

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**Caracterización del barro proveniente de la aldea El Rodeo, San José Pinula,
departamento de Guatemala para identificar si es viable su utilización en
formulaciones cosméticas**



Antonia Elizabeth Maldonado Hernández

Química Farmacéutica

Guatemala, marzo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**Caracterización del barro proveniente de la aldea El Rodeo, San José Pinula,
departamento de Guatemala para identificar si es viable su utilización en
formulaciones cosméticas**



Para optar al título de

Química Farmacéutica

Guatemala, marzo de 2015

JUNTA DIRECTIVA

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda	Decano
Lic. Elsa Julieta Salazar Meléndez de Ariza, M.A.	Secretaria
Licda. Liliana Vides de Urizar	Vocal I
Dr. Sergio Alejandro Melgar Valladares	Vocal II
Br. Michael Javier Mó Leal	Vocal III
Br. Blanqui Eunice Flores De León	Vocal IV

AGRADECIMIENTOS

A Escuela Oficial Rural Mixta Guardia de Honor

Una luz fulgurante en la tea del saber, gracias por darme tus aulas para poder despertar en mí el deseo por el saber.

A Instituto Nacional de Educación Básica INEB

Por ser más que mi hogar, el encargado de forjar en mí, los mejores hábitos de estudio y valores morales; y por enseñarme el verdadero valor del conocimiento.

A Universidad de San Carlos de Guatemala

Alma Mater, forjadora de profesionales al servicio de Guatemala, gracias por el privilegio de permitirme ser parte de ti.

A Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Quien formo mi vida como una verdadera profesional. Especialmente a los departamentos de Farmacia Industrial, Química Medicinal, Físicoquímica, Fitoquímica, al Laboratorio de Investigación de Química y Ambiente por permitirme realizar mi trabajo experimental en sus instalaciones.

Al Licenciado Julio Chinchilla

Por su apoyo y dedicación al ser el guía en esta investigación, y a la vez compartiendo su conocimiento.

A mis maestras, catedráticas y catedráticos

Por darme el saber, a través de sus enseñanzas y consejos.

DEDICATORIA

El presente acto lo dedico

A Dios

Porque me demostró en infinidad de formas que estuvo a mi lado. Siendo el guía de mis pasos. El consuelo de mis lamentos y la fuerza para vencer toda adversidad, por darme el coraje de enfrentarme a todos los obstáculos.

A mis padres

Por su apoyo incondicional y desmedido, por darme el privilegio de ser su hija, pues a pesar de todo siempre estuvieron ahí. Por confiar en mí, aunque nunca les di el orgullo de portar una bandera o tener un reconocimiento de honor al mérito, y a pesar de todo apostaron por mi educación y me permitieron llegar a ser profesional. Esta meta alcanzada es tan de ustedes como mía.

A mis hermanos y hermana

Pablo, Dulce, Eder y Luis Carlos, porque sus manos siempre estuvieron extendidas frente a mí, para que yo pudiese alcanzar este objetivo, por estar a mi lado codo a codo dándome la fuerza para seguir adelante en cada tropiezo y en cada caída; por ser mis compañeros de lucha en la vida.

A mi Hada Madrina

Tía Mina, porque no se imagina de qué manera todas sus acciones y palabras de aliento me ayudaron a seguir adelante y a alcanzar este objetivo. Porque cuando más lo necesite estuvo ahí alentándome y haciendo que recuperara la confianza en mí.

A mis tías, tíos, primos y primas

Porque sus gratas sonrisas y halagos me reconfortaban en los momentos difíciles, porque cada uno de ellos sabe de que forma sus acciones me dieron apoyo para alcanzar este objetivo, por ver en mí a esa persona luchadora y perseverante.

A mis amigas

Por haber estado conmigo, no llorando mis penas ni lamentando mis fracasos; sino que celebrando mis victorias y mis triunfos. Por darme los momentos más alegres en la vida, porque cada alegría la compartíamos desde el fondo del corazón, las quiero.

ÍNDICE

	Pág.
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. ANTECEDENTES	
3.1. Generalidades	4
3.2. El origen de las arcillas	4
3.2.1. Naturaleza química	5
3.2.2. Propiedades de las arcillas	6
3.3. Uso de las arcillas	7
3.3.1. Usos farmacéuticos	7
3.3.2. Uso en cosméticos	8
3.4. Métodos para la purificación de las arcillas	8
3.4.1. Parámetros fisicoquímicos de las arcillas	8
3.4.1.1. Contenido de humedad	8
3.4.1.2. Tamaño de partícula	8
3.4.1.3. Plasticidad	9
3.4.1.4. Sedimentación	9
3.4.1.5. pH	9
3.4.1.6. Determinación de metales pesados	9
3.4.2. Clasificación y especificaciones para las arcillas utilizadas en la industria Químico Farmacéutica	10
3.4.3. Límite microbiológico para las arcillas utilizadas en la Industria Químico Farmacéutica	10
3.5. Producto cosmético	
3.5.1. Definición de cosmético	11
3.5.2. Sistemas basados en tierras (máscaras arcillosas)	11
3.6. Geomedicina	12
3.7. Antecedentes en Guatemala sobre el uso de arcillas en formulaciones cosméticas	12
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	14

	Pág.
6. HIPÓTESIS	15
7. MATERIALES Y MÉTODOS	16
8. RESULTADOS	34
9. DISCUSIÓN	40
10. CONCLUSIONES	45
11. RECOMENDACIONES	46
12. REFERENCIAS	47
ANEXOS	50

1. RESUMEN

En Guatemala se cuenta con recursos naturales, sin embargo los estudios están enfocados mayoritariamente a las fuentes de origen vegetal y animal, las materias de origen mineral son evaluadas en menor cantidad. Cabe destacar que las materias de origen mineral han sido utilizadas desde la antigüedad para tratar problemas dermatológicos en algunos de los casos y para mejorar la apariencia de la piel.

El estudio incluyó varios aspectos fundamentales, los cuales fueron, la recolección de la arcilla, procesamiento, análisis de propiedades fisicoquímicas, evaluación de contaminantes y determinación de calidad microbiológica.

En lo que respecta a la recolección y procesamiento los resultados fueron satisfactorios ya que la arcilla presentó las características necesarias para poder iniciar el análisis. En cuanto a los parámetros físico-químicos evaluados todos cumplieron con las especificaciones establecidas; la arcilla no requirió un procesamiento extra en esta etapa de la investigación.

La determinación de contaminantes fue sumamente importante para identificar la viabilidad de utilizar este material como materia prima en cosméticos, ya que se identificaron de forma cuantitativa la presencia de metales pesados, arsénico y mercurio, los cuales son tóxicos, e interfieren en la aprobación de esta materia. Para disminuir la presencia de estos contaminantes se procedió a realizar una digestión ácida, la cual disminuyó de forma poco significativa la presencia de estos.

Se digirió, la arcilla, con ácido nítrico 0.5N, para disminuir los metales pesados presentes, sin embargo no se observó una disminución representativa. Utilizar otro método para disminuir estos contaminantes aumenta el costo de la investigación, lo cual impulsa a evaluar el costo-beneficio.

Al evaluar las características microbiológicas de la arcilla se identificó que tenía contaminantes, mesófilos, los cuales disminuyeron poco significativamente tras esterilización de la materia, sin embargo se estima que un tiempo mayor de esterilización podría colocar al material dentro de los límites permitidos, en lo que respecta a el resto de microorganismos, la arcilla cumplió con los parámetros establecidos.

La arcilla por poseer contaminantes nocivos, metales pesados, no es aceptada como materia prima en la elaboración de cosméticos.

1. INTRODUCCIÓN

Las arcillas son materias que suelen tener diversas funciones y por ello son clasificadas de acuerdo a sus características. Según la tipología de arcillas curativas naturales se pueden clasificar en cuatro grandes grupos:

- a) arcillas verdes hinchables
- b) arcillas illita
- c) arcillas caolinita
- d) arcillas fibrosas

Los minerales de arcilla se utilizan como principios activos en cosmética, en máscaras faciales, debido a su alto nivel de absorbanza de sustancias tales como grasas, toxinas, etc. Por lo tanto, se recomiendan para los procesos inflamatorios tales como forúnculos, acné, úlceras, etc. También se utilizan en cremas, polvos, emulsiones, etc., como antitranspirantes y para dar opacidad a la piel, eliminar el brillo y cubrir imperfecciones. Los minerales de arcilla tales como caolinita, esmectitas, talco y paligorskita se utilizan, aunque se recomienda el uso de los dos últimos sólo en preparados líquidos.

La tradición verbal del pueblo de la aldea el Rodeo, San José Pínula, departamento de Guatemala, indica que se utiliza el barro proveniente de esta área con el fin de tratar afecciones cutáneas por sus propiedades curativas atribuidas. Con este estudio se identificó si la arcilla proveniente de esta región podía utilizarse como materia prima en formulaciones cosméticas.

Para poder llevar a cabo dicho estudio se recolectó la materia a analizar, y posteriormente se evaluaron cada una de sus características.

La materia mineral se procesó, se establecieron las condiciones adecuadas de tamaño de partícula y porcentaje de humedad, para cumplir con las características necesarias de materia prima.

Se realizaron determinaciones de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y contaminantes. Se clasifica las arcillas utilizadas en la industria química farmacéutica en tres grupos con un grado de calidad cada uno; Tipo A (medicinal uso interno coloidal), tipo B (medicinal uso externo) y Tipo C (carga o ayuda a filtros). Los parámetros evaluados debían estar dentro de los rangos permitidos para la arcilla de tipo B.

Se determinaron las características físicas y químicas para identificar el comportamiento reológico y parte de la pureza de la materia. Los aspectos microbiológicos debían de cumplir con las normas establecidas por la RTCA para materias primas, ya que al cumplir estos parámetros se garantiza que la materia no será dañina para el consumidor.

Haber identificado los contaminantes en las materias primas de origen natural, fue uno de los aspectos claves para la aprobación de dicha materia, ya que, al provenir las materias de fuentes 100% naturales no se garantiza que estas estuvieran completamente libres de contaminantes. La arcilla por ser recolectada de suelos esta mayormente expuesta a contaminantes como metales pesados, los cuales por su naturaleza química tiende a bioacumularse y pueden causar intoxicaciones.

Al haber identificado alguna característica desfavorable en la materia, como presencia de contaminantes, la arcilla se sometió a tratamiento, sin embargo los resultados no fueron completamente favorables.

2. ANTECEDENTES

2.1. Generalidades

Las arcillas son una de las sustancias minerales más extensas y tempranamente utilizadas por el hombre. El uso de los minerales provenientes de arcillas con fines medicinales es, probablemente, tan antigua como la humanidad misma.

La arcilla y el barro han sido utilizados por los seres humanos, desde la prehistoria, como material natural para mejorar la salud y aumentar el bienestar general. En efecto, determinados tipos de arcilla y barro todavía se utilizan en todo el mundo como agentes terapéuticos.

Sin embargo, sólo en las últimas dos décadas, los investigadores han tratado de explicar el respaldo científico de las propiedades relevantes, metodologías de aplicación, beneficios a la salud y las contraindicaciones de arcilla y barro curativo. No hay duda de que el uso adecuado de las arcillas (cada arcilla, es única, y cada una puede responder en el cuerpo de manera diferente), ya sea interna o externamente, puede lograr la curación (Gomes, Hernandez, Sequeira, & Silva, 2009).

2.2. El origen de las arcillas

Antes del estudio mineral con rayos X, las arcillas fueron incorrectamente tomadas como pequeñas partículas de cuarzo, feldespato, micas o augita. Ahora se sabe que las arcillas tienen una composición específica y excepto las micas no son muy similares a los minerales primarios.

Los minerales de arcilla son más que todo son nuevos minerales formados de productos solubles de minerales primarios; han formado nuevos cristales y pueden ser considerados minerales secundarios. Síntesis de arcillas en laboratorios han probado que el tipo de arcilla formado puede ser determinado por las proporciones de los diferentes iones en solución.

Removiendo alguno de los productos por lavado de la solución formada con arcilla, se reduce la formación de arcilla y se altera el tipo de arcilla a formar. Suelos de regiones calurosas, pero muy poco lavados por tener pobre drenaje, tienen grandes cantidades de minerales primarios disueltos, que después se cristalizan en arcillas. Estos húmedos y calurosos suelos tropicales, además tienden a tener un alto

porcentaje de arcillas, aún a profundidades de 15 a 60 pies; otra característica de estos suelos es que tienen grandes proporciones de minerales primarios meteorizados.

Algunas arcillas aparentemente se forman de pequeñas alteraciones (solubilidad selectiva y reconstrucción) de algunos minerales primarios, particularmente de las micas tales como la biotita y la moscovita (Palacios, 1992).

2.2.1. Naturaleza química

La mayoría de las arcillas son cristales; poseen una definitiva y repetida ordenación de los átomos de que están compuestas. La mayoría presentan planos de átomos de oxígeno con silicio y átomos de aluminio reteniendo los oxígenos por enlaces iónicos, que es la atracción de átomos cargados positiva y negativamente. Tres o cuatro planos de átomos de oxígeno con intervenciones de iones silicio u aluminio (u otros, dependiendo del tipo de arcilla) forman una capa. Una partícula de arcilla está compuesta de muchas capas arregladas como láminas sobrepuestas.

Por varias razones, las arcillas tienen una carga negativa neta, la cual atraerá y retendrá cationes positivos, tales como potasio (K^+) sodio (Na^+), amonio (NH_4^+), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}) e hidrógeno (H^+). Las cantidades de cationes retenidos varían con la clase de arcilla (Palacios, 1992).

