



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIOAMBIENTALES
ARQUITECTURA SOSTENIBLE

PRODUCCIÓN EXPERIMENTAL DE PASTA PARA ENLUCIDO
SOSTENIBLE USANDO *MANIHOT ESCULENTA* (YUCA)

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de:

ARQUITECTO SOSTENIBLE

AUTOR

JESÚS GUILLERMO MARCH MEJÍAS

Napo – Ecuador

2023

UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIOAMBIENTALES
ARQUITECTURA SOSTENIBLE

PRODUCCIÓN EXPERIMENTAL DE PASTA PARA ENLUCIDO
SOSTENIBLE USANDO *MANIHOT ESCULENTA* (YUCA)

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de:
ARQUITECTO SOSTENIBLE

UTOR: JESÚS GUILLERMO MARCH MEJÍAS
TUTOR: Msc. JOSÉ MIGUEL CARRANCO MUÑOZ
CO TUTOR: PhD. JORGE ALEJANDRO BATRES QUEVEDO

Napo – Ecuador
2023

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, JESÚS GUILLERMO MARCH MEJÍAS, con documento de identidad N° 1759206434, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título de Arquitecto Sostenible, son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en la presente investigación son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Tena, 25 de abril de 2023

A handwritten signature in blue ink that reads "Jesus March". The signature is fluid and cursive, with the first letters of the first and last names being capitalized.

Jesús Guillermo March Mejías

CI. 1759206434

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, JESÚS GUILLERMO MARCH MEJÍAS, con documento de identidad N° 1759206434, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: PRODUCCIÓN EXPERIMENTAL DE PASTA PARA ENLUCIDO SOSTENIBLE USANDO MANIHOT ESCULENTA (YUCA), de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, reconozco a favor de la Universidad Regional Amazónica Ikiam una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo autorizo a la Universidad Regional Amazónica Ikiam para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Tena, 25 de abril de 2023

A handwritten signature in blue ink that reads "Jesus March". The signature is written in a cursive, flowing style.

Jesús Guillermo March Mejías

CI. 1759206434

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Certifico que el Trabajo de Integración Curricular Titulado: PRODUCCIÓN EXPERIMENTAL DE PASTA PARA ENLUCIDO SOSTENIBLE USANDO MANIHOT ESCULENTA (YUCA), en la modalidad: (Proyecto de innovación en técnicas constructivas sustentables y ecológicas), fue realizado por: Jesús Guillermo March Mejías, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para su entrega y defensa.

Tena, 25 de abril de 2023



José Miguel Carranco Muñoz

CI. 1719242503

DEDICATORIA

A mis padres y mi hermana quienes han sido un pilar fundamental a lo largo de toda mi vida.

A mi novia y su familia que han estado conmigo en todo momento brindándome su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios por darme salud y fortaleza, por guiarme en este camino y darme luz para culminarlo.

A mis padres Régulo y Lucila, y a mi hermana María Fernanda por siempre apoyarme, darme buenos consejos y a pesar de la distancia siempre estar ahí conmigo para alentarme a seguir adelante.

A mi novia Sthephany, por ser mi compañera, mi mano derecha y apoyarme siempre en todo el proceso de formación universitaria.

A mis suegros, por abrir las puertas de su casa y darme un lugar en la familia, además de todo el apoyo que me han brindado.

A mis compañeros, por haber compartido junto a mí todo este tiempo y por todo el apoyo prestado.

Al profesor José Carranco, por aceptar ser mi tutor académico y pesar de no conocerme prestar toda su disposición y conocimiento para ayudarme; su apoyo fue fundamental para esta investigación. Su aporte académico, paciencia y buena actitud han sido esenciales.

Al profesor Jorge Batres, por haberme apoyado y motivado con el tema a pesar de mis dudas y brindar su conocimiento para desarrollarlo. Por su colaboración para el desarrollo del experimento y su disposición de brindar lo que necesitara.

A todos mis profesores de Arquitectura Sostenible, por su disposición a transmitir sus conocimientos y su buen trato.

Al Ecuador y a la URAI, por abrir sus puertas y recibirme, darme la oportunidad de cumplir una meta importante en mi vida y desarrollo profesional.

A todos, Muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL.....	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
TABLA DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	3
1.1.1 <i>Exploración Bibliográfica</i>	5
1.2 Planteamiento del problema.....	6
1.3 Justificación.....	7
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	8
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	8
1.5 Hipótesis.....	8
2. CAPÍTULO I: MARCO CONCEPTUAL.....	10
2.1 Bases Teóricas.....	10
2.1.1 <i>Definiciones Fundamentales</i>	10
2.1.2 <i>Uso de las plantas en obtención de extractos útiles</i>	13
2.1.3 <i>Manihot esculenta (Yuca)</i>	15
2.1.4 <i>Pruebas fitoquímicas</i>	16
2.1.5 <i>Materiales de construcción</i>	17
2.1.6 <i>Patologías de las construcciones</i>	18
2.1.7 <i>La construcción sostenible y sus ventajas</i>	20
2.2 Marco Normativo.....	20
2.2.1 <i>Norma Técnica Ecuatoriana INEN 155:2009</i>	21
2.2.2 <i>Código Práctico Ecuatoriano INEN Parte 4: 1984</i>	22
3. CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO.....	24

3.1	Tipo y Diseño de investigación.....	24
3.2	Sistema de Variables.....	24
3.2.1	<i>Variables.....</i>	24
3.2.2	<i>Definición conceptual.....</i>	24
3.2.3	<i>Definición operacional.....</i>	25
3.3	Técnica e instrumento de recolección de datos.....	26
3.4	Población y muestra.....	27
3.4.1	<i>Elementos para determinar el número de réplicas del experimento.....</i>	27
3.4.2	<i>Especificación de un incremento de la desviación estándar.....</i>	29
3.4.3	<i>Cálculo del número de réplicas en el experimento.....</i>	30
3.5	Procedimiento.....	30
3.5.1	<i>Obtención del material.....</i>	31
3.5.2	<i>Clasificación de la materia prima.....</i>	31
3.5.3	<i>Obtención de los extractos – Primera etapa.....</i>	32
3.5.4	<i>Obtención de los extractos – Segunda etapa.....</i>	34
3.5.5	<i>Obtención de los extractos – Tercera etapa.....</i>	35
3.5.6	<i>Pruebas Fitoquímicas cualitativas de laboratorio con los extractos.....</i>	36
3.5.7	<i>Elaboración del muro.....</i>	38
3.5.8	<i>Elaboración de las pastas.....</i>	39
3.5.9	<i>Aplicación de las pastas.....</i>	41
3.6	Recolección de los datos.....	43
3.6.1	<i>Porcentaje de área afectada por fisuras.....</i>	43
3.6.2	<i>Contenido de humedad.....</i>	44
3.6.3	<i>Identificación de hongos y bacterias.....</i>	45
3.7	Análisis de los datos.....	46
3.7.1	<i>Consideraciones para el diseño estadístico del experimento.....</i>	46
4.	CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	56
4.1	Resultados de las pruebas fitoquímicas cualitativas de laboratorio a los extractos de Manihot Esculenta.....	56
4.1.1	<i>Prueba de Fenoles.....</i>	<i>56</i>
4.1.2	<i>Prueba de Flavonoides.....</i>	<i>57</i>
4.1.3	<i>Prueba de Saponinas.....</i>	<i>58</i>
4.1.4	<i>Prueba de Taninos.....</i>	<i>59</i>
4.2	Resultados de las pastas de revestimiento aplicadas en el experimento.....	60
	Resultados y Análisis de contenidos de humedad.....	60

4.2.1	<i>Resultados y Análisis del porcentaje de fisuras.....</i>	64
4.2.2	<i>Resultados de la identificación de Hongos y Bacterias.....</i>	67
4.3	Discusión de los resultados.....	69
5.	CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
5.1	Conclusiones.....	71
5.2	<i>Recomendaciones.....</i>	71
	BIBLIOGRAFÍAS Y REFERENCIAS.....	73
	ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Matriz de operacionalización: variables, dimensiones e indicadores de la investigación.....	26
Tabla 2: Representación organizada del cálculo estadístico de réplicas en el diseño de experimento.....	30
Tabla 3: Nomenclatura de los extractos de materia prima para la identificación de los extractos a lo largo del experimento.....	32
Tabla 4: Nomenclatura de las pastas de revestimiento que serán aplicadas en el muro control.....	40
Tabla 5: Representación general de resultados de las pruebas cualitativas fitoquímicas de laboratorio.....	60
Tabla 6: Presentación del análisis de varianza (ANOVA) para el diseño completo al azar del contenido de humedad.....	61
Tabla 7: Visualización de la humedad media de las pastas aplicadas en el experimento.....	61
Tabla 8: Comparación de valores de medias de los porcentajes de contenidos de humedad entre las pastas.....	62
Tabla 9: Valores de contenido de humedad y clasificación por grupos de acuerdo a su diferencia estadística.....	63
Tabla 10: Presentación del análisis de la varianza (ANOVA) para el diseño completo al azar del porcentaje de fisuras.....	64
Tabla 11: Visualización de la estadística descriptiva para el porcentaje de fisuras en las distintas pastas.....	65
Tabla 12: Comparación de las medias del porcentaje de fisuras entre las pastas aplicadas.....	66

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1:	Resultado de la búsqueda de investigaciones acerca del tema en estudio.....	5
Imagen 2:	Rastreo bibliográfico de investigaciones que usan <i>Manihot esculenta</i> en otras ciencias.....	6
Imagen 3:	Curvas de operación característica para el análisis de varianza del modelo con efectos fijos.....	29
Imagen 4:	Disposición de los extractos no macerados de <i>Manihot Esculenta</i> en su primera etapa y de la materia prima macerada para ser procesada posteriormente.....	34
Imagen 5:	Disposición final de los extractos de <i>Manihot esculenta</i> en Presentación no macerada.....	35
Imagen 6:	Disposición final de extractos de <i>Manihot esculenta</i> en presentaciones maceradas.....	36
Imagen 7:	Proceso constructivo del muro donde fueron aplicadas las pastas en estudio.....	39
Imagen 8:	Aplicación de las pastas de revestimiento elaboradas, en el muro control.....	46
Imagen 9:	Muro experimental después de la aplicación de las pastas, Cara A.....	47
Imagen 10:	Muro experimental después de la aplicación de las pastas, Cara B.....	47
Imagen 11:	División de cada probeta para el cálculo de porcentaje de fisuras.....	49
Imagen 12:	Resultado de la prueba de fenoles en extractos no macerados de <i>Manihot esculenta</i>	56
Imagen 13:	Resultado de la prueba de fenoles en extractos macerados de <i>Manihot esculenta</i>	56
Imagen 14:	Resultado de la prueba de flavonoides en extractos no macerados de <i>Manihot esculenta</i>	57
Imagen 15:	Resultado de la prueba de flavonoides en extractos macerados de <i>Manihot esculenta</i>	57
Imagen 16:	Resultado de la prueba de saponinas en extractos no macerados de <i>Manihot Esculenta</i>	58
Imagen 17:	Resultado de la prueba de saponinas en extractos macerados de <i>Manihot esculenta</i>	58
Imagen 18:	Resultado de la prueba de taninos en extractos no macerados de	

	<i>Manihot esculenta</i>	59
Imagen 19:	Resultado de la prueba de taninos en extractos macerados de	
	<i>Manihot esculenta</i>	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Gráfico indicador de contenido de humedad entre las muestras y su comparación.....	63
Figura 2:	Gráfico de medias de porcentaje de fisuras obtenidas de la prueba Kruskal –Wallis.....	67

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1:** Guía de Observación.
- Anexo 2:** Proceso de Macerado.
- Anexo 3:** Pesado y hervido de la *Manihot esculenta*.
- Anexo 4:** Envasado e identificación de los extractos.
- Anexo 5:** Toma de muestra final después del segundo proceso de hervido.
- Anexo 6:** Pruebas de laboratorio.
- Anexo 7:** Construcción del muro.
- Anexo 8:** Pastas de enlucido aplicadas en el muro control desde septiembre 2022 hasta enero 2023.
- Anexo 9:** Pruebas de contenido de humedad.

RESUMEN

En la actualidad se promueve el uso de materiales sostenibles y la reducción de consumo energético en la construcción y procesos afines. Este estudio plantea la creación de una pasta sostenible de revestimiento que, aplicada en una zona de clima tropical, resista de manera adecuada frente a patologías propias de la zona, mediante el uso de extractos químicos de la planta *Manihot esculenta* (Yuca). Se aplicó una metodología mixta, con enfoque descriptivo. Se obtuvo los extractos hirviendo seis formulaciones diferentes de la planta y se combinaron con cemento blanco y cal para obtener seis formulaciones de pastas experimentales. Además, se realizó una pasta de revestimiento convencional que fue usada para control. Se observó el comportamiento de las pastas, aplicadas sobre un muro de mampostería de bloque durante seis meses, en condiciones climáticas locales (promedios anuales de temperatura de 23,41°C - 24,48°C, humedad de 83.73% - 90.27% y precipitación de 800mm - 4600mm). (Ron, 2014). Finalmente, se realizaron pruebas para identificar el contenido de humedad, la cantidad de fisuras en las probetas, además de identificar hongos y bacterias presentes en las mismas. Se encontró que dos pastas experimentales, P4 y P5, tuvieron valores menores en contenido de humedad y no presentaban diferencias significativas en cuanto a la presencia de fisuras en comparación con la pasta de revestimiento convencional. Por lo tanto, se concluye que estas dos pastas pueden tener aplicación en el ámbito constructivo en regiones amazónicas, posiblemente capaces de resistir a la proliferación de patologías y a la vez aprovechar recursos provenientes de desechos agrícolas.

Palabras clave: pasta de revestimiento, materiales de construcción, arquitectura sostenible, construcción ecológica, extractos vegetales.

ABSTRACT

The current construction global trend promotes the use of sustainable materials and the reduction of energy consumption. This study aimed to create a sustainable coating paste that, applied in a tropical climate zone, adequately resists local pathologies using chemical extracts from the *Manihot esculenta* (cassava) plant. A mixed methodology with a descriptive approach was applied. Extracts were obtained by boiling *Manihot esculenta* in six different formulations and mixed with white cement and lime to create six experimental pastes and a conventional paste was also made to be used as a control. Experimental coating pastes were applied to a block wall to observe its behavior for six months under local climatic conditions (mean monthly temperature of 23.41 °C – 24.48°C, 83.73%- 90.27% humidity and 800mm – 4600mm of precipitation). (Ron, 2014). Finally, tests were carried out to identify moisture content, number of cracks and also to identify fungi and bacteria in the pastes. Two experimental pastes, P4 and P5, showed a lower moisture content and did not show significant differences in the presence of cracks compared to the conventional coating paste. Therefore, it was concluded that these two pastes could be applied in the construction industry, and possibly contribute to reduce future pathologies and take advantage of natural resources.

Keywords: coating paste, building materials, sustainable architecture, ecological construction, plant extracts.

1. INTRODUCCIÓN

Los principios de sostenibilidad aplicados en arquitectura y construcción han permitido una evolución positiva en varios campos relacionados con ese amplio universo. En la actualidad, muchos países del mundo, impulsan la tendencia de construcción con materiales sostenibles con el objetivo de disminuir el impacto ambiental, el gasto energético y la generación de huella de carbono. (LLavero et al., 2018).

Al planificar y diseñar construcciones amigables con el medio ambiente, se pueden obtener ventajas para el desarrollo de sociedades saludables y económicamente sostenibles a largo plazo. Además, se trata de contrarrestar las consecuencias derivadas del cambio climático y el aprovechamiento eficiente de recursos naturales es mayor. (LLavero et al., 2018).

Para lograr construcciones sostenibles, es importante utilizar materiales y técnicas constructivas que cumplan con distintos parámetros de sostenibilidad y que ofrezcan beneficios en términos de ahorro económico, amistad con el medio ambiente, disminución de la emisión de agentes contaminantes y reutilización de los mismos. (LLavero et al., 2018).

Entre las materias primas más empleadas en la industria de la construcción, la madera destaca como uno de los componentes más empleados históricamente en la arquitectura debido a su producción natural y sus propiedades de aislamiento térmico, que ayudan a prevenir pérdidas y ganancias de calor no deseadas. (LLavero et al., 2018).

Además de la madera, hay otros materiales que se utilizan en la construcción sostenible, como el corcho y el bambú. El corcho que se obtiene de la corteza de los árboles, es un excelente aislante térmico, impermeable a distintos líquidos y estable ante las variaciones climáticas. (del Río, 2005). Por su parte, el bambú, utilizado en muchos países principalmente en la construcción de viviendas, es un recurso sostenible y renovable debido a su rápido crecimiento. Además, cuenta con una alta resistencia físico-mecánica y es versátil, flexible, liviano y fácil de manejar. (Romero, 2016).

La información anteriormente expuesta ilustra el uso de los materiales sostenibles, lo que respalda el desarrollo de la investigación que se presenta a continuación. El objetivo principal del presente trabajo es crear una pasta de revestimiento sostenible, cuyo uso y fabricación genere bajo impacto en el medio ambiente y permita mejorar la calidad de vida y salud de

los habitantes de Tena en el futuro.

Para lograr esto, se experimentó con extractos obtenidos de un subproducto de la planta *Manihot esculenta* (Yuca), que se combina con materiales utilizados actualmente en la construcción (cemento blanco y cal). De esta manera, se aprovecha un producto natural que abunda en la Amazonía ecuatoriana y se lo obtiene fácilmente como un desecho en los mercados locales, específicamente la cascara del tubérculo.

Además, se busca ofrecer una opción para solucionar los problemas que presentan las construcciones de la zona, como la presencia de hongos y líquenes, contenido de humedad y fisuras. En este proceso se utiliza cal hidratada especial tipo S, que posee alta plasticidad, capacidad de retención de agua, además de propiedades antisépticas. (NTE INEN, 2015). Por otro lado, el cemento blanco se caracteriza por requerir menor tiempo de fraguado, menor cantidad de agua, alta resistencia a la compresión, plasticidad y estética, además de permitir aplicación de pigmentos. (Navarrete, 2006).

La obtención de extractos líquidos de *Manihot esculenta* se realizó mediante un proceso que incluyó la cocción y maceración de 6 formulaciones distintas de la planta, principalmente la corteza exterior de la yuca, para luego mezclarlo con los materiales base seleccionados para elaborar la pasta de revestimiento.

Se llevó a cabo un estudio de enfoque mixto porque compone aspectos cualitativos y cuantitativos para comparar el comportamiento de las pastas experimentales de revestimiento con una de las pastas comúnmente utilizada en la construcción.

Se elaboró un muro de control, conformado por bloque prensado de hormigón, y revocado con cemento portland que sirvió para realizar la aplicación de las pastas de revestimiento, elaboradas con cada uno de los extractos obtenidos de las diferentes formulaciones de la *Manihot Esculenta*, junto con la pasta de revestimiento convencional. El trabajo está elaborado por capítulos presentados de la siguiente manera:

En primer lugar, se describen las generalidades de la investigación, los antecedentes del tema en estudio, planteamiento del problema, justificación, objetivos e hipótesis en el primer capítulo.

En el segundo capítulo se muestra el marco teórico y el marco normativo con los que se sustentó el trabajo y la investigación de conceptos detallados para el soporte científico y

académico del mismo.

En el tercer capítulo se describe la metodología, presentando el diseño de la investigación y el procedimiento experimental realizado en la misma.

Más adelante en el cuarto capítulo, se conocieron los resultados de las pruebas de laboratorio y la aplicación de las pastas.

Por último, las conclusiones y recomendaciones se resumen los resultados y se ofrecen sugerencias para futuras investigaciones que puedan ampliar y complementar este estudio.

1.1 Antecedentes

A nivel mundial se ha desarrollado la tendencia de promover el uso de materiales sostenibles para ayudar a disminuir el impacto ambiental que genera la industria de la construcción, cuyos procesos regulares resultan altamente contaminantes debido al uso de materiales industrializados, los desechos provenientes de la misma que se acumulan en el ambiente debido a que no son procesados por los ecosistemas (escombros). (Quispe, 2016).

Además, muchas materias primas se generan de la explotación de yacimientos agotables y de difícil acceso lo que también genera residuos y productos contaminantes. Algunos materiales que podemos denominar, sostenibles utilizados hoy en día, se pueden encontrar en el mercado desde fabricación de ladrillos con residuos plásticos, venta de bambú tratado, entre otros. (Quispe, 2016).

Aquellos productos cuya materia prima incluye residuos vegetales de la industria alimenticia se conocen como Bio-Based. Se caracterizan por ser biodegradables y amigables con el medio ambiente, ya que al culminar su vida útil no son parte de la contaminación del mismo. En lugar de ello, si son desechados en el ambiente se degradan en poco tiempo. (Carranco, 2017).

