)	0,0% (0/93)	100% (93)
Juliaca	67,8% (80/118)	6,8% (8/118)	24,6% (29/118)	0,8% (1/118)	100% (118)
Promedio	62,6% (132/211)	7,1% (15/211)	29,9% (63/211)	0,5% (1/211)	100% (211)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para consumidores.

La mayoría de los encuestados de las ciudades de Puno y Juliaca: 62,6% (132/211), eliminan las impurezas y/o suciedades, el 29,9% (63/211) no hacen nada y 7,1% (15/211) lo sedimenta. Si los encuestados eliminan, no realizan ninguna acción y solo algunos lo preparan tratando de sedimentarlo, demandaría purificar las arcillas para mejorar las condiciones para su consumo. Sin embargo estos resultados no son significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P > 0.05$).

Tabla 29. Consumo de *cha'qo* purificado en Puno y Juliaca. 2016.

Lugar	Si	No	Otro	Total
Puno	97,8% (90/92)	2,2% (2/92)	0,0% (0/92)	100% (92)
Juliaca	91,2% (103/113)	8,0% (9/113)	0,9% (1/113)	100% (113)
Promedio	94,1% (193/205)	5,4% (11/205)	0,5% (1/205)	100% (205)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para consumidores.

El 94,1% (193/205) de los encuestado de Puno y Juliaca manifestaron su disposición a consumir el *Cha'qo* purificado, y 5,4% (11/205) no aceptaron. Estos resultados no son significativos a la prueba de Ji

cuadrado ($P>0.05$). Al respecto Alma – Helal (1999), confirma que es conveniente el consumo de las arcillas comestibles, tratada o purificada en forma de leche, por su fuerte poder cubriente, su acción antibacteriana, antiinflamatoria y cicatrizante.

Tabla 30. Formas de presentación para el consumo de *cha'qo* purificado, en Puno y Juliaca - 2016.

Lugar	Polvo	Cápsulas	Pastillas	Jarabe	Total
Puno	45,1% (41/91)	37,4% (34/91)	6,6% (6/91)	11,0% (10/91)	100% (91)
Juliaca	32,8% (39/119)	27,7% (33/119)	16,0% (19/119)	23,5% (28/119)	100% (119)
Promedio	38,1% (80/210)	31,9% (67/210)	11,9% (25/210)	18,1% (38/210)	100% (210)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para consumidores.

Respecto de la forma de presentación para consumo de arcillas purificadas, la mayoría de los encuestados manifestaron preferir la presentación en forma de polvo 38,1% (80/210), en cápsulas 31,9% (67/210), jarabe 18,1% (38/210) y pastillas 11,9% (25/210). Estadísticamente estos resultados no son significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P>0.05$).

Tabla 31. Disponibilidad a pagar por una pastilla/cápsula, en Puno y Juliaca - 2016.

Lugar	S/ 0.20	S/ 0.40	S/ 0.50	S/ 1.00	Total
Puno	51,6% (47/91)	25,3% (23/91)	19,8% (18/91)	3,3% (3/91)	100% (91)
Juliaca	37,3% (44/118)	30,5% (36/118)	16,9% (20/118)	15,3% (18/118)	100% (118)
Promedio	43,5% (91/209)	28,2% (59/209)	18,2% (38/209)	10,0% (21/209)	100% (209)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para consumidores.

El 43,5% (91/209) de los encuestados de las ciudades de Puno y Juliaca estarían dispuestos a pagar por una capsula y/o pastilla S/. 0.20 (soles), 28,2% (59/209) a S/ 0.40 (soles), 18,2% (38/209) a S/ 0.50 (soles), observándose que estos resultados no son significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P>0.05$).

4.3 GRADO DE CONOCIMIENTO DE LOS COMERCIALIZADORES DE LAS ARCILLAS COMESTIBLES DEL ALTIPLANO

Los siguientes resultados corresponden a respuestas de comercializadores de arcillas comestibles en 4 distritos de la región de Puno, considerando Puno y Juliaca, son los mercados de mayor población y movimiento económico de la región.

Tabla 32. Formas de comercialización de arcillas comestibles (*ch'aqo*) en cuatro distritos de la región Puno - 2016.

Comercializadores	Acopiador	Revendedor	Otro	Total
Puno	5,9% (1/17)	88,2% (15/17)	5,9% (1/17)	100% (17)
Acora	8,3% (1/12)	91,7% (11/12)	0,0% (0/12)	100% (12)
Juliaca	0,0% (0/23)	91,3% (21/23)	8,7% (2/23)	100% (23)
Azángaro	8,3% (1/12)	83,3% (10/12)	8,3% (1/12)	100% (12)
Promedio	4,7% (3/64)	89,1% (57/64)	6,3% (4/64)	100% (64)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para comercializadores.

El 89,1% (57/64) de comercializadores encuestados en 4 distritos de la región de Puno son revendedores, 6,3% (4/64) son considerados como otros y 4,7% (3/64) acopiadores. Estos resultados no son significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P>0.05$). Se evidencia este hecho por cuanto

en las ferias donde se realizó la mayoría de las encuestas, existe una cadena de comercializadores que van desde el productor, acopiador, revendedor e inclusive más revendedores que se dedican a la comercialización de productos e insumos agropecuarios.

Tabla 33. Demanda de las arcillas comestibles (*cha'qo*) en cuatro distritos de la región de Puno - 2016.

Comercializadores	Si	no	otros	total
Puno	47,1% (8/17)	47,1% (8/17)	5,9% (1/17)	100% (17)
Acora	25,0% (3/12)	66,7% (8/12)	8,3% (1/12)	100% (12)
Juliaca	17,4% (4/23)	82,6% (19/23)	0,0% (0/23)	100% (23)
Azángaro	50,0% (6/12)	41,7% (5/12)	8,3% (1/12)	100% (12)
Promedio	32,8% (21/64)	62,5% (40/64)	4,7% (3/64)	100% (64)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para comercializadores.

Se observa que 62,5% (40/64) de comercializadores, manifiestan que no existe demanda en cualquier época del año por las arcillas comestibles, mientras que 32,8% (21/64) dijeron haber demanda. Dichos resultados no fueron significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P > 0.05$). Es bueno precisar que este resultado es confirmado con los resultados anteriores del cuadro 25, donde muestra que el mayor consumo de las arcillas comestibles, se realiza en forma temporal y que a su vez tiene relación con la temporada de cosechas de cultivos como la papa que se da entre los meses de abril a junio, corroborado por Antúnez (1981). Además la población aprendió a consumir el *Cha'qo*, cuando aprendió a consumir sus alimentos, cuyo hábito es similar en hombres y mujeres quechuas y

aymaras, propio del comportamiento de la población andina que se transmite a las subsiguientes generaciones (Paz, 2000 y Browman, 2004).