La tipología de arcillas curativas naturales se puede clasificar en cuatro grandes grupos:

- a. arcillas verdes hinchables (ricas en esmectita, estrechamente relacionado con bentonita, teniendo Fe^{2+} dioctaédrico, pH alcalino, carga eléctrica intermedia, alta área de superficie específica y alta absorción)
- b. arcillas illita (blanca, casi blanco o verde, alta carga eléctrica, superficie específica intermedia, alta capacidad de intercambio catiónico y alta absorción)
- c. arcillas caolinita (blanca, baja carga eléctrica, área baja de superficie específica, baja capacidad de intercambio catiónico, y baja absorción)
- d. arcillas fibrosas que llevan ya sea paligorskita o sepiolita (blanca o casi blanca, baja carga eléctrica, alta superficie específica, capacidad de intercambio catiónico intermedia y alta absorción) (Gomes, Hernandez, Sequeira, & Silva, 2009).

Cierto tipo de arcillas tienen oxígeno y otros átomos menos arreglados, se denominan materiales amorfos que son el grupo de la alófana.

La estructura del material se estudia en tres niveles, la macroestructura del mismo, o sea, la composición que se ve a simple vista; su microestructura, es decir, la composición que se ve en un microscopio óptico y, la estructura interna de las sustancias que componen el material a nivel iónico-molecular, estudiada recurriendo a los métodos del análisis por rayos X, microscopía electrónica, etc. (Chipina, 2006).

El uso de arcillas dentro de las aplicaciones cosméticas se debe a dos propiedades importantes dentro de su composición molecular, los sitios activos, que son los espacios entre laminillas de material sólido, capaz de retener agua o moléculas orgánicas de alto peso molecular, y que confieren a éstas, las propiedades reguladoras, de retener y liberar agua a tasas relativamente constantes, es decir, aumentan la superficie de humectación. El otro aspecto importante en las propiedades de las arcillas, es la capacidad de tener cationes y aniones en los extremos de las laminillas de material sólido, lo que le confiere de acuerdo a la definición de Lewis, características ácidas y alcalinas leves (H^+ y OH^-). Este aspecto es fundamental, puesto que la presencia de equivalentes ácidos – base, permite mantener el equilibrio ácido dentro del material, sin embargo en forma aislada tienen propiedades de acidificación y alcalinización que por separado producen el efecto de exfoliación al ser ligeramente reactivos con los agentes superficiales, especialmente en la epidermis (Coyoy, 2011).

2.2.2. Propiedades de las arcillas

La composición química, tamaño medio de partícula, distribución de tamaño de partícula, capacidad de intercambio catiónico, la naturaleza de los cationes intercambiables, área de superficie específica, el calor específico y la difusividad de calor, son propiedades de las arcillas naturales que se consideran relevantes para su uso en cosméticos (Gomes, Hernandez, Sequeira, & Silva, 2009).

Los minerales de arcilla tienen propiedades que son útiles para preparar formulaciones farmacéuticas, son fundamentalmente: una alta área específica y capacidad de absorción, propiedades reológicas, inercia química y toxicidad baja o nula para el paciente (Carretero, 2002).

La arcilla o el barro utilizado como material de curación deben tener un tamaño de grano fino, tener una alta área de superficie específica, alto calor específico y una alta capacidad de adsorción y absorción, mientras que su velocidad de enfriamiento o difusividad térmica deben ser bajo. También la arcilla o el barro deben ser fáciles de manejar, y dar una sensación agradable cuando se aplica directamente sobre la piel (Gomes, Hernandez, Sequeira, & Silva, 2009).

2.3. Usos de las arcillas

Se han encontrado aplicaciones de arcilla en medicina estética, en particular como ingredientes de dermocosmética y formulaciones de dermofarmacia. Los tipos particulares de arcillas y minerales de arcilla (caolinita, esmectita, paligorskita y sepiolita) pueden entrar como principios activos o como excipientes en las formulaciones de varios medicamentos o drogas. Ciertos tipos de arcilla y barro podrían aplicarse externamente como recubrimientos para el alivio de las afecciones dermatológicas, tales como psoriasis, acné y seborrea (Gomes, Hernandez, Sequeira, & Silva, 2009).

Formulaciones farmacéuticas administradas por vía tópica son medicamentos aplicados para el exterior del cuerpo, en una parte limitada de la misma. Los minerales de arcilla se aplican por vía tópica como protectores dermatológicos o por razones estéticas (Carretero, 2002).

La caolinita que se encuentra en arcillas es también un constituyente de máscaras faciales, usado para tonificar la piel subyacente. Las pastas hechas de arcilla o barro de manantiales contienen agua termal sulfurada, algas verde sulfuradas y vitaminas E, se utilizan en máscaras faciales (Gomes, Hernandez, Sequeira, & Silva, 2009).

2.3.1. Usos Farmacéuticos

En la elaboración de medicamentos por ser químicamente inerte y libre de bacterias. Desde hace tiempo las arcillas se vienen usando como excipiente por la industria farmacéutica. Debido a que no son tóxicas, ni irritantes y que tampoco se absorben por el cuerpo humano, se utilizan para la elaboración de preparaciones tanto de uso tópico como oral. Se utiliza como adsorbente, estabilizante, espesante, agente suspensor y como modificador de la viscosidad.

2.3.2. Uso en Cosméticos

Los minerales de arcilla se utilizan como principios activos en cosmética, en máscaras faciales, debido a su alto nivel de adsorbancia de sustancias tales como grasas, toxinas, etc. Por lo tanto, se recomiendan para los procesos inflamatorios tales como forúnculos, acné, úlceras, etc. Son también de utilidad en cremas, polvos, emulsiones, etc., como antitranspirantes y para dar la opacidad en la piel, eliminar el brillo y cubrir imperfecciones. Los minerales de arcilla, tales como caolinita, esmectitas, talco y paligorskita se utilizan, aunque se recomienda el uso de los dos últimos sólo en preparaciones líquidas (cremas, emulsiones, etc.) (Carretero, 2002).

2.4. Métodos para la purificación de arcillas

El fin de purificar las arcillas es evitar que estas contengan materias que pueden afectar a las personas en lugar de ayudarlas. Para ello se pueden evaluar varios parámetros tanto físicos como químicos y también se pueden evaluar indicadores de contaminantes como metales pesados o contaminación microbiana (Escobar, Osorio, Palma, Palma, & Pérez, 2012).

2.4.1. Parámetros fisicoquímicos de las arcillas

Los parámetros físicos de las arcillas son características propias de ellas, que al evaluarlas se identifica su comportamiento y sus propiedades para poder ser incorporada en formulaciones posteriores (Carretero, 2002).

2.4.1.1. Contenido de humedad

El agua en el material puede estar en dos diferentes formas: agua de hidratación y agua de constitución. El agua de hidratación es la que está adsorbida en la superficie o en las partículas del material, mientras que el agua de constitución es la que forma parte de las moléculas (Ministerio de Energía y Minas, 2003).

2.4.1.2. Tamaño de partícula

El objetivo de éste es la distribución natural granulométrica de las arcillas, incluyendo las sales solubles que puedan contener. Las arcillas deben tener un tamaño de partícula menor o igual para poder pasar por una malla No. 24 y 80 (Palacios, 1992).

2.4.1.3. Plasticidad

Es una propiedad que tienen ciertas sustancias de deformarse bajo la acción de una fuerza, conservando la deformación aun después que la fuerza ha dejado de actuar. Esta propiedad la adquieren las arcillas al humedecerlas con agua. Generalmente las arcillas sedimentarias, atribuyen la plasticidad a sustancias coloidales como lo son los óxidos hidratados de hierro, aluminio y silicio, los cuales dan lugar a la sedimentación, por consiguiente, la plasticidad será mayor cuanto mayor parte de agua pueda administrarse hasta llegar al máximo hinchamiento de los coloides (Ministerio de Energía y Minas, 2003).

2.4.1.4. Sedimentación

Para la fabricación de cosméticos, es necesario que se determine la sedimentación de la arcilla y que ésta no afecte la formulación del producto. Al finalizar la prueba la altura de la emulsión suspendida en el líquido representa el rango de sedimentación (Ministerio de Energía y Minas, 2003).

2.4.1.5. pH

El pH de una sustancia es el grado de acidez o alcalinidad relativa que el sólido es capaz de comunicar al agua en la cual está sumergido. La mayor parte de arcillas comunican al agua destilada, en la cual hayan sido puestas en digestión, un pH ligeramente ácido, entre 5 y 6. Las bentonitas proporcionan un medio ligeramente alcalino (Ministerio de Energía y Minas, 2003).

2.4.1.6. Determinación de metales pesados

Se llevan a cabo las pruebas para determinar la presencia de metales pesados, pues estos son contaminantes que no deben sobrepasar los límites permitidos. Las materias que poseen metales pesados no son aptas para elaborar formulaciones, ya que pueden causar severos daños a las personas que utilicen productos elaborados con materias contaminadas (Gomes, Hernandez, Sequeira, & Silva, 2009).

2.4.2. Clasificación y especificaciones para las arcillas utilizadas en la industria Química Farmacéutica

Se clasifica las arcillas utilizadas en la industria química farmacéutica en tres grupos con un grado de calidad cada uno.

Tipo A: Medicinal uso interno coloidal

Tipo B: Medicinal uso externo

Tipo C: Carga o ayuda a filtros

Especificaciones de arcillas tipo B

Especificaciones	Parámetro
Humedad (105°C)	No mayor a 1.5%
Tamaño de partícula	Menor a 1.5 µm
Plasticidad	Regular (50%)
Sedimentación	Entre 10mL y 50 mL
pH (suspensión al 10% peso sobre volumen)	Entre 6.5 y 8.5
Sustancias soluble en ácido	Menor a 2% (10mg/g)
Carbonatos	Exento
Hierro	Vestigios (7%)
Plomo	Menor a 1ppm
Arsénico	Menor a 2ppm
Mercurio	Menor a 1ppm

(Coyoy, 2011)

2.4.3. Límites microbiológicos para las arcillas utilizadas en la industria Química Farmacéutica

Las arcillas por encontrarse en el ambiente en depósitos de suelos, tiende a presentar mayor probabilidad de poseer contaminación microbiológica por ello se debe de evaluar el recuento cualitativo de bacterias mesófilas y hongos que pueden desarrollarse en condiciones aeróbicas; y se debe también determinar la ausencia de patógenos (USP 30, 2007).

Especificaciones de límites microbianos (UFC/g o UFC/cm³ RTCA 71.03.45:07)

PRODUCTO	DETERMINACIÓN	ESPECIFICACIÓN
Todos los otros	Recuento total de Mesófilos aerobios	≤10 ³
	Recuento total de Mohos y Levaduras	≤10 ²

Fuente: RTCA 71.03.45:07

Especificaciones de microorganismos patógenos (UFC/g o UFC/cm³ RTCA 71.03.45:07)

MICROORGANISMOS	ESPECIFICACIÓN
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausente
<i>Escherichia coli</i>	Ausente
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausente

Fuente: RTCA 71.03.45:07

2.5. Producto cosmético

2.5.1. Definición de cosmético

Los cosméticos son definidos como artículos previstos para ser frotados, vertidos, asperjados, rociados o aplicados de otras maneras en el cuerpo humano para limpiar, embellecer, promover la atracción o alterar el aspecto. Esta definición incluye cremas para el cuidado de la piel, lociones, talcos, spray, perfumes, lápiz labial, barniz de uñas, maquillaje facial y para ojos, tintes de cabello y tratamientos, desodorantes, aceites de baño y cremas limpiadoras de cutis (Miyares, 2006).

2.5.2. Sistemas basados en tierras (Máscaras arcillosas)

Con frecuencia a los sistemas basados en tierras se les denomina máscaras de pasta. En estos sistemas se incluyen las máscaras faciales arcillosas y las mascarillas derivadas de lodo, generalmente contiene un elevado porcentaje de sólidos.

Conforme la máscara se seca sobre el rostro, se endurece y contrae, dando la sensación de astringencia mecánica. La presencia de arcillas adsorbentes, tal como bentonita, produce un efecto limpiador genuino, particularmente sobre pieles muy grasas (Wilkinson, 1990).

2.6. Geomedicina

La geomedicina corresponde a una rama de las ciencias médicas que vincula los aspectos, factores y ambientes geológicos con la medicina. La Geomedicina actual se basa en diversas investigaciones relacionadas con la estructura geométrica que caracteriza a los cristales (Gomes, Hernandez, Sequeira, & Silva, 2009).

2.7. Antecedentes en Guatemala sobre el uso de arcillas en formulaciones cosméticas

En el informe final titulado Caracterización de la arcilla de Santa Bárbara Huehuetenango, su evaluación para la preparación y Formulación de mascarillas faciales de uso cosmético, realizado por Edgar Coyoy en el año 2011, indica que las arcillas provenientes de esta región cumplen con los parámetros establecidos para poder ser utilizadas en la formulación de mascarillas. Establece que las personas distinguen una mejora en la percepción de las características de la piel del rostro (características como tersura, limpieza, permeabilidad y suavidad) antes y después de aplicar una mascarilla manufacturada con arcilla, también sugiere que al realizar formulaciones cosméticas el efecto en la piel es el mismo que se presenta cuando se utilizan las arcillas solas.