Un material que cabe destacar dentro de estos, es una resina llamada *Chukum* elaborada en la zona costera de México, a partir de una sustancia extraída de la corteza del árbol *Havardia Albicans*. Esta sustancia se combina con cemento y otros materiales para convertirla en una pasta utilizada para revestir muros, y dar acabado final a una construcción y proporcionarle

un grado adecuado de impermeabilidad. Se considera que este tipo de material y la experiencia de sus desarrolladores, abre la puerta para buscar el desarrollo de opciones constructivas sostenibles. (Cao, 2020).

Como principal referencia de trabajos anteriores que den soporte a la investigación en curso, se presenta uno titulado “*Chukum (Havardia Albicans)* una posibilidad como material para edificaciones térmicamente confortables y energéticamente eficientes” realizado en la Universidad de Quintana Roo en México en el año 2021. Esta investigación pretendía valorar el comportamiento de mampuestos elaborados con extractos de *Chukum* (árbol *Havardia Albicans*), como material que contribuya a mejorar el aislamiento térmico y verificar el efecto, y de esa forma tratar de reducir el gasto de energía en construcciones ubicadas en el sur de México. (L. García, 2021).

También en México, específicamente en la ciudad de Chetumal, se llevó a cabo un trabajo titulado “Mortero Arquitectónico a base de resina del árbol de *Chukum*” el cual consiste en determinar las propiedades físico-mecánicas de un mortero elaborado con la resina de *Chukum*, fue sometido a pruebas de resistencia bajo cargas de compresión y el uso de pigmentos para visualización de tonalidades y compararon dichas características con las de un mortero tradicional. (Ordoñez et al., 2019).

Se destaca en sus resultados que el mortero con el aditivo de la resina de *Chukum* generó una mejor resistencia que el mortero tradicional, además de inhibir la presencia de moho y tuvo características impermeables, por lo que es recomendable para zonas húmedas, además de ser económico y de fácil aplicación. (Ordoñez et al., 2019).

En el contexto nacional de Ecuador, existen investigaciones que tuvieron similitudes a la que se pretende desarrollar en este proyecto de fin de carrera, cuya finalidad fue utilizar materias primas naturales para la construcción y diseño arquitectónico. Podemos nombrar por ejemplo el trabajo realizado en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, titulado “Elaboración de un mampuesto ecológico como material sostenible de construcción utilizando bagazo de caña de azúcar”, cuyo objetivo fue utilizar dicho mampuesto como alternativa sostenible ante los mampuestos utilizados tradicionalmente en la construcción, obteniendo por resultado que el material propuesto cumplió satisfactoriamente las características esperadas para uno de su tipo y el precio de producción es competitivo frente a la oferta que existe en el mercado; no obstante, tiene limitaciones en sus cuidados, aplicabilidad y reparaciones que deben ser tomadas en cuenta. (Bravo & Espinoza, 2019).

Otro ejemplo encontrado en la Universidad de Cuenca, la monografía titulada “Aplicación del barro en revestimiento de paredes en el cantón Cuenca” tenía como objetivo proponer formas de utilizar el barro como revestimiento y conocer las ventajas de su uso, en la misma investigación utilizaron el barro mezclado con resina acrílica, obteniendo como resultado que dicha mezcla funcionó bastante bien, creando una mezcla resistente a la humedad y brindando una fácil y rápida adherencia al momento de ser aplicada en las superficies de soporte. (Peñaloza, 2012).

1.1.1 Exploración bibliográfica

Se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva utilizando un buscador electrónico y paquete de lenguaje estadístico y programación para investigaciones cuantitativas llamado Bibliometrix, con el fin de explorar el uso de la *Manihot esculenta* en investigaciones de diversas áreas, incluyendo la arquitectura con el índice Scopus para revistas científicas, el cual es el más amplio y reconocido a nivel internacional.

Después de realizar una indagación minuciosa en la literatura científica, se encontraron 11 artículos publicados entre los años 2008 y 2021 que utilizan la *Manihot esculenta* en su investigación. Estos artículos están distribuidos en diferentes áreas, como Recursos, conservación y reciclaje (2), Agrociencia (1), Ciencias aplicadas (Suiza) (1), Biomasa y bioingeniería (1), Tecnología bioambiental (1), Progreso a la biotecnología (1), Ciencia rural (1), Procesamiento de alimentos y ovoproductos (1), Revista Kasertsart (ciencias naturales) (1) y almidón (1). Resulta llamativo que no se haya encontrado ninguna investigación relacionada con la arquitectura o la construcción que utilizara la *Manihot esculenta* o sus derivados. Esto sugiere que este tema podría ser innovador y de gran utilidad en la actualidad. (Bibliometrix, 2023).

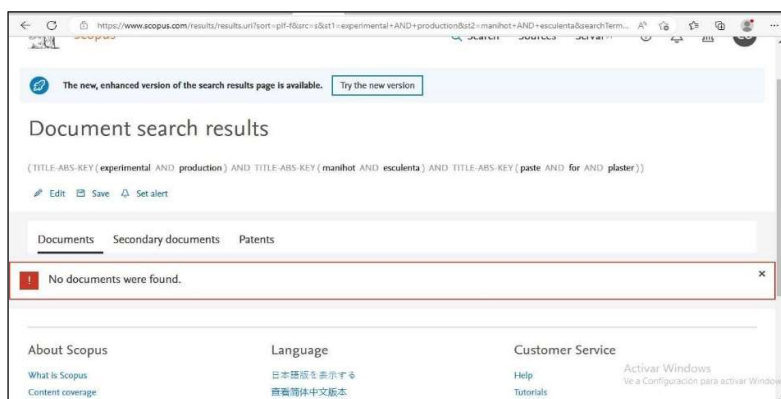


Imagen 1. Resultado de búsqueda de investigaciones acerca del tema en estudio

Fuente: Bibliometrix, 2023

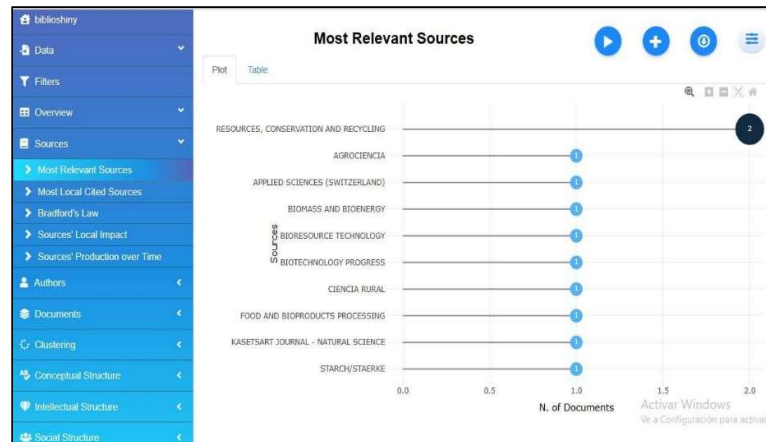


Imagen 2. Rastreo bibliográfico de investigaciones que usan *Manihot esculenta* en otras ciencias.

Fuente: Bibliometrix, 2023

1.2 Planteamiento del Problema

En la Amazonía del Ecuador, se requieren estudios experimentales que desarrollen materiales sostenibles para la innovación arquitectónica y la disminución del uso de materiales industrializados que son altamente contaminantes ya que estos generan una gran cantidad de residuos desechados en su fabricación. Por ejemplo, el principal elemento del hormigón es el cemento portland, el cual presenta un valor de 7.2Mj/Kg de energía y contaminación incorporadas, que es uno de los materiales más utilizados en el Ecuador. (Aguirre, 2020).

Además, el uso de componentes naturales o bio-componentes aplicados en distintas técnicas de construcción podría mejorar su resistencia frente a condiciones climáticas particulares. Por lo tanto, se lleva a cabo una investigación para promover el uso de los recursos locales y su aprovechamiento en construcción mediante la generación de una pasta de revestimiento que utiliza un subproducto de la Yuca, buscando desarrollar un material sostenible. Se busca verificar su respuesta ante condiciones climáticas locales y evaluar si puede disminuir la presencia de patologías en las construcciones, como la humedad, hongos, bacterias y fisuras.

El lugar de estudio fue la ciudad Tena, ubicada en la provincia de Napo, Ecuador; donde se describe un clima que corresponde al tropical húmedo con precipitaciones abundantes durante todo el año que oscilan entre 800 mm y 4600mm. Estas condiciones proporcionan una humedad entre 87,73% y 90,27% y temperaturas medias anuales de 23, 41°C a 24,48°C, lo que favorece la presencia de una vegetación exuberante y alta pluviosidad.

(Ron, 2014). El análisis de esta información, permite pensar que, en estas condiciones climáticas, se desarrollan en las construcciones patologías derivadas de la humedad que pueden desencadenar en afectaciones estéticas, estructurales o de salud en las personas que las habitan.

Para formular la pasta sostenible de revestimiento, se obtuvieron extractos derivados de residuos orgánicos obtenidos en un mercado local. Con esto se promueve el uso de extractos vegetales que puedan colaborar en la mejora de propiedades de distintos materiales de construcción. En este caso específico se utilizó la cascara de *Manihot esculenta* (Yuca), que es una planta común en la Amazonía ecuatoriana. En investigaciones anteriores, los extractos químicos de plantas han permitido desarrollar materiales similares en otros países, como el *Chukum* en México.

1.3 Justificación

Con el paso del tiempo, la industria de la construcción se ha convertido en una de las más contaminantes debido a los procesos de producción. Muchas materias primas extraídas en la actualidad como el cobre, plomo o mercurio se toman de yacimientos agotables y generan una amplia variedad de desechos contaminantes en el ambiente. Además, en la producción de otros materiales, se ha sustituido la mano de obra por maquinaria de combustión, lo que aleja de la realidad a la arquitectura definida por Vitruvio o Alberti donde se usaban materiales de fácil acceso, biodegradables, no tóxicos y renovables como la piedra y la madera. (Quispe, 2016).

Por otro lado, aunque existen materiales cuyo proceso de obtención requiere de menor consumo energético, el uso intenso de los mismos hace que su impacto energético sea considerable. Es por eso que se vuelve indispensable la producción y el uso de materiales sostenibles en las construcciones, que no generen alto impacto ambiental y no contribuyan con el aumento de la huella de carbono. Además, la utilización y aprovechamiento eficiente de los recursos naturales renovables, contribuye a la preservación del medio ambiente, lo cual es fundamental en la actualidad, ya que nuestro planeta enfrenta altos índices de producción de CO₂, calentamiento y consecuencias ambientales terribles. (Quispe, 2016).

Por esto es necesario llevar a cabo proyectos de investigación que aporten al desarrollo de materiales utilizados para hacer que la construcción sea más amigable con el ambiente. En este caso se hace un aporte a la utilización de estos materiales en el Ecuador, mediante la

posibilidad de elaboración experimental de una pasta sostenible de revestimiento utilizando residuos de la producción agrícola de la *Manihot esculenta* (Yuca). Si el resultado de este proyecto se traduce a un proceso ecológico y técnicamente viable, contribuiría con una nueva opción de material aplicable a la construcción y Arquitectura sostenible.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Elaborar una pasta sostenible de revestimiento utilizando extractos químicos (Taninos, Saponinas, Polifenoles y Flavonoides) obtenidos a partir del desecho de la planta *Manihot esculenta* (Yuca).

1.4.2 Objetivos Específicos

- 1.4.2.1 Realizar una exploración bibliográfica del estado del arte sobre investigaciones relacionadas al uso de la *Manihot esculenta* y sus derivados en la Arquitectura y construcción.
- 1.4.2.2 Elaborar 6 formulaciones experimentales de pasta sostenible de revestimiento usando 6 extractos de *Manihot esculenta* y describir su procedimiento.
- 1.4.2.3 Establecer la presencia o ausencia de Taninos, Saponinas, Polifenoles y flavonoides en los extractos de *Manihot esculenta*, mediante pruebas fitoquímicas de laboratorio.
- 1.4.2.4 Comparar el desempeño técnico entre las pastas experimentales y la convencional, en un muro de bloque revocado con cemento portland y áridos.
- 1.4.2.5 Cuantificar presencia de fisuras, determinar la presencia de hongos y líquenes y verificar el contenido de humedad en las pastas propuestas, luego de 6 meses de observación.

1.5 Hipótesis

El extracto obtenido de la *Manihot esculenta* en diferentes formulaciones, combinado en

proporciones adecuadas con una base de cemento blanco y cal, producirán una pasta que aplicada en un muro experimental en igualdad de condiciones climáticas tendrá un efecto significativo favorable sobre los siguientes indicadores:

- a) Presencia de hongos y bacterias.
- b) Contenido de humedad.
- c) Presencia de fisuras.

2. CAPÍTULO I: MARCO CONCEPTUAL

La presente investigación apunta a estudiar el uso de materiales amigables con el medio ambiente en las construcciones arquitectónicas, las patologías presentes con la aplicación de dichos materiales y las propiedades físicas y químicas de los diferentes subproductos de la *Manihot esculenta* (Yuca); se presume que extractos obtenidos de dicha planta, gracias a sus componentes pueden ser aplicados experimentalmente en la producción de una pasta de revestimiento, cuya elaboración implique un bajo impacto ambiental.

Por otro lado, se busca ampliar los datos y conocimientos que existen sobre el tema en la actualidad, a su vez contribuir al desarrollo de procesos adecuados para la elaboración y el uso de materiales sostenibles en la construcción que se desarrolla en Ecuador y proponer un ejemplo de aprovechamiento de residuos agrícolas.

A continuación, se presentan el análisis de referencias académicas, industriales y algunas empíricas en la elaboración de materiales de bajo impacto ambiental, que pueden ser utilizados en procesos constructivos, arquitectónicos y situar esta investigación en el campo de estudio de la arquitectura y construcción sostenible.

2.1 Bases Teóricas

2.1.1 Definiciones Fundamentales

a) *Revoque*

Es una capa de mezcla aplicada en la superficie de una pared, columna o techo, que se puede utilizar para darle un acabado uniforme y liso a las estructuras, para nivelar, impermeabilizar o dar terminación. (Nisnovich, 2006).

b) *Enlucido*

El enlucido, también llamado Revoque fino es la capa final que se aplica en una pared con el fin de obtener un acabado uniforme y sin defectos, con una terminación fina y cuidada. Esta capa tiene un espesor de 0.5 cm aproximadamente, las mezclas para un enlucido pueden realizarse con cemento de albañilería o con cal y cemento, lo que logra una mezcla más fácil de utilizar

y se le pueden agregar colorantes. (Nisnovich, 2006).

c) *Mortero*

Es una mezcla elaborada con un conglomerante que puede ser yeso, cal o cemento, arena, aditivos y agua. (Herreruela, 2014).

d) *Conglomerante*

Es un material que a partir de procesos químicos tiene la capacidad de unir y dar cohesión a otras sustancias sueltas para originar otro material. Los de uso más común para elaborar pastas y morteros son el cemento, la cal y el yeso que son productos extraídos de materiales pétreos, se hidratan con la presencia de agua y unen otros materiales como los áridos. (Herreruela, 2014).

e) *Revestimiento*

Se utiliza para nombrar a la capa que permite decorar o proteger una superficie como la aplicación de piezas cerámicas, de piedra, madera, vidrio, plástico, mezclas de acabado final. En el revestimiento como en el revoque, el objetivo principal es garantizar la durabilidad de las estructuras básicas del edificio, protegiéndola de los efectos destructivos del uso y los agentes climáticos. Además de esta función de protección, ambos procesos buscan mejorar las condiciones higiénicas de las construcciones mediante la creación de superficies lisas y duras. (Chandias, 1992).

Los revestimientos cumplen funciones arquitectónicas como embellecimiento y protección y además tienen como función proteger a las superficies contra efectos de la intemperie como los rayos de luz solar, el agua de las lluvias y el cambio constante de temperatura. Existen recubrimientos minerales, que los más usados son arcilla, yeso y cal, en general estos pueden dar un efecto decorativo, y recubrimientos plásticos como pinturas de resina de silicona y base de silicato potásico. (Paredes, 2017).

f) *Pasta de revestimiento*

Es una mezcla elaborada con un conglomerante que puede ser yeso, cal o cemento, agua y aditivos. (Herreruela, 2014). En la actualidad, las cualidades de una pasta y un recubrimiento o revestimiento se han fusionado para tener un producto de buena calidad, económica y que proporcione la protección de viviendas y superficies, versatilidad y durabilidad, lo que podría llamarse pasta de revestimiento. (Ramirez, 2016).

g) *Empaste*

Es un tipo de recubrimiento mineral que tiene como objetivo nivelar y proporcionar una superficie adecuada para la pintura de acabado. Por lo general, este recubrimiento se compone de una mezcla de cargas finas y micronizadas, con poco ligante plástico y sin pigmentos. En resumen, el empaste se utiliza para preparar la superficie antes de aplicar la pintura final, proporcionando una capa uniforme y suave. Es una mezcla que está conformada por cemento y agregados de piedra caliza, junto con aditivos químicos como plastificantes y resinas. (Paredes, 2017).

h) *Tinción de Gram*

Procedimiento de gran utilidad empleado en laboratorios de microbiología. Se define como una tinción diferencial, ya que utiliza dos colorantes y clasifica a las bacterias en dos grandes grupos, bacterias Gram positivas y Gram negativas. Esta técnica fue desarrollada por el científico Hans Christian Gram en 1884, siendo usada en la actualidad por lo económico, sencillo y eficaz que resulta su uso. (Rodríguez, 2002).

i) *Maceración*

Es un proceso de extracción que se utiliza para extraer los compuestos solubles de la materia prima. En la industria química se emplea el término extracción, mientras que, en el ámbito de alimentos, hierbas y otros productos naturales se usa el término maceración. En la mayoría de los casos el agente extractante es agua, aunque también se pueden usar otros líquidos como vinagres, jugos, alcoholes, aceites que contienen ingredientes que permiten

mejorar las propiedades de extracción del líquido. Los compuestos extraídos dependerán de la naturaleza de la materia prima y del líquido usado en el procedimiento. (Romero, 2013).

2.1.2 *Uso de plantas en la obtención de extractos útiles*

La utilidad de las plantas en la elaboración de productos alimenticios, farmacéuticos o de empresas cosméticas ha aumentado de forma considerable en los últimos tiempos, produciendo un aumento de producción para el negocio de los insumos utilizados en la fabricación de dichos productos, como plantas medicinales, frutas, aceites (de frutas, vegetales, esenciales), colorantes naturales, etc. (Bazile, 2014).

Existen distintas plantas que contienen metabolitos secundarios (compuestos orgánicos producidos por bacterias o plantas) que tienen una cobertura farmacológica bastante amplia y muestran diversas propiedades biológicas que pueden ser usadas en distintas áreas de investigación. Estos son separados de las especies de plantas para realizar estudios por diversos métodos, por ejemplo, la destilación por arrastre de vapor, por medio de Soxhlet (proceso que separa componentes químicos de un sólido), etc. (García et al., 2010).

Entre los principales componentes de este tipo de extracciones encontramos: monos sesquiterpenos (incluyendo carbohidratos), alcoholes, éter aldehídos y cetonas, los cuales son los que otorgan las fragancias y las propiedades biológicas de las plantas aromáticas y medicinales. Entre sus propiedades farmacológicas se encuentran que son antiinflamatorias, anticancerígenas y antioxidantes, entre otras actividades biológicas se reportan como eliminadoras de bacterias, hongos, virus, etc. (García et al., 2010).

Los metabolitos secundarios tienen un papel fundamental en el mantenimiento de la vida de los seres vivos, suministrando sustancias de defensa, atracción, u otros compuestos fisiológicamente significativos. Algunos estudios han manifestado que estos componentes tienen funciones importantes en las plantas, como proteger a las mismas de la ingestión por herbívoros y de la infección por patógenos microbianos, atrayentes de polinizadores y dispersores de semillas. (San Martín, 2010).

Los metabolitos secundarios se dividen en grupos como esteroides, flavonoides, polifenoles, alcaloides, quinonas, terpenoides, entre otros; y deben ser extraídos de forma cuidadosa para no provocar modificaciones sin alterar su estructura química para mantener sus propiedades biológicas. Es necesario mencionar que estos componentes químicos que pueden

ser obtenidos de las plantas sirven para aportar propiedades en la elaboración de materiales sostenibles para la construcción, entre estos metabolitos se encuentran los Taninos. (San Martín, 2010).

Los taninos son metabolitos polifenólicos y de origen vegetal que se pueden encontrar en la mayoría de las plantas y en todas sus partes. (Colina A., 2016). Estos tienen la capacidad de reducir el crecimiento y supervivencia de herbívoros, así como repelen a una diversidad importante de animales que pueden atacar la integridad de las plantas. (Cabrera et al., 2017).

La palabra Tanino se empezó a utilizar históricamente desde hace más de cien años por el uso que se les daba a los extractos vegetales en el proceso de conversión de pieles de animales en cuero, llamado tanaje. Los Taninos forman parte de los Polifenoles que son metabolitos secundarios, distribuidos de forma amplia en varios sectores del reino de las plantas, se distinguen por su solubilidad en agua, estructura de carácter polifenólico, entre otras características. (Isaza, 2007).

