



ESCUELA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN INVESTIGACIÓN DEL HABITAT Y LA VIVIENDA SUSTENTABLE

**TECNOLOGÍAS PARA FILTRACIÓN DE AGUA CON MATERIALES
NACIONALES APLICABLES A COMUNIDADES CON DIFICULTADES
DE ACCESO AL AGUA SEGURA**

Ing. Amb. Francisca Mburucuyá Benítez Martínez

Asunción, Paraguay

2021

Ing. Amb. Francisca Mburucuyá Benítez Martínez

**TECNOLOGÍAS PARA FILTRACIÓN DE AGUA CON MATERIALES
NACIONALES APLICABLES A COMUNIDADES CON DIFICULTADES
DE ACCESO AL AGUA SEGURA**

Tesis preparada a la Universidad Americana como
requisito parcial para la obtención del título de
Máster en Investigación del hábitat y la vivienda
sustentables

Tutor: Arq. Silvio Ríos

Asunción, Paraguay

Año 2021

Francisca Mburucuyá Benítez Martínez

Tecnologías para filtración de agua con materiales nacionales aplicables a comunidades
con dificultades de acceso al agua segura

Total de páginas: #

Tutor: Arq. Silvio Ríos

Tesis académica de Maestría en Investigación del Habitat y la Vivienda Sustentables
Universidad Americana, Paraguay, 2021

Áreas temáticas:

_____, _____, _____

Código de biblioteca:

**TECNOLOGÍAS PARA FILTRACIÓN DE AGUA CON MATERIALES
NACIONALES APLICABLES A COMUNIDADES CON DIFICULTADES
DE ACCESO AL AGUA SEGURA**

Esta tesis fue evaluada y aprobada en fecha __/__/__ para la obtención del título de
Máster en Investigación del Hábitat y la Vivienda Sustentables por la Universidad Americana

Miembros de la Mesa Examinadora:

Nombre

Firma

Prof. _____

.....

Prof. _____

.....

Prof. _____

.....

Dedico esta tesis a:

Todos los que en su labor de búsqueda de la verdad
son científicos y artesanos a la vez.

Agradezco a:

Al CONACYT por propiciar que este programar sea solventado con fondos públicos para fortalecer la investigación en el Paraguay.

Al TEMHA por abrir las puertas de sus instalaciones a este investigador proveyendo me materiales e insumos necesarios para las pruebas, siguiendo con su línea de investigaciones para la mejora del hábitat.

Al CAPICI por generar espacios para la difusión de la experiencia de maestros artesanos de la cerámica popular quienes colaboraron con esta investigación enseñando sus técnicas de modelado manual del ñai'ũ.

A la FACEN-UNA por aceptar el convenio con la Universidad Americana poniendo a disposición de este investigador sus laboratorios de biotecnología con todos los instrumentos necesarios para las pruebas de filtros así como el acompañamiento técnico de los docentes del área.

“No hay obstáculos imposibles de superar, solo voluntades fuertes y débiles.” VERNE, J. 1828-1905.

TABLA DE CONTENIDO¹

I. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.2. Objetivos	4
1.3. Aporte y novedad	5
1.4. Alcances	5
1.5. Limitaciones.....	5
1.6. Variables	6
1.7. Hipótesis	6
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Marco conceptual.....	7
2.1.1. Conceptos básicos.....	7
a. Tecnología alternativa.....	7
b. Tecnología Apropriada:.....	7
c. Sostenibilidad.....	7
d. Pilares de la sostenibilidad: social, económico, ambiental, cultural.....	8
• Social:	9
• Económico:	9
• Ambiental:.....	9
• Cultural:	9
e. Filtración	10
f. Agua segura	10
2.2. Contextualización	10
2.2.1. Acceso al agua segura en Paraguay	10
2.2.2. Accesibilidad.....	11
2.2.3. Problematicas regionales mas destacadas.....	11
2.2.4. Gestión domiciliaria del agua desde la perspectiva cultural autoctona	12
2.3. Tecnologías para filtración de agua	13
2.3.1. Filtración con materiales granulares	13
2.3.2. Filtros de Membrana	13
2.3.3. Columnas de filtración.....	14
2.3.4. Carbón activado	14
2.3.5. Filtro ceramico	15
2.4. Materiales nacionales.....	15
2.4.1. Filtros cerámicos de producción nacional.....	15
2.4.2. Carbón activado de producción nacional.....	16
2.4.3. Técnicas artesanales.....	17
III. MARCO METODOLÓGICO	18
3.1. Tipo de investigación.....	18

3.2.	Localización	18
3.3.	Instrumentos de recolección de datos	19
3.3.1.	Estudios de referencia	19
3.3.2.	Fase de observación y experimental	19
3.3.3.	Formulación de prototipos	19
3.3.4.	Técnica para modelado de prototipos	20
3.3.5.	Observación de técnicas de modelado autóctonas tradicionales aplicables.....	20
3.3.6.	Evaluación de prototipos.....	21
a.	Comparación de velocidad de exudación	21
b.	Capacidad de retención microbiológica.....	22
3.4.	Procesamiento de datos.....	23
3.4.1.	Comparación de velocidad de exudación	23
3.4.2.	Capacidad de retención microbiológica.....	23
3.5.	Muestreo	24
3.5.1.	Universo y muestra	24
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	26
4.1.	Identificar tecnologías para filtración de agua a partir de materiales nacionales.	26
4.1.1.	Carbón activado de carozo de coco	26
4.1.2.	Filtros cerámicos artesanales	26
4.2.	Caracterizar los materiales filtrantes usuales y aquellos a estudiar.	27
4.2.1.	Carbón activado	27
4.2.2.	Filtros cerámicos artesanales	28
a.	Filtro Yambui.....	28
4.3.	Evaluar posibilidades de optimización de tratamientos con materiales caracterizados teniendo en cuenta principios de sostenibilidad.....	31
4.3.1.	Prototipo:.....	32
4.3.2.	Composición de mezclas que se probaron	34
4.3.3.	Composición de mezclas seleccionadas para confección de prototipos	35
a.	Mezcla 1Z	37
b.	Mezcla 1	39
c.	Mezcla 2A.....	42
d.	Mezcla2X.....	45
e.	Mezcla 2XX.....	48
4.3.4.	Comparación de caudales de exudación	51
4.3.5.	Resultados de análisis de calidad de agua.....	53
4.3.6.	Descripción de principios de sostenibilidad de la pieza de prototipos exitosos	58
V.	CONCLUSIONES.....	60
VI.	RECOMENDACIONES	63
VII.	REFERENCIAS.....	65
VIII.	ANEXOS.....	69
8.1.	Anexo 1	69
8.2.	Anexo 2	70

8.3.	Anexo 3.....	71
8.4.	Anexo 4.....	72
8.5.	Anexo 5.....	74
8.6.	Anexo 6.....	77
8.7.	Anexo 7.....	78
8.8.	Anexo 8.....	80

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Parametros microbiológicos Ley 1.614/2000.	77
Tabla 2 Datos de promedios para gráficos de caudal de exudación.	78
Tabla 3 Datos de promedios para los gráficos de retención microbiana.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de vulnerabilidad socioeconómica.....	11
Figura 2 Esquema del sistema torre de tratamiento.	13
Figura 3 Filtro Life Straw Family	13
Figura 4 Filtro YAMBUI	15
Figura 5 Esquema de aprovechamiento de <i>Acrocomia totai</i>	17
Figura 6 Carbón activado granulado	28
Figura 7 Granulometrías de carbón activado probadas en los prototipos	33
Figura 8 Herramientas empleadas en TEMHA para modelado manual de filtros	34
Figura 9 Composición de mezclas que fueron probadas.....	34
Figura 10 Pruebas de filtros de 200 ml para selección de mezclas.....	35
Figura 11 Composición de mezclas seleccionadas	36
Figura 12 Fotografía Z1 y su composición.	37
Figura 13 Comparación de UFC (tratamiento 1Z).....	37
Figura 14 Caudal de Exudación promediado (tratamiento Z1).....	38
Figura 15 Fotografía filtro "1" y su composición	39
Figura 16 Comparación de UFC (tratamiento 1).	40
Figura 17 Caudal de Exudación promediado (tratamiento 1)	40
Figura 18 Fotografía filtro "2A" y su composición.	42
Figura 19 Comparación de UFC en agua cruda y en agua filtrada (tratamiento 2A).	43
Figura 20 Caudal de Exudación promediado (tratamiento 2A).	44
Figura 21 Fotografía filtro "2X" y su composición.	45
Figura 22 Comparación de UFC (tratamiento 2X).	46