Las autoras Ana Escobar, Ángela Osorio, Julieta Palma, Ana Palma y Martha Pérez, indican que el caolín extraído del Depósito Los Esclavos, departamento de Santa Rosa, es una arcilla que cumple con las especificaciones y tiene un buen potencial para ser utilizado en formulaciones cosméticas. Determinan que los cosméticos que son elaborados con estas arcillas mantienen su estabilidad, evaluado este parámetro con la prueba de reversibilidad. También resaltan que la población manifiesta una gran aceptación para los cosméticos que son elaborados con arcilla. Esta información fue publicada en el año 2012 en el trabajo de tesis titulado Caracterización del Caolín para la Formulación de cuatro Productos Cosméticos.

3. JUSTIFICACIÓN

Guatemala es un país rico en compuestos naturales, los cuales pueden utilizarse para incorporarse en formulaciones cosméticas, y de esta manera tener una mayor aceptación por las personas, pues la tendencia actual para mejorar la apariencia es utilizar productos derivados de fuentes naturales.

En Guatemala se elaboran productos de fuentes naturales, sin embargo las fuentes más utilizadas son las de origen animal y de origen vegetal; suelen utilizarse muy poco las materias de origen mineral en formulaciones, a pesar de ello éstas tienen una amplia utilidad para disminuir afecciones dermatológicas utilizándose sin una purificación previa. Cabe destacar que por su origen geológico, las materias derivadas de suelos tienden a tener una alta cantidad de contaminantes los cuales deben de ser eliminados para poder utilizarlas como materia prima en formulaciones.

Al realizar la caracterización que incluye, análisis de aspectos físico-químicos, microbiológicos y determinación de contaminantes como metales pesados, se identificará si la arcilla proveniente de esta región puede ser utilizada en formulaciones cosméticas, las cuales pueden proveer actividades beneficiosas para las personas que las utilicen. Ya que las personas de dicha región utilizan la arcilla de forma constitudinaria para disminuir afecciones dermatológicas.

Está materia podría tener contaminantes que en lugar de ayudar provocaría un daño, tal es el caso que se encontrase contaminado con metales pesados, ya que estos se acumulan dentro del organismo y puede llegar a niveles tóxicos. Por lo que identificar los posibles contaminantes que se encuentran en ella y si se pueden eliminar, es de suma relevancia. Se identificara la factibilidad de un método de pretratamiento adecuado para disminuir los contaminantes, sin embargo estos tratamientos previos en la materia pueden aumentar el costo del procesamiento; empujando a que se evalúe el costo – beneficio y el riesgo-beneficio.

4. OBJETIVOS

4.1. GENERAL

Determinar si la arcilla, proveniente de la aldea El Rodeo, municipio de San José Pinula, Departamento de Guatemala cumple con los parámetros establecidos para que pueda ser utilizada como materia prima en formulaciones cosméticas.

4.2. ESPECÍFICOS

- 4.2.1.** Evaluar las características fisicoquímicas del barro; determinando la presencia de metales pesados de forma cualitativa y cuantitativamente.
- 4.2.2.** Comprobar la calidad bacteriológica del barro procesado.
- 4.2.3.** Identificar la viabilidad de utilizar esta materia, como materia prima en formulación.

5. HIPÓTESIS

La arcilla proveniente de la aldea el Rodeo, San José Pínula, Departamento de Guatemala, cumple con las características de materia prima necesarias para ser utilizada en la elaboración de cosméticos.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Universo de trabajo

Arcilla

6.2. Muestra

Suelo de la aldea El rodeo, San José Pinula; Guatemala.

6.3. Materiales y Equipo

6.3.1. Materiales

- Cubetas
- Bolsas
- Papel craft
- Crisol
- Pinza para crisol
- Vidrio de reloj
- Baño de María
- Probeta de 100mL, 50mL, 25mL, 10mL
- Varillas de agitación
- Beaker de 500mL, 400mL, 250mL
- Embudo de vidrio
- Tubo de comparación de 50mL
- Balón de aforo de 2000mL, 1000mL, 500mL, 100mL
- Pipeta volumétrica de 10mL, 5mL, 4mL, 3mL, 2mL, 1mL
- Pipeta serológica de de 2mL
- Pipeteador
- Matraces de borosilicato de 50mL
- Mortero
- Núcleos de ebullición
- Erlenmeyer de digestión
- Papel pH
- Cajas de petri de 7cm
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Papel mayordomo

- Hojas de papel bond
- Lapiceros
- Metro
- Pala
- Termómetro

6.3.2. Equipo

- Horno de convección eléctrico
- Desecadora
- Molino
- Tamiz No. 24 y 80
- Motor universal
- Balanza semi-analítica
- Estufa
- Potenciómetro
- Balanza analítica
- Mufla
- Campana de extracción de gases
- Centrifugadora
- Motor agitador con enganche excéntrico
- Detector de absorción atómica
- Quemador
- Horno de 450°C
- Condensador
- Espectrofotómetro de absorción atómica equipado con sistema generador de hidruros
- Lámpara de descarga sin electrodos
- Fuente para lámpara de descarga sin electrodos
- Registrador gráfico
- Incubadora
- Cámara fotográfica
- Computadora
- Impresora

6.3.3. Reactivos

- Ácido clorhídrico 8M, 7N, 6N, 3 N y concentrado
- Ácido sulfúrico concentrado, 18N y 1N
- Nitrato de plomo
- Ácido nítrico 1N y al 37%
- Acetato de amonio
- Hidróxido de amonio 6N
- Ácido acético 1N
- Tioacetamida – glicerina básica SR
- Salicilato de sodio
- Cloruro de estroncio
- Ácido perclórico al 70%
- Estándar de plomo
- Plomo
- Solución de estroncio
- Ácido ternario
- Solución estándar de carbonato de amonio
- Sales inorgánicas
- Aire C₂H₂
- Arsénico solución patrón
- Hidróxido de sodio
- Solución de nitrato de magnesio
- Yoduro de potasio al 20%
- Solución de cloruro de magnesio
- Sodio bromohidruro 4%
- Cloruro de sodio
- Sulfato de hidroxilamina
- Cloruro de mercurio
- Molibdato de sodio al 1%
- Caldo digerido de caseína soja
- Caldo MacCokey
- Agar cetrimida
- Agua destilada

6.4. Métodos

6.4.1. Muestreo

Se procedió a retirar el material superficial (30cm de espesor) que podía estar contaminado con basura, materia orgánica propia del lugar y otros desechos. Se tomaron muestras de tres sitios distribuidos equitativamente en un triángulo. Se rotularon las bolsas donde se colocó el barro, con el punto de muestreo para cada uno y posteriormente se procedió a realizar su análisis en el laboratorio (Coyoy, 2011).

6.4.2. Secado

Se colocó el barro recolectado en un horno de convección a una temperatura de 105°C durante 24 horas, para motivar la evaporación del agua (Chipina, 2006).

7.4.2.1. Determinación de porcentaje de humedad

Las muestras se pesaron, secaron a 110°C, enfriaron en un desecador y pesaron de nuevo. Es más conveniente expresar el contenido de humedad como porcentaje del peso sobre la muestra seca.

$$\%H = [(Peso\ húmedo - Peso\ seco) / Peso\ seco] \times 100$$

Se obtuvo arcilla con porcentaje de humedad menor a 1.5 (Chipina, 2006).

7.4.3. Determinación de las características físicas del barro

7.4.3.1. Estandarización de tamaño de partícula

Se utilizó el molino del departamento de Farmacia Industrial a este se le colocó un tamiz con malla No. 24 y 80. El molino fue acoplado al motor universal y luego se programó el tiempo y velocidad en que se molió el barro seco. Se obtuvo un tamaño de partícula menor a 0.1µm (Gomes, Hernandez, Sequeira, & Silva, 2009).

7.4.3.2. Plasticidad

Se llevó a cabo humedeciendo la arcilla y por medio del tacto, se clasificó la plasticidad, la cual se denomina: mala, regular, buena, muy buena y excelente.

Los porcentajes de sílice y alúmina dan una idea de la plasticidad: cuanto más bajo sea el contenido de sílice y más alto el de alúmina, la arcilla será más plástica.

La arcilla por su comportamiento se clasificó como regular (50%) (Ministerio de Energía y Minas, 2003).

7.4.3.3. Sedimentación

Se pesaron 15g de arcilla seca, se colocaron en una probeta graduada de 100mL, se agregó agua destilada hasta aforo, se agitó con una varilla de vidrio para homogenizar la mezcla y se dejó en reposo durante 80 minutos. La altura de la emulsión suspendida en el líquido representa el rango de sedimentación. El rango de sedimentación que se obtuvo fue entre 10 a 50mL. (Ministerio de Energía y Minas, 2003).

7.4.4. Determinación de las características químicas del barro

7.4.4.1. pH

Se Pesaron 5g de muestra y se agregaron 50mL de agua destilada con pH 7, se agitó con una varilla durante 5 minutos y se tomó la lectura con un medidor de pH previamente calibrado. El valor de pH permitido para las arcillas es de 6.6 a 8.5, la arcilla presentó un valor dentro de este rango (Ministerio de Energía y Minas, 2003).

7.4.4.2. Sustancias solubles en ácido

Se digirió 1g de la muestra con 20mL de ácido clorhídrico 3N; 15 minutos y se filtró: 10mL del filtrado, evaporados a sequedad e incinerados, no dejaron más de 10 mg de residuos (2.0%) (USP 30, 2007).

% sustancias solubles en ácido: 1000 mg muestra ----- 100%

10ml-----?

7.4.4.3. Carbonatos

Se mezcló 1g de la muestra con 10mL de agua y 5mL de ácido sulfúrico. La ausencia de efervescencia indica que no hay carbonatos. Las arcillas utilizadas para formular productos cosméticos no deben poseer carbonatos (USP 30, 2007).

7.4.4.4. Determinación de la presencia de Hierro

En un mortero, se trituraron 2g de la muestra con 10mL de agua y se agregan 500mg de salicilato de sodio. La mezcla adquirió un ligero tinte rojizo. La presencia

de hierro en las arcillas debe de ser vestigios. (Escobar, Osorio, Palma, Palma, & Pérez, 2012).

7.4.5. Determinación de contaminantes

7.4.5.1. Digestión Ácida Asistida Con Horno Microondas para Muestras de Sedimentos, Lodos, Suelos y Aceite

7.4.5.1.1. Alcance y Aplicación

Este método de extracción por medio de un microondas está diseñado para imitar la extracción con calefacción convencional con ácido nítrico (HNO_3), o bien, ácido nítrico y ácido clorhídrico (HCl), de acuerdo al método EPA 200.2 y método 3050. Dado que este método no se destina a lograr la descomposición total de la muestra, las concentraciones de analito extraída no reflejan el contenido total de la muestra. Este método es aplicable utilizando ácido asistido por extracción con microondas, disolviendo sedimentos, lodos, suelos, y aceites para los siguientes elementos:

*Aluminio (Al)	Plomo (Pb)	*Vanadio (V)
*Antimonio (Sb)	*Magnesio (Mg)	Zinc (Zn)
Arsénico (As)	Manganeso (Mn)	
*Bario (Ba)	Mercurio (Hg)	
*Berilio (Be)	Molibdeno (Mo)	
Boro (B)	Níquel (Ni)	
Cadmio (Cd)	Potasio (K)	
Calcio (Ca)	Selenio (Se)	
*Cromo (Cr)	*Plata (Ag)	
Cobalto (Co)	Sodio (Na)	
Cobre (Cu)	Estroncio (Sr)	
*Hierro (Fe)	Talio (Tl)	

*Indica los elementos que suelen requerir la adición de HCl para lograr resultados equivalentes con el método 3050.

Nota: Para matrices, tales como ciertos tipos de aceites, este método puede o no proporcionar la disolución total de la muestra. Para otras matrices, tales como suelos y sedimentos, debe considerarse un método de extracción. Otros elementos y las matrices pueden ser analizadas por este método si el rendimiento se demuestra para el analito de interés, en las matrices de interés, en los niveles de concentración de interés (Horwitz, 2005).

7.4.5.1.2. Resumen del método

Una muestra representativa de arcilla fue extraída y/o disuelta en ácido nítrico concentrado, o alternativamente, en una mezcla de ácido nítrico concentrado y ácido clorhídrico concentrado bajo un sistema de calefacción con microondas, realizado en un laboratorio apto. La muestra y el ácido o la mezcla de ácidos se colocaron en un polímero de fluorocarbono (PFA o TFM) o en un recipiente de cuarzo. El recipiente se selló y se calentó en la unidad de microondas durante un período determinado de tiempo. Después del enfriamiento, el contenido del recipiente se filtró, se centrifugó, y se dejó reposar y asentar, luego se diluyó y se analizó por el método de determinantes adecuado (método de análisis de metales pesados) (Horwitz, 2005).

7.4.5.1.3. Interferencias

Solventes, reactivos, material de vidrio, y otros equipos de procesamiento de la muestra puede producir artefactos y/o interferencias con el análisis de la muestra. A todos estos materiales se les debe demostrar que están libres de interferencias en las condiciones del análisis, mediante el análisis de los espacios en blanco. Es necesaria la selección específica de los reactivos y la purificación de solventes por destilación en todos los sistemas de vidrio.

Si el tamaño de la muestra es mayor a 0.25g, la descomposición completa de cualquiera de los carbonatos, o del carbono puede producir la presión suficiente para ventilar el recipiente (Horwitz, 2005).

7.4.5.1.4. Precauciones

Este método requiere microondas resistentes con polímeros de fluorocarbono (como por ejemplo ALP o TFM) o con cuarzo para contener los ácidos y las muestras. Para presión más alta del recipiente puede utilizarse microondas con capas de diferentes materiales para soportar la fuerza, durabilidad y seguridad. El volumen interno del recipiente debe ser de al menos 45mL, y el recipiente debe ser capaz de soportar la presión de por lo menos 30 atm (435psi) (Horwitz, 2005).