Además, se encuentran las Saponinas siendo glucósidos que contienen las plantas y pueden estar involucrados en el sistema de defensa de ellas por su actividad antimicrobiana, producen sustancias espumosas y saponificantes, y debido a esto son muy utilizadas para la realización de jabones. (Díaz, 2009).

En el caso de los Polifenoles, son compuestos que se producen en las plantas y participan en funciones de defensa de estas, y una característica muy importante es que tienen propiedades antifúngicas y antimicrobianas. Estos metabolitos tienen acción importante en la protección contra patógenos microbianos, además ayudan a la planta a adaptarse en el medio que se desarrollan. (Quiñones et al., 2012).

Por otro lado, se encuentran las Saponinas, este nombre es derivado de la palabra en latín “sapo” que significa jabón, lo que deja en evidencia su particular propiedad para formar espumas parecidas a las formadas por el jabón en soluciones acuosas, propiedad que generalmente es considerada parte del sistema de defensa de las plantas contra los patógenos y herbívoros que se puedan unir a ellas, especialmente por su sabor amargo. (Bazile, 2014).

La utilización de plantas para obtener extractos que pueden usarse en la construcción arquitectónica es un campo que se encuentra en desarrollo y exploración. Se han llevado

a cabo investigaciones para explorar el uso de extractos de plantas con propiedades antimicrobianas y antifúngicas con el objetivo de reducir la presencia de agentes patógenos en los edificios. (Archdaily, 2017).

Un ejemplo destacado de este tipo de materiales es la resina de *Chukum*, que se elabora mediante la extracción de Taninos presentes en la corteza del árbol *Havardia Albicans*, mediante la ebullición de la misma. Este proceso resulta en una resina que se utiliza para contribuir en la mejora del fraguado de una mezcla de cemento blanco y polvo finode Piedra caliza. La elaboración de resina de *Chukum* se ha utilizado empíricamente desde la época en que los mayas construían y pintaban sus propias pirámides y continuó siendo parte de los materiales utilizados para crear revestimientos rústicos durante la época de la conquista. (Archdaily, 2017).

En un estudio reciente se investigó el uso del mucílago de cactus como aditivo en el concreto, con el propósito de mejorar su resistencia a la compresión. Este trabajo llevóa cabo una instigación experimental con enfoque cuantitativo, demostrando que este extracto mejora significativamente la consistencia y resistencia a la compresión del concreto. (Huerta, 2020).

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos en este campo, existenaún incertidumbres sobre la efectividad y viabilidad de la utilización de extractos de plantas en la construcción, así como sus posibles impactos ambientales y económicos en su implementación. (Huerta, 2020).

2.1.3 *Manihot esculenta* (Yuca)

Las plantas que se utilizan principalmente para la producción de biocombustibles son las que almacenan importantes cantidades de almidón, aceites o azúcares simples, aunque gracias a nuevas tecnologías están permitiendo la utilidad de celulosa como materia prima. (Cortes et al., 2010).

El cultivo de *Manihot esculenta* (Yuca) se distribuye ampliamente en las zonas tropicales y forma parte de la base alimenticia de casi el 10% de toda la población mundial. Las raíces de la Yuca tienen un alto contenido de almidón y su cultivo da lugar a la producción de Etanol. Existen técnicas que mejoran las variedades de plantas de Yuca y convierte a las mismas en plantas adecuadas para la elaboración de biocombustibles a nivel industrial. (Cortes et al., 2010).

La Yuca en su estructura posee una temperatura de 45°C, óptima para la fotosíntesis,

también presenta una de las tasas más altas de asimilación de sacarosa entre los vegetales de uso más doméstico en la población ecuatoriana. En parámetros agrícolas, la Yuca es resistente a fuertes cambios de clima y a las fuertes sequías, su versatilidad le permite adaptarse a casi todo tipo de suelos, exceptuando los de consistencia fangosa; aparte de eso, dicha planta tolera muy bien los niveles elevados de aluminio y manganeso que son propios de los suelos ubicados en sabanas tropicales y suelen ser tóxicos para casi todas las plantas. La Yuca es bastante flexible al momento de ser plantada y cosechada. (Cortes et al., 2010).

La Yuca es una planta proveniente de América tropical, leñosa y con forma de arbusto que forma parte de la familia *Euphorbiaceae*. Posiblemente cultivada en un principio en Brasil donde se encuentra la mayor variedad de especies de la misma, pero no es un hecho que pueda ser confirmado con la poca evidencia que existe. Su cultivo se realiza en muchas regiones tropicales y con suelos de mala calidad, junto con la caña de azúcar, el sorgo, el arroz y el maíz, es una de las especies más eficientes en la producción de almidón en circunstancias experimentales y en condiciones no experimentales su rendimiento sobresale con respecto a otros cultivos. (Ospina & Ceballos, 2002).

En la Yuca, se pueden obtener componentes químicos como Taninos, Saponinas y Polifenoles, además de Almidones y Carbohidratos; compuestos que pueden ser utilizados para dar firmeza a la pasta de enlucido que se pretende desarrollar, esto como adición a las propiedades antimicrobianas y antifúngicas que aportan los Taninos, Saponinas y Polifenoles. Los tubérculos de la planta de Yuca tienen en su composición elevados niveles de saponinas (glicósidos), además de abundantes carbohidratos, los mismos forman parte de la alimentación de varios países tropicales. (Ávalos & Pérez-Urria, 2009).

2.1.4 Pruebas fitoquímicas

La química especializada en los productos naturales es una disciplina valiosa por su carácter formativo y aplicativo. Las investigaciones en la actualidad se basan esencialmente en la química orgánica moderna que permite predecir la existencia de millones de compuestos basándose en la teoría de estructuras. La palabra “fitoquímico” proviene de la combinación del término phyto (que significa planta en griego) con el vocablo “químico”. Los compuestos fitoquímicos son sustancias químicas que se presentan de manera natural en las plantas y que ellas mismas producen para protegerse del estrés producido por animales, bacterias, hongos, virus, el clima o la radiación. (San Martín, 2010).

Las pruebas fitoquímicas son métodos usados principalmente para determinar la composición química de las plantas al momento de que los investigadores necesiten seleccionar alguna de acuerdo a las necesidades de los estudios científicos o desarrollos medicinales que quieran llevar a cabo; así mismo permiten describir la actividad biológica de las especies en cuestión y los principios activos que estos involucran. (Carvajal et al., 2009).

El principal objetivo de una prueba fitoquímica es determinar la existencia o ausencia de los metabolitos más importantes en una especie vegetal, como esteroides y triterpenos, flavonoides, taninos, saponinas, cumarinas, fenoles, lactonas terpénicas y cardiotónicos, alcaloides, antraquinonas y naftoquinonas, debido a que cada uno de estos grupos se relacionan con actividades biológicas específicas. (Carvajal et al., 2009).

Por otro lado, cabe destacar que en esta investigación es relevante el uso de las pruebas fitoquímicas porque permite corroborar la presencia o ausencia de Taninos, Saponinas, Polifenoles y Flavonoides en los extractos utilizados, lo que permite que el investigador conozca las propiedades químicas de su materia prima (*Manihot esculenta*) y su actuación frente a posibles patologías.

2.1.5 Materiales de construcción

Son elementos utilizados en una obra constructiva, de forma individual o integrados con otros materiales. Entre los utilizados comúnmente en una construcción, existen materiales extraídos de la naturaleza como arena, piedra, agua, plantas o madera, y otros que son fabricados de forma industrial como ladrillos, tejas, hierros, concretos, vidrios, etc. (Martínez, 1984).

Los materiales de construcción sostenibles (naturales), son aquellos duraderos en el tiempo, que necesitan muy poco mantenimiento, son reutilizables y reciclables, tienen bajo consumo energético y promueven construcciones respetuosas con el medio ambiente y el entorno. (Ortega, 2015).

Entre los materiales de construcción se encuentran las pastas para enlucidos, que se definen como cualquier elemento aplicado después de la construcción de un muro con la finalidad de mejorar alguna de sus propiedades y la intención de aportar un aspecto estético determinado sobre una superficie. Hablamos de revestimientos o enlucidos sostenibles cuando en la elaboración de estos recubrimientos se usan materiales de bajo impacto

ambiental y reducido gasto energético; las pastas de acabado final y revestimientos juegan un papel fundamental en la protección y conservación de la arquitectura. (Bozzano, 2017).

Los materiales empleados en los edificios tienen que cumplir muchos requisitos funcionales y regirse a las normas vigentes de construcción, a la vez que están expuestos continuamente a una amplia variedad de agentes destructivos. Entre los factores asociados a ambos están, el agua, elevadas temperaturas, el fuego y el sonido. Al llevar a cabo una construcción se seleccionan los materiales, de modo que cumplan requisitos funcionales específicos y que aseguren la vida máxima de las mismas. (Addleson, 2001).

2.1.6 Patologías de las construcciones

Una de las razones para que se produzcan patologías en las construcciones arquitectónicas es la degradación de los materiales debido al contacto que tienen con el medio ambiente. La descomposición de los mismos a través del tiempo es un proceso que se da de forma natural e inevitable y que podría ser prevenido con disposición de conocimientos que se orienten a preservar estos materiales. (Traversa, 2010).

Las patologías en las construcciones, son un conjunto de enfermedades de origen químico, físico, biológico, mecánico electroquímico en las construcciones. Las mismas, aparecen hasta un 75% por falla humana (mal diseño o mala calidad de mano de obra); y, además el 50% de estas patologías están relacionadas a la humedad, lo que refuerza la importancia de impermeabilización de la obra. Estas patologías afectan en diferentes grados y aspectos a las construcciones. Pueden dañar colores, generar manchas, destruir acabados y disminuir resistencias, por otro lado, pueden perjudicarla salud. (Florentín, 2009).

Las patologías se clasifican en:

- **Lesiones químicas:** son aquellas que se presentan en los materiales gracias a su exposición a sustancias destructivas por su corrosividad.
- **Lesiones físicas:** se dan por acción de agentes climáticos como, por ejemplo, la lluvia, el viento, el calor y su efecto en los materiales.
- **Lesiones mecánicas:** son las que se generan por tensiones y fuerzas no controladas o estabilizadas correctamente, que pueden permitir deformaciones o desplazamientos que se presentan como grietas y fisuras.
- **Lesiones orgánicas:** producidas por la agresión de parásitos e insectos que agreden

la estructura de la planta.

- **Lesiones por ruidos:** movimientos o presencia de reverberación debido a la contaminación sonora. (Florentín, 2009).

Entre los causantes de patologías que pueden presentarse, se encuentra la humedad, la misma se presenta como un posible causante del deterioro de los materiales de construcción y la disminución de la habitabilidad. Aunque la humedad en sí misma no puede ser considerada como una lesión, esta se presenta en estado líquido (producto de las lluvias o por condensaciones tanto al nivel de la superficie como al interior de un material) y por transpiración y condensación del vapor de agua presente en el ambiente. (Medina & Cerón, 2009).

Las fuentes de humedad en una edificación se pueden clasificar en aquellas de origen externo e interno; las que tienen origen externo son provocadas por dos factores, el primero es producido por la unión del agua de lluvia y el viento sobre las fachadas, y el segundo, producto de la ascensión capilar del agua a través de los cimientos y muros de la construcción. Las de origen interno, a diferencia de las anteriores son producto del vapor presente en el aire y del que se genera al interior de la construcción denominada condensación. (Medina & Cerón, 2009).

El moho en la construcción está compuesto por microorganismos vivos de origen vegetal que se agrupan en forma de mucus o líquenes y ascomicetes. Se adhieren a las superficies porosas y rugosas, sobre todo cuando estas tienen un grado de humedad que permita su crecimiento. Es posible que se presenten en varias tonalidades de colores, como blanco, rosado, verdoso y pardo. (Medina & Cerón, 2009).

La forma de examinar o determinar que una estructura o elemento constructivo se ven afectados por el moho, es a través de la observación, o bien, de su olor que es característico a tierra o húmedo. Si la contaminación por moho es extensa debe ser preocupante, ya que puede causar daños estructurales; este no siempre produce problemas de salud, pero en algunos casos las esporas del moho pueden provocar alergias. (Medina & Cerón, 2009).

La pérdida de masa y desprendimiento del material que recubre los muros, es una lesión frecuente en las construcciones, que consiste en la separación de los componentes que conforman la masa compactada de revoque o enlucido. La consecuencia de esta lesión es doble, por un lado, la afectación estética de la estructura o construcción y por el otro, el deterioro interno de la parte estructural que provoque pérdida de resistencia y protección.

Es importante señalar que la humedad no es lo único que causa estas lesiones, se debe considerar la antigüedad, orientación y exposición de la estructura en cuestión. (Medina & Cerón, 2009).

2.1.7 La construcción sostenible y sus ventajas

La arquitectura y la construcción, forman parte del desarrollo social y económico de los países. Con estas actividades se solucionan problemas de vivienda y hábitat, pero, al mismo tiempo se genera impacto ambiental durante su proceso de desarrollo, a través de la ocupación de grandes extensiones de territorio, extracción de recursos, contaminación y generación de residuos. (Acosta, 2009).

A lo largo del ciclo de vida de una construcción se produce consumo energético, desde el procedimiento de extracción de la materia prima y su traslado, hasta la realización de la obra, tomando en cuenta el uso de las edificaciones y sus posteriores modificaciones o final demolición. (Acosta, 2009).

La sostenibilidad en una obra constructiva se relaciona directamente con los conceptos de sostenibilidad del medio ambiente (ayudando a disminuir la huella de carbono) y los grupos de viviendas (beneficiando la calidad de vida de los habitantes). El uso de sistemas de edificación sostenible genera beneficios importantes para el medio ambiente y mejora de la calidad de vida de las personas que habitan en dichas construcciones. El uso de sistemas sostenibles genera ahorro de energía, disminuye el gasto de agua, los costos de desechos también pueden ser menores, en algunos proyectos es posible que se reduzcan algunos costos operativos beneficiando a la economía; además, mejoran la calidad del aire y permiten la ventilación natural, empleando materiales ecológicos y el monitoreo de CO₂. (Susunaga, 2014).

2.2 Marco Normativo

El INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) para la ley ecuatoriana, es el organismo nacional encargado de velar por la reglamentación y normalización establecida en las leyes de la república y en tratados, acuerdos y convenios internacionales. (NTE INEN, 2014).

La NTE (Norma Técnica Ecuatoriana) establece mediante el INEN los principios fundamentales para el desarrollo de los documentos normativos y tienen como objetivos describir los productos, sus capacidades, procesos o servicios. (NTE INEN, 2014).

Se realizó un análisis de las Normas INEN referentes a la elaboración de enlucidos, revoques y pastas entre las que se encuentran la NTE INEN 2553, NTE INEN 2660 y la INEN 155:2009, esta última guarda mayor relación a la intención de estudio ya que se describen los procesos de forma detallada, mostrando las características de cada material y su correcto uso.

2.2.1 Norma Técnica Ecuatoriana INEN 155:2009 (Cemento hidráulico. Mezclado mecánico de pastas y morteros de consistencia plástica)

El objetivo de esta norma es establecer el proceso de mezclado mecánico de las pastas y los morteros para el ensayo de cementos hidráulicos. La norma describe tanto el proceso detallado del mismo, como los equipos necesarios para tal fin, mostrando las características específicas que debe tener cada uno de ellos, los materiales, proporciones y cantidades que deben ser usadas en las mezclas para las pastas. Luego de escribir cada uno de los materiales y equipo, se describe detalladamente el procedimiento que se debe seguir para crear la mezcla. (NTE INEN, 2009).

Por esta razón, se cita el siguiente artículo que describe el procedimiento que se debe seguir en la elaboración de mezcla para pastas:

Artículo 4.4: Procedimiento para la mezcla de pastas:

Colocar la paleta y el tazón secos en la mezcladora, en posición de mezclado, luego introducir el material para una mezcla dentro del tazón y mezclar de la siguiente manera:

- 1) Colocar toda el agua de mezclado en el tazón
- 2) Añadir el cemento al agua y dejarlo 30 segundos para que absorba el agua
- 3) Arrancar la mezcladora a velocidad baja (140 rpm) y mezclar durante 30 segundos.
- 4) Detener la mezcladora por 15 segundos, durante este tiempo empujar hacia abajo dentro de la mezcla toda la pasta que se haya adherido a los lados del tazón
- 5) Arrancar la mezcladora a velocidad media (285 rpm) y mezclar por 60 segundos. (NTE INEN, 2009).

Es fundamental resaltar que, en la investigación no se pudieron seguir todos los pasos previamente mencionados debido a que la mezcla de las pastas experimentales fue

realizada manualmente porque el muro se ubicó en áreas externas de la Universidad Regional Amazónica IKIAM y no existen tomas eléctricas cercanas en la zona, además de las limitaciones económicas para la adquisición de maquinaria necesaria, y en consideración de que, al tratarse de mezclas en pequeñas cantidades, se decidió realizarlas de esa manera.

2.2.2 Código de Práctica Ecuatoriano INEN 5 Parte 4: 1984 (Código Ecuatoriano de la construcción. Mampostería de ladrillo).

El CPE (Código de Práctica Ecuatoriano) establece las especificaciones y recomendaciones necesarias para la correcta ejecución de los trabajos de mampostería de ladrillo en general y del levantamiento de muros de ladrillo en particular. La primera sección de esta norma presenta los requisitos generales de construcción, establece especificaciones y recomendaciones necesarias para la correcta ejecución de los trabajos de mampostería de ladrillo, en general y del levantamiento de muros de ladrillo en particular. Es un extracto de la norma que especifica rasgos generales importantes de la construcción y sus características necesarias para ser efectiva. (CPE INEN, 1984).

Son muchos materiales y segmentos, es por eso que en este caso se decide citar la dosificación para enlucidos exteriores sobre muros de ladrillo, piedra u hormigón, establecida en la Tabla 1. A Cuadro de morteros (partes de la mezcla), apartado M7, de la siguiente manera:

- a) 1 parte de cemento portland
- b) 4 partes de arena fina
- c) 3 partes de arena gruesa. (CPE INEN, 1984).

En la investigación que se presenta se propone una pasta de revestimiento con composición diferente a la descrita anteriormente, con el fin de obtener una pasta de revestimiento sostenible, con aditivos y componentes que permitan mejorar las características de los actuales y de elaboración propia, esta composición y dosificaciones serán descritas en el apartado de metodología al momento de describir el proceso de

elaboración de las pastas experimentales.

3. CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

Esta investigación tuvo un enfoque mixto, con propósito descriptivo, presentado con el método de experimento natural y está apoyada en una revisión exploratoria. Una investigación de enfoque mixto implica un proceso de recolección y análisis de datos cualitativos y cuantitativos para responder al planteamiento de problema de un mismo estudio. (Pereira, 2011). Así mismo, un propósito Descriptivo es ese que comprende el análisis y la interpretación de la composición y desarrollo de los sucesos en una investigación por parte del autor. (Tamayo, 2002).

Una investigación se define como experimento natural o preexperimento cuando las variables no son controladas por el autor, en ella se observan los hechos tal como se presentan, sin alterarlos y en un contexto o tiempo determinado para analizarlo. (Hernández, 2014). Por último, se define a la revisión exploratoria como aquella investigación teórica que se realiza sobre un tema u objeto poco estudiado para obtener datos al respecto, por lo que sus resultados son una visión aproximada del objetivo. (Arias, 2012).

3.2 Sistema de variables

3.2.1 Variables

- a) Pastas de revestimiento
- b) Fisuras
- c) Contenido de humedad
- d) Hongos y bacterias

3.2.2 Definición conceptual

- **Pastas de revestimiento:** Es una mezcla elaborada con un conglomerante que puede ser yeso, cal o cemento, agua y aditivos. (Herreruela, 2014). En la actualidad, las cualidades de una pasta y un recubrimiento o revestimiento se han fusionado para tener un producto de buena calidad, económica y que proporcione la protección de viviendas y superficies, versatilidad y durabilidad, lo que podría llamarse pasta de revestimiento. (Ramirez, 2016).

- **Fisuras:** son roturas que aparecen en materiales de construcción como el concreto, como consecuencia de tensiones superiores a su capacidad resistente. (Toirac, 2004).
- **Contenido de humedad:** es una magnitud que expresa la cantidad de agua en un material sólido y se puede representar en términos de una base de masa seca o de una base de masa húmeda. (Martines & Lira, 2010).
- **Hongos y bacterias:** organismos microscópicos heterotróficos que se alimentan de materia orgánica en descomposición o de materia viva. (Gamboa et al., 2010).

3.2.3 *Definición operacional*

- **Pastas de revestimiento:** Pasta de revestimiento convencional elaborada con cemento portland, áridos y agua y pastas experimentales sostenibles de revestimiento con 6 formulaciones de extracto de *Manihot Esculenta* como líquido y aditivo, junto a un conglomerante de cemento blanco y cal, dando un total de 7 aplicadas y observadas en un muro de bloque.
- **Fisuras:** presencia y área de roturas observadas en cada probeta estableciendo un porcentaje de 0-100%.
- **Contenido de humedad:** porcentaje de humedad contenido en muestras de las pastas aplicadas.
- **Hongos y bacterias:** determinación de presencia o ausencia de hongos y bacterias en las 7 pastas aplicadas por medio de tinciones y observación en microscopio para su identificación.