Figura 23 Caudal de Exudación promediado (tratamiento 2X).	47
Figura 24 Fotografía filtro "2XX" y su composición.....	49
Figura 25 Comparación de UFC (tratamiento 2XX).	49
Figura 26 Caudal de Exudación promediado (tratamiento 2XX).	50
Figura 27 Comparación de caudales de exudación entre los prototipos.	51
Figura 28 UFC en agua tratada con prototipos y testigo.....	53
Figura 29 Gráfico comparativo UFC de Coliformes totales luego de filtración.....	54
Figura 30 Gráfico comparativo UFC de Coliformes fecales luego de filtración,	56
Figura 31 Gráfico comparativo UFC de Escherichia Coli luego de filtración.....	57
Figura 32 Gráfico comparativo de porcentaje de remoción microbiana.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

APA	American Psychological Association
CAPICI	Centro de Artesanos y Pequeñas Industrias de la Ciudad de Ita
cc	Centímetros cúbicos
COOPI	Cooperación Internacional
FACEN	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
g	Gramos
MADES	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible
ml	Mililitros
min	Minutos
SEN	Secretaria de Emergencia Nacional
TEMHA	Taller de Estudios para la Mejora del Hábitat
OEA	Organización de los Estados Americanos
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
UFC	Unidades formadoras de colonias

Tecnologías para filtración de agua con materiales nacionales aplicables
a comunidades con dificultades de acceso al agua segura.

Francisca Mburucuyá Benítez Martínez

Universidad Americana

CONACYT

Resumen

Esta investigación se basó en la problemática local de la dificultad de acceso al agua segura, situación que propicia la aparición de varias enfermedades principalmente relacionadas con el desarrollo infantil. El objetivo general que guió la investigación fue “Analizar posibles tecnologías para filtración de agua empleando materiales nacionales aplicables a comunidades con dificultades de acceso al agua segura y cuya confección responda a los principios de sostenibilidad”, con los objetivos específicos de (1) Identificar tecnologías para filtración de agua a partir de materiales nacionales. (2) Caracterizar los materiales filtrantes usuales y aquellos a estudiar. (3) Evaluar posibilidades de optimización de tratamientos con materiales caracterizados teniendo en cuenta principios de sostenibilidad. Para alcanzar los objetivos se realizó una investigación teórica en busca de características de materiales y de unidades de producción, para la caracterización más puntual se realizaron ensayos en los talleres de producción de filtros cerámicos en el Chaco Central y en los talleres de capacitación de cerámica artesanal de Itá, así también se visitó la planta de producción de carbón activado de carozo de coco ubicada en la ciudad de Yaguaron. Con los datos obtenidos en las experiencias se realizaron pruebas para combinar algunas tecnologías ya comercializadas pero fortaleciendo aun mas sus procesos desde origen para responder con mayor exactitud a los fundamentos el desarrollo sostenible. Los prototipos generados fueron sometidos a pruebas de velocidad de exudación con tres repeticiones para determinar caudales promedios y a pruebas de retención microbiana filtrando agua con alta carga microbiana obteniendo resultados de referencia alentadores llegando a la retención total de coliformes fecales en uno de los prototipos y de E. coli en dos de los mismos, pero requiriendo a futuro aún más repeticiones para aumentar la confiabilidad.

Palabras Claves: agua segura, desarrollo sostenible, filtración, cerámica, carbón activado.

Abstract

This research was based on the local problem of the difficulty of access to safe water, a situation that favors the appearance of several diseases mainly related to child development. The general objective that guided the research was "To analyze possible technologies for water filtration using national materials applicable to communities with difficulties in accessing safe water and whose preparation responds to the principles of sustainability", with the specific objectives of (1) Identifying technologies for water filtration from national materials. (2) Characterize the usual filter materials and those to be studied. (3) Evaluate possibilities of optimization of treatments with characterized materials taking into account sustainability principles. To achieve the objectives, a theoretical investigation was carried out in search of characteristics of materials and production units, for the most punctual characterization tests were carried out in the ceramic filter production workshops in central Chaco and in the artisanal ceramic training workshops of Ita, as well as the coconut stone activated carbon production plant located in the city of Yaguaron. With the data obtained in the experiences, tests were carried out to combine some technologies already commercialized but further strengthening their processes from origin to respond more accurately to the fundamentals of sustainable development. The prototypes generated were subjected to exudation speed tests with three repetitions to determine average flow rates and microbial retention tests by filtering water with high microbial load, obtaining encouraging reference results, reaching the total retention of fecal coliforms in one of the prototypes and E coli in two of them, more repetitions are required to increase reliability.

Keywords: safe water, sustainable development, filtration, Ceramics, activated carbon.

Tecnologías para filtración de agua con materiales nacionales aplicables a comunidades con dificultades de acceso al agua segura

I. Introducción

1.1.Planteamiento del problema

El agua es un recurso vital, el cual forma parte de las actividades y nutrición de las comunidades humanas desde los orígenes de estas. Múltiples estudios describen las problemáticas desencadenadas por las dificultades de acceso al agua segura, indicando que el consumo de agua contaminada es causa raíz de enfermedades que actúan en detrimento de la salud de las personas e incluso uno de los motivos más preocupantes de mortandad infantil. En el Paraguay la situación no es muy diferente atendiendo las debilidades de los sistemas de distribución de agua potable o su inexistencia o precariedad, susceptibles a comprometer seriamente la calidad de líquido vital según las fluctuaciones hídricas como inundaciones o sequías. Ante las complejas situaciones del servicio y la necesidad de rápidas y simples soluciones a nivel doméstico, esta investigación busca identificar mecanismos simplificados de tratamiento de agua a nivel local, fáciles de instalar y de bajo costo que puedan mejorar la calidad del recurso para considerarla segura.

1.2.Objetivos

La investigación se enmarca en el objetivo general de “Analizar posibles tecnologías para filtración de agua empleando materiales nacionales aplicables a comunidades con dificultades de acceso al agua segura y cuya confección responda a los principios de sostenibilidad. Se organiza siguiendo los objetivos específicos de (1) Identificar tecnologías para filtración de agua a partir de materiales nacionales. (2) Caracterizar los materiales filtrantes usuales y aquellos a estudiar.

(3) Evaluar posibilidades de optimización de tratamientos con materiales caracterizados teniendo en cuenta principios de sostenibilidad.

1.3. Aporte y novedad

Esta investigación aporta al cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible para el Paraguay, específicamente al objetivo número 6 de garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y saneamiento para todos.

Al tratarse de estudios de optimización de procesos para tratamientos de agua disponibles en el mercado local, se abre un abanico de oportunidades para la mejora de los productos y el servicio social que estos brindan, al trabajar en forma artesanal con productos nacionales y procesos de bajo impacto ambiental, mejorando la calidad de vida de los usuarios y promoviendo el empoderamiento local al fomentar el uso de tecnologías sencillas y confiables.

Se espera que esta investigación aporte al país información valiosa para la mejora de calidad y accesibilidad a tecnologías para tratamiento de agua por filtración con materiales nacionales.