7.4.5.1.5. Advertencias

La combinación de reactivos (9mL de ácido nítrico a 3mL de ácido clorhídrico) se traduce en mayores presiones que las que resulten de la utilización de un solo ácido, como en el caso del ácido nítrico.

Las presiones de aproximadamente 12atm se alcanzan durante el calentamiento de la mezcla de un solo ácido. Las presiones que se alcanzan durante la descomposición real de una muestra de sedimento (SRM 2704, una matriz con bajo contenido orgánico) tienen más del doble cuando se utiliza la mezcla de ácidos (9mL de ácido nítrico y 3mL de ácido clorhídrico). Estas presiones superiores requieren del uso de recipientes que tengan una mayor capacidad de presión (30atm o 435psi) (Horwitz, 2005).

7.4.5.1.6 Materiales

Microondas (requisitos del aparato): Los requisitos de rendimiento de temperatura necesario para detectar la temperatura de $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ y de forma automática es ajustar el campo de microondas de potencia de salida dentro de 2 segundos de detección. La temperatura de los sensores debe tener una precisión de ± 2 pascales (incluida la temperatura de la reacción final de $175 \pm 5^{\circ}\text{C}$). El control de temperatura proporciona el mecanismo de actuación principal de los métodos (Horwitz, 2005).

7.4.5.2. Determinación de presencia de metales pesados

Principio: Esta prueba se proporciona para demostrar que el contenido de impurezas metálicas coloreadas por el ión sulfuro, en las condiciones de prueba especificadas, no excede el límite de Metales pesados especificado en la

monografía individual correspondiente al porcentaje (en peso) de plomo en la sustancia en análisis, según se determina mediante comparación visual concomitante con un control preparado a partir de una Solución Estándar de Plomo. Las sustancias que generalmente responden a esta prueba son: plomo, mercurio, bismuto, arsénico, antimonio, estaño, cadmio, plata, cobre y molibdeno.

Determinar la cantidad de metales pesados por el Método I, a menos que se especifique algo diferente en la monografía individual. El Método I se emplea para sustancias que producen preparaciones transparentes e incoloras en las condiciones de prueba especificadas. El Método II se emplea para sustancias que no producen preparaciones transparentes e incoloras en las condiciones de prueba específicas para el Método I, o para sustancias que por su naturaleza compleja interfieren con la precipitación de metales mediante el ión sulfuro o para aceites fijos y volátiles. El Método III es un método de digestión húmeda que se usa sólo cuando no se puede usar ni el Método I ni el Método II (USP 30, 2007).

Método II

- Solución Madre de Nitrato de Plomo: Se Disolvieron 159.8 mg de nitrato de plomo en 100mL de agua a la que se le agregó 1mL de ácido nítrico, luego se diluyó con agua hasta 1000mL. Se preparó y almacenó esta solución en recipientes de vidrio libres de sales de plomo solubles.
- Solución Estándar de Plomo: En el día de uso, se diluyeron con agua 10mL de Solución Madre de Nitrato de Plomo hasta 100mL. Cada mL de la Solución Estándar de Plomo contenía el equivalente a 10mg de plomo. Una solución de comparación preparada sobre la base de 100mL de Solución Estándar de Plomo por g de sustancia en análisis contiene el equivalente a 1 parte de plomo por millón de partes de la sustancia en análisis.
- Solución Amortiguadora de Acetato de pH 3.5: Se Disolvieron 25g de acetato de amonio en 25mL de agua y se agregaron 38mL de ácido clorhídrico 6N. Se ajustó con hidróxido de amonio 6N o ácido clorhídrico 6N hasta un pH de 3.5; se diluyó con agua hasta 100mL y mezcló.
- Preparación Estándar: Se Pipetearon 2mL de la Solución Estándar de Plomo (20 mg de Pb), se transfirieron a un tubo de comparación de color de 50mL

y diluyó con agua hasta 25mL. Usando un medidor de pH o un papel indicador de pH de intervalo corto como indicador externo, se ajustó con ácido acético 1N o hidróxido de amonio 6N hasta un pH entre 3.0 y 4.0; se diluyó con agua hasta 40mL y mezcló.

- Preparación de Prueba: Se utilizó una cantidad, en g, de la sustancia a analizar calculada por la fórmula:

$$2.0/(1000L)$$

En donde L fue el límite de Metales pesados, expresado como porcentaje. Se transfirió la cantidad pesada de la sustancia a un crisol adecuado, se agregó suficiente ácido sulfúrico para humedecerla e incineró cuidadosamente a baja temperatura hasta que se carbonizó por completo. (El crisol estuvo cubierto con una tapa adecuada no ajustada durante la carbonización). Se agregaron 2mL de ácido nítrico y 5 gotas de ácido sulfúrico a la masa carbonizada y se calentó con cuidado hasta que ya no se produjeron humos blancos. Se incineró en una mufla, a una temperatura de 500°C a 600°C hasta que el carbón se quemó completamente.

Se enfrió, y se agregaron 4mL de ácido clorhídrico 6N, se cubrió y digirió en un baño de vapor durante 15 minutos, se removió la tapa y evaporó lentamente hasta sequedad en un baño de vapor. Se Humedeció el residuo con 1 gota de ácido clorhídrico, se agregaron 10mL de agua caliente y se digirió durante 2 minutos.

Se agregó, gota a gota, hidróxido de amonio 6N hasta que la solución se alcalinizó al papel de tornasol, se diluyó con agua a 25mL y ajustó con ácido acético 1N a un pH entre 3.0 y 4.0, empleando un papel indicador de pH de intervalo corto como indicador externo. Se filtró, enjuagó el crisol y el filtro con 10mL de agua, se combinó el filtrado y el enjuague en un tubo de comparación de color de 50mL, se diluyó con agua a 40mL y mezcló.

- Determinación: A cada uno de los tubos que contenían la preparación Estándar y la Preparación de Prueba, se agregaron 2mL de la Solución

Amortiguadora de Acetato de pH 3.5; luego se agregó 1.2mL de tioacetamida–glicerina básica SR (solución reactivo), se diluyó con agua hasta 50mL, mezcló, dejó en reposo durante 2 minutos y observó hacia abajo sobre una superficie blanca: el color de la solución de la Preparación de Prueba no fue más oscuro que el de la solución de la Preparación Estándar. El límite de metales pesados que no deben de sobrepasar las arcillas es de 10ppm (USP 30, 2007).

7.4.5.3. Determinación de la presencia de Hierro

En un mortero, se trituraron 2g de la muestra con 10mL de agua y se agregan 500mg de salicilato de sodio. La mezcla adquirió un ligero tinte rojizo. La presencia de hierro en las arcillas debe de ser vestigios. (Escobar, Osorio, Palma, Palma, & Pérez, 2012).

7.4.5.4. Determinación de la presencia de Plomo

Principio: La materia es digerida y el plomo es liberado con solución de SrSO_4 las sales de sulfato son decantadas, y el precipitado es convertido a la sal de carbonato, disuelto en el ácido y detectado por absorción atómica a 217 o 283.3nm.

Procedimiento

Antes de enjuagar toda la nueva cristalería y toda la cristalería que había tenido un alto contenido de Pb concentrado se hirvió con HNO_3 . (Nunca usar la cristalería seca antes del lavado, y siempre incluir HNO_3 al lavado, seguido de un enjuague de agua desionizada).

- Solución de estroncio: 2%: se disolvieron 6 gramos de $\text{SrCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ en 100mL de H_2O .
- Mezcla de ácido ternario: se agregaron 20mL de H_2SO_4 a 100mL de H_2O y se mezcló, se agregaron 100mL HNO_3 y 40mL de HClO_4 70% y se agitó.
- Ácido nítrico: se agregaron 128mL HNO_3 a 500-800mL de agua desionizada o destilada y se diluyó a 2 litros. El HNO_3 puede diluirse y usarse.

- Solución estándar de plomo:
 - Solución stock: 1000 μ g/mL: se disolvieron 1.5985g de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ recristalizado como en 25.085, en cada 500mL 1N HNO_3 en un frasco de volumen de 1L diluyó con HNO_3 1N.
 - Solución de trabajo-preparación 100 μ g Pb/mL: se diluyeron 10mL de la solución stock para 100mL con HNO_3 1N. Se diluyó alícuotas de 1Pb/mL, para 1000mL con HNO_3 1N.
- Separación de plomo: Con exactitud se pesó una muestra que contenía ≤ 10 g de la materia seca y $\geq 3 \mu\text{g}$ Pb. Se colocó en un matraz de ebullición de 500mL y se agregó 1mL de solución de estroncio al 2%, y varias cuentas de cristal. Se preparó el blanco de reactivo y se llevó a cabo las mismas operaciones que en la muestra. Se agregaron 15mL de la mezcla del ácido ternario. Por cada gramo de materia seca y se dejó reposar ≥ 2 horas. Se calentó bajo la campana. El sistema y el frasco colector contiene H_2SO_4 y sales inorgánicas. (Nota: tener cuidado para evitar la pérdida de la muestra en espuma, cuando el calor es aplicado por primera vez y cuando los características de la muestra se empiezan a producir. Remover el frasco del calor y antes de continuar con la digestión agregar HNO_3 si fuera necesario).

La digestión se enfrió en pocos minutos. (La digestión debe ser lo suficientemente templada para agregar 15mL de agua con seguridad. Pero lo suficientemente caliente para hervir cuando el agua se agrega). Se lavó con 40-50mL cuando estuvo todavía caliente en los tubos de centrifugación. Se dejó enfriar y se centrifugó a 350 grados por 10 minutos y se decantó el líquido en un beacker de residuos. (La película que se precipitó en la superficie fue descartada). Se disolvió el precipitado con agitación vigorosa por medio de un motor agitador con enganche excéntrico. Se transfirió y se agregaron 20mL de agua y 1mL de H_2SO_4 1N al frasco original y se agitó. No omitir este paso aunque la primera transferencia al frasco haya sido completa. Se lavó dentro del tubo de centrifugación que contenía el precipitado, el contenido caliente del frasco de la digestión original. Se removió la mezcla, se enfrió, centrifugó y decantó el líquido dentro de un frasco de residuos.

Se removió el precipitado por agitación vigorosa, se agregaron 25mL de solución estándar de $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (Ca 20%) y se agitó hasta que todo el precipitado desapareció. Se dejó el estándar 1 hora centrifugando y se decantó el líquido en un beacker de desechos. Se repitió el tratamiento de $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

Después de la decantación se invirtió el tubo en papel mayordomo y se vació todo el líquido. Se agregaron 5mL de HNO_3 1N (usar un gran volumen de HNO_3 1N en ambas muestras y el blanco si se espera $> 25 \mu\text{g}$ de Pb), se revolvió vigorosamente para expulsar CO_2 , se dejó reposar 30 minutos y se centrifugaron los restos de precipitado.

- Determinación: se estableció el instrumento previamente a las condiciones óptimas usando aire C_2H_2 oxidando la llama en una onda de resonancia de 217 o 283.3nm. Determinación: una de las soluciones de la muestra y la solución del blanco y ≥ 5 estándares dentro de un rango de trabajo óptimo (10-80% T) antes y después de la lectura de las muestras. Se enjuagó el quemador con HNO_3 1N y se revisó el punto 0 entre las lecturas. Determinación: Pb de la curva del estándar contra $\mu\text{g Pb/mL}$:

$$\text{ppm Pb} = [(\mu\text{g Pb/mL}) \times (\text{mL } 1\text{N } \text{HNO}_3)]/\text{g muestra}$$

Las arcillas para uso cosmético no deben de sobrepasar 10ppm de plomo (Horwitz, 2005).

7.4.5.5. Determinación de la presencia Arsénico

Principio: La muestra se somete a una digestión ácida con una mezcla de ácido nítrico. La determinación se realiza por espectrofotometría de absorción atómica, con generador de hidruros.

Procedimiento

- Preparación de Solución patrón: Se disolvió 1.3020g de As_2O_3 en un mínimo de volumen 20% de hidróxido de sodio en un matraz volumétrico de 1L acidificado con HCl (1+1) y diluyó a volumen con agua.
- Preparación de soluciones de trabajo: 1, 2, 3, 4 y 5 mg/mL. Se Pipeteó 1mL de solución patrón en un matraz de 100mL y diluyó a volumen con agua. Se

pipeteó 1, 2, 3, 4 y 5mL de la solución diluida en matraces de 100mL y se diluyó con agua.

- Sistema de digestión cerrado: Se dejó reposar la muestra de barro con HNO_3 por la noche. Se abrió el recipiente con cubierta para que el óxido de Nitrógeno saliera del recipiente.

Se pesó 0.3 g de muestra (base seca) en el recipiente de descomposición descontaminado, se agregaron 5 mL de HNO_3 , se cerró el recipiente con la tapa, y se calentó en un horno con capacidad de 1500 pascales, por 2 horas. Se enfrió en la tapa, removiendo el recipiente de la cubierta, y se transfirieron los contenidos a un matraz de 10 mL de volumen. Se agregó a un recipiente 4mL de agua, se cubrió con la tapa, y se sostuvo la tapa firmemente contra el borde, se invirtió varias veces, y se agregaron enjuagues al matraz. Se diluyó al volumen con agua y se mezcló.

- Preparación de la muestra: se pipeteó una alícuota de la muestra de solución digerida en la recorrida de descontaminante de 50mL en la parte superior del matraz de borosilicato y se agregó 1mL de solución de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$.