Tabla 34. Propiedades benéficas de las arcillas comestibles (*cha'qo*) en cuatro distritos de la región Puno - 2016.

Comercializadores	Como alimento	Enfermedades Digestivas	Alimento y enf. Digestivas	Otros
Puno	11,8% (2/17)	11,8% (2/17)	76,5% (13/17)	100,0% (17)
Acora	8,3% (2/12)	8,3% (1/12)	83,3% (10/12)	100,0% (12)
Juliaca	8,7% (2/23)	26,1% (6/23)	65,2% (15/23)	100,0% (23)
Azángaro	16,7% (2/12)	8,3% (1/12)	75,0% (9/12)	100,0% (12)
Promedio	10,9% (7/64)	15,6% (10/64)	73,4% (47/64)	100,0% (64)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para comercializadores.

Sobre las propiedades benéficas de las arcillas comestibles el 73,4% (47/64) de los comercializadores de la región, opinaron que tiene propiedades alimenticias y curativas, este resultado es coincidente con la opinión de los consumidores encuestados en el cuadro 23, en donde la mayoría lo utiliza como como alimento y medicina en un 49,5% (107/216), solo como alimento 35,2% (76/216) y como medicina 14,8% (32/216). Se ratifica estas opiniones cuando Bustinza (2008), considera que la población consume el *Cha'qo* como medicina y alimento supera el 50 %, en ambos géneros de pobladores quechuas y aymaras, además es fuente de minerales requeridos por el organismo. También los grupos étnicos aymaras y quechuas, además de consumir el *Cha'qo* con papas, lo usan para el tratamiento de inflamaciones o gastritis e incluso úlceras gástricas (Browman, 2004), citado por Fernández (2013). Sin embargo estos resultados no son significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P > 0.05$).

Tabla 35. Conocimiento de las características físico químicas de las arcillas comestibles (*cha'qo*), en comercializadores de cuatro distritos de la región de Puno - (2016).

Comercializadores.	Si	No	Total
Puno	0,0% (0/17)	100,0% (17/17)	100% (17)
Acora	0,0% (0/12)	100,0% (12/12)	100% (12)
Juliaca	13,0% (3/23)	87,0% (20/23)	100% (23)
Azángaro	8,3% (1/12)	91,7% (11/12)	100% (12)
Promedio	6,3% (4/64)	93,8% (60/64)	100% (64)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para comercializadores.

El 93,8% (60/64) de los comercializadores de la región de Puno no conocen sobre la composición química de las arcillas comestibles y solo 6,3% (4/64) opinaron afirmativamente. Dichos resultados, no son significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P > 0.05$). Similar resultado se observa en el cuadro 20 (consumidores), donde (196/204) encuestados desconocen sobre la composición química. Sin embargo ambos agentes económicos tienen el conocimiento ancestral, el mismo que forma parte de la riqueza cultural andina y ha permitido la integración con la cultura occidental, actualmente en el turismo vivencial que se promueve, constituye una expresión que atrae y genera interés en los visitantes extranjeros, así lo manifiesta Fernández (2008). Es necesario mencionar lo reportado por Bustinza (2008), haciendo referencia que el 65 % de familias reconocen las propiedades medicinales y nutricionales de estas arcillas naturales, y demuestran su persistencia y reafirmación por la cultura de la geofagia.

Tabla 36. Preferencia de compradores de arcillas comestibles (*ch'aqo*) por color en cuatro distritos de la región Puno – 2016.

Comercializadores	Blanco	Gris claro	Gris oscuro	Total
Puno	41,2% (7/17)	58,8% (10/17)	0,0% (0/17)	100% (17)
Acora	25,0% (3/12)	75,0% (9/12)	0,0% (0/12)	100% (12)
Juliaca	47,8% (11/23)	47,8% (11/23)	4,3% (1/23)	100% (23)
Azángaro	83,3% (10/12)	16,7% (2/12)	0,0% (0/12)	100% (12)
Promedio	48,4% (31/64)	50,0% (32/64)	1,6% (1/64)	100% (64)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para comercializadores.

Se observa que en los 4 distritos de la región de Puno, la mayor demanda de arcillas comestibles, corresponde al color gris claro: 50,0% (32/64), seguido del color blanco: 48,4% (31/64) y el color gris oscuro con 1,6% (1/64). Estos resultados no son significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P > 0.05$). Existe relación entre estos resultados y los del cuadro 22 (encuesta de consumidores) donde se observa que las arcillas comestibles (*Cha'qo*) de mayor preferencia son la de color blanco con 38,6% (81/210), seguido del color gris claro 33,8% (71/210), gris oscuro: 25,2% (53/210) y otros colores con 2,4% (5/210). Al respecto la variabilidad de colores estaría dado por el contenido de minerales, tal como lo indica Aparicio (2002) y Aranibar (2012), además que estas variaciones van a depender del contenido en humedad, y de la purificación al cual han sido sometidos en este estudio, y de la subjetividad que tendrían los comercializadores sobre los colores, sus variaciones en tonalidad, matiz, claridad e incluso la capacidad del observador, para diferenciar los colores.

Tabla 37. Principales compradores de arcillas comestibles en cuatro distritos de la región Puno – 2016.

Comercializadores	Adultos	Adulto mayor	Total
Puno	88,2% (15/17)	11,8% (2/17)	100% (17)
Acora	83,3% (10/12)	16,7% (2/12)	100% (12)
Juliaca	82,6% (19/23)	17,4% (4/23)	100% (23)
Azángaro	83,3% (10/12)	16,7% (2/12)	100% (12)
Promedio	84,4% (54/64)	15,6% (10/64)	100% (64)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para comercializadores.

Según lo manifestado por los comercializadores, la mayoría de consumidores de arcillas comestibles son personas adultos 84,4% (54/64), seguido de adultos mayores 15,6% (10/64). Estos resultados no son significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P > 0.05$). En el estudio realizado por Fernández (2013), en una encuesta sobre el uso del *Cha'qo* por género, determinó que el consumo de las arcillas comestibles fue preferido por personas adultos varones y cuya mayor tendencia fue utilizarlo como medicina.

Tabla 38. Demanda de lugares de venta de arcillas comestibles (*ch'aqo*) en cuatro distritos de la región Puno – 2016.

Comercializadores	Ferias	Mercados	Otros	Total
Puno	70,6% (12/17)	23,5% (4/17)	5,9% (1/17)	100% (17)
Acora	41,7% (5/12)	58,3% (7/12)	0,0% (0/12)	100% (12)
Juliaca	78,3% (18/23)	13,0% (3/23)	8,7% (2/23)	100% (23)
Azángaro	66,7% (8/12)	33,3% (4/12)	0,0% (0/12)	100% (12)
Promedio	67,2% (43/64)	28,1% (18/64)	4,7% (3/64)	100% (64)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para comercializadores.