1.4. Alcances

Para que los objetivos sean logrados, la investigación fue dirigida centrando las pruebas a dos materiales filtrantes puntuales, para la determinación de la eficacia del proceso de filtración solo se tuvieron en cuenta parámetros microbiológicos específicamente coliformes totales, coliformes fecales y E. coli por ser considerados de mayor relevancia según las normas nacionales.

1.5. Limitaciones

Existen multitud de variables a analizar en detalle para garantizar la eficacia de sistemas de tratamiento de agua, que también son influenciados por las condiciones de uso, la calidad de

agua ingresada y la funcionalidad y aceptación sociocultural de los sistemas según el contexto de los usuarios.

Ante la disponibilidad de financiamiento y tiempo se limitó la investigación a analizar combinaciones entre dos sistemas como lo son los filtros cerámicos y el carbón activado, enfocando la determinación de la eficacia en la valoración del volumen de agua tratado por unidad de tiempo y parámetros microbiológicos determinados.

1.6.Variables

En el tercer objetivo se inició la fase experimental del proceso de investigación, en busca de optimizar el funcionamiento de los sistemas de filtración seleccionados, para esto las variables fueron las siguientes.

- Materia prima de origen natural renovable de rápida regeneración
- Velocidad de exudación de los filtros
- Capacidad de retención de microorganismos patógenos

1.7.Hipótesis

Se pueden separar microorganismos patógenos del agua por medio de procesos de filtración empleando materiales nacionales y procesos artesanales.

II. Marco teórico

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Conceptos básicos

a. Tecnología alternativa

Nace como respuesta a consecuencias no deseadas del desarrollo tecnológico convencional, buscando nuevos modelos de desarrollo basados en criterios distintos, adaptables a niveles de producción en pequeña escala, más simples, que requieran menor especialización e inversión inicial que las tecnologías convencionales, descentralizadas en relación al factor económico (Grau, 2013).

b. Tecnología Apropiada:

Schumacher advirtió tempranamente sobre los riesgos de una sociedad distorsionada por el culto al crecimiento desmedido y abogó por la necesidad de reorientar la economía para ponerla al servicio y a escala del humano.

“La producción a partir de recursos locales para cubrir las necesidades locales es la forma más racional de vida económica” (Schumacher, 1973).

Se caracteriza por la idea de que la tecnología aplicada debe tener relación directa con las necesidades, recursos, e idiosincrasia del grupo social que las aplica (Grau, 2013).

c. Sostenibilidad

En cuanto a los términos Sustentabilidad y Sostenibilidad, en el presente documento se entenderá ambos como sinónimos, pero empleando principalmente “Sostenibilidad” pues, aunque existen disputas respecto a sus diferencias, se observaron documentos, investigaciones e incluso cumbres internacionales en los que los términos se emplearon indistintamente, por tanto,

se los tomará como iguales haciendo alusión al cumplimiento de los cuatro pilares a detallar más abajo.

Según la revisión documental se encontraron diferencias entre estos términos explicadas por múltiples autores, pero sin llegar a un argumento sólido que convenza a este investigador, por tanto se adopta la conclusión de López y sus colegas como base para optar por el uso del término “sostenible” (López et al., 2005).

Para los planteamientos de esta investigación resultó interesante tener en cuenta lo planteado por Rueda que relaciona con la sostenibilidad y sus fundamentos al término “calidad de vida” como un concepto formado en un determinado universo ideológico que solo toma sentido al relacionarse con un sistema de valores (Rueda, 2004).

d. Pilares de la sostenibilidad: social, económico, ambiental, cultural

Este desarrollo busca incluir las interacciones entre tres sistemas complejos: la economía mundial, la sociedad global y el medio ambiente físico de la Tierra, así como también un enfoque normativo sobre el planeta de la mano de una buena gobernanza (Sachs, 2016).

En los encuentros internacionales se fue especificando el concepto de desarrollo sostenible, en ese avance se definieron los tres pilares fundamentales, económico, social y ambiental, de tal modo que la unión y articulación de estos “pilares” ayuden a fijar la hoja de ruta internacional (Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2002).

Uno de los planteamientos indica que la sostenibilidad se alcanzará con el equilibrio entre los tres pilares clásicos y posteriormente se plantea también el cuarto, además de estar orientados con políticas que implique la participación de los grupos y comunidades locales en las definiciones de prioridades y metas (Gómez, 2020) y (Sachs, 2016):

- *Social:*

La cohesión social con equidad en la distribución de bienes e ingresos.

- *Económico:*

El crecimiento económico, basando la asignación y gestión de recursos en “términos macro sociales” manteniendo una constante inversión.

- *Ambiental:*

La conservación de los recursos y del medio ambiente, con su uso racional para mantener el equilibrio ecosistémico.

- *Cultural:*

Orientado en la diversidad cultural, teniendo como base a la cultura local para los procesos de modernización.

En ICOMOS se habla de cómo la Cumbre mundial sobre el desarrollo sostenible, “reconoció la diversidad cultural como el cuarto pilar del desarrollo sostenible, junto al económico, social y medioambiental” (Bermeo Noboa, 2002).

En múltiples reuniones internacionales respecto al desarrollo sostenible, también se tiene como uno de los pilares fundamentales al cultural, respecto al patrimonio cultural, destacando la Declaración de París sobre el Patrimonio como motor de Desarrollo, adoptada en la 17ª Asamblea General de ICOMOS en París, así como la inclusión, por primera vez, de la cultura en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030 durante la 70ª Asamblea General de la ONU (Blasco et al., 2017).

e. Filtración

El filtrado del agua, es el proceso de retiro de sólidos suspendidos del agua mediante el paso del agua a través de una tela permeable o una cama de materiales porosos (COOPI, 2011).

f. Agua segura

El agua se considera segura según los fines de uso, dentro del marco de esta investigación se considera su uso para consumo humano. La OMS define en sus guías al agua segura para consumo humano, como aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume a lo largo de toda una vida, teniendo en cuenta las vulnerabilidades diferentes que se pueden presentar en distintas etapas de la vida (Organizacion Mundial de la Salud, 2018).

En estudios realizados en el Paraguay también se evaluó el riesgo en el agua a partir de parámetros puntuales como cloro libre y residual, hierro, boro, nitratos, potasio, flúor (COOPI, 2012).

2.2.Contextualización

2.2.1. Acceso al agua segura en Paraguay

En estudios locales se identificó una notable deficiencia en información, falta de políticas claras, multiplicidad de instancias públicas, poca operatividad de entes de control y regulación, son factores multiplicadores de la problemática y permiten señalar que existen situaciones que deben ser modificadas para remediar los diversos problemas crecientes en relación al recurso agua (Salas, 2015).

2.2.2. Accesibilidad

En el Paraguay se evidencia la vulnerabilidad del acceso al agua atendiendo a los sistemas actuales de abastecimiento público, los cuales son sensibles a las fluctuaciones del régimen hídrico, contaminándose las fuentes tanto en los eventos de inundaciones como en los eventos de sequía. Así lo grafica la SEN en el siguiente mapa.