Tabla 1. Matriz de operacionalización: variables, dimensiones e indicadores de la investigación

Hipótesis: El extracto obtenido de la <i>Manihot Esculenta</i> en diferentes formulaciones, combinado en proporciones adecuadas con una base de cemento blanco y cal, producirán una pasta que aplicada en un muro experimental en igualdad de condiciones climáticas tendrá un efecto significativo favorable sobre los siguientes indicadores: a) Presencia de hongos y bacterias. b) Contenido de humedad. c) Presencia de fisuras.			
Tipo de variable	Variable	Dimensiones	Indicadores
Independiente	Pastas de revestimiento	6 pastas experimentales de revestimiento usando extracto de <i>Manihot esculenta</i> y 1 pasta de revestimiento convencional	Observación tras aplicación en muro de bloque
Dependientes cuantitativas	Fisuras	Porcentaje de área afectada	0-100%
	Contenido de humedad	Porcentaje de humedad de la muestra	Mayor o igual a cero.
Dependiente cualitativa	Hongos y bacterias	Muestra	Tinción de azul de metileno y Tinción de Gram

Realizado por: Jesús March, 2022.

3.3 Técnica e instrumento de recolección de datos

Para obtener información se utilizaron las técnicas de Observación directa estructurada y Observación indirecta, por su parte, la observación directa estructurada es la técnica que consiste en visualizar de forma sistemática cualquier hecho que se produzca en la naturaleza o la sociedad en función de unos objetivos de investigación establecidos y, además, utiliza una guía diseñada previamente en la que se especifican los elementos que serán observados. La observación indirecta es aquella que se realiza a través de instrumentos sofisticados como telescopios, microscopios, monitores, etc. (Arias, 2012).

Como instrumento de recolección de datos se elaboró una Guía de observación para plasmar cada uno de los hallazgos encontrados en el proceso de elaboración y prueba de la pasta, mostrada en el Anexo 1. La guía de observación se define como el instrumento

que permite a la persona que observa ubicarse sistemáticamente en el objetivo de estudio de la investigación. Además, es el medio que guía la recolección y obtención de datos e información sobre algún fenómeno. (Campos & Lule Martínez, 2013).

3.4 Población y muestra

La población en una investigación se define como el conjunto de elementos que se desean investigar y de los cuales se desea conocer ciertas características. Por otro lado, la muestra se refiere a un subconjunto representativo de la población que se estudia. (Arias, 2012).

La muestra de esta investigación se estableció de la siguiente manera:

3.4.1 Elementos para determinar el número de réplicas en el experimento

Estimar el tamaño de las réplicas en un diseño de experimentos no es una tarea simple, se requiere, por lo general, de información que no está al alcance de la investigación por muchas razones expresadas en Montgomery, (2004). En este sentido, se ha elegido una metodología que el mismo Montgomery explica en su obra: "Diseño y análisis de experimentos".

Se debe partir del hecho que existen dos tipos de errores que son inherentes al proceso de contraste de hipótesis, a saber:

- **Error Tipo I:** Consiste en rechazar la hipótesis nula (H_0) cuando realmente es cierta
- **Error Tipo II:** Consiste en aceptar la hipótesis nula (H_0) cuando realmente es falsa

Si la regla de decisión es tal que $P(\text{cometer Error Tipo I}) = \alpha$, es decir, la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es cierta es α , entonces α se llama **nivel de significación** del contraste, este nivel ha sido reseñado ampliamente por autores como Gujarati & Porter, (2010), Wackerly D. et al., (2008), entre otros. Nótese que α es una probabilidad condicional,

$$P(\text{Rechazar } H_0 \mid H_0 \text{ es cierta}) = \alpha$$

Puesto que la hipótesis nula tiene que ser no rechazada o rechazada, la probabilidad de aceptar la hipótesis nula cuando es cierta es $(1 - \alpha)$, es decir,

$$P(\text{No rechazar } H_0 \mid H_0 \text{ es cierta}) = 1 - \alpha$$

Por otro lado, la $P(\text{cometer Error Tipo II}) = \beta$, es decir, la probabilidad de aceptar una hipótesis nula falsa se denota por β . También puede verse como,

$$P(\text{No rechazar } H_0 \mid H_0 \text{ es falsa}) = \beta$$

Entonces, **la probabilidad de rechazar una hipótesis nula falsa es $(1-\beta)$** , y se denomina **potencia** del contraste. Visto como una probabilidad condicional,

$$P(\text{Rechaza } H_0 \mid H_0 \text{ es falsa}) = 1-\beta$$

La importancia de la potencia de la prueba para el cálculo del tamaño de las réplicas es fundamental y debe estar muy claro, este concepto va de la mano con las curvas de operación característica que es una gráfica de la probabilidad del error tipo II de una prueba estadística para un tamaño de la muestra particular contra un parámetro que refleja la medida en que la hipótesis nula es falsa. El experimentador puede usar estas curvas como guía en la selección del número de réplicas para que el diseño sea sensible a diferencias potenciales importantes en los tratamientos. (Montgomery, 2004).

El procedimiento es como sigue:

Se considera la probabilidad del error tipo II (β) del modelo con efectos fijos para el caso en que se usa el mismo tamaño de las muestras en cada tratamiento:

$$\begin{aligned} \beta &= 1 - P\{H_0 \text{ es falsa}\} \\ \beta &= 1 - P\{H_0 \text{ es falsa}\} \end{aligned} \tag{1}$$

Las curvas de operación característica que se usan para evaluar el enunciado de probabilidad de la ecuación (1). En estas curvas se grafica la probabilidad del error tipo II (β) contra un parámetro $\emptyset$, donde:

$$\emptyset^2 = \frac{n \sum_{i=1}^a \tau_i^2}{a\sigma^2} \tag{2}$$

Se cuenta con curvas para $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$ y un rango de grados de libertad para el numerador y el denominador. Al usar las curvas de operación característica, el experimentador debe especificar el parámetro $\emptyset$. Con frecuencia es difícil hacer esto en la práctica. En el experimento que se ejecuta en esta investigación no se tiene información de la dirección ni el

tamaño de los efectos de tratamiento, por lo tanto, se una técnica en la cual debe especificarse un incremento aproximado de la desviación estándar.

3.4.2 Especificación de un incremento de la desviación estándar

Este enfoque es útil en ocasiones para elegir el tamaño de la muestra. Si las medias de los tratamientos no difieren, la desviación estándar de una observación elegida al azar es σ . Sin embargo, si las medias de los tratamientos son diferentes, tal como lo reporta Montgomery (2004), la desviación estándar de una observación elegida al azar es

$$\sqrt{\sigma^2 + \left(\frac{\sum_{i=1}^a \tau_i^2}{a} \right)} \quad (3)$$

Si se escoge un porcentaje P para el incremento de la desviación estándar de una observación, más allá de que se quiera rechazar la hipótesis de que las medias de todos los tratamientos son iguales, esto es equivalente a escoger

$$\phi = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^a \frac{\tau_i^2}{a}}}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \sqrt{(1 + 0.01P)^2 - 1}(\sqrt{n}) \quad (4)$$

Por lo tanto, para un valor especificado de P , ϕ puede calcularse las réplicas (n) con la ecuación (4) y después usar las curvas de operación característica que se muestran abajo:

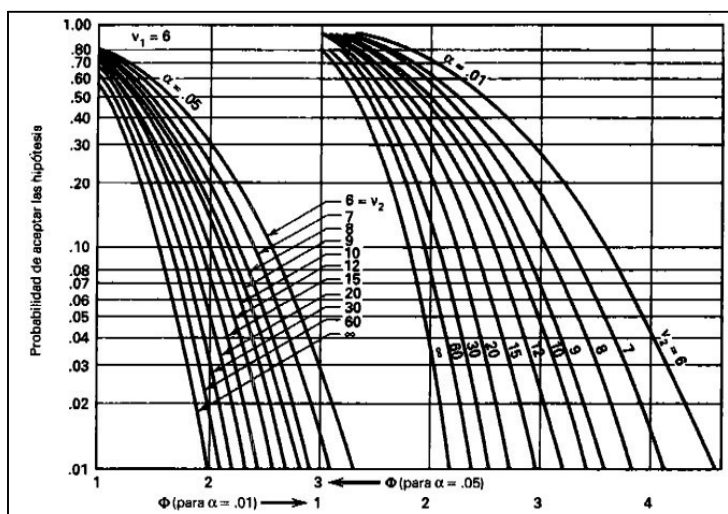


Imagen 3. Curvas de operación característica para el análisis de varianza del modelo con efectos fijos.

Fuente: Montgomery (2004, p.650).

3.4.3 Cálculo del número de réplicas en el experimento

En el experimento sabemos que se tienen siete tratamientos ($a=7$), hemos escogido una variación del $P=15\%$ por las características del diseño tal como lo indica Montgomery (2004), los grados de libertad del denominador para la distribución F son $P_2 = a(n - 1)$, en la Tabla 2, se puede observar cómo varía la potencia de la prueba para diferentes tamaños de réplicas (n) y el parámetro ϕ de la curva de operación característica. Puede observarse que para $n=7$, la potencia de la prueba alcanzada es de 70%. Por esto se decide aumentar el número de repeticiones hasta llegar al porcentaje más cercano a 100.

Tabla 2. Representación organizada del cálculo estadístico de réplicas en el diseño de experimento

N	ϕ	$P_2 = a(n - 1)$	β	Potencia=1- β
7	1,50	42	0,3	0,7
8	1,61	49	0,2	0,8
9	1,70	56	0,12	0,88
10	1,80	63	0,035	0,965
11	1,88	70	0,018	0,982
12	1,97	77	0,015	0,985
13	2,05	84	0,012	0,988
14	2,12	91	0,01	0,99
15	2,20	98	0,01	0,99

Realizado por: Jesús March, 2023

Es así como, se ha decidido tomar 14 réplicas que brindan una potencia de la prueba de 99%, para un nivel de significación $\alpha = 0.05$.

3.5 Procedimiento

Después de haber definido las características de la investigación en estudio, el mecanismo de recolección de datos y la población y muestra, se describe el procedimiento de la siguiente manera:

Se realizó una investigación dirigida a generar una propuesta de pasta sostenible de revestimiento, utilizando extractos de la *Manihot esculenta* (Yuca) y con el que se busca aprovechar sus componentes químicos entre los que se supone que se encuentran los Taninos, Saponinas, Flavonoides y Polifenoles, y mezclarlos con cemento blanco y cal.

Cabe destacar que en la revisión bibliográfica no se encontró un protocolo metodológico que

se ajuste al experimento que se desea realizar en esta investigación, por lo que no se siguió una norma en específico, es así que se desarrolló un protocolo propio, tomando guía del referente mexicano para la elaboración del *Chukum*, ya que el interés de dicha investigación tiene una significativa relación con el estudio en curso.

A continuación, se nombran los pasos a seguir en esta investigación, que serán detallados posteriormente:

- 1) Recolección de materiales y extracción de componentes químicos de la Yuca (extractos líquidos).
- 2) Construcción del muro experimental
- 3) Elaboración de las pastas experimentales
- 4) Aplicación de las pastas experimentales en el muro
- 5) Recolección de los datos
- 6) Resultados y Análisis de los datos

En este orden de ideas, para la elaboración del estudio en cuestión, lo primero a considerar es la extracción de los componentes químicos de la *Manihot esculenta* (Yuca), para ello se realizó una revisión de las normas constructivas mexicanas y las normas constructivas del municipio de Mérida, Yucatán y en ninguna de estas se evidenció información acerca del proceso realizado para la obtención de la resina de *Chukum* que en este caso se tomó como referente principal para la investigación, es por ello que se decidió utilizar como referencia un video que se puede encontrar en YouTube, titulado y publicado en el 2021 donde explica detalladamente todo el procedimiento de extracción de los extractos de forma empírica como es realizado en esta localidad, este proceso es descrito más adelante.

A continuación, se describen detalladamente cada uno de los pasos mencionados:

3.5.1 Obtención del material

La *Manihot esculenta* fue recolectada en el mercado Feria libre de Tena, con la finalidad de desarrollar proyectos sostenibles, aprovechando los desechos agrícolas que genera la *Manihot esculenta* para no contribuir al gasto energético que ya está siendo generado.

3.5.2 Clasificación de la materia prima

Se realizó la separación de la *Manihot esculenta* de la siguiente manera:

- a) 1kg de cáscara para secar y macerar
- b) 1kg de cáscara para secar y hervir
- c) 1kg de cáscara ambiente para macerar
- d) 1kg de cáscara ambiente para hervir
- e) 1kg de planta completa (cáscara, hojas, tubérculo) para macerar
- f) 1kg de planta completa (cáscara, hojas, tubérculo) para hervir

Se realizó el secado de 4kg de cáscara de *Manihot esculenta* (Yuca), previamente lavada, en horno a gas a 170 grados por 5 minutos, para obtener 2 kg de cáscara seca y posteriormente hervir y macerar.

3.5.3 Obtención de los extractos – Primera etapa

El extracto de *Manihot esculenta* se obtuvo por medio de la ebullición de esta planta en 6 formulaciones distintas, de las cuales 3 de estas se colocaron en maceración antes de ser hervidas (procesos que se describirán más adelante). A cada una de estas formulaciones se le designó una nomenclatura para identificar los extractos a lo largo del experimento, quedando dispuestas de la siguiente manera:

Tabla 3. Nomenclatura de la clasificación de materia prima para la identificación de los extractos a lo largo del experimento

Nomenclatura	Extracto
ME-S-D	Cáscara de <i>Manihot esculenta</i> seca directa (cáscara del tubérculo secada en horno antes de hervir)
ME-S-M	Cáscara de <i>Manihot esculenta</i> seca macerada (cáscara del tubérculo secada en horno y macerada 7 días antes de hervir)
ME-A-D	Cáscara de <i>Manihot esculenta</i> ambiente directa (cáscara del tubérculo tomada directamente del ambiente sin realizar ningún procedimiento antes de hervir)
ME-A-M	Cáscara de <i>Manihot esculenta</i> ambiente macerada (cáscara del tubérculo tomada directamente del ambiente y macerada 7 días antes de hervir)
MEC-D	<i>Manihot esculenta</i> completa directa (cáscara, hoja y Tubérculos tomados directamente del ambiente antes de hervir)
MEC-M	<i>Manihot esculenta</i> completa macerada (cáscara, Hoja y tubérculo macerada 7 días antes de hervir)

Realizado por: Jesús March, 2022.

3.5.3.1 Maceración

Se procedió a realizar la maceración de tres formulaciones de *Manihot esculenta*, previamente preparada (lavada y seca), de la siguiente manera:

En tres recipientes cilíndricos de 6lts de capacidad se colocó 1kg de *Manihot esculenta* en cada uno en las siguientes presentaciones:

- 1) Cáscara de yuca ambiente (ME-A-M)
- 2) Cáscara de yuca seca (ME-S-M)
- 3) Yuca completa (MEC-M)

Después se colocaron 8 litros de agua en cada recipiente y se procedió a tapar y cubrir con papel film, sin sellar herméticamente para permitir la liberación de gases.

Se realizó la identificación de los envases y se almacenaron por 7 días para su posterior tratamiento.

En este estudio el procedimiento de maceración consiste en dejar las presentaciones de *Manihot Esculenta* definidas para macerar, sumergidas en agua durante 7 días con el fin de que la materia prima desprenda sus componentes al agua antes del proceso de hervido y verificar si la respuesta de estas pastas es diferente a las no maceradas.

3.5.3.2 Extractos no macerados

Se realizó el lavado de la Yuca de las tres presentaciones a utilizar:

- 1) Cáscara de yuca ambiente directa (ME-A-D)
- 2) Cáscara de yuca seca directa (ME-S-D)
- 3) Yuca completa ambiente (MEC-A)

Se corroboró el peso de la yuca y luego se dejó hervir en una estufa, 1kg de yuca con 8 litros de agua durante dos horas, obteniéndose 5.5 litros de extracto en cada una de las presentaciones. Después se dejó reposar por 30 min y luego se procedió a colar la mezcla con un colador de malla fina para obtener el extracto y se realizó el envasado e identificación de los extractos.

Finalmente se procedió con la disposición y almacenamiento final de los extractos de la *Manihot esculenta* no macerada y las cáscaras y tubérculos macerados para continuar con el proceso 7 días después.



Imagen 4. Disposición de los extractos no macerados de *Manihot Esculenta* en su primera etapa y de la materia prima macerada para ser procesada posteriormente.

Realizado por: Jesús March, 2022.

3.5.4 Obtención de los extractos – Segunda etapa

Se procedió a destapar y hervir nuevamente por 1 hora, cada uno de los tres extractos obtenidos anteriormente en las presentaciones no maceradas (5.5 lts. c/u) y arrojando como resultado 4.2 lts. de cada uno:

- 1) Cáscara de *Manihot esculenta* Ambiente Directa (ME-A-D): 4.2 lts.
- 2) Cáscara de *Manihot esculenta* Seca Directa (ME-S-D): 4.2 lts.
- 3) *Manihot esculenta* Completa Ambiente (MEC-A): 4.2 lts.

Se dejó reposar 30 min la sustancia hervida para posteriormente filtrar, realizar el envasado final y tomar una pequeña muestra en envases estériles para ser analizado en laboratorio posteriormente.



Imagen 5. Disposición final de extractos de *Manihot esculenta* en presentación no macerada.

Realizado por: Jesús March, 2022.

Por otro lado, Se destaparon cada uno de los macerados, fueron hervidos por primeravez 1 hora, donde se obtuvieron las siguientes cantidades:

- 1) Cáscara de yuca seca macerada (ME-S-M): 1 kg yuca + 5 lts de agua = 3.5 litros de extracto.
- 2) Cáscara de yuca ambiente macerada (ME-A-M): 1 kg de yuca + 5 lts de agua = 3.4 litros de extracto.
- 3) Yuca completa macerada (MEC-M): 1 kg de yuca + 5lts de agua= 2.3 lts de extracto. posteriormente envasados sin sellar herméticamente para permitir la liberación de gases y dejar fermentar durante 7 días para luego continuar el procedimiento.

3.5.5 Obtención de los extractos – Tercera etapa

Se realizó el destapado y hervido por segunda vez de los extractos macerados por 1 hora, sustancia que se dejó reposar 30 minutos para posteriormente filtrar y realizar el envasado final y además tomar pequeñas muestras en envases estériles para realizarlas pruebas de laboratorio. Se obtuvieron las siguientes cantidades:

- a) Cáscara de *Manihot esculenta* seca macerada (**ME-S-M**): 2 lts de extracto.
- b) Cáscara de *Manihot esculenta* ambiente macerada (**ME-A-M**): 2 lts de extracto.
- c) *Manihot esculenta* completa macerada (**MEC-M**): 1 kg de yuca + 5lts de agua= 1.5 litros de extracto.



Imagen 6. Disposición final de extractos de *Manihot esculenta* en presentación macerada.
Realizado por: Jesús March, 2022.

3.5.6 Pruebas Fitoquímicas Cualitativas de Laboratorio con los extractos

Las pruebas fitoquímicas cualitativas de laboratorio particularmente en esta investigación, dan un aporte a la determinación de la presencia o ausencia de Taninos, Saponinas, Polifenoles y Flavonoides, en los extractos de *Manihot esculenta* que será usado como aditivo en las pastas de revestimiento propuestas, siendo estos Taninos, Polifenoles, Saponinas y Flavonoides.

Las mismas fueron realizadas antes de la elaboración de las pastas, su proceso se describe de la siguiente manera:

3.5.6.1 Prueba de Fenoles

Para la verificación de fenoles en los extractos, la prueba consistió en colocar una pequeña cantidad de extracto en tres tubos de ensayo (primero se realizó con los tres extractos no macerados y posteriormente con los macerados) y además se colocaron dos tubos más, uno llamado positivo en el cual se colocó ácido gálico y otro denominado negativo en el cual se utilizó agua destilada. Al tener los cinco tubos, se procedió a añadir a cada uno de los tubos de ensayo un compuesto llamado *Folin Ciocalteus*, el cual indicaría la presencia de fenoles en la muestra. Al ser positivo las muestras tomarían una tonalidad altamente oscura y de ser negativo no alterarían su color. Dicho proceso se repitió con cada uno de los 6 extractos obtenidos de la *Manihot esculenta* en la presente investigación.

El resultado al agregar dicho reactivo fue positivo con todos los extractos, por lo que se pudo constatar la presencia de fenoles en todas las muestras.

3.5.6.2 *Prueba de Flavonoides*

Para las pruebas de flavonoides se prepararon nuevamente cinco tubos de ensayo, el primero de ellos se denominó positivo y en el que se agregó una pequeña cantidad de *Quercetin*, en los tres tubos siguientes con cada uno de los extractos (en una prueba principal los no macerados y seguidamente la prueba con los extractos macerados) y finalmente el tubo denominado negativo en el cual se agregó agua destilada. Luego de esto se agregó ácido clorhídrico en los tubos que contenían los extractos de *Manihot esculenta* y en el positivo, para posteriormente agregar magnesio en polvillo en todos los tubos (incluyendo el negativo), la reacción esperada de las muestras era la presencia de espuma con efecto efervescente.