Se observa que el 67,2% (43/64) de los comercializadores de arcillas comestibles venden en las ferias, 28,1% (18/64) lo hacen en los mercados y 4,7% (3/64) en otros mercados. Estos resultados no son significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P > 0.05$). Es evidente que en nuestra región los mercados que han tenido mayor acogida de consumidores son las llamadas ferias, tal como ocurre en las ferias denominadas “dominical” en la salida hacia el Cusco y la feria de San José en la ciudad de Juliaca, lugares donde realizan sus ventas los comercializadores de Azángaro, Asillo y Tiquillaca; de igual manera en Puno existe una feria semanal denominada “sabatina” que se realiza en la av. Simón Bolívar; donde acuden los comercializadores de Acora y Tiquillaca. Se tiene conocimiento de la feria dominical de Azángaro que incluye a los pobladores de Asillo, en las cuales todavía se observó en algunos casos el intercambio con otros productos; al respecto, Fernández (2008), afirma que el *Cha'qo*, constituye el 100 % de las actividades económicas del poblador del campo, el 60 % lo utiliza para diferentes fines, el 20 % al intercambio con otros productos.

Tabla 39. Precio de venta del *cha'qo* natural en cuatro distritos de la región Puno - 2016.

Lugar	S/ 1.00	S/ 2.00	S/ 3.00	Total
Puno	47,1% (8/17)	47,1% (8/17)	5,9% (1/17)	100% (17)
Acora	66,7% (8/12)	25,0% (3/12)	8,3% (1/12)	100% (12)
Juliaca	13,0% (3/23)	69,6% (16/23)	17,4% (4/23)	100% (23)
Azángaro	58,3% (7/12)	16,7% (2/12)	25,0% (3/12)	100% (12)
Promedio	40,6% (26/64)	45,3% (29/64)	14,1% (9/64)	100% (64)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para comercializadores.

Para los comercializadores de arcillas comestibles, el 45,3% (29/64) de consumidores compran una porción de arcillas comestibles con un peso aproximado de 1000 g, pagando S/ 2.00 (soles), el 40,6% (26/64) lo estarían vendiendo a S/ 1.00 (sol). Estos resultados no son significativos a la prueba de Ji cuadrado ($P > 0.05$). Si observamos el comportamiento del precio en los diferentes mercados, el 69,6% (16/23) comercializadores de Juliaca manifiestan que el mejor precio de venta es de S/ 2.00 (dos soles), se explica este hecho por cuanto Juliaca es considerada como la capital donde el movimiento económico es mayor y fluido. Igual comportamiento se tiene en Puno, y contrariamente en Azángaro y Acora es donde la mayoría de consumidores estarían pagando el precio más bajo que es de S/ 1.00 (un sol).

Tabla 40. Comercialización del *cha'qo* para uso industrial o farmacéutica en cuatro distritos de la región Puno - 2016.

Lugar	Si	No	Total
Puno	70,6% (12/17)	29,4% (5/17)	100% (17)
Acora	8,3% (1/12)	91,7% (11/12)	100% (12)
Juliaca	30,4% (7/23)	69,6% (16/23)	100% (23)
Azángaro	58,3% (7/12)	41,7% (5/12)	100% (12)
Promedio	42,2% (27/64)	57,8% (37/64)	100% (64)

Fuente: Elaboración en base a encuestas para comercializadores.

En la tabla 40, se observa que el 57,8% (37/64) de comercializadores de 4 distritos de la región de Puno manifestaron que no les compraron las arcillas naturales para uso industrial y/o medicinal, mientras que el 42,2% (27/64) afirmaron haberles comprado. Se observa que los resultados

tienen significancia a la prueba de Ji cuadrado ($P < 0.05$). Estas afirmaciones demandaría un estudio de mercado en las ciudades de Arequipa, Tacna y Moquegua, para comprobar cuanto de lo manifestado, coincide con lo dicho por los comercializadores de las ciudades donde se realizó la encuesta.



CONCLUSIONES

- Existen diferencias entre las características físico químicas de las arcillas naturales y las purificadas, siendo el Carbono, Calcio, Wolframio y la materia orgánica total, los que más incrementaron con el proceso de purificación. El pH tiende a la neutralidad en ambas presentaciones, el tamaño de partícula se redujo cuando las arcillas fueron purificadas, mientras que las variaciones en el color fueron poco perceptibles.
- El 96.1 % de los encuestados no conocen sobre las características físico químicas de las arcillas comestibles, 49,5% lo utilizan como alimento y medicina y el 94,1% están dispuestos a consumir *Cha'qo* purificado.
- El 93,8% de los comercializadores no conocen sobre las características físico químicas de las arcillas comestibles, 73,4% tienen conocimiento sobre su consumo como alimento y medicina, El 48.4% y 50,0% prefieren el color blanco y gris claro respectivamente.

RECOMENDACIONES

- Realizar una caracterización de los elementos químicos de las arcillas comestibles y su disponibilidad en el tracto digestivo de humanos, a fin de determinar su correcto uso y aplicación en la alimentación humana y animal, así como en la industria farmacéutica.
- No existe un control y registro adecuado de la producción de arcillas comestibles (*Cha'qo*) en la región de Puno, por lo que se recomienda que a través de los organismos estatales se haga una estadística de la producción de este recurso mineral.
- Se requiere industrializar las arcillas comestibles de la región de Puno, dándole un valor agregado que le permita competir en el mercado nacional, para lo cual es necesario la construcción de fábricas para el procesamiento de este mineral comestible.

BIBLIOGRAFÍA

Abehsera, M. (1999). *La arcilla curativa*. Madrid, España: EDAF.

Antúnez de Mayolo, S. (1981). *Nutrición en el antiguo Perú*. Lima, Perú: Mor
Son.

Alma-Helal, A. (1999). *La Curación por la Arcilla*. Barcelona, España.
<http://www.amazon.es/>.

Aparicio, W. (2002). *Determinación de la Capacidad de Adsorción del Ch'aqo
aplicado a la Extracción de Cationes Metálicos*. Tesis para optar el grado
de Magister Scientae, Escuela de Post Grado, Universidad Nacional del
Altiplano, Puno, Perú.

AQUA SPA CENTER, (2007). *La arcilla: los beneficios de la tierra*
http://www.aquaspacenter.com/revista/0005_arcilla.htm.

Araníbar, M.J. García, R.E. y Suárez, M. (2007). *Arcillas Comestibles (arcilla
3A-T)*. Revista Agro noticias Perú N° 327: 48-49.

Araníbar, M. J. (2012). *Arcillas comestibles del Altiplano Peruano- Boliviano*.
Universidad Complutense de Madrid – Universidad Nacional del Altiplano
– Universidad Mayor San Andrés: El Altiplano.