Se calentó en un plato a baja temperatura para su secado; luego se incrementó el calor al máximo (375°C). Se colocó el matraz en un horno de 450°C para poder oxidar cualquier presencia de carbono y descomponer el exceso de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ (≥ 30 min.) se dejó enfriar, se disolvió el residuo en 2mL de HCl 8M, agregando 0.1mL de KI al 20% para reducir el As^{+5} a As^{+3} y se dejó reposar ≥ 2 min. Se condujo el blanco con la muestra.

- Preparación de estándares de la manera siguiente: se pesaron 6 matraces de 50mL (del mismo tipo utilizado para la muestra) se agregaron 2mL de solución de MgCl_2 y a 5 matraces se agregaron 50mL de alícuotas de las soluciones estándar trabajadas para que la serie contenga 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.20 y 0.25 mg de arsénico. (Otras cantidades pueden ser usadas dependiendo de la sensibilidad del sistema) se agregó 0.1mL de KI al 20% para cada matraz, se mezcló, y se dejó reposar ≥ 2 min.

Se conectó el generador al instrumento y se ajustaron las presiones. Se opera con la lámpara en su lugar y la grabadora programada para 20mm/min.

- **Determinación:** Se agregaron 2mL de solución de NaBH_4 al 4% al dispensador del reactivo del generador, se insertó la tapa de hule ajustada en el cuello del matraz que contiene la muestra o estándar. Con un solo rápido y suave movimiento se invirtió el matraz dejando que la solución se mezclara con la muestra o estándar (esta operación debe ser reproducible) un fuerte y estrecho pico apareció rápidamente. Mientras el registrador llegaba a la línea base, se removió el tapón del matraz, se lavó el dispensador del reactivo con agua destilada; se extrajo el agua, se procedió con la próxima muestra o estándar.

Se trazó la curva de calibración de mg de arsénico contra A y se obtuvieron los microgramos de arsénico en la muestra de alícuota de esta curva. Corregido por el blanco (Horwitz, 2005).

Las arcillas para uso cosmético no deben de sobrepasar las 2ppm de arsénico (Gomes, Hernandez, Sequeira, & Silva, 2009).

7.4.5.6. Determinación de la presencia Mercurio

Principio: Método de absorción atómica sin llama.

Procedimiento

- **Solución reductora:** Se mezclaron 50mL H_2SO_4 con 300mL de H_2O . En un cuarto a temperatura fría. Se disolvieron 15g NaCl, 15g de sulfato de hidróxilamina y 25g SnCl_2 en solución. Se diluyó a 500mL.
- **Solución diluyente:** para 1L volumen: En un matraz que contenía 300-500mL de H_2O , se añadieron 58mL HNO_3 , y 67mL H_2SO_4 se diluyó con H_2O .
- **Perclorato de magnesio:** Se dejó secar el agente puesto en el matraz con filtro. Reemplace si se necesita (precaución: $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ es explosivo cuando está en contacto con sustancias orgánicas).

- Estándar de mercurio:
 - (stock) 1000 μ g/mL: Se disolvió 0.1354 g de HgCl₂ en 100mL de H₂O.
 - Solución de prueba: 1 μ g/mL: Se diluyó 1mL de solución stock para 1L con H₂SO₄ 1N. Se preparó a la luz del día.
- Determinación: Se pesaron 5g de muestra en el matraz de digestión; se agregaron 25mL H₂SO₄ 18N, 20mL HNO₃ 7N, 1mL 2% solución sodio molibdato, y 5- 6 núcleos de ebullición. Se conectó el condensador (con agua circulando a través de ella) y se aplicó calor suave por 1 hora. Se removió el calor y se dejó reposar por 15 min. Se agregaron 20mL HNO₃-HClO₄ (1+1) a través del condensador. Se apagó el H₂O hirviendo que circulaba a través del condensador hasta que aparecieron humos blancos vigorosamente en el frasco. Se continuó con la calefacción por 10 minutos.

Se enfrió cuidadosamente y agregaron 10mL de H₂O a través del condensador, mientras se formaba una acción de remolino en el líquido dentro del frasco. De nuevo se agregó la solución hirviendo por 10 minutos. Se removió el calor y lavó el condensador con tres porciones de 15mL de H₂O. Se enfrió la solución en un cuarto de temperatura. Se transfirió la muestra completa del matraz de digestión con H₂O a un balón de 100mL y mezcló hasta el volumen de aforo con H₂O. Se transfirió una alícuota de 25mL para cada uno de las muestras para otro balón de digestión. Se ajustó el volumen para 100mL con la solución diluyente.

Se preparó reactivo blanco y la curva de calibración para añadir 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0 μ g Hg en una serie de balones de digestión. Para cada uno de los balones se agregaron 100mL de la solución diluyente. Finalmente se agregó solución reductora y airear para la solución muestra. Se calculó por medio de la regresión lineal.

$$\text{ppm Hg} = \mu\text{g Hg} / \text{g muestra}$$

Las arcillas para uso cosmético no deben de sobrepasar 1ppm de mercurio (Horwitz, 2005).

7.4.6. Determinación de la calidad microbiológica del barro procesado

7.4.6.1. Recuento total de Mesófilos aerobios, hongos y levaduras

La prueba permite el recuento cuantitativo de bacterias mesófilas y hongos que pueden desarrollarse en condiciones aeróbicas.

Preparación de la Muestra: Se disolvió (por lo general se prepara una dilución 1 en 10) el producto a examinar en Solución Amortiguada de cloruro de sodio - peptona a pH 7.0, en Solución Amortiguadora de Fosfato a pH 7.2 o en caldo digerido de caseína y soja. Se ajustó a un pH de 6 a 8. Se prepararon diluciones adicionales, con el mismo diluyente (USP 30, 2007).

Preparación: Se agregó a la muestra, y a un control (sin incluir material de la prueba) un volumen suficiente de suspensión microbiana para obtener un inóculo de no más de 100 UFC. El volumen de la suspensión del inóculo no excedió del 1% del volumen del producto diluido. Se Incubó a 30°C – 53°C por 3 días para microorganismos aerobios y a 20° -25° por 5 días para hongos filamentosos y levaduras.

El recuento total de microorganismos aerobios (RTMA) se considera equivalente al número de UFC encontrado usando agar digerido de Caseína y Soja; si se detectan colonias de hongos filamentosos en este medio, contarlas como parte del recuento total de Mesófilos aeróbicos. El recuento total combinado de hongos filamentosos y levaduras (RTCHL) se considera equivalente al número de UFC encontradas empleando Agar Sabouraud Dextrosa; si se detectan colonias de bacterias en este medio, contarlas como parte del RTCHL.

Interpretación: 10^3 UFC: recuento máximo aceptable = 2000 (USP 30, 2007).

7.4.6.2. Determinación de microorganismos patógenos

Preparación de muestra: Se preparó una muestra empleando una dilución 1 en 10 de no menos de 1 g del producto a analizar y se usaron 10mL o la cantidad correspondiente a 1 g ó 1mL, para inocular una cantidad adecuada de Caldo Digerido de Caseína y Soja, se mezcló e incubó a una temperatura de 30°C a 35°C durante un período de 18 a 24 horas (USP 30, 2007).

7.4.6.2.1. Determinación de ausencia de coliformes totales y fecales

Preparar muestra según inciso 6.4.6.2.

Selección y sub cultivo: Se agitó el envase, transfirió 1mL de Caldo Digerido de Caseína y Soja a 100mL de Caldo MacConkey e incubó a una temperatura de 42°C a 44°C durante un período de 24 a 48 horas. Se Subcultivó en una placa de Agar MacConkey a una temperatura de 30°C a 35°C durante un período de 18 a 72 horas.

El crecimiento de colonias indica la posible presencia de *E. coli*. Esto se confirma mediante pruebas de identificación (USP 30, 2007).

7.4.6.2.2. Determinación de ausencia de *Pseudomonas*

Preparar muestra según inciso 6.4.6.2.

Selección y subcultivo: Se subcultivó en una placa de Agar Cetrimida e incubó a una temperatura de 30° a 35° durante un período de 18 a 72 horas.

El crecimiento de colonias indica la posible presencia de *P. aeruginosa*. Esto se confirma mediante pruebas de identificación (USP 30, 2007).

7.4.6.2.3. Determinación de ausencia de *Staphylococcus*

Preparar muestra según inciso 6.4.6.2.

Selección y Subcultivo: Se subcultivó en una placa de Agar Manitol Salado e incubó a una temperatura de 30° a 35° durante un período de 18 a 72 horas.

El crecimiento de colonias amarillas o blancas rodeadas de una zona amarilla indica la posible presencia de *S. aureus*. Esto se confirma mediante pruebas de identificación (USP 30, 2007).

7. RESULTADOS

Tabla No. 1
Determinación de las características físicas de la arcilla de San José Pinula

Especificaciones	Parámetro	Promedio ± desviación estándar punto A	Promedio ± desviación estándar punto B	Promedio ± desviación estándar punto C
Tamaño de partícula	Menor a 1.5µm	Menor a 1.5µm	Menor a 1.5µm	Menor a 1.5 µm
		Cumple	cumple	cumple
Humedad (105°C)	No mayor a 1.5%	1.4%	1.1%	1.1%
		cumple	cumple	cumple
Plasticidad	Regular (50%)	Regular	Regular	Regular
		cumple	cumple	cumple
Sedimentación	Entre 10mL y 50 mL	20.4mL	20.5mL	19.8mL
		cumple	cumple	cumple

Fuente: Datos experimentales
Ver anexo 13.3.1 – 13.3.4

Los tres puntos muestreados en la aldea el rodeo, Municipio de San José Pinula, Guatemala; cumplieron con las especificaciones de las pruebas físicas requeridas.

Todas las mediciones presentaron un porcentaje de humedad menor a 1.5%.

En cuanto al tamaño de partícula estas tienen un tamaño, el cual les permite pasar por un mesh No. 80.

La plasticidad que presentan las arcillas es regular, la cual le da la característica de poder ser utilizada para formulaciones cosméticas.

El porcentaje de sedimentación se encuentra ubicado dentro del rango permitido en cada uno de los puntos analizados.

Tabla No. 2
Características químicas de la arcilla de San José Pinula

Especificaciones	Parámetro	Promedio ± desviación estándar punto A	Promedio ± desviación estándar punto B	Promedio ± desviación estándar punto C
pH (suspensión al 10% peso sobre volumen)	Entre 6.50 y 8.50	7.92	8.38	8.18
		cumple	cumple	Cumple
Sustancias soluble en ácido	Menor al 2% (10mg/g)	1.55%	1.81%	0.66%
		cumple	cumple	Cumple
Carbonatos	Exento	exento	exento	Exento
		cumple	cumple	Cumple
Hierro	Vestigios (7%)	Ligera coloración	Ligera coloración	Ligera coloración
		cumple	cumple	Cumple

Fuente: Datos experimentales
 Ver anexo 13.4.1 – 13.4.4

Los aspectos químicos de la arcilla cumplieron en la totalidad de los análisis en cada uno de los puntos.

El pH se encontró ligeramente alcalino, aunque se encontró dentro del rango permitido.

Las sustancias que se encuentran solubles en ácido no sobrepasan los 10mg/g (2%).

Los carbonatos se encuentran exentos ya que en esta prueba la arcilla no presentó efervescencia.

Las cantidades de hierro presente son vestigios (7%), pues en esta prueba se presentó una ligera coloración.

Tabla No. 3

Determinación de los contaminantes en la arcilla

Especificaciones	Parámetro	Promedio \pm desviación estándar punto A	Promedio \pm desviación estándar punto B	Promedio \pm desviación estándar punto C
Análisis Cualitativo				
Metales pesados, la muestra no es más oscura que el estándar	Menor a 10ppm	No se presentó coloración superior al estándar	No se observó coloración superior al estándar	No se denotó coloración mayor que el estándar
		cumple	cumple	cumple
Análisis Cuantitativo				
Plomo	Menor a 1ppm	0.52 ppm	0.54 ppm	0.51 ppm
		cumple	cumple	Cumple
Arsénico	Menor a 2ppm	3.80ppm	2.76ppm	3.92ppm
		No cumple	No cumple	No cumple
Mercurio	Menor a 1ppm	1.99ppm	1.17ppm	1.95ppm
		No cumple	No cumple	No cumple

Fuente: Datos experimentales y datos obtenidos del Reporte de Análisis del Laboratorio de Investigación de Química y ambiente LIQA

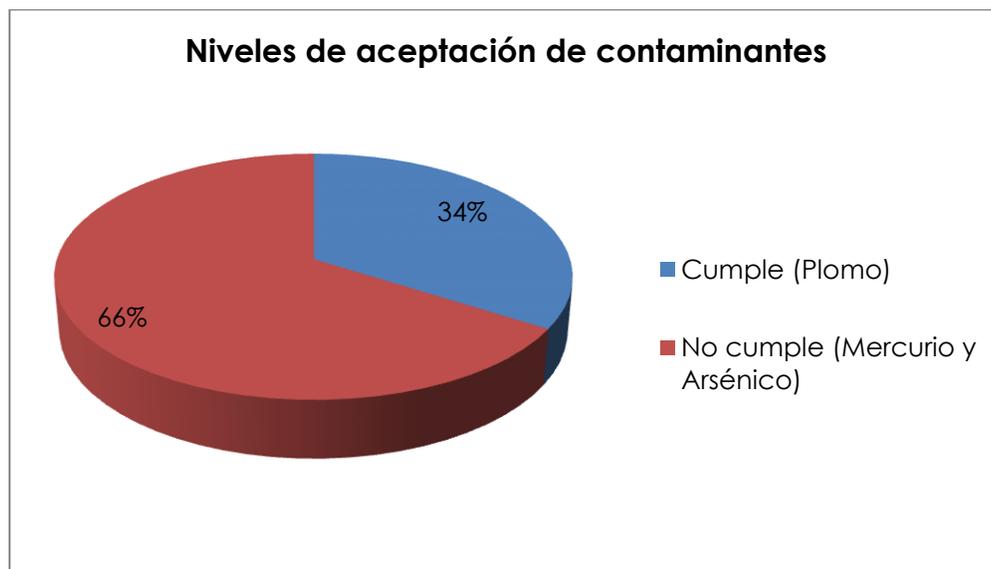
Los análisis cualitativos cumplen con las especificaciones, ya que ninguna de las pruebas mostro una tonalidad mayor que la del estándar.