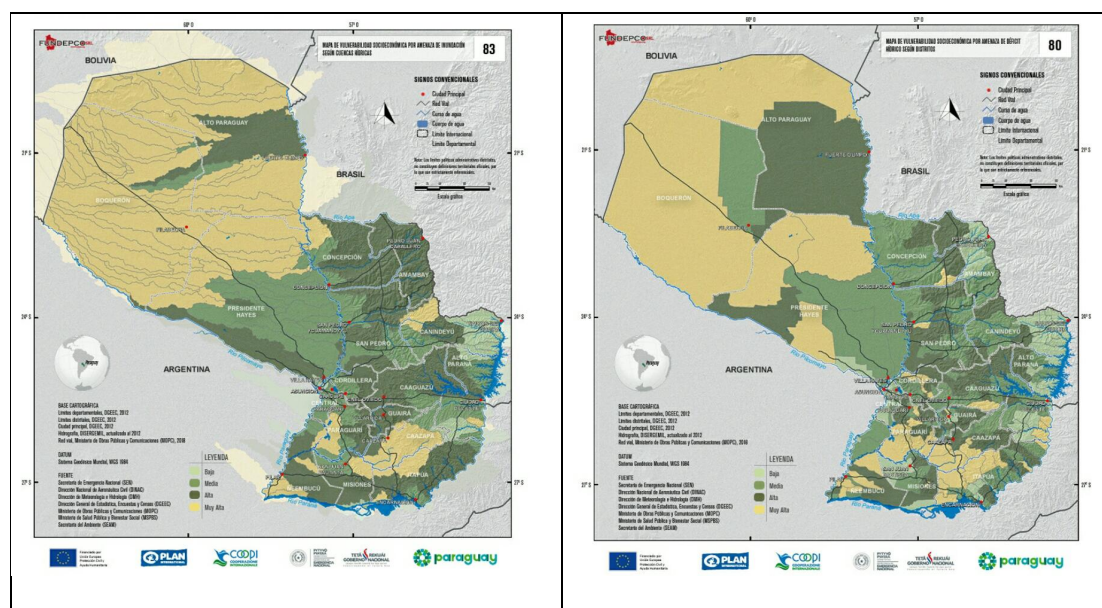


Figura 1 Mapa de vulnerabilidad socioeconómica

Fuente: (Secretaría de Emergencia Nacional, 2012).

La provisión de agua en el Chaco Central en proporción importante no responde a políticas en orden de estándares mínimos de abastecimiento permanente y saneamiento básico, ni a una planificación estratégica que tenga en cuenta las distintas necesidades de una población tan heterogénea. Se presentan soluciones de abastecimiento individuales donde son los propios usuarios quienes buscan proveerse de distintas maneras (COOPI, 2011).

2.2.3. Problemáticas regionales mas destacadas

La presencia de enfermedades asociadas al agua, en el Paraguay se relaciona directamente con el acceso al agua corriente, dejando en evidencia la contaminación de las fuentes de agua como arroyos y tajamares en cuanto a parásitos y patógenos íntimamente ligados

a transmisión por contacto de heces, con alimentos y con el agua de consumo. Así lo observaron Echagüe y sus colegas en un estudio realizado en un departamento del país, en la Región Oriental donde identificaron que los niños indígenas habitaban en mayor proporción en viviendas “precarias” en comparación con niños no indígenas de comunidades rurales, y presentando en ambos grupos enteroparásitos pero con mayor regularidad en los niños que carecían del servicio de agua corriente y de sanitarios mejor preparados (Echagüe et al., 2015).

En otro estudio realizado en Colombia, se observó la importante relación entre las características socio económicas, las brechas sanitarias y la calidad del agua para consumo humano, mencionan que se encontraron coincidencias de esto con otras investigaciones realizadas incluso en otros continentes donde la calidad de agua para consumo humano constituye un frente importante para la salud preventiva, pues el consumo de agua contaminada es uno de los principales factores influyentes en aparición de enfermedades diarreicas, retraso en el crecimiento, bajo peso, entre otras (Álvarez et al., 2013).

2.2.4. Gestión domiciliaria del agua desde la perspectiva cultural autoctona

En relevamientos iniciales en campo, se menciona el uso de carbón natural como material depurador, tanto para el agua como para cosméticos, así lo cita una mujer del Pueblo Guaraní Occidental que vive en la comunidad Yvopey Renda de Filadelfia “Nosotros cargamos carbón vegetal común en bolsas de red y colocamos la bolsa dentro del aljibe de la casa, con esto el agua deja de tener malos olores e incluso elimina algunos bichos y gusanos” (Cabrera, G. comunicación personal, 14 de febrero de 2020).

Atendiendo las altas temperaturas es una cualidad valorada la “frescura del agua” y es parte de la cultura paraguaya el uso de cantaros cerámicos que por sus características mantienen el agua a menor temperatura que la ambiente. Al ser un recipiente cerrado también fue considerado como un reservorio seguro para el agua de consumo, protegida del contacto con insectos u otro tipo de animales que pudieran transmitir enfermedades “El agua del cántaro es fresca, liviana y tiene mejor sabor que el agua corriente” (Ramos, N. comunicación personal, enero de 2021).

2.3. Tecnologías para filtración de agua

2.3.1. Filtración con materiales granulares

Existen varios sistemas de filtración que aplican este principio de combinar materiales de diferentes granulometrías y cualidades particulares en forma de estratos haciendo pasar el agua a través de los mismos, propiciando la retención de posibles contaminantes.

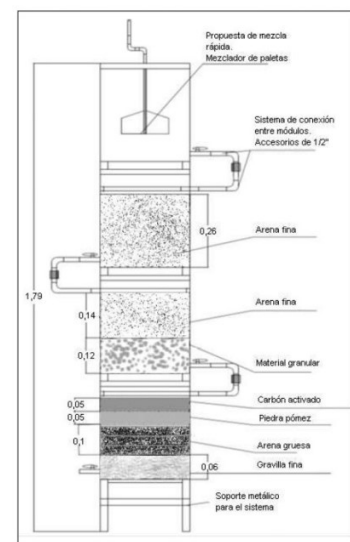


Figura 2 Esquema del sistema torre de tratamiento.

El sistema propuesto por Torres y sus colegas, denominado “Torre de Tratamiento” teniendo en cuenta los diseños de filtro lento de arena, combinando en estratos de arena, carbón activado, materiales granulares, rocas de diversos tipos y granulometrías (Torres et al., 2017).

2.3.2. Filtros de Membrana

Existe variedad de filtros de membrana, con diversidad de tamaño de poros dependiendo del uso deseado, generalmente

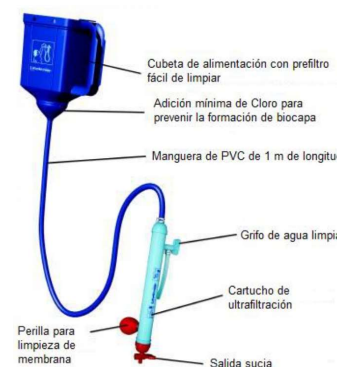


Figura 3 Filtro Life Straw Family

se componen de capas consecutivas de materiales como celulosa.

Como ejemplo se menciona un sistema de tratamiento para agua, enfocado a la retención de microorganismos, diseñado para proporcionar agua segura a unidades familiares sin el empleo de energía eléctrica, con instalación portátil sencilla. Este sistema trata el agua con el paso de la misma por un pre-filtro en la cubeta de alimentación y en su etapa final un filtro de membrana denominado “cartucho de ultrafiltración” (LifeStraw, 2014).

2.3.3. Columnas de filtración

Existen propuestas para tratamiento de agua que combinan materiales naturales granulares con el cultivo de microorganismos benéficos, con el principio de que la presencia de estos últimos podrían modificar las condiciones del sustrato haciéndolas inapropiadas para la proliferación de microorganismos patógenos y degradando compuestos contaminantes como la materia orgánica, así lo describieron en su investigación Carreño y sus colegas en los tubos de filtración compuestos de zeolita de diversa procedencia, productos comerciales de microorganismos eficaces y un preparado de microorganismos benéficos autóctonos (Carreño et al., 2020).

2.3.4. Carbón activado

Posee una estructura cristalina reticular y es extremadamente poroso. Todos los átomos de carbón en la superficie de un cristal son capaces de atraer moléculas de compuestos que causan color, olor o sabor indeseables; la diferencia con un carbón activado consiste en la cantidad de átomos en la superficie disponibles para realizar la adsorción (Universidad de Sevilla, 2010).

Para la activación del carbón existen varios métodos que pueden clasificarse principalmente en físicos y químicos.