- Arizábal, J. (2011). *Efecto de la arcilla Chacko en el tratamiento de úlceras gástricas inducidas por el estrés en ratas (Rattus norvegicus)*. Tesis para optar el grado de Magister Scientae, Escuela de Post Grado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Arquero, B. Berzosa, A. García, N. y Monje, M. (2009). *Investigación Experimental*. [http:// www. Revistaeducación.mec.es/re_343/re_343_21.pdf](http://www.Revistaeducación.mec.es/re_343/re_343_21.pdf).
- Barrio, S. (2009). *La Milagrosa Arcilla de Chaco - la Geofagia y la Salud Intestinal*. Lima, Perú. Sachabarrio.blogspot.com.
- Browman, D. (2004). *Tierras comestibles de la Cuenca del Titicaca.- Geofagia en la pre historia boliviana*. La Paz, Bolivia: Estudios Atacameños N° 28, pp 136.
- Bustanza, J. (2008). *La Cosmovisión Andina*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú: Ed.Universitaria.
- Calderón, A. CH. (2001). *Producción y Comercialización del Ladrillo en Colombia*, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Carrillo, A. (2006). *Arcilla Medicinal*. Bucaramanga, Colombia: Fondo Agrícola Campesino.
- Castillo, O. y Frisancho, D. (2014). *Departamento de Aparato Digestivo*. Revista de Gastroenterología. Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins. Lima, Perú.

- Castillo, V. y Rivera, Y. (2013). *Pruebas de granulometría para la determinación de suelos*. Universidad Católica de Honduras.
- Chang, R. y Goldsby, K. (2013). *Química*. Undécima edición. México: Mc Graw Hill.
- Cruz, P. (1998). *Caracterización Físico - Química de una arcilla montmorillonita (chacko) y su evaluación como absorbente*. Tesis para optar el grado de Magister. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Castaing, J. (1998). *Uso de las arcillas en la alimentación animal*. XVI Curso de Especialización: Avances en nutrición y alimentación animal. FEDNA. España.
- Delgadillo, S. M., Sun-Kou, R. y Gutarra, A. (2006). *Employ of modiflicated clays for the retention of anionic Surfactants*. Facultad de Ingeniería Química y Textil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Dextreit, R. (2001). *Nuevo tratado de medicina natural (Nuestra tierra, nuestra cura)*. Madrid – España: Edaf.
- Diaz, E. Haggler, w. Blackwelder, J. Eve, J. Hopking, B. Anderson, k. Jones, F. and Whitlow, L. (2004). *Aflatoxin binders II Reduction of Aflatoxin in milk by sequestering agents of cows consuming aflatoxin in feed*. *Mycopathologia*, pp 233.
- Domínguez, C.M. (2001). *Composición de la Arcilla Terapéutica*. España, 1501-1503.

- Fernández, E.P. (2013). *Conocimiento Andino de la Arcilla Ch'aqo, características físico químicas y su efecto en la productividad de gallinas de postura*. Tesis para optar el grado de Doctoris Scientae, Escuela de Post Grado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Frisancho, P.D. (1988). *Medicina Indígena y Popular*. 3ra Edición. Lima, Perú: Los Andes.
- García, E. y Suárez, M. (1991). *Las Arcillas Propiedades y Usos*. Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Salamanca. Madrid, España.
- García, R. Suárez, M. y Aranibar, M.J. (2006). *Arcilla chacko en alimentación animal*. XXVI Reunión de la Sociedad Española de Mineralogía (SEM) y XX Reunión de la Sociedad Española de Arcillas (SEA). Oviedo, España.
- Géminis, H. (2002). *Usos y Propiedades de Arcilla*. Artículo Publicado en Conocer Arganzuela N°111/112. Madrid, España.
- Gonzales, A. Calleja, V. López, L. Padrino, P. y Puebla, P. (2009). *Los Estudios de Encuesta*. Universidad Autónoma de México.
- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. 4ta Edición. México D.F: Mc Graw – Hill / Interamericana editores.
- Holdridge, L. R. (1982). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA-.San José, Costa Rica. 216 pp.

- Lannotta, N. Belfiore, T. Noce, M. Perri, L. y Scalercio, S. (2006). *Efficacy of products allowed in organic olive farming against Bactrocera oleae*. Vol. II, pp. 324 – 326. Orgprints.org.
- Langreo, N. (2000). *Salud y Belleza con Arcillas, fangos y algas*. Barcelona, España: Tikal.
- Llerena, V. (2003). *Determinación fisicoquímica de las arcillas de Inchuyo, Mataro Grande y Platería del departamento de Puno*. Tesis para optar el Título de Ingeniero de Minas, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Largo, D.P. y Villamarin, K.M. (2013). *Caracterización y activación química de arcilla tipo bentonita para su evaluación en la efectividad de remoción de fenoles presentes en aguas residuales*. Facultad de Tecnologías. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia.
- Marcatoma, J. Vasquez, Y. Santillan, M. Betancur, H. Sotelo, J. y Urday, E. (2006). *Caracterización Estructural del ch'aqo*. Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Facultad de Ingeniería de Procesos Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Mitchell, J.K. (1993). *Fundamentos de la Conducta del Suelo*. 2ª Ed. New York, USA.
- Oficina Nacional de Evaluación y Recursos Naturales. (2005). *Programa de inventario y evaluación de los recursos naturales del departamento de Puno*. Capítulo III: Geología y Recursos mineros. Lima, Perú. 130 pp.

- Pascual, M. y Villanueva, R. (1993). *Efecto Citoprotector del Chacko sobre la Mucosa Gástrica en Ratas Albinas Sometidas a Estrés por restricción Hipotermica*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Perkins, B. W. (2005). *Química de las Arcillas y Adsorción de Micotoxinas*. http://www.mycoad.com/spa_5_14.htm.
- Pérez, L.E. (2005). *Teoría de la Sedimentación*. Área de Hidráulica. Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Asunción, Paraguay.
- Piqueras, J.R. y Faura, M. (1980). *Principios básicos del microscopio electrónico de barrido*. Centro de Investigación Hospital "La Fe". Valencia, España.
- Quispe, M.J. Medina, R.J. y Aranibar, M.J. (2007). *Composición de la arcilla comestible del altiplano peruano. Congreso Mundial de Microscopia Electrónica*. Cusco, Perú. Acta Microscópica. Vol 16, N° 1-2.
- Quispe, J. Huaypar, Y. Mejía, E. Chui, H. Cabrera y Urday, J. (2005). Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Facultad de Ingeniería de Procesos, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Ramírez, J.B. (2012). *Evaluación Geológica de diatomitas en la cuenca Ayacucho y sus implicancias económicas*. Tesis para optar el título de Ingeniero Geólogo. Escuela Profesional de Ingeniería Geologica, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Tuesta, E. (2003). *Estudio de la Adsorción de Colorantes Textiles sobre Arcillas Termoactivadas*, Revista de la Sociedad Química del Perú. Lima, Perú. www.Scielo.org.pe Lima.