Posterior a agregar el magnesio en polvillo a las 6 muestras, se pudo verificar la presencia de espuma indicando la presencia de flavonoides en las mismas, destacando los extractos macerados.

3.5.6.3 *Prueba de Saponinas*

Para la prueba de saponinas nuevamente se colocaron cada uno de los extractos en los tubos de ensayo, en este caso no fue estrictamente necesario utilizar los tubos de positivo y negativo, ya que la prueba solo consistía en colocar cada una de las seis muestras por 30 segundos en el equipo llamado Vortex y posteriormente esperar 15 minutos para verificar que se generara espuma mayor a 5mm.

Luego del tiempo mencionado, la presencia de espuma fue menor a 5mm, por lo que no se puede asegurar la presencia de saponinas en las muestras.

3.5.6.4 *Prueba de Taninos*

Para la prueba de taninos, se realizó de igual forma, en primer lugar, el análisis con tres extractos no macerados y a continuación con los tres extractos macerados. Para ello se coloca en el tubo de ensayo principal llamado positivo, el “ácido tánico”, seguidamente los tres tubos de ensayo con los extractos de *Manihot esculenta* y por último el tubo de ensayo llamado negativo, con agua destilada. Teniendo los tubos listos, se procede a agregar cloruro de hierro en todos los tubos (incluyendo positivo y negativo). Con este

compuesto se podían obtener dos tipos de coloración en las muestras, una tonalidad verdosa indicaba la presencia de gelotaninos y una tonalidad café indicaba la presencia de pseudotaninos. Si no se obtenía cambio de coloración indicaría la ausencia de taninos.

En esta prueba todas las muestras presentaron cambios de coloraciones verdosas o tonalidades marrón, indicando la presencia de taninos en todas las formulaciones.

3.5.7 Elaboración del muro

Para la aplicación de las pastas se realizó un muro de mampostería confinado, el cual se define como un muro reforzado con vigas y columnas de confinamiento de hormigón y reforzado con barras y armadura electrosoldada, alambres corrugados o lisos de acero (todos estos incluidos en la definición de aceros de refuerzo). (NEC, 2014).

Para la elaboración del mismo se siguieron los siguientes pasos:

- 1) Excavación manual
- 2) Conformación de hormigón ciclópeo, que está constituido en un 60% por hormigón de cemento portland y un 40% de piedra bola, formándose por colocar de forma alternada capas de hormigón de cemento portland y las piedras que quedarán rodeadas completamente por el hormigón. (GADM MANTA, s.f.).
- 3) Luego se realizó un pórtico de hormigón (viguetas y riostras) que daría rigidez al muro, para las cuales la Norma Ecuatoriana de Construcción en su apartado llamado “Viviendas de hasta dos pisos con luces de 5 metros” establece en la tabla 5, que para pórticos con luces de 4 metros se deben construir las columnas con acero de refuerzo laminado de un diámetro de 8mm y estribos cada 10 cm, la sección mínima de estas columnas debe ser de 20cm x 20cm. Además, indica que las vigas deben construirse con acero de refuerzo laminado de 8mm con estribos cada 5cm y la sección mínima debe ser de 15cm x 20cm.

Sin embargo, por motivos de economía, tiempo y que el muro a construir tiene una luz inferior a 4 metros se decidió utilizar una armadura prefabricada tipo V3, que está compuesta por acero de refuerzo de 7mm y con una sección de 15cm x 15cm.

- 4) Colocación de bloques de cemento prensados de 40cm x 20 cm x 15cm. Para esto se usó un mortero de junta tipo M10.
- 5) Posterior a la conformación del muro se realizó el revoque, en este caso conformado por una mezcla de cemento portland puzolánico (como lo establece la Norma Técnica

Ecuatoriana INEN 0490: Cementos Hidráulicos compuestos. Requisitos), arena y agua.



Imagen 7. Proceso constructivo del muro donde fueron aplicadas las pastas en estudio.
Realizado por: Jesús March, 2022.

3.5.8 Elaboración de las Pastas

Debido a que se obtuvieron 6 extractos de formulaciones distintas de *Manihot esculenta*, se elaboraron 6 pastas de revestimiento experimentales, una con cada extracto, las mismas estuvieron conformadas de cemento blanco y cal hidratada especial tipo S en su base y como líquido cada uno de los extractos obtenidos de la *Manihot esculenta*. La proporción de la base utilizada es de 1 parte de cal y 2 partes de cemento blanco y para la elaboración de la pasta la proporción utilizada es 1 parte de líquido y 3 partes de base. Tomando como referencia los pasos y dosificaciones para la elaboración de la pasta de *Chukum*. (Archdaily, 2017).

La proporción de esta base fue elaborada tomando como referencia las proporciones utilizadas por el referente mexicano en la elaboración del *Chukum*, debido a que esta pasta ha tenido resultados óptimos en cuanto a su protección contra patologías, a diferencia de las pastas realizadas con la dosificación establecida por la norma ecuatoriana; lo que permite considerar la posibilidad de que la dosificación y materiales propuestos tengan mejores resultados. Además, existe la intención de proponer una pasta innovadora y generar una nueva posibilidad en la fabricación de materiales sostenibles en el Ecuador.

Por otro lado, la pasta de revestimiento convencional se realizó tomando como referencia

a Herreruella, (2014), quien describe que para realizar un revoque fino se une al agua, 1 parte de cal, 1/8 de cemento portland y 2 partes de arena. Esta pasta será tomada como control y referencia para evaluar el comportamiento de las pastas experimentales con respecto a una pasta usada de forma convencional.

Cabe destacar que según como lo indica el mismo autor las pastas se dosifican por volumen, por ejemplo, en el caso de las pastas de revestimiento experimentales se usaría 1 taza de extracto de *Manihot esculenta* y 3 tazas de base de cemento y cal (creada con la dosificación anteriormente mencionada). (Herreruella, 2014).

Estas pastas se elaboraron para comparar las 6 pastas de formulación experimental con la pasta de revestimiento convencional y verificar si existen diferencias o no entre ellas, en total se obtuvieron 7 pastas que fueron aplicadas en el muro para el desarrollo del experimento y que son presentadas de la siguiente manera:

Tabla 4. Nomenclatura de las pastas de revestimiento que serán aplicadas en el muro control.

Pasta	Composición	Extracto
P1	Pasta de revestimiento convencional (cemento portland, Cal, arena y agua)	
P2	Pasta de revestimiento con extracto de Cáscara de <i>Manihot esculenta</i> seca directa.	ME-S-D
P3	Pasta de revestimiento con extracto de Cáscara de <i>Manihot esculenta</i> seca macerada	ME-S-M
P4	Pasta de revestimiento con extracto de Cáscara de <i>Manihot esculenta</i> ambiente directa.	ME-A-D
P5	Pasta de revestimiento con extracto de Cáscara de <i>Manihot esculenta</i> ambiente macerada.	ME-A-M
P6	Pasta de revestimiento con extracto de <i>Manihot esculenta</i> completa directa (cáscara, hoja, tubérculo).	MEC-D
P7	Pasta de revestimiento con extracto de <i>Manihot esculenta</i> completa macerada (cáscara, hoja, tubérculo).	MEC-M

Realizado por: Jesús March, 2022

3.5.8.1 Materiales utilizados:

- a) Cal hidratada: según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 252, la cal hidratada es un material seco obtenido por el tratamiento de la cal seca con agua, suficiente para satisfacer su actividad química con el agua bajo las condiciones de su hidratación, se compone esencialmente de hidróxido de calcio o una mezcla de óxido de calcio y óxido de magnesio, hidróxido de manganeso o ambos. (NTE INEN, 2022). Para este caso se utilizó la cal tipo S hidratada especial, que resalta por su habilidad para desarrollar una alta y rápida plasticidad como lo indica la Norma Técnica Ecuatoriana

- b) Cemento blanco: se le conoce como una variedad de cemento portland que se crea a partir de materias primas seleccionadas de forma muy cuidadosa con el propósito de que no contengan hierro, manganeso, cromo ni otros materiales que puedan darle color. (Navarrete, 2006).

3.5.9 Aplicación de las Pastas

Con el objetivo de optimizar el experimento y permitir la evaluación final del trabajo, se aplicaron las 7 pastas elaboradas, en el muro de bloque durante 6 meses para observarse su comportamiento y compararlas entre sí, este tiempo se consideró tomando en cuenta los tiempos establecidos para el desarrollo de la investigación determinados por la Unidad de Integración Curricular.

Para garantizar la aleatoriedad en la colocación, las pastas se dispusieron una al lado de la otra sin un orden específico, en forma de columnas divididas en rectángulos que funcionaron como probetas individuales, esto con el fin de dar fundamento a que el experimento no fue manipulado de forma conveniente por el autor y garantizar que todas las pastas se vean afectadas de la misma forma por el entorno. Además, al ser una aplicación aleatoria se asegura que las muestras no están expuestas a una condición específica determinada por el autor.

Se realizó una aplicación por pasta en cada una de las caras del muro, lo que resultó en 14 aplicaciones en total. En cada columna, se colocaron 7 probetas verticales (de la misma pasta en cada columna) lo que resultó en una muestra total de 98 probetas para la investigación, tal como se describe en la sección 3.3.1.

Cabe destacar que para definir la aplicación de cada columna en forma aleatoria se usó la instrucción `sample(1:7,7)` en el software R con cada una de las pastas, y la decisión de colocar las probetas de cada pasta en forma vertical, se tomó con el propósito de observar el comportamiento de la humedad al ascender por el muro, y como afecta la capilaridad a cada una de las probetas con respecto a su distancia del suelo.



Imagen 8. Aplicación de las pastas de revestimiento elaboradas, en el muro control.
Realizado por: Jesús March, 2022.

La aplicación descrita anteriormente quedó dispuesta de la siguiente manera:



Imagen 9. Muro experimental después de la aplicación de las pastas, Cara A.
Realizado por: Jesús March, 2022



Imagen 10. Muro experimental después de la aplicación de las pastas, Cara B.
Realizado por: Jesús March, 2022.

3.6 Recolección de los datos

Las pastas de revestimiento elaboradas en el experimento fueron aplicadas y observadas durante 6 meses, en condiciones climáticas locales (una media de 26°C temperatura, 85% de humedad y 219mm de precipitación). Mensualmente se realizó registro fotográfico del muro, y además de esto posterior a los 6 meses de aplicación se llevó a cabo la obtención de datos cuantitativos y cualitativos a través de pruebas específicas.

Para la obtención de los datos mencionados, se realizaron tres procedimientos en las pastas de revestimiento aplicadas, tanto en la convencional como en las formulaciones experimentales, principalmente se realizó la observación detallada de cada probeta para calcular el porcentaje de área afectada por fisuras, luego se determinó el porcentaje de contenido de humedad de cada una de las pastas y finalmente se identificaron los hongos y bacterias presentes en el muro.

A continuación, se describen cada uno de los procedimientos mencionados:

3.6.1 *Porcentaje de área afectada por fisuras*

Para obtener el porcentaje de área afectada por fisuras, se realizó una observación sistemática y detallada en cada una de las probetas aplicadas en el muro y así determinar cuál de las pastas aplicadas tuvo menor presencia de fisuras, o compararlas con la pasta

convencional y verificar si hay diferencias significativas. Dicha observación se realizó dividiendo cada probeta en una cuadrícula de 16 divisiones, todas del mismo tamaño y a las cuales se les asignó el valor de 6.25%, así según la cantidad de cuadrículas afectadas por fisuras se estableció un porcentaje total de cada probeta.



Imagen 11. División de cada probeta para el cálculo de porcentaje de fisuras.

Elaborado por: Jesús March, 2023

3.6.2 Contenido de humedad

Se realizó una toma de muestras para realizar el procedimiento. La misma consistió en el raspado de cada una de las probetas aplicadas en el muro, desprendiendo parte de cada una de las pastas para ser evaluadas y teniendo un total de 98 probetas.

Luego de obtener las muestras se realizó una adaptación de los protocolos descritos por Sluiter et al., (2008) y Manjunath et al., (2018). El procedimiento se realizó en el Laboratorio de Biomasa de la Universidad Regional Amazónica IKIAM. Para realizarlo, primero se tomaron crisoles de cerámica de 20 ml cada uno para colocar las muestras, estos fueron lavados y luego introducidos en una estufa a 105°C durante 60 minutos. Después de ese tiempo, se sacaron de la estufa con una pinza metálica y se colocaron en un desecador por 40 minutos para enfriarlos, al encontrarse a temperatura ambiente se pesó cada uno de los crisoles vacíos, peso que se registró como peso 1.

El paso siguiente fue, identificar cada crisol y colocar las muestras correspondientes dentro de ellos para registrar el peso 2, enseguida se colocaron nuevamente los crisoles en la estufa, esta vez con las muestras dentro de ellos a 105°C por 24 horas.

Pasadas las 24 horas, se sacaron los crisoles de la estufa y volvieron a colocarse en el desecador por 40 minutos para enfriarlos, luego se pesaron nuevamente y registrar. Se colocaron posteriormente 60 minutos más en la estufa y se enfriaron y pesaron nuevamente para corroborar el peso constante.

El peso constante es descrito como un cambio de $\pm 0,1 \%$ en el porcentaje de peso de sólidos tras una hora de secar la muestra. (Sluiter et al., 2008).

El porcentaje para determinar el contenido de humedad se determinó por medio de la fórmula que describe Sluiter et al., (2008) en su investigación.

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \left(\frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1} * 100 \right)$$

En la cual, W1 (representa el peso 1 o peso del crisol vacío), W2 (peso 2 o peso del crisol más muestra húmeda) y W3 (peso 3 o peso del crisol más muestra seca), todos expresados en gramos.

3.6.3 Identificación de Hongos y bacterias

Se realizó un aislamiento de microorganismos presentes en la zona de muestreo mediante el uso de materiales estériles (hisopo y agua destilada). Para analizarlos se colocaron en dos medios de cultivos selectivos y generales, Agar Rosa Bengala y Agar Nutriente ubicados en el Laboratorio de Biología de la Universidad Regional Amazónica IKIAM.

Se evaluó el crecimiento de los microorganismos mediante el proceso de inoculación directa en la base de cada agar por expansión del inóculo respectivamente y se procedió a incubar en condiciones de temperatura de 26°C $\pm$ 1°C para los hongos y 36°C $\pm$ 1°C para bacterias durante un periodo de 7 días. respectivamente.

Para el proceso de identificación se procedió a aplicar la técnica de tinción mediante la aplicación de azul de metileno en las células fijadas del hongo y la técnica de tinción de Gram para bacterias.

3.7 Análisis de los datos

En este momento de la investigación, se describen las distintas formas en que serán procesados los datos que se obtengan, ya sean clasificación, tabulación, registro y codificación si fuera necesario. Se definirán las técnicas lógicas o estadísticas que serán usadas para entender lo que revelan los datos obtenidos. (Arias, 2012).

3.7.1 Consideraciones para el diseño estadístico del experimento

Un experimento diseñado es una prueba o series de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida.

Diseñar un experimento es planificarlo de forma tal, que reúna la información que se requiere del problema planteado de investigación. Consiste, por consiguiente, en una secuencia de pasos que garanticen que los datos que se obtienen hagan posible un análisis objetivo, el cual permitiría llegar a interpretaciones, conclusiones y recomendaciones válidas en el estudio. (Montgomery, 2004).

Éstas también dependen de la experiencia y criterio del investigador, existe una gran variedad de diseños de experimentos estadísticos, el diseño completo al azar es el más sencillo y se origina de la asignación aleatoria de los tratamientos a un conjunto de unidades experimentales previamente establecidas. (Kuehl, 2001).

En este caso, los tratamientos son pastas de enlucir paredes se han creado seis pastas de la siguiente manera:

P2: Pasta de revestimiento con extracto de Cáscara de *Manihot esculenta* seca directa.

P3: Pasta de revestimiento con extracto de Cáscara de *Manihot esculenta* seca macerada

P4: Pasta de revestimiento con extracto de Cáscara de *Manihot esculenta* ambiente directa.

P5: Pasta de revestimiento con extracto de Cáscara de *Manihot esculenta* ambiente macerada.

P6: Pasta de revestimiento con extracto de *Manihot esculenta* completa directa (cáscara, hoja, tubérculo).

P7: Pasta de revestimiento con extracto de *Manihot esculenta* completa macerada (cáscara, hoja, tubérculo).

“Se usará una pasta de revestimiento convencional como control, que se ha denotado como **P1**”.

Las unidades experimentales son pequeñas áreas de una pared construida para medir el efecto de las pastas sobre la pared, se desea investigar si alguna de las pastas propuestas presenta una diferencia estadísticamente significativa con respecto a la pasta control, para ello ha colocado en forma aleatoria las distintas pastas sobre las unidades experimentales, ha distribuido 7 repeticiones por cada lado de la pared para cada uno de los tratamientos lo que permite ver 98 observaciones.

3.7.1.1 *Modelo de diseño*

El modelo lineal para el diseño completo al azar para el experimento de las pastas es:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}; i = 1, 2, \dots, 7; j = 1, \dots, 14$$

donde:

$y_{i,j}$: es la j – ésima observación de la variable respuesta (contenido humedad o porcentaje fisura), debida al efecto de la i – ésima pasta.

τ_i : es el efecto de la pasta i – ésima.

μ : es la media global.

ε_i : es error aleatorio. (Lawson, 2015).

3.7.1.2 *Supuestos Básicos*

- a. Los ε_i son variables aleatorias que se distribuyen idéntica e independientemente como una normal con media 0 y varianza común $Var(\varepsilon_i) = \sigma^2$. Esto es:
 - a.1. El valor medio de los errores es igual a cero: $E(\varepsilon_i) = 0$
 - a.2. Homocedasticidad o igualdad de la varianza de los errores: $Var(\varepsilon_i) = \sigma^2$.
 - a.3. No existe autocorrelación entre los errores: $cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0; i \neq j$
 - a.4. En resumen: $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$
 - a.5. Por otro lado, dado que el investigador a escogido los tratamientos a considerar en el experimento según su propio criterio, el modelo se considera de efecto fijo; es decir, la suma de todos los efectos es igual cero. (Kuehl, 2001).

La aplicación del modelo (ec1) tiene una gran complejidad de cálculo, por tal razón, en las investigaciones que implican las herramientas estadísticas se utilizan softwares estadísticos,

actualmente uno de los más usados es R, que será el usado en esta investigación.

3.7.1.3 *Hipótesis estadística para el experimento*

Tal como se ha dicho, se quiere explicar el contenido de humedad y el porcentaje de fisuras en los enlucidos de las paredes debido a la aplicación de las pastas, las hipótesis referidas a las medias (medianas en el caso no paramétrico) de las variables respuestas, bajo la hipótesis nula las medias de las repuestas de las variables son iguales. (Montgomery, 2004), y por lo tanto, no habría diferencias significativas en el contenido de humedad (o porcentaje de fisuras) entre unidades experimentales enlucidas con las distintas pastas contra la hipótesis alternativa de que al menos un par presenta diferencias significativas en los valores medios (medianos para pruebas no paramétricas)

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7$$

vs

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \text{ para al menos un par } (i, j)$$

El contraste también se puede realizar también se puede plantear comparando los efectos tal como el modelo de la (ec1) en cuyo caso se establece que:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6 = \tau_7 = 0$$

vs

$$H_1: \text{al menos un } \tau_i \neq 0$$

En ese caso, bajo la hipótesis nula no existiría un efecto significativo del por lo menos una pasta sobre el contenido de humedad o el porcentaje de fisuras en las muestras de prueba.

Para estos análisis se ha convenido usar un nivel de significación $\alpha = 0.05$, lo que brindaría un nivel de confianza del 95% para el contraste. Es bueno decir que al ser este un ensayo con poca información, podría ser un ensayo piloto para futuras investigaciones y por lo tanto un nivel de significación de probabilidad de 0.1 ($\alpha = 0.1$), sería aceptable por estas condiciones lo que resultaría en un nivel de confianza del 90%. (Sprent & Smeeton, 2001).

Ahora bien, para ejecutar el contraste de medias debemos tomar en cuenta que hay dos maneras de realizar esto, una si se dan todos los supuestos para los errores (residuos); es decir, normalidad, homogeneidad e independencia. En caso contrario, deben hacerse contrastes o pruebas no paramétricas. (Sprent & Smeeton, 2001). Las pruebas para el modelo de diseño de completo al azar la prueba paramétrica sería el análisis de varianza (ANOVA) de una vía la prueba no paramétrica la prueba de Kruskal Wallis. Para el ANOVA de una vía

primeramente debemos realizar la verificación del cumplimiento de los supuestos mencionados y para ello es necesario realizar las pruebas que se mencionan a continuación.