El método de activación física tiene lugar en dos etapas: carbonización y activación del carbonizado mediante la acción de gases oxidantes y la extensión del quemado depende de la naturaleza del gas empleado y de la temperatura de activación (Universidad de Sevilla, 2010).

2.3.5. Filtro ceramico

La OMS define a estos en conjunto con los de membrana, como filtros, cuyos poros tienen tamaños definidos. El agua pasa a través de una o varias superficies porosas estructuradas, cuyos poros remueven y retienen físicamente a los microbios por exclusión de tamaño. Algunos también pueden emplear superficies antimicrobianas o bacteriostáticas o compuestos químicos que hacen que los microbios adsorbidos en las superficies de los filtros se inactiven o al menos que no se multipliquen (Organizacion Mundial de la Salud, 2018).

Es un dispositivo casero de tratamiento de agua, de muy bajo costo, que potabiliza agua contaminada. Este elemento filtrante puede ser fabricado por ceramistas, con materiales comunes, sin tecnologías de alto nivel. Por su estructura permite eliminar la turbidez y por sus micro poros evita el paso de bacterias (Soriano Ortiz, 2014).

2.4. Materiales nacionales

2.4.1. Filtros cerámicos de producción nacional

Existen filtros cerámicos producidos en la región occidental del Paraguay, el área productiva de este modelo en particular se localiza en la zona de Chaco Central por la presencia de arcillas y maderas que fueron probadas previamente hasta obtener las características deseadas para los componentes fundamentales de la mezcla como lo son la arcilla y el aserrín. La unidad productiva puede

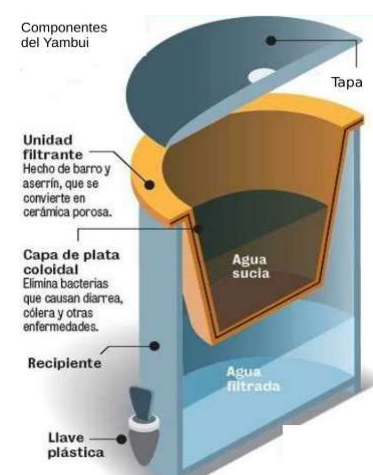


Figura 4 Filtro YAMBUI

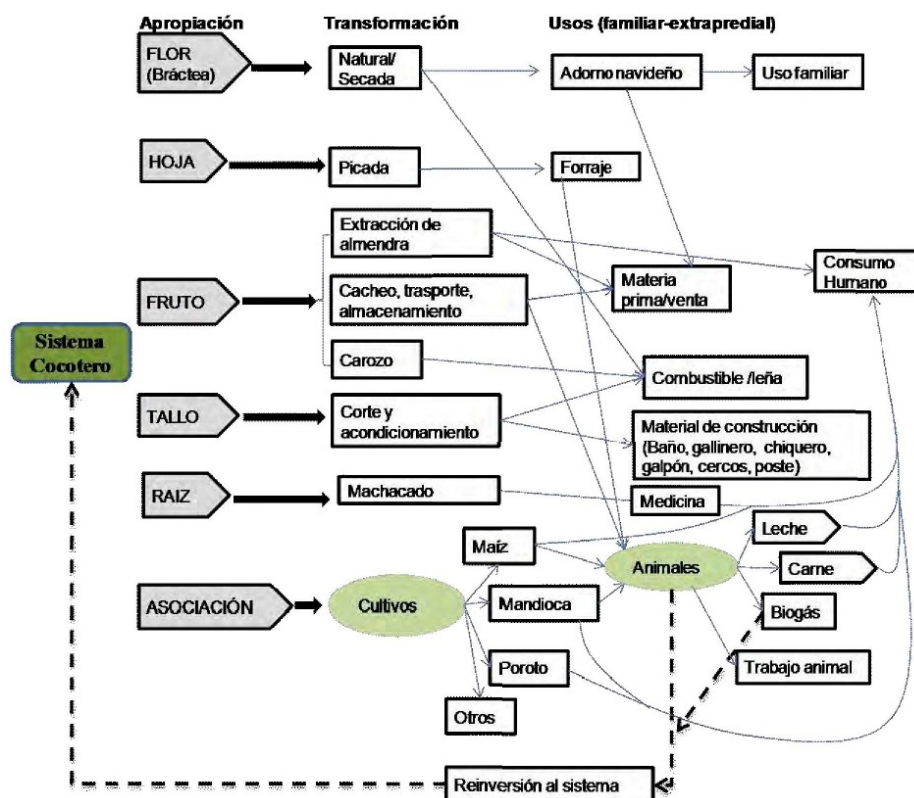
(TEMHA, 2010).

considerarse bastante rustica con la apariencia de talleres de cerámica artesanales pero empleando maquinaria de apoyo para la producción a mayor escala, los filtros imitan el diseño sencillo y eficaz validado por las pruebas de la asociación “Ceramistas por la paz”, siendo de fácil manipulación y mantenimiento, sin el requerimiento estricto de energía eléctrica para la producción (Benítez, 2020).

La pieza es compuesta de una mezcla de arcilla y aserrín, este último se desintegra durante la cocción cerámica dejando cavidades porosas para la filtración, en su etapa final son impregnados con plata coloidal para asegurar la calidad microbiológica del agua tratada (TEMHA, 2010).

2.4.2. Carbón activado de producción nacional

El carbón activado producido en el Paraguay, principalmente el de caroso de coco presenta múltiples cualidades relacionadas a sistemas de producción sostenibles por el ciclo del carbono de rápida regeneración y la capacidad de esta especie de convivir con sistemas de producción agroganaderos e incluso colecta domestica, sin requerir mayores cuidados. Esta especie puede ser aprovechada en todas sus partes y etapas según puede verse en la Figura 5 (Ortiz et al., 2015).

Figura 5 Esquema de aprovechamiento de *Acrocomia totai*

Fuente: (Ortiz et al., 2015)

2.4.3. Técnicas artesanales

Se estudiaron en detalle por observación participativa, las técnicas de producción de piezas cerámicas utilitarias en el distrito de Itá, caracterizado en el Paraguay por el modelado manual y uso de herramientas muy simples y naturales. En este distrito se emplea como materia prima la “arcilla negra” denominada “ñai’ũ” en guaraní o “Ña’ẽ’ũ” como Silva y sus colegas denominan la arcilla negra, caracterizada por ser rica en materia orgánica ubicada en humedales y cursos de agua, con un amplio espectro de sedimentos arcillosos y limosos-arcillosos (Silva et al., 2018).

III. Marco Metodológico

3.1. Tipo de investigación

Este estudio fue de tipo descriptivo y experimental, cuali-cuantitativo, siendo un proyecto de desarrollo tecnológico e investigación, busco la obtención de un producto tangible a partir de la investigación descriptiva de procesos artesanales y semi mecanizados ya existentes.

La fase experimental se consideró transversal en el tiempo al ser experimental con condiciones específicas para su descripción.

3.2. Localización

Para la revisión de documentos de referencia se emplearon estudios a partir del año 2000 y se prefirieron aquellos del contexto regional es decir de América latina y el Caribe.

En cuanto a los materiales empleados para los experimentos y descripciones de sus correspondientes procesos de obtención fueron preferidos aquellos de origen local pero de diversos ecosistemas según la localización de cada unidad productiva.

El carbón activado empleado en los experimentos proviene de plantas industriales localizadas en el distrito de Yaguarón, región oriental del Paraguay, así como su materia prima, el fruto de cocotero es en su mayor parte de procedencia en un radio de acción no superior a cien kilómetros de la planta productora.

La arcilla empleada en la elaboración de prototipos proviene de suelos inundables naturales de Boquerón, Región Occidental del Paraguay.

La arcilla empleada para la descripción de procesos artesanales, así como las unidades productoras se ubican en el Municipio de Itá, Región Oriental del Paraguay.