- Valdez de la Torre de Baxerías, B. (1994). *“Cerámica y Refracciones”*. 1ra Edición. Lima, Perú: A & B S.A.
- Valdizán H. y Maldonado A. (1922). *La medicina popular peruana*. Contribución al folklore médico del Perú (3 tomos). Lima: Imprenta Torres Aguirre.
- Villanueva, E. (1993). *Efecto citoprotector del chaco sobre la mucosa gástrica en ratas albinas sometidas a stress por restricción hipotérmica* [Tesis bachiller]. Lima: Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Suarez, S. M. (2002). *La Arcilla, tierra Medicinal Milenaria*. Especialista en medicina y termalismo. Artículo publicado en España. www.materiniciativa.com>chaco-acora.
- Silva, A. Ponce de León, J. Carassa, R. y Reyes, W. (1992). *Efecto de la aplicación de efluentes orgánicos de tambo sobre la producción de verdes y propiedades físico-químicas del suelo*. Notas. Técnicas N° 16. Facultad de Agronomía. Uruguay. 16 p.
- Silva, A. and Hammond, L.C. (1992). *Evolution of soil organic matter content in Florida Spodosol under different plant covers. I, Effect on physical properties*. www.Agroculturejournals.cz/public.felis/50927.pdf.





Figura 4. Proceso de purificación de arcillas comestibles mediante el método de sedimentación.



Figura 5. Cuatro arcillas naturales y cuatro purificadas, colocadas en el porta muestras del Microscopio Electrónico de Barrido, antes de su caracterización.



Figura 6. Ubicación de las muestras en el Microscopio Electrónico de Barrido y las imágenes en la pantalla LED.



Figura 7. Microscopio Electrónico de Barrido ZEISS, modelo EVO LS10.



Figura 8. Identificación de los resultados en las pantallas LED del Microscopio Electrónico de Barrido.



Figura 9. Campo interior del Microscopio Electrónico de Barrido visualizado en la pantalla LED.



Figura 10. Determinación de tamaño de partícula en tamices 40,60, 70, 80 y 200 hilos /pulgada ASTM 11.

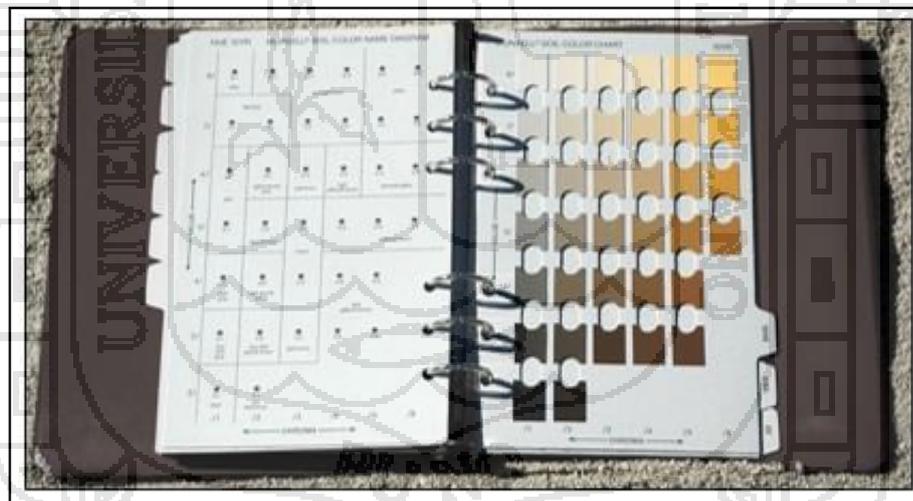
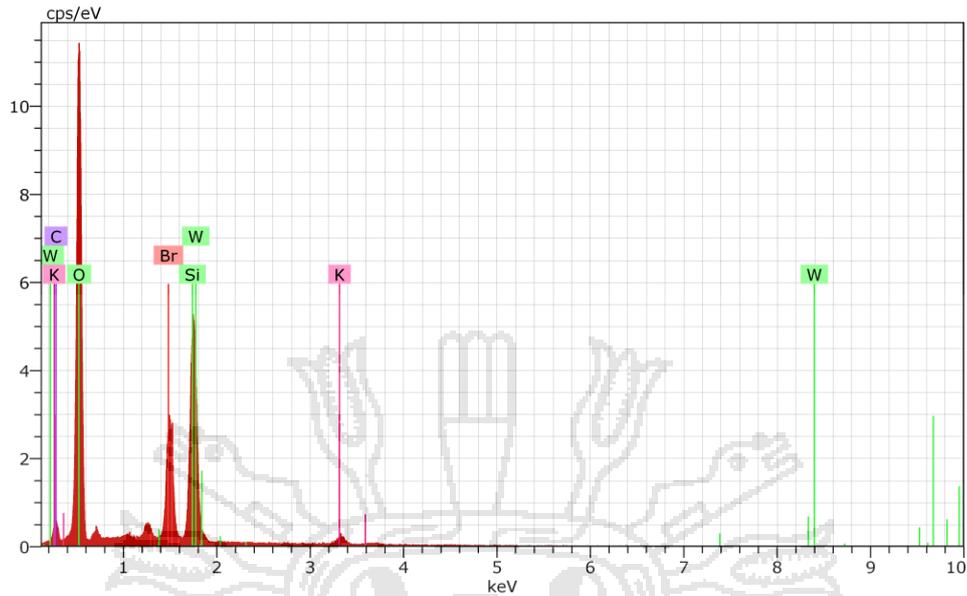


Figura 11. Tabla de Munsell, para la determinación del color de arcillas comestibles.

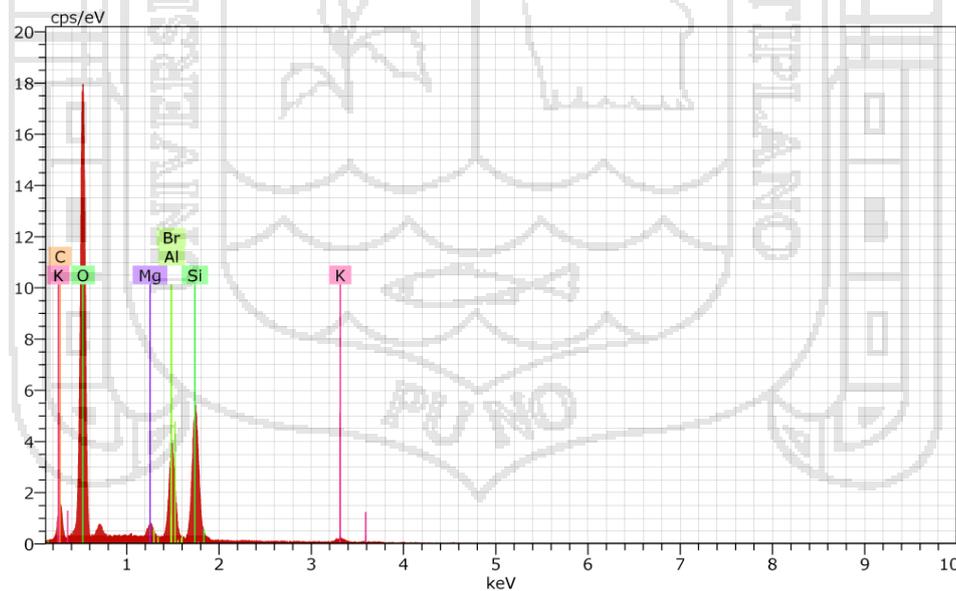
CPS/EV= Cuentas por segundo/ Electrón voltios



KEV = Kilo electrón voltio

Figura 12. Difractograma de arcilla comestible natural de Azángaro visualizado en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).