La arcilla no presentó valores considerables de plomo, los datos obtenidos no fueron superiores a 1ppm.

La arcilla presentó niveles altos de Arsénico y Mercurio, valores superiores al límite establecido, no cumplen.

La arcilla no cumple con las pruebas cuantitativas de metales pesados, los valores de arsénico y mercurio son superiores a los parámetros establecidos para el límite de metales pesados, por lo que la arcilla no puede ser utilizada para formular productos cosméticos.

Gráfica No. 1

Porcentaje de cumplimiento de los contaminantes de la arcilla de San José Pinula

Fuente: Datos experimentales y datos obtenidos del Reporte de Análisis del Laboratorio de Investigación de Química y ambiente LIQA

La arcilla presenta niveles altos de arsénico, los cuales sobrepasan al límite permitido, la arcilla no cumple, ya que todas las pruebas de contaminantes deben ser satisfactorias. El arsénico como contaminante representa el 33% de no cumplimiento y el mercurio que sobrepaso al límite por una cantidad significativamente pequeña representa al resto del 33% de no cumplimiento, dando un total de 66% de no cumplimiento.

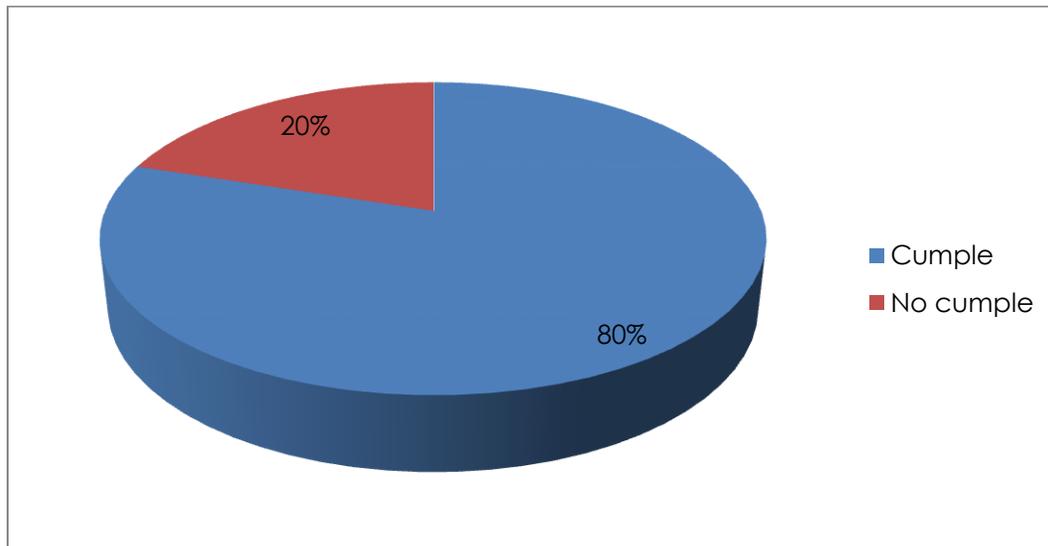
Tabla No. 4

Calidad microbiológica de la arcilla de San José Pinula

Determinación	Especificación	Promedio \pm desviación estándar punto A	Promedio \pm desviación estándar punto B	Promedio \pm desviación estándar punto C
Límites Microbianos				
Recuento total de Mesófilos aerobios	$\leq 1.0 \times 10^3$	1.0 X 10 ⁶ UFC/g	1.0 X 10 ⁶ UFC/g	1.0 X 10 ⁶ UFC/g
		No cumple	No cumple	No cumple
Recuento total de Mohos y Levaduras	$\leq 1.0 \times 10^2$	<10 UFC/g	<10 UFC/g	<10 UFC/g
		cumple	cumple	cumple
Microorganismos Patógenos				
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
		cumple	cumple	Cumple
<i>Escherichia coli</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
		cumple	cumple	cumple
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
		cumple	cumple	cumple

Fuente: Datos obtenidos del Informe de Resultados de Análisis Microbiológico en Cosméticos del Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

Los aspectos microbiológicos no cumplieron en la arcilla, en cada uno de los puntos analizados, ya que todos los puntos analizados presentaron valores superiores al límite de mesófilos aerobios permitidos para materia prima, tras tratamiento previo con horno de esterilización. La arcilla no presentó valores superiores en el análisis de hongos y levaduras, y no presentó microorganismos patógenos.

Gráfica No. 2**Porcentaje de cumplimiento de la calidad microbiológica de la arcilla de San José Pinula**

Fuente: Datos obtenidos del Informe de Resultados de Análisis Microbiológico en Cosméticos del Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

La arcilla no cumplió en todos los análisis microbiológicos necesarios para que ésta pueda ser utilizada como materia prima. El porcentaje de no cumplimiento es del 20% y representa a los mesófilos aerobios. Todos los análisis deben cumplir para que la arcilla pueda ser utilizada como materia prima.

8. DISCUSIÓN

En la actualidad las personas tienen una tendencia a preferir productos que poseen principios de origen 100% natural. Por lo que realizar cosméticos con este tipo de materias es una opción. Sin embargo cabe destacar que al referirnos a materias naturales no se garantiza que estas sean completamente aptas para utilizarse, algunas necesitan ser procesadas, incorporadas con algunos excipientes o en algunos casos purificadas para disminuir sus contaminantes.

Se realizó la recolección de arcilla en la aldea El Rodeo, San José Pinula, Guatemala. Se tomó muestra de tres puntos por método a granel dando muestras aleatorias y representativas como puede observarse en las imágenes 1 y 2 de anexos. La distancia que se tubo entre cada uno de los puntos fue la misma, dando por resultado un triángulo equilátero.

La arcilla obtenida se sometió a secado para luego realizar las pruebas de caracterización y determinar su cumplimiento en cuanto a los parámetros necesarios para poder utilizar dicha arcilla como materia prima en productos cosméticos.

Los parámetros que se evaluaron primero fueron los físicos ya que si uno de ellos no cumplía con las especificaciones no se podían seguir con las demás pruebas y se debían realizar modificaciones a la materia.

Se estandarizó el tamaño de partícula, inferior a $1.5\mu\text{m}$ como se observa en la Tabla No. 1 en la sección de resultados. Ya que, así se obtiene una distribución granulométrica equitativa incluyendo las sales solubles que pueda contener, favoreciendo la fácil incorporación en productos cosméticos. En cuanto al agua, que es el material que puede estar en dos diferentes formas en las arcillas, en forma de agua de hidratación y agua de constitución, en el proceso de secado se eliminó el agua de hidratación; a esta medida se le conoce como porcentaje de humedad. Las arcillas deben de tener humedad inferior al 1.5% para evitar el sobre crecimiento bacteriano que se ve favorecido con un nivel de humedad elevado. Y como se observa en la tabla No.1, la acilla tuvo una humedad inferior al valor permitido.

Se determinaron los parámetros de plasticidad y sedimentación, los resultados se observan en la tabla No. 1. Las arcillas deben de poseer plasticidad la cual les permita no alterar las propiedades reológicas necesarias de un cosmético, por lo que esta debe de ser del 50%. En cuanto a parámetro de sedimentación este debe de ser el cual no

interfiera en la formulación del cosmético, la arcilla analizada presentó valores de plasticidad y sedimentación adecuados para su aprobación como materia prima en cosméticos.

La arcilla de la aldea El Rodeo, San José Pinula; tiene las características físicas adecuadas y necesarias para poder utilizarse en formulaciones de productos cosméticos. Sin embargo no solo deben de cumplir con estos parámetros sino también con los aspectos químicos y deben de estar libres de contaminantes que interfieran en la materia.

Las características químicas que se evaluaron en la arcilla fueron pH, sustancias solubles en ácido, carbonatos, y presencia de hierro, los resultados obtenidos se observan en la tabla No. 2. El pH que presentó la arcilla fue ligeramente alcalino, sin embargo se sabe que cuando las arcillas están en contacto con el agua entre su espacio interlamilar, (pues ellas tienen una estructura como de láminas superpuestas), se lleva a cabo un intercambio catiónico. En este intercambio las arcillas ceden al medio protones en forma de H^+ , los cuales proveen un valor ácido de pH al medio, en este caso el agua; se identificó que mientras más tiempo estaba en contacto el agua con la arcilla, el pH iba disminuyendo.

Las pruebas de sustancias solubles en ácido y presencia de carbonatos, cumplieron con las especificaciones, no se presentaron contaminantes dentro de las sustancias que son solubles en los ácidos, no se observó efervescencia ya que no poseía carbonatos la arcilla. En cuanto al contenido de hierro, fue de vestigios, ya que la presencia de hierro es característico de la composición de suelo y arcilla, este elemento confiere propiedades astringentes y es fácil de hidratar reteniendo un volumen considerable de humedad. En cuanto a los parámetros químicos, la arcilla cumple con todas las especificaciones necesarias para materia prima.

Se realizó el análisis de metales pesados al mismo tiempo que los microbiológicos. Para el análisis de metales pesados se utilizaron dos métodos, análisis cualitativo y cuantitativo. El primero consistía en analizar la presencia de estos en cantidades significativamente altas, ya que si en esta prueba se identificaba la presencia de metales pesados la prueba cuantitativa no se realizaría, sin embargo como se ve en la tabla No. 3. no se presentó evidencia que existieran metales pesados por este método.

En el análisis cuantitativo de metales pesados, se determinó la presencia de plomo, arsénico y mercurio. El primer metal pesado no presentó valores mayores a los límites

establecidos, no es un potente contaminante dentro de la arcilla. Pues el plomo es una sustancia poco abundante en los suelos de Guatemala.

En dicho análisis, se identificaron niveles de arsénico muy superiores al valor permitido, por lo que se realizó una digestión de la materia con ácido nítrico al 0.5N, por 5 horas. Luego se procedió a retirar el ácido por medio de una serie de lavados. La materia nuevamente se secó y se estandarizó su tamaño de partícula. La materia con este tratamiento se analizó por espectroscopía de emisión atómica para identificar cuantitativamente la presencia de metales pesados, y así definir si el método de tratamiento era efectivo para disminuir la cantidad de arsénico en la arcilla.

Sin embargo, la arcilla presentó valores superiores al límite permitido, el tratamiento realizado solo disminuyó la presencia de arsénico, en cantidades poco representativas, por lo que no fue efectivo para que la materia cumpliera con los estándares de calidad necesarios, las cantidades de arsénico presentes pueden observarse en la tabla No.3.

La presencia de arsénico es debido a que este es un metaloide muy difundido en la naturaleza. Y su presencia en el suelo de Guatemala es común en la región de sur-oriente.

El arsénico puede presentarse en compuestos orgánicos e inorgánicos. Estos últimos, a su vez pueden ser trivalentes o pentavalentes, siendo los primeros más tóxicos por ser más solubles. El riesgo que conlleva utilizar una materia prima con este contaminante es que el arsénico migra través de la piel al interior del organismo, este elemento tiene menos de 3% de capacidad de transferencia por vía tópica, sin embargo por su naturaleza química no se elimina del organismo y tiende a bioacumularse. La exposición mínima prolongada a este metal provoca cambios en la piel como la pigmentación, lesiones, dureza y callosidad en las manos (hiperqueratosis), y también puede ser precursor de cáncer de piel. El centro de investigación sobre cáncer ha clasificado el arsénico como cancerígeno para los humanos.

Cabe destacar que una intoxicación con este tipo de contaminantes es sumamente peligrosa. El arsénico produce intoxicación por combinación con los grupos sulfhídrico de las enzimas, interfiriendo de esta manera con el metabolismo celular al desacoplar la fosforilación oxidativa. Como pertenece al mismo grupo que el fósforo lo sustituye en el proceso de formación de ATP, debido a que el compuesto resultante es inestable se regenera logrando un efecto desacoplante muy efectivo.

En lo que concierne al análisis cuantitativo de mercurio, este elemento se encontró como un potencial contaminante, sin embargo las cantidades presentes en la arcilla no son tan altas como las de arsénico. Esto es debido a que en Guatemala el mercurio no es abundante, aunque las propiedades químicas de dicho elemento favorecen que este no se encuentre presente en suelos, ya que fácilmente precipita en medios ácido y sublima fácilmente tras estar en contacto con una fuente pequeña de calor.