3.3. Instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Estudios de referencia

Para la colecta de información acerca de estudios similares realizados en la región, se tomaron textos científicos cuidando de que sean publicaciones revisadas por pares a modo de asegurar la confiabilidad de la información. Este método se aplicó principalmente para el primer objetivo específico de la investigación y en parte para el segundo.

3.3.2. Fase de observación y experimental

Tras el relevamiento documental de tecnologías para filtración de agua, se seleccionaron tres unidades de producción para dar respuesta al segundo objetivo específico de la investigación el cual implica la caracterización profunda de materiales y técnicas así como para la fase experimental que responde al tercer objetivo específico de la investigación con la formulación y puesta a prueba de los prototipos propuestos.

3.3.3. Formulación de prototipos

En cuanto a la selección de métodos y formulas para elaboración de prototipos, se aplicaron métodos empíricos, combinando la observación con los experimentos y mediciones. Esto es de destacar pues la investigación buscó resaltar técnicas artesanales ya definidas (es aquí donde la observación juega un papel fundamental para la réplica de estos procesos en la elaboración de prototipos) siguiendo con la experimentación y medición, correspondientes a la incorporación de modificaciones a los procesos y formulas ya establecidos.

Según la disponibilidad de unidades productivas se tomaron tres unidades para diferentes partes de los prototipos (para el carbón, extracción de arcilla y recuperación de aserrín).

El carbón activado empleado corresponde a una unidad productiva industrial pero con procesos sencillos como la activación física con vapor, replicables similarmente en condiciones

domesticas, así también se optó por un carbón producido a partir de biomasa de rápida regeneración y de especies nativas, cuya extracción no afecte a la población de esa especie vegetal. Por tanto se empleó carbón activado físicamente con inyección de vapor de agua, a base de caroso de coco paraguayo.

3.3.4. Técnica para modelado de prototipos

La unidad productiva nacional de filtros cerámicos identificada corresponde a una empresa social semi artesanal ubicada en el departamento de Boquerón Chaco paraguayo. En esta unidad se producen filtros con dos principales métodos, el de mayor volumen empleando amasado mecanizado con modelado en prensas hidráulicas y el segundo para menor volumen y empleado en pruebas y capacitaciones comunitarias, a partir de mezclas manuales y modelado en tiras sobre un molde. Para la producción de prototipos a los efectos de esta investigación se empleó la segunda técnica pues con la adición del carbón la masa perdió plasticidad y no fue factible de modelar en prensa.

3.3.5. Observación de técnicas de modelado autóctonas tradicionales aplicables.

Finalmente se toma de referencia los procesos artesanales de modelado de cerámica característicos de la ciudad de Itá como técnica para extracción, modelado y cocción de filtros cerámicos, atendiendo que son técnicas que emplean en su totalidad métodos manuales replicables con escasa complejidad y también los métodos de extracción de materia prima y cocción responden a los principios de la sostenibilidad al tratarse de sistemas de bajo impacto.

3.3.6. Evaluación de prototipos

Una vez obtenidos los prototipos, fueron sometidos a evaluación en dos principales aspectos; velocidad de exudación y capacidad de retención microbiana, cuyos procesos se detallan a continuación;

a. Comparación de velocidad de exudación

Se inició con una etapa de preparación en la que los prototipos se limpiaron con una esponja común nueva y detergente lava vajillas empleando agua corriente, con el fin de retirar restos de polvo u otras partículas que pudieran influir en la velocidad de exudación, se aplicó este proceso simplificado de limpieza tratando de simular las condiciones de uso normal de estos equipamientos según las instrucciones de uso que acompañan al filtro de referencia denominado “testigo”.

En una segunda etapa se sumergieron los prototipos en agua destilada por al menos doce horas para garantizar su saturación y permitir ritmos de exudación mas similares a los de un uso frecuente.

Una vez saturados los filtros son posicionados sobre trípodes metálicos previamente higienizados, prestando especial atención en que la superficie de contacto entre el trípode y el prototipo no interfiera en el flujo de exudación, vale aclarar que esto se logró gracias a la forma de los prototipos que presentan manijas salientes en el borde superior, haciendo la suerte de brazos de soporte para reducir el contacto con la superficie filtrante. Por debajo de cada prototipo se situó una probeta graduada de a diez mililitros y un cronometro digital.

Si bien los prototipos tiene una capacidad de entre 600 ml y 700 ml, al ser hechos a mano y con formulas con variaciones de grado de compactación luego de la cocción, no presentan la misma capacidad, por lo que para fines de la medición y comparación de velocidad de exudación

se definió cargar 600 ml en cada filtro para cada repetición, teniendo en cuenta el tiempo transcurrido cada 10 ml colectados en la probeta hasta alcanzar el volumen de quinientos mililitros.

Se aclara que para garantizar las características de saturación y porosidad de los prototipos se procedió a dejar nuevamente en remojo luego de cada medición para las posteriores repeticiones, así también se renovó el agua para saturación al menos cada cuarenta y ocho horas así como se procedió a la limpieza de los prototipos con esponja y detergente cada vez que se realizará el cambio de liquido de remojo para evitar la formación de algas u otros microorganismos que pudieran interferir en la porosidad de los prototipos.

Se realizaron las mediciones para cada pieza en al menos tres repeticiones para cada una, tomando nota de las observaciones de mililitros colectados VS tiempo transcurrido.

b. Capacidad de retención microbiológica

Replicando las condiciones normales de uso se procedió a limpiar los filtros con agua corriente y esponja común con detergente lavavajillas, posicionando los prototipos en los trípodes previamente higienizados primero con agua y toallas de papel y posteriormente con alcohol al 70% especialmente en los puntos de contacto con los prototipos.

Para la prueba de retención microbiana se empleó agua extraída de la bahía de Asunción en su área sur oeste en fecha trece de diciembre del año dos mil veinte, para el año en cuestión considerada como agua no apta para consumo humano por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, por lo que se asume la presencia de microorganismos patógenos en la misma, la toma de muestra fue realizada en fecha trece de diciembre del año dos mil veinte

colectando directamente de la fuente en su capa superficial a recipientes plásticos sin uso anterior.

El proceso de filtración se realizó en fecha dieciséis de diciembre del dos mil veinte, cargando 500 ml de la muestra en cada prototipo luego de una previa agitación del recipiente que contenía el agua a filtrar asegurando la distribución de posibles precipitados, descartando 100 ml iniciales asegurando que la muestra no sea diluida con el agua de la limpieza, posteriormente se colecta el agua filtrada en frascos plásticos estériles de 100 ml para cada parámetro microbiológico a analizar totalizando 300 ml por cada prototipo

3.4.Procesamiento de datos

3.4.1. Comparación de velocidad de exudación

Luego de tomar nota del tiempo transcurrido cada 10 ml de agua filtrada colectada se realizaron los procesamientos en planillas de cálculo, tomando como parámetro fijo los volúmenes cada 10 ml y como parámetro variable el tiempo, determinando el promedio entre tres repeticiones para cada prototipo.

Para facilitar la comparación se confeccionó un grafico en el que cada prototipo es representado por una curva que muestra el comportamiento del caudal de exudación a lo largo del tiempo en minutos, se acuerda representar con estos datos pues el caudal de exudación es dependiente del volumen contenido dentro del filtro en relación a la presión y a la superficie filtrante útil en según al nivel de agua.

3.4.2. Capacidad de retención microbiológica

Para garantizar la confiabilidad en los procesos de análisis de agua, las muestras clasificadas para cada parámetro a evaluar fueron remitidas a un laboratorio con certificación de

calidad a nivel nacional, el método aplicado fue el de “numero más probable”, y la unidad de medida fue de UFC (unidades formadoras de colonias).