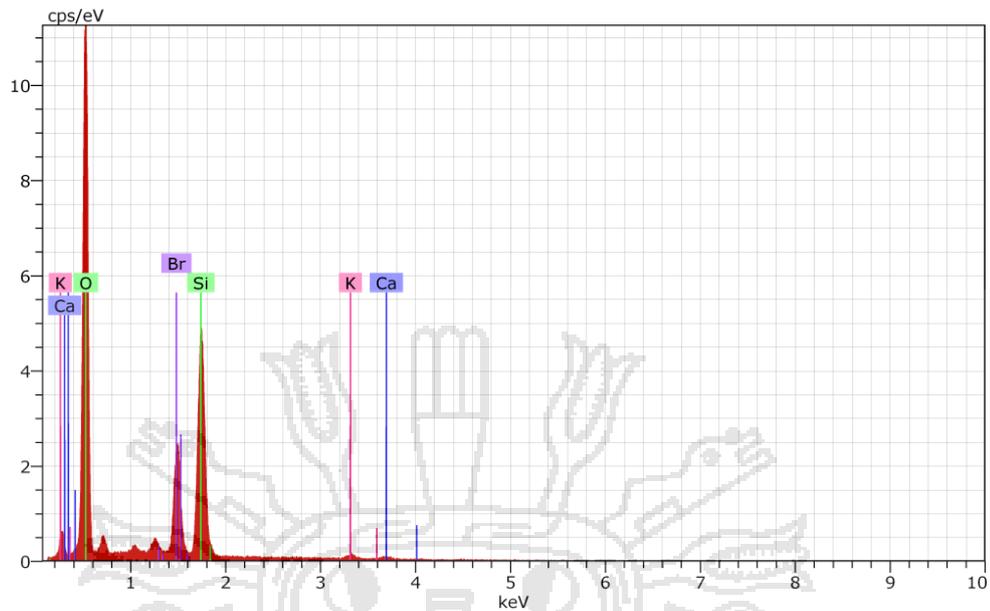
CPS/EV= Cuentas por segundo/ Electrón voltios



KEV = Kilo electrón voltio

Figura 13. Difractograma de arcilla purificada de Azángaro visualizado en el MEB.

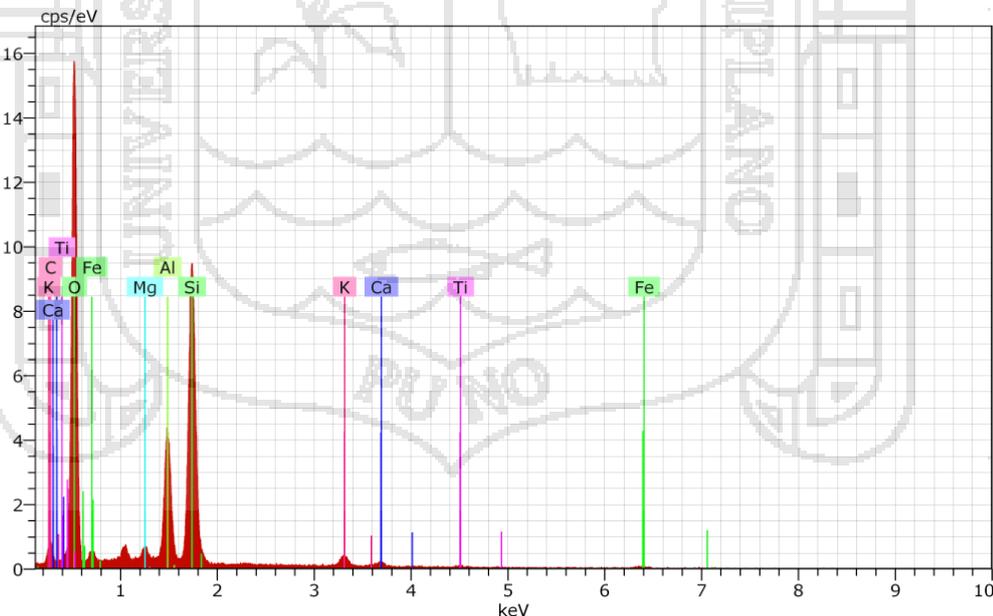
CPS/EV= Cuentas por segundo/ Electrón voltios



KEV = Kilo electrón voltio

Figura 14. Difractograma de arcilla comestible natural de Tiquillaca visualizado en el MEB.

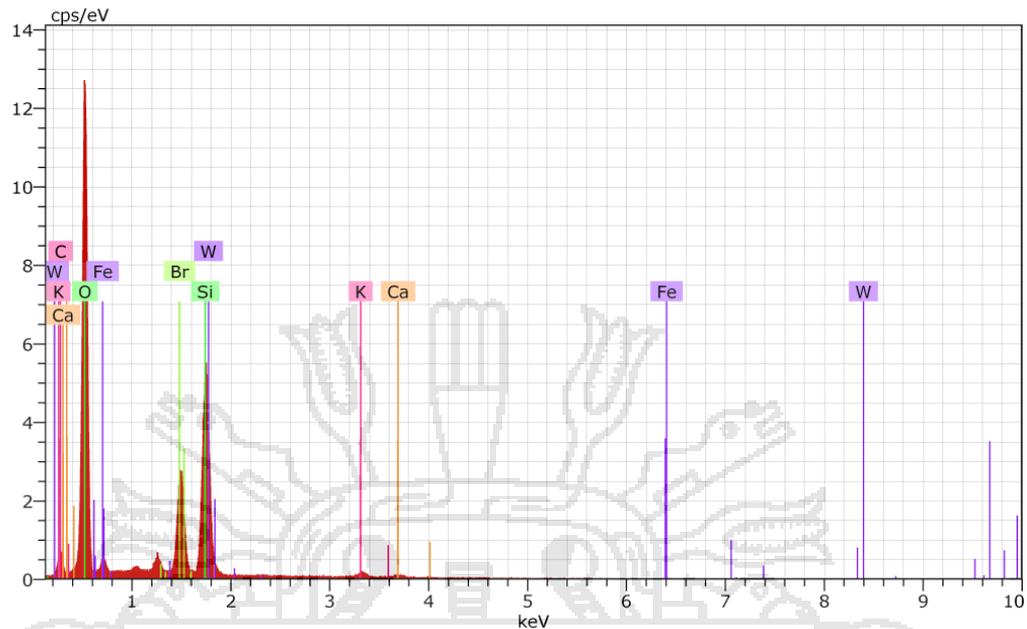
CPS/EV= Cuentas por segundo/ Electrón voltios



KEV = Kilo electrón voltio

Figura 15. Difractograma de arcilla comestible purificada de Tiquillaca visualizado en el MEB.