3.7.1.4 *Contraste de normalidad*

En esta parte se contrasta la hipótesis nula de normalidad de los datos en contraposición de que los datos no son normales:

H_0 : los datos se distribuyen como una normal

vs

H_1 : los datos no se distribuyen como una normal

La ejecución del contraste de normalidad se hará con la prueba Shapiro-Wilk de R. La prueba de Shapiro-Wilk es una prueba de normalidad utilizada para determinar si una muestra de datos sigue una distribución normal o no. En R, se puede realizar la prueba de Shapiro-Wilk utilizando la función "shapiro.test()". (Wasserman, 2006).

La sintaxis básica de la función es la siguiente: shapiro.test(x)

Donde "x" es el vector de datos a analizar. La función devuelve un valor p, que indica la probabilidad de que los datos provengan de una distribución normal.

Si el valor p es menor que el nivel de significancia (generalmente 0.05), se rechaza la hipótesis nula de que los datos provienen de una distribución normal. En cambio, si el valor p es mayor que el nivel de significancia, no se puede rechazar la hipótesis nula por falta de evidencia estadística. (Weisberg, 2005).

3.7.1.5 *Supuesto de homogeneidad y Prueba de Bartlett*

Por otro lado, para poder realizar un contraste de medias adecuado debemos determinar si las poblaciones de estudio tienen o no varianzas iguales; es decir, debemos realizar el siguiente contraste:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2 = \sigma_6^2 = \sigma_7^2$$

vs

$$H_0: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \sigma_3^2 \neq \sigma_4^2 \neq \sigma_5^2 \neq \sigma_6^2 \neq \sigma_7^2$$

La prueba de Bartlett es una prueba estadística utilizada para evaluar si las varianzas de dos o más muestras son iguales o diferentes. En R, se puede realizar la prueba de Bartlett utilizando la función "bartlett.test()". (Bartlett, 1937).

La sintaxis básica de la función es la siguiente:

```
bartlett.test(x, ...)
```

Donde "x" es una lista de vectores numéricos que representan las muestras y "..." son otros argumentos opcionales que se pueden proporcionar a la función, como el parámetro de confianza o el método utilizado para calcular la prueba.

La función devuelve un valor p, que indica la probabilidad de que las varianzas de las muestras sean iguales. Si el valor p es menor que el nivel de significancia (generalmente 0.05), se rechaza la hipótesis nula de que las varianzas son iguales y se concluye que al menos una de las varianzas es diferente. En cambio, si el valor p es mayor que el nivel de significancia, no se puede rechazar la hipótesis nula. (Kuehl, 2001).

3.7.1.6 *Prueba de independencia de Ljung-Box*

La tercera prueba que debe ser realizada a los residuales es una prueba de independencia, bajo el software R consideramos la prueba de independencia de Ljung-Box, en donde se contrastan las siguientes hipótesis:

H_0 : Los residuos son independientes

H_1 : Los residuos no son independientes

La prueba de Ljung-Box es una prueba de bondad de ajuste utilizada para evaluar si un modelo de series temporales es adecuado para un conjunto de datos. (Montgomery, 2004).

En R, se puede realizar la prueba de Ljung-Box utilizando la función "Box.test()".

La sintaxis básica de la función es la siguiente:

```
Box.test(x, lag = k)
```

Donde "x" es el vector de datos a analizar y "lag" es el número de retrasos utilizados en la prueba. El valor predeterminado es "lag = 1". La función devuelve un valor p, que indica la probabilidad de que los residuos del modelo sean independientes. (Ljung & Box, 1978).

Si el valor p es mayor que el nivel de significancia (generalmente 0.05), se acepta la hipótesis nula de que los residuos del modelo son independientes y, por lo tanto, el modelo es adecuado

para los datos. En cambio, si el valor p es menor que el nivel de significancia, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que el modelo no es adecuado para los datos. (Harvey, 1993).

3.7.1.7 ANOVA de una vía

La prueba ANOVA (Análisis de Varianza) de una vía es una técnica estadística utilizada para comparar tres o más grupos independientes y determinar si hay diferencias significativas entre las medias de los grupos. En esta prueba, se parte de la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas entre las medias de los grupos y se compara con la hipótesis alternativa de que al menos una de las medias es significativamente diferente. (Montgomery, 2004).

El procedimiento para la prueba ANOVA de una vía se puede resumir en los siguientes pasos:

- 1) Seleccionar los grupos a comparar.
- 2) Calcular la media y la desviación estándar de cada grupo.
- 3) Calcular la suma de cuadrados total (SCT), que mide la variación total en todos los datos combinados.
- 4) Calcular la suma de cuadrados entre grupos (SCG), que mide la variación entre las medias de los grupos.
- 5) Calcular la suma de cuadrados dentro de grupos (SCW), que mide la variación dentro de cada grupo.
- 6) Calcular la estadística de prueba F de ANOVA mediante la relación de la SCG y la SCW.
- 7) Realizar la prueba de hipótesis para determinar si hay una diferencia significativa entre los grupos. (Kuehl, 2001).

Si la prueba indica que existe una diferencia significativa entre los grupos, se debe realizar un análisis post-hoc para determinar qué grupos difieren significativamente entre sí. La prueba ANOVA de una vía es útil para comparar la media de una variable continua en diferentes grupos o categorías, y es ampliamente utilizada en diferentes campos, como la biología, la psicología, la sociología y la economía. (Montgomery, 2004).

3.7.1.8 Pruebas post-hoc de comparaciones múltiples

La prueba post-hoc LSD (Least Significant Difference o Diferencia Mínima Significativa) es una técnica estadística utilizada para realizar comparaciones múltiples entre los grupos después de que se ha rechazado la hipótesis nula en un análisis ANOVA (Análisis de Varianza). (Steel, 1985).

En resumen, los pasos a seguir para realizar la prueba post-hoc LSD son los siguientes:

- 1) Realizar un análisis ANOVA para comparar los grupos.
- 2) Si se rechaza la hipótesis nula, realizar una prueba post-hoc para comparar las medias de dos grupos.
- 3) Calcular la diferencia mínima significativa (LSD) utilizando la desviación estándar y el tamaño de muestra.
- 4) Comparar la diferencia entre las medias de los grupos con la LSD.
- 5) Si la diferencia es mayor que la LSD, se concluye que las medias son significativamente diferentes entre sí.

La prueba post-hoc LSD es una técnica sencilla y útil para comparar las medias de dos grupos después de un análisis ANOVA. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta prueba no es adecuada para comparar más de dos grupos, ya que el riesgo de error tipo I aumenta con el número de comparaciones. En tales casos, es mejor utilizar pruebas post-hoc más complejas, como la prueba Tukey HSD o la prueba de comparaciones múltiples de Bonferroni. (Rasch et al., 2011).

3.7.1.9 *Prueba de comparaciones múltiples de Bonferroni*

La prueba de comparaciones múltiples de Bonferroni es una técnica estadística utilizada para realizar comparaciones múltiples entre grupos después de haber rechazado la hipótesis nula en un análisis de varianza (ANOVA) o en una prueba t. (J Fox, 2016).

Esta prueba es una corrección de las pruebas post-hoc individuales que se realizan para identificar qué grupos difieren significativamente entre sí. La prueba de comparaciones múltiples de Bonferroni ayuda a reducir el riesgo de error tipo I, que se produce cuando se rechaza incorrectamente la hipótesis nula. (Weisberg, 2014).

En resumen, los pasos a seguir para realizar la prueba de comparaciones múltiples de Bonferroni son los siguientes:

- 1) Realizar un análisis ANOVA o una prueba t para comparar los grupos. Si se rechaza la hipótesis nula, realizar una prueba post-hoc para comparar las medias de los grupos.
- 2) Calcular el valor crítico de la prueba de comparaciones múltiples de Bonferroni, que se obtiene dividiendo el nivel de significancia (por ejemplo, 0.05) entre el número de pruebas post-hoc realizadas.

- 3) Comparar el valor p obtenido en cada prueba post-hoc con el valor crítico de la prueba de comparaciones múltiples de Bonferroni. Si el valor p es menor que el valor crítico, se concluye que la diferencia entre las medias de los grupos es estadísticamente significativa. (Montgomery, 2004).

La prueba de comparaciones múltiples de Bonferroni es una técnica útil para reducir el riesgo de error tipo I en comparaciones múltiples, pero también tiene algunas limitaciones. Por ejemplo, es una técnica muy conservadora, lo que significa que puede ser difícil detectar diferencias significativas entre los grupos si la muestra es pequeña. Además, la corrección de Bonferroni puede aumentar el riesgo de error tipo II, que se produce cuando se acepta incorrectamente la hipótesis nula. (Weisberg, 2014).

Por otro lado, tal como se ha dicho si no se cumple con el supuesto de normalidad u homogeneidad, o ambos, debe recurrirse a pruebas no paramétricas como las que se señalan a continuación:

3.7.1.10 *Prueba de Kruskal Wallis*

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis es una técnica estadística utilizada para comparar tres o más grupos independientes que se suponen provienen de poblaciones con distribuciones no normales o con varianzas diferentes. El objetivo de la prueba de Kruskal-Wallis es determinar si existe alguna diferencia significativa en la mediana de los grupos en lugar de la media, como en el caso de la prueba ANOVA. La prueba se basa en los rangos de los datos en lugar de en los valores crudos. (Fox & Weisberg, 2019).

En resumen, la prueba de Kruskal-Wallis implica los siguientes pasos:

- 1) Seleccionar los grupos a comparar.
- 2) Calcular el rango total de todos los datos combinados.
- 3) Calcular la suma de los rangos para cada grupo.
- 4) Calcular la estadística de prueba H de Kruskal-Wallis.
- 5) Realizar la prueba de hipótesis para determinar si hay una diferencia significativa entre los grupos.
- 6) Si la prueba indica que existe una diferencia significativa entre los grupos, se debe realizar un análisis post-hoc para determinar qué grupos difieren significativamente entre sí. (Fox & Weisberg, 2019).

3.7.1.11 Prueba U de Mann-Whitney

La prueba de U de Mann-Whitney es una prueba no paramétrica utilizada para comparar la mediana de dos grupos independientes. Esta prueba también se conoce como la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney. A diferencia de las pruebas paramétricas como la prueba t, la prueba U de Mann-Whitney no requiere que los datos se distribuyan normalmente. En cambio, esta prueba se basa en los rangos de los datos en lugar de en los valores individuales. Por lo tanto, se utiliza cuando los datos no cumplen los supuestos de las pruebas paramétricas. (Montgomery, 2004).

En resumen, los pasos a seguir para realizar la prueba U de Mann-Whitney son los siguientes:

- 1) Identificar dos grupos independientes que se van a comparar.
- 2) Calcular los rangos de los datos de ambos grupos, independientemente.
- 3) Calcular la suma de los rangos para cada grupo.
- 4) Utilizar una fórmula para calcular la U de Mann-Whitney, que se utiliza para comparar las sumas de rangos de ambos grupos.
- 5) Comparar el valor de U calculado con un valor crítico de U obtenido a partir de una tabla de referencia. Si U es menor o igual que el valor crítico, se concluye que las medianas de ambos grupos son significativamente diferentes. (Montgomery, 2004).

La prueba U de Mann-Whitney es una prueba útil cuando los datos no cumplen los supuestos de las pruebas paramétricas. Sin embargo, también tiene algunas limitaciones. Por ejemplo, la prueba no se puede utilizar si hay datos faltantes en alguno de los grupos o si los datos no se pueden ordenar. Además, la prueba U de Mann-Whitney no proporciona información sobre la magnitud de la diferencia entre los grupos, solo indica si las medianas son diferentes o no. (Hollander et al., 2014).

La prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney es una prueba no paramétrica que se utiliza para comparar dos muestras independientes y determinar si provienen de la misma distribución o no. Aquí hay un resumen de cómo realizar la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney en R:

- 1) Cargar los datos en R.
- 2) Separar los datos en dos grupos, uno para cada muestra que se desea comparar.
- 3) Ejecutar la función `wilcox.test()` en R, especificando los dos grupos de datos como argumentos. Por ejemplo, si los dos grupos se llaman “grupo1” y “grupo2”, el comando sería: `wilcox.test(grupo1, grupo2)`.

El resultado de la prueba incluirá el valor de estadístico U de Mann-Whitney, el valor p y un intervalo de confianza para la diferencia entre las medianas de las dos muestras. Si el valor p es menor que el nivel de significancia elegido (por ejemplo, 0.05), se puede concluir que las dos muestras son significativamente diferentes. (Wasserman, 2006).

4. CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Resultados de las pruebas fitoquímicas cualitativas de laboratorio a los extractos de *Manihot esculenta*.

4.1.1 Prueba de fenoles



Imagen 12. Resultado de la prueba de fenoles en extractos no macerados de *Manihot esculenta*.
Realizado por: Jesús March, 2022.

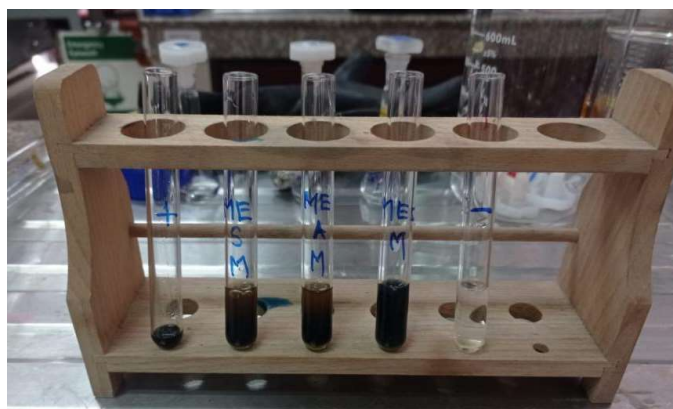


Imagen 13. Resultado de la prueba de fenoles en extractos macerados de *Manihot esculenta*.
Realizado por: Jesús March, 2022.

Positivo (+): Ácido gálico (tonalidad altamente oscura)

Negativo (-): Agua destilada (transparente)

Activador: *Folin Ciocalteus*

Luego de colocar el activador a los extractos macerados y no macerados, se evidenció la presencia de fenoles en todas las muestras, mostrándose con mayor intensidad en los extractos no macerados.

4.1.2 Prueba de Flavonoides

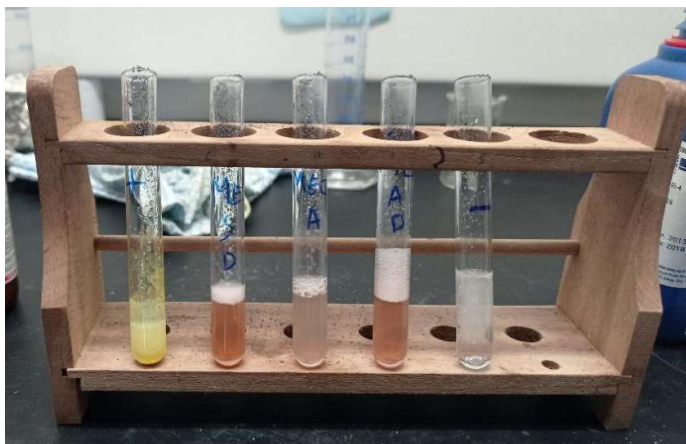


Imagen 14. Resultado de la prueba de flavonoides en extractos no macerados de *Manihot esculenta*.
Realizado por: Jesús March, 2022.

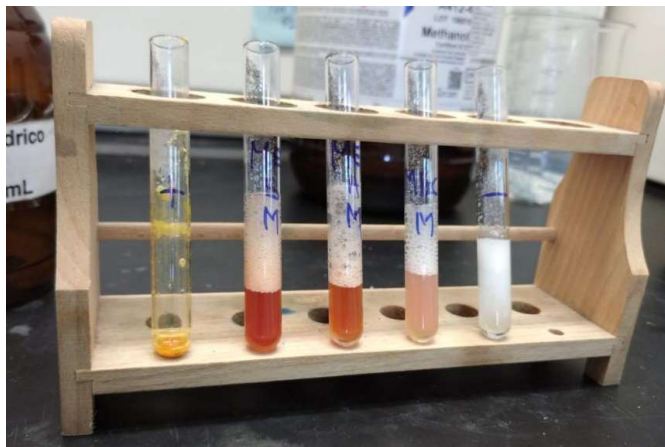


Imagen 15. Resultado de la prueba de flavonoides en extractos macerados de *Manihot esculenta*.
Realizado por: Jesús March, 2022.

Positivo (+): *Quercetin* (coloración amarillenta)

Negativo (-): Agua destilada (transparente)

Activador: Ácido clorhídrico y Magnesio en polvillo

Luego de colocar los compuestos activadores a los extractos macerados y no macerados, se evidenció la presencia de flavonoides en todas las muestras, mostrándose la reacción con mayor intensidad en los extractos macerados.

4.1.3 Prueba de Saponinas



Imagen 16. Resultado de la prueba de saponinas en extractos no macerados de *Manihot esculenta*.
Realizado por: Jesús March, 2022.



Imagen 17. Resultado de la prueba de saponinas en extractos macerados de *Manihot esculenta*.
Realizado por: Jesús March, 2022.

No fue estrictamente necesario colocar tubos positivos y negativos

Activador: 30 segundos en el dispositivo *Vortex*

Luego del tiempo de espera, la presencia de espuma en las muestras fue menor a 5mm, por lo que no se puede asegurar la presencia de saponinas en estas. A pesar de esto, se destacan los extractos ME-A-D y ME-S-M siendo los que tuvieron mayor reacción.

4.1.4 Prueba de Taninos

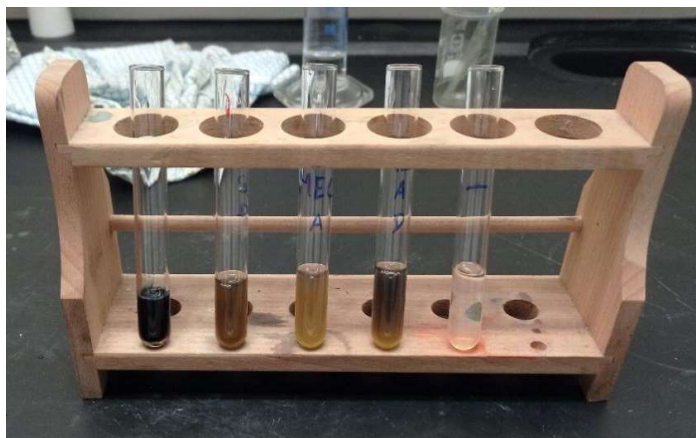


Imagen 18. Resultado de la prueba de taninos en extractos no macerados de *Manihot esculenta*.

Realizado por: Jesús March, 2022.



Imagen 19. Resultados de la prueba de taninos en extractos macerados de *Manihot esculenta*.

Realizado por: Jesús March, 2022.

Positivo (+): Ácido Tánico (coloración verde altamente oscura para gelotaninos y café para pseudotaninos)

Negativo (-): Agua destilada (transparente)

Activador: Cloruro de hierro

En esta prueba todas las muestras presentaron cambios de coloración verdosa o café, indicando la presencia de taninos. Según las indicaciones dadas, se destaca la presencia de pseudotaninos en los extractos no macerados y de gelotaninos en los extractos macerados.

Tabla 5. Representación general de resultados de las pruebas cualitativas fitoquímicas de laboratorio

	Taninos	Saponinas	Flavonoides	Fenoles
ME-S-D	++	-	+	++
ME-S-M	++	-	++	+
ME-A-D	++	-	+	++
ME-A-M	++	-	++	+
MEC-D	+	-	+	++
MEC-M	+	-	++	+

Realizado por: Jesús March, 2023.

4.2 Resultados de las pastas de revestimiento aplicadas en el experimento

Las pastas de revestimiento experimentales fueron elaboradas de acuerdo a lo planificado bajo las dosificaciones presentadas en el trabajo, al igual que la pasta de revestimiento convencional, demostrando factibilidad en consistencia al momento de su aplicación.

Posterior a la observación por 6 meses se realizaron procedimientos para obtener una comparación de los valores de porcentaje de fisuras y porcentaje de contenido de humedad entre las pastas de revestimiento experimentales y la pasta de revestimiento convencional, tomada como pasta control. Además, se realizó la identificación de Hongos y bacterias presentes en las pastas mencionadas, teniendo los siguientes resultados:

4.2.1 Resultados y Análisis de Contenidos de humedad

Los valores de significación de los test de normalidad (p-value = 0.7482), homogeneidad (p-value = 0.545) e independencia (p-value = 0.2261), indican que el modelo (ec1) cumple con todos los supuestos para aplicar el análisis de la varianza de una vía de clasificación. El ANOVA demuestra que existen diferencias significativas en al menos un par de medias de humedad debida a las pastas de revestimiento (1.5e-05 ***)

1) Verificación de los supuestos

- Verificación del supuesto de normalidad de los residuales

##

Shapiro-Wilk normality test##

data: error

W = 0.99089, p-value = 0.7482

- **Verificación del supuesto de homogeneidad de la varianza**

##

Bartlett test of homogeneity of variances##

data: data_set\$humedad and data_set\$Pasta

Bartlett's K-squared = 4.9907, df = 6, p-value = 0.545##

Tabla 6. Presentación del análisis de la varianza (ANOVA) para el diseño completo al azar del contenido de humedad.