Se tomaron los certificados de resultados, trasladando los datos obtenidos a una planilla de cálculo virtual, para representar en gráficos comparativos entre los números obtenidos de UFC por muestra. También se calculó el porcentaje de retención microbiana tomando como el 100% a los números resultantes de la muestra de “agua cruda” correspondiente al agua que no fue sometida a tratamiento alguno, y su relación con los números obtenidos en cada tratamiento para el correspondiente parámetro como la cantidad que no pudo ser removida, para así de la diferencia transformada en porcentaje obtener los datos para el gráfico comparativo de remoción microbiana.

3.5.Muestreo

3.5.1. Universo y muestra

Si bien en el Paraguay existen variedad de técnicas cerámica con diferentes materiales y técnicas, se opta por tomar de modelo la Cerámica tradicional del Municipio de Ita, por sus características de empleo de materia prima en estado natural, técnicas manuales solo apoyadas en herramientas sencillas también recuperables de fuentes naturales (ejemplo de materiales: trozos de tacuara, hojas de cítricos, cuchara o cuchillo común, piedras lisas, espinas de cítricos o palmas). Esta selección es atendiendo a que la prueba propuesta buscó la confección de piezas cerámicas en contextos económicos y socio-culturales modestos en entornos naturales.

Para el diseño e prototipos se seleccionó la unidad productiva de TEMHA en Boquerón, Chaco paraguayo, atendiendo a que en este taller se observaron los productos modelos y todos los materiales necesarios para la confección de prototipos, también esta unidad productiva ya había distribuido filtros cerámicos propios a varias comunidades locales e instituciones

educativas por lo que contó con información relevante respecto a la aceptación, dificultades y oportunidades detectadas respecto al uso de filtros cerámicos para tratamiento de agua para consumo humano.

Respecto al carbón activado, se observaron varias empresas distribuidoras en el contexto nacional al pero reduciéndose las opciones respecto a su producción y principalmente a base de carozo de coco, se optó por la empresa OISA, al emplear si bien técnicas industrializadas, son de características sencillas y similarmente replicables en forma artesanal o domestica. Obteniendo la activación por medios físicos con inyección de vapor de agua. Sumando a la garantía de la calidad del producto y su estandarización por los procesos involucrados a nivel industrial. Dando mayor confiabilidad a los resultados obtenidos en los prototipos bajo las condiciones propuestas.

IV. Resultados y discusiones

4.1. Identificar tecnologías para filtración de agua a partir de materiales nacionales.

4.1.1. Carbón activado de carozo de coco

Material de origen vegetal, granular o en polvo, de elevada dureza (mínimo 96%) y elevada porosidad, por lo que es un adsorbente universal, activado en forma física. Presenta densidad aparente de 0,4 g/cc. La porosidad se determina por el índice de Yodo mínimo de 700 mg/g. Se ofrece con granulometrías; 4 x 8 / 8 x 30 / 20 x 70 / 30 x 60 / 60 x 200 (OISA, 2019).

4.1.2. Filtros cerámicos artesanales

La cerámica modelada en forma manual es intrínseca a la cultura originaria del Paraguay, documentada desde su confección por los nativos (entre ellos los Guaraníes) como nos presentó (Silva et al., 2018). Como presentación de la relación de la cerámica en el Paraguay con la calidad de agua, se obtuvo un documento redactado por (Pla, 1994) en el que se describe en detalle las técnicas y materiales utilizados en la cerámica tradicional y como esta es concebida desde sus orígenes para la confección de utilitarios domésticos, entre los que se destaca el cántaro o “Kambuchi” utilizado para el transporte y almacenamiento del agua en condiciones “seguras” y que le añaden cualidades que mejoran su calidad como la reducción de la temperatura para considerarla “agua fresca”. La misma autora también describe los componentes de la arcilla empleada en la Ciudad de Itá (esta en particular revistió gran pertinencia para este trabajo al mantener técnicas manuales y que fueron observadas en forma directas para esta investigación), siendo un material de grano grueso, con poco óxido de hierro y proporciones

importantes de sílice, bastante dúctil para el modelado manual principalmente si no se requieren detalles finos.

En el relevamiento documental se analizaron investigaciones varias, anteriores y similares a los procesos estudiados obteniendo en primera instancia algunas definiciones importantes que determinan las características de los filtros cerámicos.

Según (Soriano Ortiz, 2014) un filtro cerámico es un elemento filtrante que puede ser fabricado por ceramistas, con materiales comunes, sin tecnologías de alto nivel. Por su estructura permite eliminar la turbidez y por su micro poro evita el paso de bacterias.

Se opta por tomar de referencia el filtro producido en THEMA, ONG que sitúa sus talleres de producción en el departamento de Boquerón, Chaco paraguay, esto atendiendo principalmente a que sus productos son pensados para comunidades con dificultad de acceso al agua segura y que presentan una suerte de aislamiento territorial siendo difícil la instalación de tecnologías más complejas por los procesos de mantenimiento y cuidados que requieren estas últimas.

4.2. Caracterizar los materiales filtrantes usuales y aquellos a estudiar.

4.2.1. Carbón activado

Las propiedades del carozo de coco, permiten considerar al endocarpio como materia prima para la producción de materiales como carbón activado para una variedad de aplicaciones (Duarte et al., 2017) y (León et al., 2019).

El carbón estudiado y llevado a prueba en otras etapas de esta investigación corresponde a un producto comercializado por una industria local ubicada en el distrito de Yaguaron.

El sistema de este tipo de industrias es respuesta a una producción local a pequeña escala, también se puede considerar como producción sostenible por el ciclo de los frutos y la eficiencia de la especie, así como por cultura local no se acostumbra aplicar ningún tipo de producto sintético a los especímenes de la planta productora.

El carozo es un sub producto del rubro principal de extracción de aceite, el mismo se somete al proceso de carbonización y posteriormente a la activación, proceso que confiere las cualidades principales al carbón activado altas temperaturas (aproximadamente 900° C) exponiéndolo a agentes que actúan como oxidantes, en este caso al vapor de agua, potenciando la generación de poros de variedad de formas u tamaños en su estructura, convirtiendo al carbón en una forma cristalina, desarrollando una mayor área superficial (Paredes, 2007).



Figura 6 Carbón activado granulado
(OISA, 2019)

4.2.2. Filtros cerámicos artesanales

a. Filtro Yambui

Este filtro se encuentra compuesto por arcilla extraída en la región, clasificada como Luvisol Aplico – Cambisol Eutrico en el Atlas Geográfico del Chaco Paraguayo (UNIDAD GIS – REDIEEX, 2009), presentando predominantemente en su horizonte C (65-86 cm) textura franco arcillo limoso.

Se realizaron entrevistas a ceramistas productores de estos filtros, en las que estos explican el mecanismo de obtención de arcilla en coordinación con vecinos que excavan tajamares, aprovechando el movimiento de suelo para acceder al material presente en los estratos

cercanos a un metro de profundidad, en donde se consigue el suelo con mayor proporción de arcilla, la cual luego se su colecta pasa por un proceso de secado, desestructuración mecánica y posteriormente es sometida a zarandas hasta obtener la granulometría deseada.

El segundo componente fundamental es el aserrín, el cual también es obtenido como sub producto de otros procesos locales como los comprendidos en aserraderos y mueblerías, prefiriendo aquellos en los que se emplea madera de procedencia local a modo de buscar una suerte de homogeneidad en la densidad de madera. El aserrín también pasa por el proceso de secado al sol, trituración y zarandeo, hasta obtener el tamaño particular apropiado para la formación de poros en los filtros.

El último componente fundamental y el que propicia la aglutinación de los demás para el amasado, es el agua. Ante la situación local de escasez de agua corriente, se emplea agua de lluvia cosechada de los eventos de precipitaciones caídas sobre los techos del local y colectada en aljibes subterráneos sin agregados ni tratamientos superiores a los físicos básicos como la filtración gruesa.