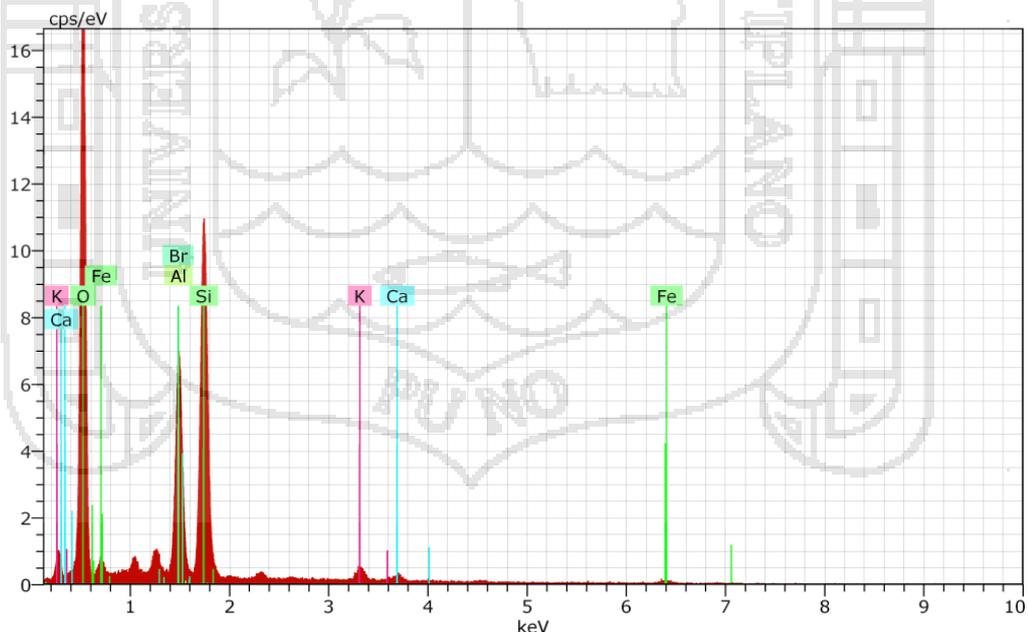
CPS/EV= Cuentas por segundo/ Electrón voltios



KEV = Kilo electrón voltio

Figura 16. Difractograma de arcilla comestible natural de Acora visualizado en el MEB.

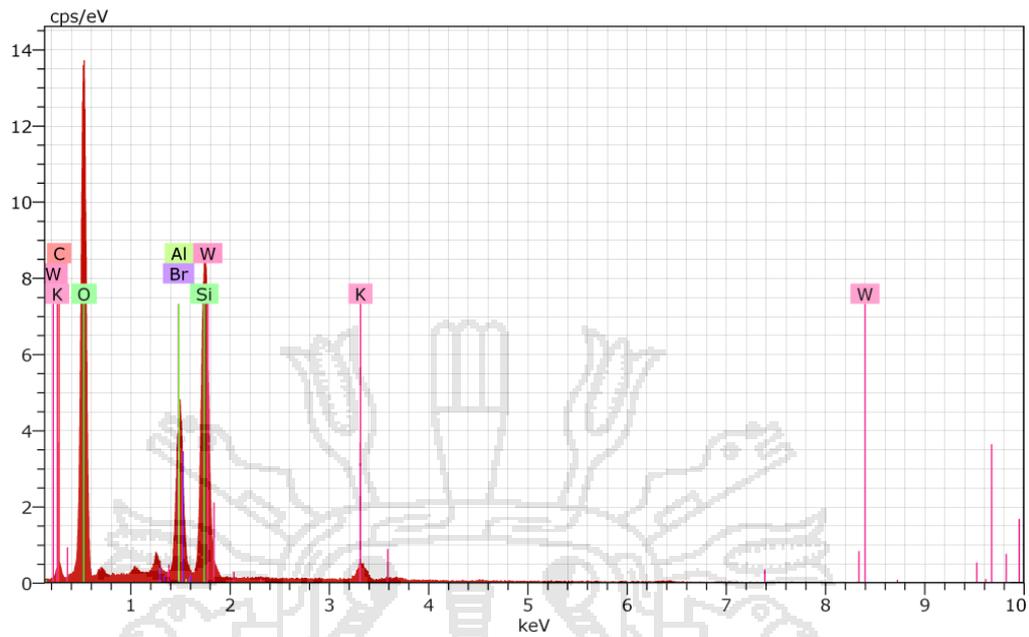
CPS/EV= Cuentas por segundo/ Electrón voltios



KEV = Kilo electrón voltio

Figura 17. Difractograma de arcilla comestible purificado de Acora visualizado en el MEB.

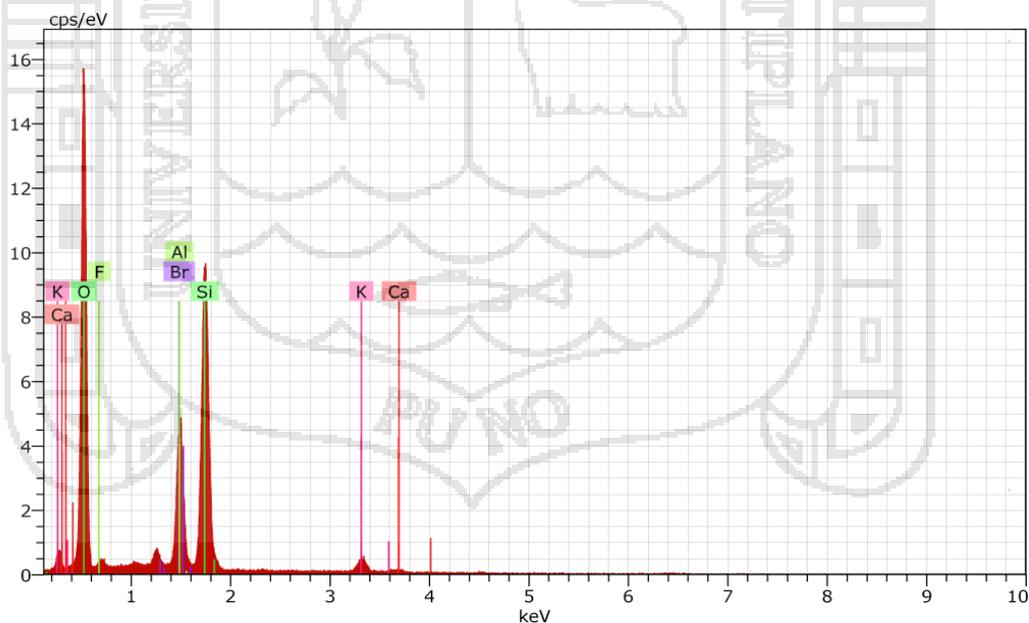
CPS/EV= Cuentas por segundo/ Electrón voltios



KEV = Kilo electrón voltio

Figura 18. Difractograma de arcilla comestible natural de Asillo visualizado en el MEB.