Fuente de variación	Df	Sum Sq	Mean Sq	value	Pr(>F)
Pasta	6	162.4	27.07	6.265	1.54e-05 ***
Residuales	91	393.2	4.32		

Realizado por: Jesús March, 2023

Tabla 7. Visualización de la humedad media en las pastas aplicadas en el experimento

	humedad	std	r	LCL	UCL	Min	Max	Q25	Q50	Q75
P1	10.10	1.70	14	9.00	11.21	7.24	12.97	9.06	10.00	11.25
P2	11.29	2.35	14	10.19	12.40	7.15	15.43	9.71	11.35	12.57
P3	11.52	2.42	14	10.42	12.62	7.28	15.77	9.86	11.58	12.90
P4	8.70	2.54	14	7.60	9.80	4.31	13.10	6.89	8.75	10.23
P5	8.35	1.69	14	7.25	9.45	5.54	11.16	7.28	8.20	9.53
P6	11.24	1.93	14	10.14	12.35	7.77	14.72	9.81	11.29	12.65
P7	8.71	1.71	14	7.61	9.82	5.81	11.62	7.69	8.66	9.84

Realizado por: Jesús March, 2023

La tabla de comparación de media, obtenidas con el test LSD muestran que existen diferencias significativas entre las medias de humedad en comparación con la pasta de control P1. Primeramente, se puede decir que la media de humedad de P3 es mayor que la media de la pasta control, mientras que las medias obtenidas a partir de las pastas P4, P5 y P7 son estadísticamente menores a P1. Las pastas P3, P2 y P6 forman un solo grupo con el mayor contenido de humedad.

Tabla 8. Comparación de valores de medias de los porcentajes de contenidos de humedad entre las pastas

Pasta	difference	pvalue	Signif.	LCL	UCL
P1 - P2	-11.904171	0.1332		-27.509.499	0.3701156
P1 - P3	-14.195370	0.0741	.	-29.800.697	0.1409958
P1 - P4	14.011131	0.0778	.	-0.1594196	29.616.459
P1 - P5	17.508270	0.0283	*	0.1902942	33.113.597
P1 - P6	-11.421502	0.1494		-27.026.829	0.4183826
P1 - P7	13.867443	0.0809	.	-0.1737885	29.472.770
P2 - P3	-0.2291199	0.7712		-17.896.526	13.314.129
P2 - P4	25.915302	0.0014	**	10.309.975	41.520.630
P2 - P5	29.412441	0.0003	***	13.807.113	45.017.768
P2 - P6	0.0482670	0.9511		-15.122.658	16.087.997
P2 - P7	25.771614	0.0015	**	10.166.286	41.376.941
P3 - P4	28.206501	0.0005	***	12.601.174	43.811.829
P3 - P5	31.703639	0.0001	***	16.098.312	47.308.967
P3 - P6	0.2773868	0.7248		-12.831.459	18.379.196
P3 - P7	28.062812	0.0006	***	12.457.485	43.668.140
P4 - P5	0.3497138	0.6573		-12.108.189	19.102.466
P4 - P6	-25.432633	0.0017	**	-41.037.960	-0.9827305
P4 - P7	-0.0143689	0.9854		-15.749.016	15.461.639
P5 - P6	-28.929771	0.0004	***	-44.535.099	-13.324.444
P5 - P7	-0.3640827	0.6442		-19.246.154	11.964.501
P6 - P7	25.288944	0.0018	**	0.9683617	40.894.272

Realizado por: Jesús March, 2023

Tabla 9. Valores de contenido de humedad y clasificación por grupos de acuerdo a sudiferencia estadística

Pasta	humedad	groups
P3	11.52	a
P2	11.29	a
P6	11.24	a
P1	10.10	ab
P7	8.71	b
P4	8.70	b
P5	8.35	b

Realizado por: Jesús March, 2023

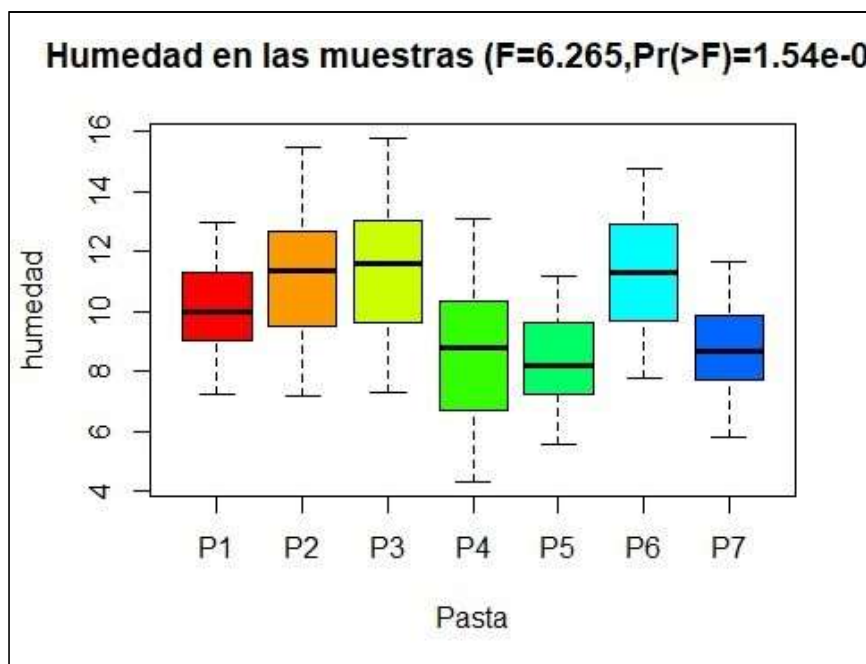


Figura 1. Gráfico indicador de contenido de humedad entre las muestras y su comparación

Realizado por: Jesús March, 2023.

El gráfico corrobora que las medias de humedad debidas a P4, P5 y P7 tienen las medianas menores, la pasta control se observa como humedad media de todas las demás, puede observarse que las humedades debidas a las pastas P2, P3 y P6 son las mayores.

4.2.2 Resultados y Análisis del porcentaje de Fisuras

El valor p del test de Shapiro-Wilk aplicado a los residuos ($p\text{-value} = 0.006182$) para el modelo (ec1) nos indica que estos no se distribuyen normalmente, y por lo tanto, no se puede aplicar el ANOVA paramétrico de una vía. En su lugar, se aplica un test de Kruskal Wallis, el cual arroja un valor de p de 0.0039, este valor demuestra que existen diferencias significativas en al menos un par de medias de fisuras debidas a las pastas. Por medio del gráfico podemos visualizar no solo el valor de p de Kruskal Wallis, sino también los test de U de Mann-Whitney. Las medias de fisuras debidas a las pastas P6y P7 presentan son estadísticamente mayores a las fisuras de la pasta control. Por otro lado, las fisuras de las otras pastas no son diferentes a las fisuras de P1.

Tabla 10. Presentación del análisis de la varianza (ANOVA) para el diseño completo al azar del porcentaje de fisuras

Fuente de variación	Df	Sum Sq	value	Pr(>F)
		Sq		

- **Verificación del supuesto de normalidad**

##

Shapiro-Wilk normality test##

data: error

W = 0.96191, p-value = 0.006182

- **Verificación del supuesto de homogeneidad de la varianza**

##

Bartlett test of homogeneity of variances##

data: error and Pasta

Bartlett's K-squared = 11.581, df = 6, p-value = 0.072

Tabla 11. Visualización de la estadística descriptiva para el porcentaje de fisuras en las distintas pastas

Pasta	fisuras1	rank	std	r	Min	Max	Q25	Q50	Q75
P1	20.09	36.78	25.73	14	0.0	100.00	1.56	18.75	25.00
P2	35.27	53.11	27.14	14	0.0	100.00	18.75	28.13	48.44
P3	30.36	47.50	26.73	14	0.0	81.25	14.06	25.00	42.19
P4	12.50	29.07	13.43	14	0.0	43.75	0.00	9.38	23.44
P5	37.50	50.96	35.78	14	0.0	100.00	6.25	31.25	65.63
P6	44.64	59.96	30.51	14	0.0	87.50	20.31	50.0	62.50
P7	55.38	69.11	32.03	14	12.5	100.00	28.19	50.0	85.94

Realizado por: Jesús March, 2023

Tabla 12. Comparación de las medias del porcentaje de fisuras entre las pastas aplicadas.

	Difference	pvalue	Signif.	LCL	UCL
P1 - P2	-16.321429	1.0000		-47.201413	14.5585562
P1 - P3	-10.714286	1.0000		-41.594271	20.1656990
P1 - P4	7.714286	1.0000		-23.165699	38.5942705
P1 - P5	-14.178571	1.0000		-45.058556	16.7014133
P1 - P6	-23.178571	0.4439		-54.058556	7.7014133
P1 - P7	-32.321429	0.0317	*	-63.201413	-1.4414438
P2 - P3	5.607143	1.0000		-25.272842	36.4871276
P2 - P4	24.035714	0.3556		-6.844271	54.9156990
P2 - P5	2.142857	1.0000		-28.737128	33.0228419
P2 - P6	-6.857143	1.0000		-37.737128	24.0228419
P2 - P7	-16.000000	1.0000		-46.879985	14.8799848
P3 - P4	18.428571	1.0000		-12.451413	49.3085562
P3 - P5	-3.464286	1.0000		-34.344271	27.4156990
P3 - P6	-12.464286	1.0000		-43.344271	18.4156990
P3 - P7	-21.607143	0.6573		-52.487128	9.2728419
P4 - P5	-21.892857	0.6129		-52.772842	8.9871276
P4 - P6	-30.892857	0.0498	*	-61.772842	-0.0128724
P4 - P7	-40.035714	0.0022	**	-70.915699	-9.1557295
P5 - P6	-9.000000	1.0000		-39.879985	21.8799848
P5 - P7	-18.142857	1.0000		-49.022842	12.7371276
P6 - P7	-9.142857	1.0000		-40.022842	21.7371276

Realizado por: Jesús March, 2023

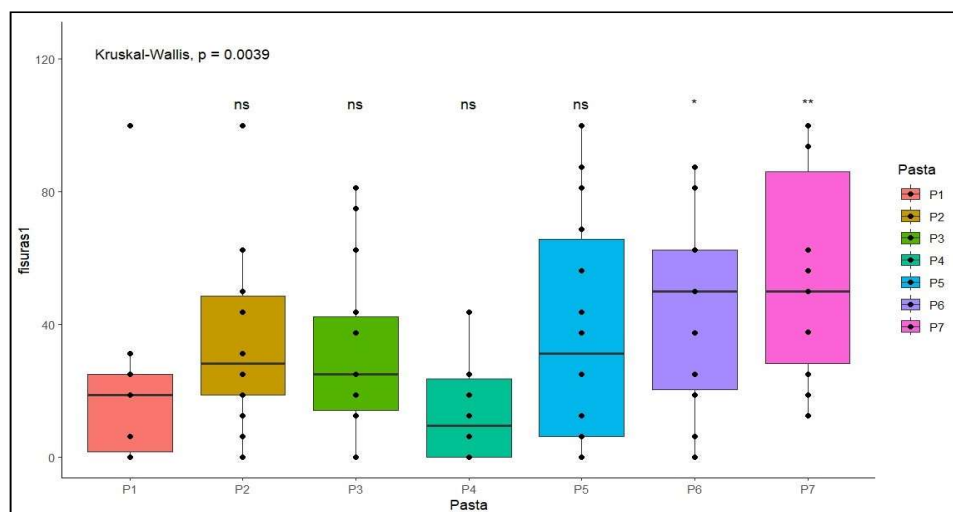


Figura 2. Gráfico de medias de porcentaje de fisuras obtenidas de la prueba de Kruskal- Wallis
Realizado por: Jesús March, 2023

El gráfico demuestra que, según las medias de los valores del porcentaje de fisuras presente en cada una de las pastas, P6 y P7 son estadísticamente mayores que P1 (pasta control), y por su parte las pastas P2, P3, P4 y P5 estadísticamente no son diferentes a P1.

4.2.3 Resultados de la Identificación de Hongos y bacterias

1) Hongos:

- a) ***Rhizopus***: son microorganismos de un género que incluye un reducido número de especies, son empleados en procesos fermentativos de alimentos. También conocidos como moho, es llamado hongo negro del pan, por lo general viven en el suelo y se alimentan de materia vegetal o animal en descomposición. (Piontelli, & Vivar, 2010).
- b) ***Fusarium***: un grupo de hongos filamentosos que se distribuye en forma amplia en el suelo y las plantas. Es posible que causen infecciones sistémicas en pacientes inmunocomprometidos, presentando una alta mortalidad. Estas especies producen toxinas que afectan al ser humano, los mismos crecen a una temperatura de 37°C. (Tapia & Amaro, 2014).
- c) ***Aspergillus spp***: hongo filamentoso hialino ubícuo, productor de enfermedades universales que pueden aparecer en forma de brotes

hospitalarios. Se caracterizan por su característica forma de hongos y hay diversas formas y tamaños. Es un patógeno oportunista porque afecta a pacientes inmunocomprometidos. Pueden causar infecciones respiratorias y crecen a 37°C. (Alcalá et al., 2015).

- d) ***Colletotrichum***: es uno de los géneros más importantes entre patógenos de plantas y de distribución muy alta en el mundo. Ataca a cultivos en regiones tropicales y subtropicales. (Castro, et al., 2003).

2) **Levaduras:**

- a) ***Kluveromyces***: levaduras con potencial biotecnológicos, presentan una gran cantidad de carbohidratos como sacarosa, galactosa y lactosa. Sobrevive a valores de pH ácido desde 1.5 hasta 7.0 y es tolerante al jugo gástrico hasta por 24 horas. Se puede encontrar en el jugo de uva y en lácteos como el queso y el yogurt. (Olvera, 2017).

3) **Bacterias:**

- a) **Bacterias Gram negativas**: se denominan bacterias Gram negativas a las bacterias que, en la aplicación de la tinción de Gram, no retienen el colorante de cristalvioleta durante el procedimiento debido a que presentan una capa muy delgada de peptidoglucanos en su pared celular, y su capa más externa la cubre una membrana de lipoproteínas. Entre ellos se encuentran los cocos Gram negativos. (Mollinedo & Cynthia, 2014).
- b) ***Streptococcus***: son cocos Gram positivos, que se presentan en pares o cadenas, especialmente en fluidos. Muchos microorganismos pertenecientes a este grupo son patógenos para seres humanos como para animales. Causa más frecuente de faringoamigdalitis. (Rivera, 1998).
- c) **Coliformes fecales *Escherichia***: son bacilos gram negativos, anaerobios. Se encuentran en el intestino del ser humano desde pocas horas después del nacimiento, por lo que se considera un microorganismo de flora normal, pero hay algunas cepas que pueden ser patógenas y producir daños como la diarrea. (Rodríguez, 2002).

4.3 Discusión de los resultados

- 4.3.1** Con las pruebas fitoquímicas de laboratorio se pudo corroborar la presencia de Taninos, Polifenoles y Flavonoides en los extractos obtenidos de la *Manihot esculenta*, pero no fue posible corroborar la presencia de Saponinas en las muestras.
- 4.3.2** El proceso de elaboración de las pastas experimentales se realizó bajo las proporciones propuestas en la metodología de esta investigación y fue realizada de forma factible y sin diferencia significativa con respecto a la pasta de revestimiento convencional.
- 4.3.3** En cuanto al contenido de Humedad de las pastas, se presentan diferencias significativas de las pastas experimentales con respecto a P1 (Pasta control), las pastas P3, P2 y P6 tienen un porcentaje de contenido de humedad estadísticamente mayor, y las pastas P4, P5 y P7 poseen un porcentaje de contenido de humedad estadísticamente menor.
- 4.3.4** Con respecto al porcentaje de fisuras, las pastas P6 y p7 poseen un porcentaje estadísticamente mayor con respecto a P1, en cambio las pastas P2, P3, P4 y P5, estadísticamente no son diferentes a P1 por lo que en una aplicación constructiva se esperarían la misma cantidad estadística de fisuras en la pasta de revestimiento convencionales y las pastas de revestimiento propuestas anteriormente mencionadas. Es decir, se esperaría el mismo comportamiento.
- 4.3.5** En la identificación de hongos y bacterias se encontraron los siguientes microorganismos: *Rhizopus*, *Fusarium*, *Aspergillus spp*, *Colletotrichum*, Levaduras *Kluveromyces*, Bacterias gram negativas, cocos gram negativos, *streptococcus* y coliformes fecales de *Escherichia*. Algunos de estos son propios de cultivos vegetales, permitiendo pensar que sean propios de la *Manihot esculenta* como planta.
- 4.3.6** De acuerdo a los resultados presentados, las pastas de revestimiento experimentales, las pastas P4 (pasta elaborada con extracto de *Manihot esculenta* ambiente directa) y P5 (pasta elaborada con extracto de *Manihot esculenta* ambiente macerada) son las que poseen mejor respuesta en

cuanto a contenido de humedad y porcentaje de fisuras, permitiendo inferir que las mejores propiedades para elaborar un aditivo para una pasta de revestimiento son mejores si se obtienen de la cáscara del tubérculo.

4.3.7 Al ver las cualidades de menor contenido de humedad en P4 y P5 con respecto a P1, y no haber diferencia significativa en la presencia de fisuras entre ellas, se puede decir que las pastas experimentales anteriormente mencionadas son factibles para el uso constructivo ya que se espera una respuesta similar al convencional, y pudiera disminuir la cantidad de humedad retenida, infiriendo positivamente en el desarrollo de patologías futuras.

5. CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- 5.1.1** Los extractos de *Manihot esculenta* contienen en su composición presencia de Taninos, Polifenoles y Flavonoides y no se logró determinar presencia de Saponinas.
- 5.1.2** La elaboración de las pastas experimentales fue factible con la dosificación propuesta, al igual que la pasta de revestimiento convencional y no se presentaron diferencias significativas en su consistencia y aplicación.
- 5.1.3** El valor de contenido de humedad de P4, P5 y P7 es menor al de P1.
- 5.1.4** El valor de contenido de humedad de P2, P3 y P6 es mayor al de P1.
- 5.1.5** Las pastas P2, P3, P4 y P5 no presentaron diferencias significativas con respecto a P1 en el porcentaje de fisuras.
- 5.1.6** Las pastas P6 y P7 presentaron niveles más altos que P1 en el porcentaje de fisuras.
- 5.1.7** Todas las pastas presentaron hongos y bacterias y entre ellos hay microorganismos que son propios de cultivos vegetales pudiendo ser propios del tubérculo de *Manihot esculenta*.
- 5.1.8** Las pastas con mejor respuesta a los indicadores en estudio fueron P4 y P5, demostrando así su factibilidad con respecto a una pasta de revestimiento convencional.

5.2 Recomendaciones

- 5.2.1** Proponer estudios que incentiven a la construcción sostenible en el Ecuador y realizar aportes académicos y científicos a la Arquitectura a partir del aprovechamiento de recursos naturales y de subproductos derivados de

diferentes industrias.