Una intoxicación con mercurio por vía tópica puede manifestarse con dermatitis de contacto, alopecia, hipersensibilidad caracterizada por descamación de color rosa en las mejillas y planta de los pies. Debido a estas intoxicaciones tan graves y peligrosas es que se establecen límites permitidos de estos contaminantes. Por ello fueron analizados en la arcilla recolectada en la aldea El Rodeo de San José Pinula; es importante mencionar que las personas de dicho lugar se acercan a recolectar este material y lo utilizan de manera consuetudinaria para tratar afecciones dermatológicas; pero como indican los análisis, esta materia no puede utilizarse para ninguna función farmacológica, ni como excipiente; por la cantidad de impurezas presentes que son significativamente peligrosas.

Cabe destacar que se podría tener una intoxicación con mercurio si se utiliza la arcilla sin una purificación más exhaustiva, ya que se han reportado casos de intoxicación por aplicación tópica de compuestos que contenían metilmercurio. Este tipo de intoxicaciones se manifiesta a nivel enzimático al igual que el arsénico, precipita las proteínas sintetizadas por la célula, principalmente las neuronas e inhibe los grupos sulfidrilo (SH) de varias enzimas esenciales. En estado iónico, se fija a los grupos celulares ricos en radicales -SH, altera varios sistemas metabólicos y enzimáticos de la célula y su pared e inhibe la síntesis de proteínas en la mitocondria, afectando su función energética. El mercurio al igual que el arsénico es un metal pesado que tiende a bioacumularse por lo que es sumamente tóxico, ya que no puede eliminarse del organismo.

Es importante mencionar que los datos reportados en la Tabla No. 3 son los obtenidos tras una purificación (digestión ácida) de la arcilla, la cual no dio un resultado favorable, por ello se determinó que el costo que conlleva la purificación de este material excede el beneficio; ya que después de purificar dicho material se deben de realizar pruebas para identificar si esta materia puede presentar alguna actividad favorable en dermatología.

Entre los métodos de purificación que pueden utilizarse para disminuir la presencia de metales destacan la oxidación, la coagulación-precipitación, la absorción, el intercambio de iones y diversas técnicas de membrana. Se debe de identificar el método más

rentable que disminuya los metales pesados que se encuentran como contaminantes en la arcilla, sin embargo dará un aumento en el costo de la investigación, lo cual debe evaluarse muy detenidamente.

En lo que respecta al análisis microbiológico, la materia prima presentó niveles de mesófilos superiores al límite establecido. Por lo que se procedió a esterilizar la arcilla en un horno de esterilización por 5 horas a 105°C, sin embargo los resultados no fueron totalmente beneficiosos; ya que la arcilla no cumplió nuevamente con la prueba de mesófilos, pero se observó una leve disminución de estos. Por lo que se estima que dar un tiempo mayor de esterilización podría disminuir estos contaminantes microbiológicos; no se trató y volvió a analizar de nuevo la arcilla, pues en esta ya se reportaban niveles de arsénico y mercurio superiores al límite permitido, no era rentable realizar otro tratamiento para disminuir los mesófilos, ya que las otras pruebas no cumplían con los estándares de calidad y por ello la arcilla no se utilizó como materia prima de productos cosméticos.

Para el resto de microorganismos evaluados, todas las pruebas cumplieron, como se observa en la tabla No. 4. Sin embargo la arcilla fue rechazada para utilizarse como materia prima en formulación, ya que los contaminantes que presentó, arsénico y mercurio, son sumamente tóxicos y en lugar de favorecer provocarían un daño.

9. CONCLUSIONES

- La arcilla recolectada en la aldea El Rodeo, del municipio de San José Pinula, no puede utilizarse como materia prima en formulaciones cosméticas, ya que no cumple con los parámetros establecidos de calidad, pues presenta contaminantes que son tóxicos y que tienden a bioacumularse.
- Las características físicas de la arcilla cumplieron con los parámetros establecidos, ninguno de los parámetros evaluados indicó que la arcilla necesitara un procesamiento extra.
- El análisis de metales pesados determinó que la arcilla no puede utilizarse como materia prima en formulaciones cosméticas.
- Los potenciales contaminantes encontrados en la arcilla fueron, arsénico, que sobrepasa límite permitido y también se encontraron valores elevados de mercurio, estos contaminantes no pudieron eliminarse con digestión ácida.
- No es viable utilizar la arcilla recolectada de la aldea El Rodeo, del municipio de San José Pinula, en su forma natural, en formulaciones cosméticas.
- Los tratamientos que pueden disminuir los contaminantes encontrados, elevan el costo de producción.

10. RECOMENDACIONES

- Informar a la comunidad de la aldea el Rodeo, municipio de San José Pinula, de los resultados obtenidos en esta investigación, dado que en el estudio realizado se comprobó analíticamente que no puede ser utilizada esta arcilla como materia prima en la formulación de productos cosméticos.
- Realizar análisis de difracción con rayos X, para obtener la estructura tridimensional de la arcilla, para poder evaluar el resto de posibles contaminantes y a su vez identificar la presencia del resto de metales pesados que podría tener como contaminantes.
- Preparar una propuesta productiva para utilizar este material en otra rama viable y con otra función como en la agricultura o artesanía, para generar una fuente sostenible e importante del recurso natural y así mejorar las condiciones socio-económicas del municipio.
- Vincular el estudio con otras áreas de investigación, como en el uso de arcilla en material de construcción y su uso como base para la elaboración de lechos reactivos tipo zeolitas, su uso como bentonita y otros similares que amplíe la aplicación de tan importante recurso.

11. REFERENCIAS

- Bacle, I. (sf de sf de sf). *The purpose in sensory Analysis in D&D. - Dermocosmetic -. Pierre Fabre Research Institute*. Recuperado el 20 de junio de 2013, de *The purpose in sensory Analysis in D&D. - Dermocosmetic -. Pierre Fabre Research Institute.*: <http://www.esn-network.com/fileadmin/inhalte/documents/Conference-ESN-Bacle.pdf>
- Bruneton, J. (1993). *Farmacognosia y Fitoquímica. Plantas medicinales. 2da. edición*. Zaragoza, España: Acribia S.A.
- Cardé, J. (sf). *Arcillas, Farmacognosia*. Resinto de Aguadilla, Poerto Rico: Universidad Interamericana de Puerto Rico.
- Carías, A. (2011). *Utilización de cáscara de Huevo y endocarpio de coco para formulación de geles y cremas exfoliantes*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Química Farmacéutica.
- Carretero, I. (2002). Clay minerals and their beneficial effects upon human health. A review. *Applied Clay Science*, 156-161.
- Chipina, A. (2006). *Estudio comparativo entre las técnicas más utilizadas para la caracterización de arcillas y su aplicación industrial en la fabricación de ladrillos*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.
- Coyoy, E. (2011). *Caracterización de las Arcillas de Santa Bárbara Huehuetenango, su evaluación para la preparación y formulación de mascarillas faciales de uso cosmético*. Guatemala: Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología, Centro Universitario de Occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Da Costa, A. (sf). *Los jabones y sus propiedades*. Recuperado el 04 de 10 de 2013, de *Los jabones y sus propiedades*: <http://www.enplenitud.com/los-jabones-y-sus-propiedades-un-jabon-para-cada-piel.html>
- Escobar, A., Osorio, A., Palma, J., Palma, A., & Pérez, M. (2012). *Caracterización del Caolín para la formulación de cuatro productos cosméticos*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Química Farmacéutica.
- Evans, W. (1991). *Farmacognosia. 13ª Edición*. Mexico: Mc-Graw Hill.
- Fundación española de Farmacia Hospitalaria. (2010). *Sociedad española de Farmacia Hospitalaria*. En F. e. Hospitalaria, *Sociedad española de Farmacia Hospitalaria* (pág. 865). España: Glaxo Smith Kline.
- García, P., Moscoso, I., Victoria, R., & Rodríguez, L. (2010). *Propuesta para una formulación de crema y champú a base de aceite de Zapuyul (aceite de Pouteria sapota) y el*

análisis sensorial de su capacidad humectante. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Química Farmacéutica.

García, P., Moscoso, I., Victoria, R., & Rodríguez, L. (2010). *Propuesta para una formulación de crema y xhampú a base de aceite de zapuyul (aceite de Pouteria sapota) y el análisis sensorial de su capacidad humectante*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Química Farmacéutica.

Gennaro, A. (2003). Remington: Farmacia. En A. Gennaro, *Remington: Farmacia* (pág. 843). Buenos Aires, Argentina: Editorial medica Panamericana.

Gomes, C., Hernandez, R., Sequeira, M., & Silva, J. (2009). Characterization of Clays used for medicinal purposes in the Archipelago of Cape Verde. *Geochimica Brasiliensis*, 317-326.

Guerra, P. (1986). *Métodos de Analisis Experimental. Organización y Técnicas Cualitativas y Cuantitativas*. México: Unión Tipográfica Hispano Americana.

Helman, J. (1981). Farmacotecnia teórica y práctica. En J. Helman, *Farmacotecnia teórica y práctica*. Mexico: Editorial continental.

Hernández, E. (2005). Evaluación sensorial. En E. Hernández, *Evaluación sensorial* (págs. 10,22-24). Bogota, Colombia: Editorial de la Universidad Nacional Abierta y Adistancia.

Horwitz, W. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International. En W. Horwitz, *Official Methods of Analysis of AOAC International* (págs. 1-3). Estados Unidos : AOAC International.

Michael, J., & Ash, I. (1997). Formulary of cosmetic Preparation, Compiled. . *Chemical Publishing Co. New York, NY*, 24-31.

Ministerio de Energía y Minas. (2003). Oportunidad de inversión en minerales no metálicos y rocas industriales. . *Guatemala*, Fascículo Informativo No. 4.

Miyares, R. (2006). *Propuesta de normativa sobre especificaciones de productos terminados para cremas cosméticas de tipo limpiadoras que se comercializan en Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, escuela de Química Farmacéutica.

Organización Mundial de la Salud. (Diciembre de 2012). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Arsénico: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>

Palacios, R. (1992). *Caracterización de arcillas nacionales, provenientes del municipio de Aguacatán, Huehuetenango para su uso en la industria guatemalteca*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Química.

- Ramírez, A. (2008). Intoxicación ocupacional por Mercurio. *scielo*, 69(1):46-51.
- USP 30. (2007). Farmacopea de los Estados Unidos de América. En U. 30, *Farmacopea de los Estados Unidos de América* (pág. 843). Estados Unidos.
- Wilkinson, J. (1990). Cosmetología de Harry. En *Cosmetología de Harry* (págs. 67,68,313,314). Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.

12. ANEXOS

13.1. Muestreo

Imagen No. 1



Imagen No. 2



Recolección de la arcilla en la aldea el Rodeo, San José Pinula, Guatemala.

13.2. Secado

Imagen No. 3



Se secó la arcilla en el horno de convección del departamento de Farmacia Industrial a una temperatura de 105°C por 5 horas.

13.3. Determinación de las características físicas de la Arcilla

13.3.1. Estandarización del tamaño de partícula

Imagen No. 4



Imagen No. 5



Imagen No. 6



Imagen No. 7



En el proceso de estandarización de tamaño de partícula la arcilla fue procesada con ayuda del motor universal del departamento de farmacia Industrial, se observa que la arcilla está pasando por un mesh NO. 80 que fue acoplado a este motor (imagen 4 y 5). La determinación también puede hacerse de forma manual con ayuda de un tamiz No. 80 (Imagen No.6). En la imagen No. 7 se observa arcilla con un tamaño de partícula inferior a $1.5\mu\text{m}$.

Cálculo de tamaño de poro para Mesh No. 80

$$80 \text{ poros} * 80 \text{ poros} = 6400 \text{ poros}$$

$$1 \text{ cm} = 6400 \text{ poros}$$

$$1 \mu\text{m} = 0.0001 \text{ cm}$$

$$1 \text{ cm} / 6400 \text{ poros} = 1.5625 \times 10^{-4} \text{ cm/poro}$$

$$1.5625 \times 10^{-4} \text{ cm/poro} * 1 \mu\text{m}/0.0001 \text{ cm} = 1.5425 \mu\text{m}$$

$$\approx 1.5 \mu\text{m}$$

13.3.2. Determinación del porcentaje de humedad

Imagen No. 8



Imagen No. 9



Se determinó el porcentaje de humedad con la balanza de humedad. El valor obtenido se calcula por la diferencia de peso, entre la toma inicial y la toma final tras el aumento en la temperatura a 105°C. Se ve la transición antes de someter la materia a la temperatura (Imagen 8) y después de transcurrido 3 min. en dicha temperatura (Imagen No. 9).