CPS/EV= Cuentas por segundo/ Electrón voltios



KEV = Kilo electrón voltio

Figura 19. Difractograma de arcilla comestible purificada de Asillo visualizado en el MEB.

Anexo 1. Encuesta para consumidores aplicada en los distritos de Puno y Juliaca 2016.

Lugar: _____ Distrito _____ Provincia _____ Dpto _____

Fecha: _____ de _____ del 2016 Encuestador: _____

1. Sexo:
 - Hombre Mujer
2. Edad
 - Joven (18-25)
 - Adulto (26-50)
 - Adulto mayor (50 >)
3. Grado de instrucción:
 - Sin educación
 - Primaria
 - Secundaria
 - Superior
4. ¿Conoce la composición química del Cha'qo?
 - Si No
5. ¿Qué Cha'qo y de qué lugar conoce/consume?
 - Asillo Azángaro
 - Acora Tiquillaca
6. ¿Qué color de Cha'qo consume de preferencia?
 - Claro Otro color _____
 - Gris Claro
 - Gris oscuro
7. ¿Cómo lo utiliza?
 - Alimento
 - Medicina
 - Alimento y medicina
 - Mascarilla
 - Otro: _____
8. Durante que época o meses del año lo consume?
 - Época de cosecha Todoel año
 - Temporalmente
9. ¿Para qué enfermedades o males lo utiliza?
 - Gastritis/Úlceras
 - Diarrea
 - Fiebre
 - Otro
10. ¿Con que frecuencia consumes el Cha'qo?
 - Diario Otro _____
 - Semanal
 - Mensual
11. ¿Te curaste de tus males?
 - Si No
12. ¿Dónde lo compras?
 - Mercados abastos
 - Ferias
 - Lugares de acopio
 - Otros _____
13. ¿Qué cantidad utiliza mensualmente (uso Medicinal)?
 - > de 1 kg 0.5kg
 - 1 kg < de 0.5 kg
14. ¿A qué precio compra el Cha'qo natural?
 - Un sol Tres soles
 - Dos soles Otro _____
15. ¿Observó que el Cha'qo viene con Impurezas/suciedades?
 - Si No
16. ¿Qué haces con las impurezas/suciedades, Antes de utilizarlo?
 - La eliminas
 - La dejas sedimentar en el vaso
 - Nada
 - Otro _____
17. Si le ofrecieran Cha'qo purificado ¿Lo consumiría?
 - Si No
18. ¿En qué presentación le gustaría consumir el Cha'qo purificado?
 - Polvo Pastillas
 - Cápsulas Jarabe
 - Otro _____
19. ¿Cuánto pagarías por una pastilla/capsula, en nuevos soles?
 - 0.20 0.40 0.50
 - 1.00 Otro _____

Anexo 2. Encuesta para comercializadores aplicada en los distritos de Puno, Juliaca, Azángaro y Acora – 2016.

Lugar: _____ Distrito _____ Provincia _____ Dpto. _____

Fecha: ____ de _____ del 2016 Encuestador: _____

1. Sexo:
 - Hombre Mujer
2. Edad
 - Joven (18-25)
 - Adulto (26-50)
 - Adulto mayor (50 >)
3. Grado de instrucción:
 - Sin educación
 - Primaria
 - Secundaria
 - Superior
4. Actividad en la comercialización Cha'qo.
 - Acopiador
 - Revendedor
 - Otro: _____
5. ¿Qué propiedades benéficas conoce del Cha'qo?
 - Como alimento
 - En enfermedades digestivas
 - Alimento y enfermedades digestivas
 - Otros _____
6. ¿Conoce de la composición química del Cha'qo?
 - Si No
7. Existe mucha demanda en el mercado, y en cualquier época del año?
 - Si No
 - Otro _____
8. ¿Cuál de las siguientes ciudades tiene mayor demanda del Cha'qo?
 - Puno Otros _____
 - Juliaca
9. ¿Es fácil conseguir Cha'qo para comercializar durante el año?
 - Si No
 - Otro _____
10. ¿Dónde vende el Cha'qo con mayor frecuencia?
 - Ferias
 - Mercados de abastos
 - Otros
11. ¿Quiénes son sus principales compradores?
 - Jovenes Adulto mayor
 - Adultos
12. ¿Qué cantidad de Cha'qo vende mensualmente?
 - 10 kg 100 kg
 - 50 kg Otro _____
13. ¿Qué color de Cha'qo prefieren los compradores?
 - Blanco Gris /oscuro
 - Gris/claro Otro _____
14. ¿A qué precio vende el Cha'qo natural?
 - Un sol Otro precio _____
 - Dos soles
 - Tres soles
15. ¿Alguna vez le compraron Cha'qo para uso industrial o para fabricar medicinas?
 - Si No
16. ¿Alguna vez usted/alguien comercializó Cha'qo en Arequipa, Moquegua, Tacna, Cuzco o Lima?
 - Si No
 - _____
17. ¿En qué cantidad se comercializo a estas ciudades?
 - 10 kg 30 k
 - 20 k
 - Otracantidad _____

Anexo 3. Determinación de carbono orgánico total (COT), de arcillas comestibles naturales y purificadas en cuatro distritos de la región de Puno 2016.

Estado	AZANGARO	TIQUILLACA	ACORA	ASILLO	MEDIA
Natural (%)	0.60	0.74	0.34	0.64	0.58
Purificado (%)	0.44	0.67	0.74	0.44	0.57

Fuente: Análisis realizado en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica UNA Puno.

Anexo 4. Determinación de nitrógeno total (NT), de arcillas comestibles naturales y purificadas en cuatro distritos de la región de Puno 2016.

Estado	AZANGARO	TIQUILLACA	ACORA	ASILLO	MEDIA
Natural (%)	0.06	0.06	0.04	0.1	0.065
Purificado (%)	0.06	0.08	0.07	0.07	0.070

Fuente: Análisis realizados en el Laboratorio de Agua y Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica UNA Puno.