- 5.2.2** Ampliar la investigación propuesta, con diferentes bases sólidas, diferentes materiales de revoque en el muro y mayor tiempo de observación, con el fin de determinar la forma más eficaz para producir una pasta de revestimiento sostenible que tenga factibilidad comercial en el mercado ecuatoriano.
- 5.2.3** Realizar pruebas con diferentes dosificaciones en las mezclas de las pastas para comparar su eficiencia y determinar la mejor concentración de componentes que debese utilizada en el acabado de una construcción y no altere el proceso de fraguado de las mismas.
- 5.2.4** Ampliar la investigación acerca de los hongos y bacterias presentes en las pastas de revestimiento utilizadas y en los extractos propuestos, con pruebas que permitan identificar su acción patógena y de ser posible, realizar su cuantificación y comparar los valores entre pastas.
- 5.2.5** Ampliar el tiempo de estudio y observación del experimento propuesto y realizar pruebas que permitan obtener diferentes cualidades de las pastas utilizadas.
- 5.2.6** Cuantificar Taninos, Polifenoles, Flavonoides y si se encuentran también las saponinas en los extractos de *Manihot esculenta*, para evaluar las propiedades químicas de cada una de las pastas con respecto a dichos compuestos.
- 5.2.7** Realizar un estudio posterior aislando los Taninos, Polifenoles, Flavonoides y saponinas, de los extractos de *Manihot esculenta*, para evaluar las propiedades químicas de cada uno de estos componentes en estudios de empastes similares y comparar el comportamiento por separado.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: Conceptos, problemas y estrategias. *Revista de Arquitectura de La Universidad de Los Andes*, 14–23.
- Addleson, L. (2001). *Materiales para la construcción*. Editorial Reverté, S.A. <https://books.google.com.gt/books?id=gPsElo-1DIMC&printsec=copyright&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Aguirre, J. P. (2020). Prefabricación Digital: Sistema constructivo armable de madera alternativa constructiva para viviendas de interés social. *Universitat Politècnica de Catalunya*.
- Alcalá, L., Muñoz, P., Peláez, T., & Bouza, E. (2015). Aspergillus y aspergilosis. *Seimc*, 12(2), 77–78. http://www.adiveter.com/ftp_public/articulo782.pdf
- Archdaily. (2017). *Base de Chukum*. Archdaily. <https://www.archdaily.mx/catalog/mx/products/10511/base-de-chukum-chukum>
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica* (Vol. 6). Editorial Episteme.
- Ávalos, A., & Pérez-Urria, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*. *Serie Fisiología Vegetal*. *Universidad Complutense*. Madrid, 2(3), 119–145.
- Bartlett, M. S. (1937). *Properties of Sufficiency and Statistical Tests*. 113–126. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-0919-5_8
- Bazile, D. et al (Editores). (2014). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. In *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*. BAZILE D. et al. <https://doi.org/14042>
- Bibliometrix. (2023). *Bibliometrix*. <https://www.bibliometrix.org/home/>
- Bozzano, B. (2017). Acabados y revestimientos en el diseño de arquitectura de tierra. *Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – Universidad de La República*.
- Bravo, S., & Espinoza, F. (2019). Elaboración de un mampuesto ecológico como material sostenible de construcción utilizando bagazo de caña de azúcar. *Facultad de Ingeniería. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. Quito*, 1–212. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/17642>
- Cabrera, J., Jaramillo, C., Dután, F., Cun, J., García, P., & Rojas, L. (2017). Variación del contenido de alcaloides, fenoles, flavonoides y taninos en Moringa oleifera Lam. en función de su edad y altura. *Bioagro*, 29(1), 53–60.
- Campos, G., & Lule Martí-nez, N. E. (2013). La Observación, Un Método Para El Estudio De La Realidad. *Xihmai*, 7(13), 45–60. <https://doi.org/10.37646/xihmai.v7i13.202>
- Cao, L. (2020). *La rústica belleza del Chukum en la arquitectura moderna mexicana*. Archdaily. <https://www.archdaily.cl/cl/946292/la-rustica-belleza-del-chukum-en-la-arquitectura-moderna-mexicana>
- Carranco, J. (2017). DESARROLLO DE MATERIALES AISLANTES PARA LA MEJORA DEL CONFORT TÉRMICO DE VIVIENDAS EN BURKINA FASO BASADOS EN RESIDUOS AGRÍCOLAS. *Universitat Politècnica de Catalunya*, 1–94.
- Carvajal, L., Hata, Y., Sierra, N., & Rueda, D. (2009). Análisis fitoquímico preliminar de hojas, tallos y semillas de cupatá (strychnos schultesiana krukoff). *Revista Colombia Forestal*, 12, 161–170.
- Castro, L. M., Saquero, M. J., & Beltrán, J. D. (2003). Caracterización morfológica y patogénica de Colletotrichum sp . como agente causal de la antracnosis en ñame Dioscorea sp . Morphological and pathological characterisation of Colletotrichum sp . as casual agent of anthracnose in Dioscorea sp . *Revista Colombiana de Biotecnología*, 5(1), 24–35. <https://www.redalyc.org/pdf/776/77650104.pdf>
- Chandias, M. (1992). *Introduccion a la Construccion de Edificios*.
- Colina A. (2016). Análisis fitoquímico , determinación cualitativa y cuantitativa de flavonoides y taninos , actividad antioxidante , antimicrobiana de las hojas de “ Muehlenbeckia hastulata (J . E . Sm) I . M . Johnst ” de la zona de Yucay (Cusco). *Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima - Perú*. https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/10/916203/analisis-fitoquimico-determinacion-cualitativa-y-cuantitativa-d_7TSqx4x.pdf
- Cortes, S., Lopez, C., & Chavarriaga, P. (2010). BIOCOMBUSTIBLES Y BIOTECNOLOGÍA: LA YUCA (Manihot

- esculenta) COMO MODELO DE INVESTIGACIÓN. *Acta Biológica Colombiana*, 15(1), 3–24.
- CPE INEN. (1984). Código Ecuatoriano de la Construcción. Mampostería de Ladrillo. *Código de Práctica Ecuatoriano. Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 4.
- del Río, M. (2005). Nuevas Aplicaciones del corcho en el campo de la edificación. *III Encuentro Eurocork (Huelva). E.U. Arquitectura Técnica. Madrid-España*. http://oa.upm.es/1896/1/RIO_PON_2005_01.pdf
- Díaz, L. (2009). Interacciones moleculares entre plantas y microorganismos: saponinas como defensas químicas de las plantas y su tolerancia a los microorganismos. Una revisión. *RET. Revista de Estudios Transdisciplinarios. Fundación Instituto de Estudios Avanzados. Venezuela*, 1(2), 32–55. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=179214945004>
- Florentín, M. Mercedes. (2009). Patologías constructivas en los edificios. Prevenciones y soluciones. In *Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte. Universidad Nacional de Asunción*.
- Fox, J. (2016). Applied Regression Analysis and Generalized Linear Models. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Fox, John, & Weisberg, S. (2019). An R Companion to Applied Regression. In *Thousand Oaks CA: Sage*. (Issue September 2012). <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/~fox/Books/Companion>
- GADM MANTA. (n.d.). CONSTRUCCIÓN DE MURO DE HORMIGÓN CICLÓPEO PARA CONTENCIÓN DE TALUD Y PROTECCIÓN DE VIVIENDAS EN EL BARRIO 24 DE SEPTIEMBRE DE LA PARROQUIA TARQUI ESPECIFICACIONES.
- Gamboa, M., Heredia, G., Reyes, M., & De la Rosa, S. (2010). Bacterias y hongos microscópicos. *Biodiversidad y Desarrollo Humano En Yucatán*, 2.
- García, C., Martínez, A., Castro, F., & Luis Ortega, J. (2010). Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Revista Química Viva - Universidad de Buenos Aires. Argentina*, 9(2), 86–96. www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar
- García, L. (2021). Chukum (Havardia Albicans) una posibilidad como material para edificaciones térmicamente confortables y energéticamente eficientes. *División de Ciencias e Ingeniería. Universidad de Quintana Roo. Chetumal, México*.
- Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometria*.
- Harvey, A. (1993). Time Series Models. In *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents* (2nd editio, Vol. 3, Issue April). MIT Press.
- Hernández, R. (2014). Metodología de la investigación. In *Mc Graw Hill Education. México, D.F.: Vol. 6ta edición*.
- Herreruela, F. (2014). Pastas, morteros, adhesivos y hormigones: contenidos formativos de certificados de profesionalidad. *Fundación Laboral de Construcción*, 174.
- Hollander, M., Wolfe, D., & Chicken, E. (2014). *Nonparametric Statistical Methods*.
- Huerta, M. (2020). USO DEL EXTRACTO DEL MUCILAGO DEL CACTUS COMO ADITIVO Y SU INFLUENCIA EN LA CONSISTENCIA Y EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO. *Tesis*, 1–302.
- INEN, N. (2022). *Norma Técnica Ecuatoriana, INEN 252. Cales. Definiciones y clasificación*.
- Isaza, J. (2007). Taninos o polifenoles vegetales. *Scientia Et Technica. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia, XIII(33)*, 13–18. <http://www.redalyc.org/pdf/849/84903303.pdf>
- Kuehl, R. (2001). Diseño de experimentos: Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones. In *Technometrics* (Vol. 43, Issue 2). <https://doi.org/10.1198/tech.2001.s589>
- Lawson, J. (2015). *Design and Analysis of Experiments with R*.
- Ljung, G. M., & Box, G. E. P. (1978). On a measure of lack of fit in time series models. In *Biometrika* (Vol. 65, Issue 2, pp. 297–303). <https://doi.org/10.1093/biomet/65.2.297>
- LLavero, A., Beatriz, Se., Federico, S., Gerardo, W., & Gonzalo, A. (2018). En Madera, otra forma de construir. El material constructivo sostenible del siglo XXI. *Fsc*, 248.
- Manjunath, H., Palled, V., Veerangouda, M., Maski, D., & Ramachandra, C. T. (2018). Physico-chemical and thermal

- properties of different biomass material selected for thermal gasification. *International Journal of Agricultural Engineering*, 11(2), 276–281. <https://doi.org/10.15740/has/ijae/11.2/276-281>
- Martines, E., & Lira, L. (2010). Análisis y Aplicación de las expresiones del contenido de humedad en sólidos. *Simpósio de Meteorología*, 1–6. <http://cenam.mx/sm2010/info/pviernes/sm2010-vp01b.pdf>
- Martinez, L. (1984). Materiales de Construcción. *SENAFAD.*, 6(3), 4–39. <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/6867%0Ahttps://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/5693>
- Medina, K., & Cerón, M. (2009). Patologías en edificaciones de mampostería de piedra por humedad capilar. *Escuela de Arquitectura. Universidad Modelo. México*, 1, 139–159. <http://goo.gl/maps/>
- Mollinedo, M., & Cynthia, G. (2014). Bacterias Gram Negativas. *Manual De Microbiología*, 113–134. <https://doi.org/10.2307/j.ctvkjb56f.8>
- Montgomery, D. (2004). Diseño y análisis de experimentos. In *Limusa Wiley*.
- Navarrete, G. (2006). Caracterización del cemento blanco. *Universidad de Chile*, 70.
- NEC. (2014). *VIVIENDAS DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5 m*.
- Nisnovich, J. (2006). *Manual practico de construcción*.
- NTE INEN. (2009). Cemento Hidráulico. Mezclado mecánico de pastas y morteros de consistencia plástica. *Instituto Ectoriano de Normalización*, 1(Primera Edición).
- NTE INEN. (2014). Norma de normas. Principios de normalización. *Instituto Ectoriano de Normalización*, 09. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu175750.pdf>
- NTE INEN. (2015). Cal hidratada para uso en mamposteria. Requisitos. *NTE INEN 247*, 2.
- Olvera, L. (2017). Efecto de Kluyveromyces marxianus en un modelo murino de intolerancia a la lactosa. *Universidad Autonoma Del Estado de Hidalgo*, 0644, 21537.
- Ordoñez, A., Rodríguez, C., Gómez, J., & Navarrete, N. (2019). Mortero Arquitectónico a Base De Resina Del Árbol De Chukum. *Ava Cient. Chetumal -Mexico*, VII(2), 107–114.
- Ortega, A. (2015). Materiales sostenibles para la edificación. Estado de la cuestión. *ETS de Ingeniería de Edificación. Universitat Politècnica de Valencia*, 1–101. <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56226/ORTEGA - MATERIALES SOSTENIBLES PARA LA EDIFICACIÓN. ESTADO DE LA CUESTION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ospina, B., & Ceballos, H. (2002). *La Yuca en el Tercer Milenio. Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización*.
- Paredes, S. (2017). Desarrollo de un empaste para interiores y exteriores para la empresa CIA.LTDA. *Universidad de Cuenca*, 1–85. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/989/1/tof9.pdf>
- Peñaloza, W. (2012). Aplicación del barro en revestimiento de paredes en el cantón Cuenca. *Facultad de Artes. Universidad de Cuenca*.
- Pereira, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. *Revista Electrónica Educare. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.*, XV(1). <https://www.redalyc.org/pdf/1941/194118804003.pdf>
- Piontelli, L, E., & Vivar M, V. (2010). NOTAS MICOLÓGICAS X: Spicellum ovalisporum Y Rhizopus lyococcus DOS NUEVOS AISLAMIENTOS DESDE Avena sativa EN CHILE. *Boletín Micológico*, 25(1972), 9–14. <https://doi.org/10.22370/bolmicol.2010.25.0.69>
- Quiñones, M., Aleixandre, A., & Miguel, M. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Revista Nutricion Hospitalaria. Madrid-España*, 27(1), 76–89. <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.1.5418>
- Quispe, C. (2016). Análisis de la Energía Incorporada y emisiones de CO2 Aplicado a Viviendas Unifamiliares de Eficiencia Energética. *Universitat Politecnica de Catalunya*, 105. <https://wwwaie.webs.upc.edu/maema/wp-content/uploads/2016/10/Quispe-Gamboa-Claudia-Nataly.pdf>
- Ramirez, Y. (2016). Desarrollo de un recubrimiento vinílico grado ecologico para muros. *Instituto Politécnico*

- Nacional. [http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/843/Tesis Final Ladrilleros.pdf?sequence=1](http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/843/Tesis%20Final%20Ladrilleros.pdf?sequence=1)
- Rasch, D., Pilz, J., Verdooren, R., & Gebhardt, A. (2011). Optimal experimental design with R. *Optimal Experimental Design with R*, May, 1–317. <https://doi.org/10.1080/02664763.2012.680689>
- Rivera, D. M. (1998). Estreptococo Beta Hemolítico grupo A (*Streptococcus pyogenes*). *Honduras Pediátrica*, 19, 47–50.
- Rodríguez, M. (2002). Principales características y diagnóstico de los grupos patógenos de *Escherichia coli*. *Salud Pública de México*, 44(5), 464–475. <https://doi.org/10.1590/s0036-36342002000500011>
- Romero. (2013). ELABORACIÓN DE MACERADOS Y MISTELAS CON ESPECIES VEGETALES DISPONIBLES EN LA PROVINCIA DEL AZUAY. *Universidad de Cuenca*, 123(10), 2176–2181. <https://shodhganga.inflibnet.ac.in/jspui/handle/10603/7385>
- Romero, J. (2016). Procesos de construcción con Bambú. Casa Habitación. *Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. Instituto Politécnico Nacional. Tecamachalco, Mexico*, 1–6.
- Ron, K. (2014). Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial diagnóstico. *GAD Municipal de Tena*. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1560000270001_PDOT_2014_DIAGNOSTICO_sigad2_sug_senplades1_BD_20-02-2015_08-58-05.pdf ACT
- San Martín, A. (2010). Implementación de laboratorio para la obtención de extractos vegetales y estudio fitoquímico preliminar de cinco especies vegetales del municipio de Coroico. *Facultad de Ciencias Puras y Naturales. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia*.
- Sluiter, A., Hames, B., Hyman, D., Payne, C., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., Templeton, D., & NREL, J. W. (2008). Determination of total solids in biomass and total dissolved solids in liquid process samples. *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*, March, 3–5.
- Sprent, P., & Smeeton, N. (2001). Applied Nonparametric Statistical Methods. In *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)* (Vol. 158, Issue 2). <https://doi.org/10.2307/2983315>
- Steel, R. (1985). *Bioestadística: Principios Y Procedimientos*. (p. 640). McGRAW-HILL LATINOAMERICANA, S. A.
- Susunaga, J. (2014). CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE, UNA ALTERNATIVA PARA LA EDIFICACIÓN DE VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL Y PRIORITARIO. *Facultad de Ingeniería. Universidad Católica de Colombia*, 139.
- Tamayo, P. (2002). *El proceso de la investigación científica*. (p. 1). NORIEGA. <http://www.rppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.htm?iframe=true&width=95%25&height=95%25>
- Tapia C. y Amaro j. (2014). Género *Fusarium*. *Revista Chilena de Infectología*, 31(1), 85–86. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rci/v31n1/art12.pdf>
- Toirac, J. (2004). Patología de la construcción : grietas y fisuras en obras de hormigón ; origen y prevención. *Ciencia y Sociedad*, 29(1), 72–114. <https://doi.org/10.22206/cys.2004.v29i1.pp72-114>
- Traversa, L. (2010). Patrimonio arquitectónico e ingenierial moderno. Análisis de algunas construcciones, viaductos y puentes. *IX JORNADA "Técnicas de Restauración y Conservación Del Patrimonio"*. Buenos Aires, Argentina. <http://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/427>
- Wackerly D., D., mendenhall III, W., & Scheaffer L., R. (2008). *Estadística matemática con aplicaciones*.
- Wasserman, L. (2006). Springer Texts in Statistics. In *Design* (Vol. 102). <https://doi.org/10.1016/j.peva.2007.06.006>
- Weisberg, S. (2005). Applied Linear Regression. In Wiley (Ed.), *Vascular*.
- Weisberg, S. (2014). *Applied Linear Regression* (Wiley (ed.)).

ANEXOS

Anexo 1

Guía de observación

Trabajo de grado: Producción experimental de pasta sostenible de revestimiento usando *Manihot esculenta* (Yuca)

Estudiante: Jesús March.

Carrera: Arquitectura Sostenible Aspectos que se tomarán en cuenta:

- Presencia de Hongos y bacterias
- Contenido de Humedad
- Presencia y porcentaje de fisuras

Pasta 1: Pasta de revestimiento convencional	
Componentes: • Base sólida: Cemento portland + CAL + áridos finos • Líquido: Agua	
Resultados	
Hongos	
Bacterias	
% Contenido de humedad	
% Fisuras	
Observaciones:	

Pasta 2	
Componentes: • Base sólida: Cemento blanco + CAL • Extracto líquido: Cáscara de <i>Manihot esculenta</i> seca directa	
Resultados	
Hongos	
Bacterias	
% Contenido de humedad	
% Fisuras	
Observaciones:	

Pasta 3	
Componentes: • Base sólida: Cemento blanco + CAL • Extracto líquido: Cáscara de <i>Manihotesculenta</i> seca macerada	
Resultados	
Hongos	
Bacterias	
% Contenido de humedad	
% Fisuras	
Observaciones:	

Pasta 4	
Componentes: • Base sólida: Cemento blanco + CAL • Extracto líquido: Cáscara de <i>Manihotesculenta</i> ambiente directa	
Resultados	
Hongos	
Bacterias	
% Contenido de humedad	
% Fisuras	
Observaciones:	

Pasta 5	
Componentes: • Base sólida: Cemento blanco + CAL • Extracto líquido: Cáscara de <i>Manihotesculenta</i> ambiente macerada	
Resultados	
Hongos	
Bacterias	
% Contenido de humedad	
% Fisuras	
Observaciones:	

Pasta 6	
Componentes: - Base sólida: Cemento blanco + CAL - Extracto líquido: <i>Manihot esculenta</i> completa directa (cáscara, hoja, tubérculo)	
Resultados	
Hongos	
Bacterias	
% Contenido de humedad	
% Fisuras	
Observaciones:	

Pasta 7	
Componentes: - Base sólida: Cemento blanco + CAL - Extracto líquido: <i>Manihot esculenta</i> completa macerada (cáscara, hoja, tubérculo)	
Resultados	
Hongos	
Bacterias	
% Contenido de humedad	
% Fisuras	
Observaciones:	

Anexo 2.

Proceso de macerado



Anexo 3.

Pesado y Hervido de la *Manihot esculenta*



Anexo 4.

Envasado e identificación de los extractos



Anexo 5.

Toma de muestra final después del segundo proceso de hervido.



Anexo 6.

Pruebas de laboratorio





Anexo 7.

Construcción del Muro



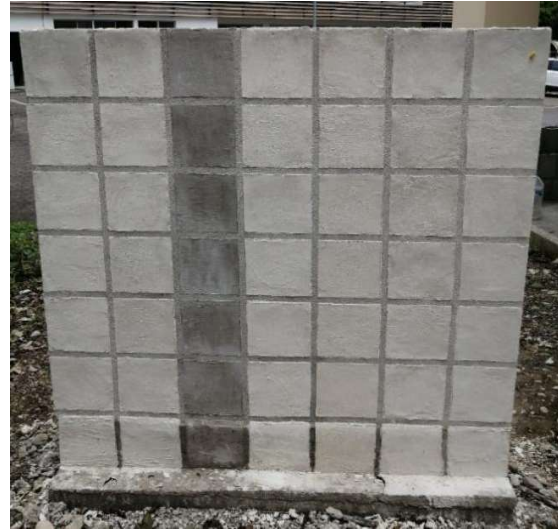
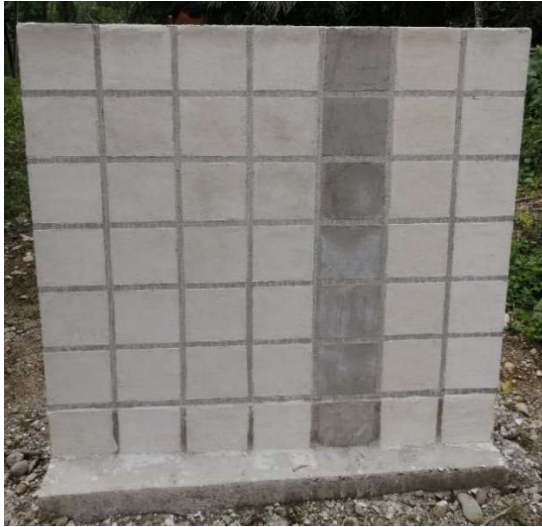
Anexo 8.

Pastas de enlucido aplicadas en Muro control desde septiembre 2022 hasta enero2023

Septiembre 2022



Octubre 2022



Noviembre 2022



Enero 2023



Anexo 9.

Pruebas de contenido de humedad





Anexo 10.

Identificación de Hongos y Bacterias