Calculo de Porcentaje de Humedad

$$\%H = [(Peso \text{ húmedo} - Peso \text{ seco})/Peso \text{ seco}] \times 100$$

$$\%H \text{ punto A1} = [(0.543\text{g} - 0.537\text{g})/0.537\text{g}] \times 100$$

$$\%H \text{ punto A1} = 1.19\%$$

$$\%H \text{ punto A2} = [(0.537\text{g} - 0.529\text{g})/0.529\text{g}] \times 100$$

$$\%H \text{ punto A2} = 1.53\%$$

$$\%H \text{ punto A3} = [(0.521\text{g} - 0.507\text{g})/0.507\text{g}] \times 100$$

$$\%H \text{ punto A3} = 1.19\%$$

$$\%H \text{ punto A4} = [(0.521\text{g} - 0.511\text{g})/0.506\text{g}] \times 100$$

$$\%H \text{ punto A4} = 1.35\%$$

$$\%H \text{ punto A5} = [(0.507\text{g} - 0.495\text{g})/0.506\text{g}] \times 100$$

$$\%H \text{ punto A5} = 1.20\%$$

$$\%H \text{ punto B1} = [(0.504\text{g} - 0.499\text{g})/0.499\text{g}] \times 100$$

$$\%H \text{ punto B1} = 0.80\%$$

$$\%H \text{ punto B2} = [(0.503\text{g} - 0.495\text{g})/0.495\text{g}] \times 100$$

$$\%H \text{ punto B2} = 1.39\%$$

$$\%H \text{ punto B3} = [(0.512\text{g} - 0.504\text{g})/0.504\text{g}] \times 100$$

$$\%H \text{ punto B3} = 1.56\%$$

$$\%H \text{ punto B4} = [(0.520\text{g} - 0.513\text{g})/0.513\text{g}] \times 100$$

$$\%H \text{ punto B4} = 1.16\%$$

$$\%H \text{ punto B5} = [(0.585\text{g} - 0.582\text{g})/0.582\text{g}] \times 100$$

$$\%H \text{ punto B5} = 0.51\%$$

$$\%H \text{ punto C1} = [(0.514\text{g} - 0.506\text{g})/0.506\text{g}] \times 100$$

$$\%H \text{ punto C1} = 1.56\%$$

$$\%H \text{ punto C2} = [(0.529\text{g} - 0.523\text{g})/0.523\text{g}] \times 100$$

$$\%H \text{ punto C2} = 1.13\%$$

$$\%H \text{ punto C3} = [(0.652\text{g} - 0.649\text{g})/0.649\text{g}] \times 100$$

$$\%H \text{ punto C3} = 0.46\%$$

$$\%H \text{ punto C4} = [(0.535\text{g} - 0.528\text{g})/0.528\text{g}] \times 100$$

$$\%H \text{ punto C4} = 1.31\%$$

$$\%H \text{ punto C5} = [(0.730g - 0.724g)/0.724g] \times 100$$

$$\%H \text{ punto C5} = 0.82\%$$

Resultados obtenidos

No.	Punto A		Punto B		Punto C	
1	1.19%	Cumple	0.80%	Cumple	1.56%	No Cumple*
2	1.53%	No Cumple	1.39%	Cumple	1.13%	Cumple
3	1.19%	Cumple	1.56%	No Cumple*	0.46%	Cumple
4	1.35%	Cumple	1.16%	Cumple	1.31%	Cumple
5	1.20%	Cumple	0.51%	Cumple	0.82%	Cumple
	X = 1.3%	Cumple	X = 1.1%	Cumple	X = 1.1%	Cumple

Datos experimentales obtenidos en el Departamento de Farmacia Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala zona 12, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, edificio T-12. *Los puntos que no cumplieron fueron descartados.

Análisis estadístico

Prueba de hipótesis binomial

$$H_0: P = 0.5 \text{ (no cumple)}$$

$$H_a: P > 0.5 \text{ (si cumple)}$$

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Parámetro: la humedad no debe ser mayor a 1.5%

Si la humedad es menor a 1.5% $p > 0.5$ (Si cumple)

XA= humedad: 1.10% $p > 0.5$ Si cumple

XB= humedad: 1.10% $p > 0.5$ Si cumple

XC= humedad: 1.30% $p > 0.5$ Si cumple

Los tres puntos de la materia prima analizada en cinco repeticiones, son aceptados, cumple con las especificaciones.

13.3.3. Plasticidad

Imagen No. 10



Se observa la arcilla con unas gotas de agua las cuales son necesarias para determinar la plasticidad, esta se mide por el tacto, Imagen No.10.

Resultados

No.	Punto A		Punto B		Punto C	
	Regular	Cumple	Regular	Cumple	Regular	Cumple
1	Regular	Cumple	Regular	Cumple	Regular	Cumple
2	Regular	Cumple	Regular	Cumple	Regular	Cumple
3	Regular	Cumple	Regular	Cumple	Regular	Cumple
4	Regular	Cumple	Regular	Cumple	Regular	Cumple
5	Regular	Cumple	Regular	Cumple	Regular	Cumple
Promedio	Regular	Cumple	Regular	Cumple	Regular	Cumple

Datos experimentales obtenidos en el Departamento de Farmacia Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala zona 12, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, edificio T-12.

Análisis estadístico

Prueba de hipótesis binomial

Ho: P = 0.5 (no cumple)

Ha: P > 0.5 (si cumple)

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

XA= Plasticidad: regular \approx 50% p > 0.5 Si cumple

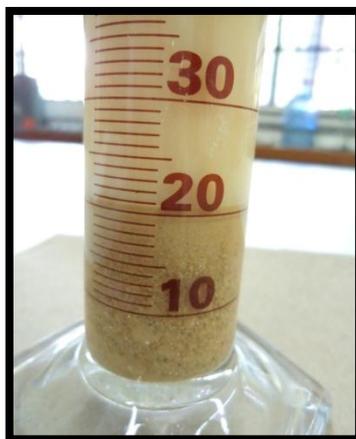
XB= Plasticidad: regular \approx 50% p > 0.5 Si cumple

XC= Plasticidad: regular $\approx 50\%$ $p > 0.5$ Si cumple

Los tres puntos de la materia prima analizada en cinco repeticiones, son aceptados, cumple con las especificaciones.

13.3.4. Sedimentación

Imagen No. 11



Se pesan 15g de arcilla en una probeta de 100ml y luego se agrega agua hasta aforo, transcurridos 80 min. se mide el rango de sedimentación.

Resultados

No.	Punto A		Punto B		Punto C	
1	21.0mL	Cumple	20.5mL	Cumple	19.0mL	Cumple
2	21.5mL	Cumple	20.5mL	Cumple	19.5mL	Cumple
3	21.0mL	Cumple	20.0mL	Cumple	20.5mL	Cumple
4	19.0mL	Cumple	21.0mL	Cumple	19.5mL	Cumple
5	19.5mL	Cumple	20.5mL	Cumple	20.5mL	Cumple
X	20.4mL	Cumple	20.5mL	Cumple	19.8mL	Cumple

Datos experimentales obtenidos en el Departamento de Farmacia Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala zona 12, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, edificio T-12.

Análisis estadístico

Prueba de hipótesis binomial

Ho: $P = 0.5$ (no cumple)

Ha: $P > 0.5$ (si cumple)

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Parámetro: la sedimentación debe de medir entre 10 - 50mL.

Si la sedimentación se encuentra entre 10 y 50 $p > 0.5$ (Si cumple)

XA= Sedimentación: 20.4mL $p > 0.5$ Si cumple

XB= Sedimentación: 20.5mL $p > 0.5$ Si cumple

XC= Sedimentación: 19.5mL $p > 0.5$ Si cumple

Los tres puntos de la materia prima analizada en cinco repeticiones, son aceptados, cumple con las especificaciones.

13.4. Determinación de las características químicas de la arcilla

13.4.1. Determinación de pH

Se midió el valor de pH con un potenciómetro en el laboratorio de análisis instrumental. Los valores obtenidos fueron ligeramente alcalinos.

No.	Punto A		Punto B		Punto C	
1	8.09	Cumple	8.32	Cumple	8.05	Cumple
2	8.00	Cumple	8.46	Cumple	8.46	Cumple
3	7.90	Cumple	8.42	Cumple	8.30	Cumple
4	7.83	Cumple	8.42	Cumple	8.09	Cumple
5	7.77	Cumple	8.26	Cumple	8.01	Cumple
	X= 7.92	Cumple	X= 8.38	Cumple	X= 8.18	Cumple

Datos experimentales obtenidos en el Departamento de Físicoquímica, Universidad de San Carlos de Guatemala zona 12, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, edificio T-12.

Análisis estadístico

Prueba de hipótesis binomial

Ho: $P = 0.5$ (no cumple)

Ha: $P > 0.5$ (si cumple)

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Parámetro: el pH debe medir entre 6.50 – 8.50

Si el pH se encuentra entre 6.50 y 8.50 $p > 0.5$ (Si cumple)

XA= pH: 7.92 p > 0.5 Si cumple

XB= pH: 8.38 p > 0.5 Si cumple

XC= pH: 8.18 p > 0.5 Si cumple

Los tres puntos de la materia prima analizada en cinco repeticiones, son aceptados, cumple con las especificaciones.

13.4.2. Sustancias Solubles en Ácido

Imagen No. 12



Imagen No. 13



Se digirió 1 g de arcilla con ácido clorhídrico por 15 minutos y se filtró. El filtrado se evaporó a sequedad e incineró en mufla como se observa en la imagen No.12; no quedo más de 10 mg de residuos, esto se determinó por diferencia de pesos como se observa en la imagen No. 13 (2.0%).

Cálculo de Sustancias Solubles en Ácido

1000mg - 100%

10mL - X

$\% = [(Peso\ inicial,\ arcilla\ y\ crisol - Peso\ final,\ arcilla\ y\ crisol)/Peso\ inicial\ de\ arcilla] \times 100$

$\% \text{ punto A1} = [(42.6424g - 42.6292g)/1.0545g] \times 100$

$\% \text{ punto A1} = 1.25\%$

$$\% \text{ punto A2} = [(38.4700\text{g} - 38.4566\text{g})/1.0006\text{g}] \times 100$$

$$\% \text{ punto A2} = 1.33\%$$

$$\% \text{ punto A3} = [(39.2540\text{g} - 39.2396\text{g})/1.0675\text{g}] \times 100$$

$$\% \text{ punto A3} = 1.35\%$$

$$\% \text{ punto A4} = [(40.1543\text{g} - 40.1344\text{g})/1.0152\text{g}] \times 100$$

$$\% \text{ punto A4} = 1.96\%$$

$$\% \text{ punto A5} = [(42.4809\text{g} - 42.4614\text{g})/1.0520\text{g}] \times 100$$

$$\% \text{ punto A5} = 1.85\%$$

$$\% \text{ punto B1} = [(38.4779\text{g} - 38.4569\text{g})/1.0409\text{g}] \times 100$$

$$\% \text{ punto B1} = 2.02\%$$

$$\% \text{ punto B2} = [(42.6474\text{g} - 42.6274\text{g})/1.0807\text{g}] \times 100$$

$$\% \text{ punto B2} = 1.85\%$$

$$\% \text{ punto B3} = [(42.4831\text{g} - 42.4653\text{g})/1.0534\text{g}] \times 100$$

$$\% \text{ punto B3} = 1.69\%$$

$$\% \text{ punto B4} = [(39.2558\text{g} - 39.2400\text{g})/1.0071\text{g}] \times 100$$

$$\% \text{ punto B4} = 1.57\%$$

$$\% \text{ punto B5} = [(40.1577\text{g} - 40.1397\text{g})/1.0830\text{g}] \times 100$$

$$\% \text{ punto B5} = 1.66\%$$

$$\% \text{ punto C1} = [(16.0631\text{g} - 16.0569\text{g})/1.0651\text{g}] \times 100$$

$$\% \text{ punto C1} = 0.58\%$$

$$\% \text{ punto C2} = [(15.5120\text{g} - 15.5044\text{g})/1.0547\text{g}] \times 100$$

$$\% \text{ punto C2} = 0.72\%$$

$$\% \text{ punto C3} = [(16.4333\text{g} - 16.4278\text{g})/1.0092\text{g}] \times 100$$

$$\% \text{ punto C3} = 0.54\%$$

$$\% \text{ punto C4} = [(16.2291\text{g} - 16.2209\text{g})/1.0685\text{g}] \times 100$$

$$\% \text{ punto C4} = 0.77\%$$

$$\% \text{ punto C5} = [(16.2164\text{g} - 16.2094\text{g})/1.0304\text{g}] \times 100$$

$$\% \text{ punto C5} = 0.68\%$$

Resultados

Punto A		Punto B		Punto C	
1.25%	Cumple	2.02%	Cumple	0.58%	Cumple
1.33%	Cumple	1.85%	Cumple	0.72%	Cumple
1.35%	Cumple	1.96%	Cumple	0.54%	Cumple
1.96%	Cumple	1.57%	Cumple	0.77%	Cumple
1.85%	Cumple	1.66%	Cumple	0.68%	Cumple
X= 1.55%	Cumple	X= 1.81%	Cumple	X= 0.66%	Cumple

Datos experimentales obtenidos en el Departamento de Fitoquímica, Universidad de San Carlos de Guatemala zona 12, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, edificio T-10.

Análisis estadístico

Prueba de hipótesis binomial

Ho: P = 0.5 (no cumple)

Ha: P > 0.5 (si cumple)

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Parámetro: el porcentaje de sustancias solubles en ácido no es mayor a 2.

Si el porcentaje de sustancias solubles en ácido es menor a 2 $p > 0.5$ (Si cumple)

XA= Porcentaje: 1.55% $p > 0.5$ Si cumple

XB= Porcentaje: 1.81% $p > 0.5$ Si cumple

XC= Porcentaje: 0.66% $p > 0.5$ Si cumple

Los tres puntos de la materia prima analizada en cinco repeticiones, son aceptados, cumple con las especificaciones.

13.4.3. Carbonatos

Imagen No. 14



1g de arcilla con 5mL de ácido sulfúrico no mostraron efervescencia, mostrando la ausencia de carbonatos.

13.4.4. Hierro

Imagen No. 15



Se trituraron 2g de arcilla con 10mL de agua y se agregaron 500mg de salicilato de sodio, la mezcla adquirió un ligero tinte rojizo; indicando los vestigios de este metal en la arcilla.

Antonia Elizabeth Maldonado Hernández

Autora

Lic. Julio Gerardo Chinchilla Vettorazzi

Asesor

M.A. Julia Amparo García Bolaños

Revisora

M.A. Hada Marieta Alvarado Beteta

Directora de Escuela

Dr. Rubén Daríel Velásquez Miranda

Decano