Estos filtros se confeccionan en dos formatos, el comercial que imita la propuesta de la organización “Ceramistas por la paz” (Lantagne, 2001) para el cual se emplea equipo mecánico de baja complejidad como un mezclador eléctrico y un molde con prensa hidráulica, esto reponiendo a la necesidad de producción en masa, siendo el otro formato el empleado para pruebas de mezcla y educación ambiental, el cual es confeccionado enteramente a mano, teniendo una capacidad menor, se emplea un utensilio domésticos como un plato o bandeja profundo como molde base y se confecciona la pieza uniando tiras de masa cortadas en igual grosor hasta cubrir el molde base.

El proceso inicia con la obtención de materia prima, continuando con la preparación de la mezcla en seco agregando el aserrín y la arcilla en las partes indicadas, posteriormente se adiciona el agua y se procede al amasado para lograr una homogeneidad en la masa. Se continúa con el modelado, ya sea con la técnica de tiras o la de prensado, se deja descansar la pieza a temperatura ambiente para reducir su humedad y aumentar su solidez para posteriormente realizar las correcciones de imperfecciones que puedan presentarse empleándose para ambas técnicas de modelado el uso de cucharas y espátulas manuales.

Luego se dejan secar las piezas a temperatura ambiente hasta observarse la ausencia de humedad a simple vista, una vez secas se realiza el calcinado, pudiendo realizarse en hornos a leña o eléctricos hasta la desaparición de las partículas de aserrín dando paso a los tan deseados poros que posibilitan la filtración.

Posterior al calcinado se realizan pruebas de calidad, con la saturación de las piezas y posterior prueba de filtración a modo de determinar el caudal de exudación de cada pieza. Con estudios previos se determinaron los rangos de exudación más apropiados obteniendo equilibrio entre volumen filtrado y calidad de filtración en tiempo.

Las piezas cuya exudación se encuentre en el rango aceptable serán impregnadas con una solución de plata coloidal la cual contiene propiedades que desagregación de la membrana celular de posibles microorganismos patógenos (Lantagne, 2001).

4.3.Evaluar posibilidades de optimización de tratamientos con materiales caracterizados teniendo en cuenta principios de sostenibilidad.

Para formular propuestas se optó por combinar materiales filtrantes ya validados con la intención de complementar los tratamientos, empleando filtros cerámicos como base adicionando en su mezcla carbón activado.

Esto se planteó teniendo en cuenta los pilares fundamentales de la sostenibilidad;

- El social, al emplear técnicas y procesos que permitan la incorporación de mano de obra local y de pequeños productores, en cuanto al funcionamiento de la propuesta, se busca que la misma colabore en la mejora de calidad de vida de los usuarios al posibilitar un tratamiento económico, sencillo y cuya confección pueda ser realizada en el hogar.
- El cultural; al utilizar carbón activado a base de carozo de coco se rescata la práctica de uso de carbón vegetal como purificador y se emplea vegetación nativa característica en la zona de producción, así también con la incorporación del carbón a la mezcla de los filtros cerámicos, la plasticidad de la masa disminuye impulsando el uso estricto de modelado a mano, el cual también es una técnica tradicional del país, promoviendo así técnicas artesanales autóctonas.
- El ambiental; el carbón activado de carozo de coco se fabrica a partir de un material vegetal de rápida regeneración por lo que su quema no presenta impactos negativos significativos en comparación con la quema de madera, propiciando un ciclo de carbono más sostenible, así también el proceso de activación empleado es el físico con vapor de agua, método factible de replicar hasta cierto grado en condiciones domiciliarias. En cuanto a los filtros cerámicos, se componen de arcilla extraída en pequeña escala y procesada manualmente por lo que la velocidad de extracción permite al terreno

regenerarse sin alteraciones significativas, así también el aserrín empleado en la mezcla es un sub producto de otras actividades por lo que podría considerarse incluso un reciclaje o reaprovechamiento de un material prácticamente residual. En cuanto al funcionamiento, como la propuesta no implica un trabajo en serie y requiere ser recargado diariamente para su empleo, se presume pueda funcionar como promoción de la cultura del cuidado fortaleciendo la educación ambiental en sus usuarios.

- Económico; la propuesta planteada se enfocó en el empleo de materiales locales y aplicación de técnicas artesanales y manuales, por lo que podría generar impactos positivos al ser factible de elaborarlo en forma domestica y al generar una cadena de suministros local.

Según lo expuesto, se planean los siguientes prototipos de filtros cerámicos combinando la mezcla base con carbón activado y suprimiendo el uso de plata coloidal, en busca de la combinación adecuada de materiales y técnicas sostenibles, accesibles para comunidades con dificultades de acceso al agua segura, que promuevan la cultura del cuidado y el uso razonable de los recursos.

A continuación se muestran los filtros que fueron sometidos a prueba en cuanto a velocidad de filtración o exudación y a retención de microorganismos patógenos representados en los parámetros de Coliformes totales, Coliformes fecales y E. Coli.

4.3.1. Prototipo:

Otros sistemas de filtración comerciales utilizan combinaciones de diferentes tipos de filtros, en serie, iniciando con pre filtros simples hasta cartuchos con membranas de micro filtración, con la intención de proteger la eficacia de las etapas encargadas de la filtración de microorganismos y ampliar la vida útil de los dispositivos (Mojica & Hurtado, 2020).

Los filtros prototipo fueron confeccionados como una sola pieza de características homogéneas en toda la pieza, utilizando los componentes base del filtro “YAMBUI” anteriormente descrito en combinación con tres diferentes granulometrías de carbón activado a base de carozo de coco, una fina (60x320), una media (12x45), y una gruesa (8x24), el carbón utilizado fue el fabricado y comercializado por la firma OISA.



Figura 7 Granulometrías de carbón activado probadas en los prototipos

Al incorporar el carbón a la mezcla, la misma perdió en grado significativo su plasticidad haciéndose impracticable el modelado de las piezas en los moldes con prensa utilizados para la producción de filtros “YAMBUI”, por tanto se optó por el modelado a mano, utilizando técnicas y herramientas similares a los métodos artesanales de cerámica tradicional observadas en la ciudad de Itá.

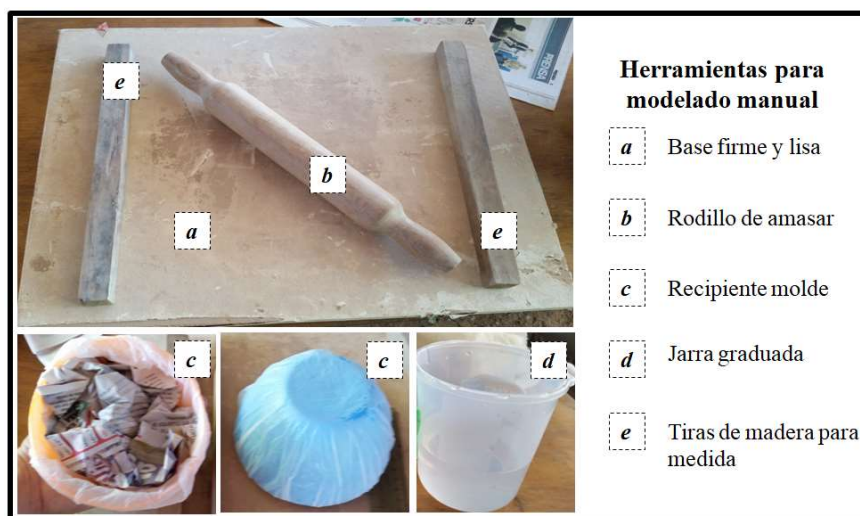


Figura 8 Herramientas empleadas en TEMHA para modelado manual de filtros

4.3.2. Composición de mezclas que se probaron

Inicialmente se probaron ocho variedades de mezclas según muestra la Figura 9, fueron confeccionados filtros de capacidad 200 ml y barras en las que se marcaron 10 cm en masa humedad para la medida de la contracción de las piezas, como puede verse en la Figura 10.

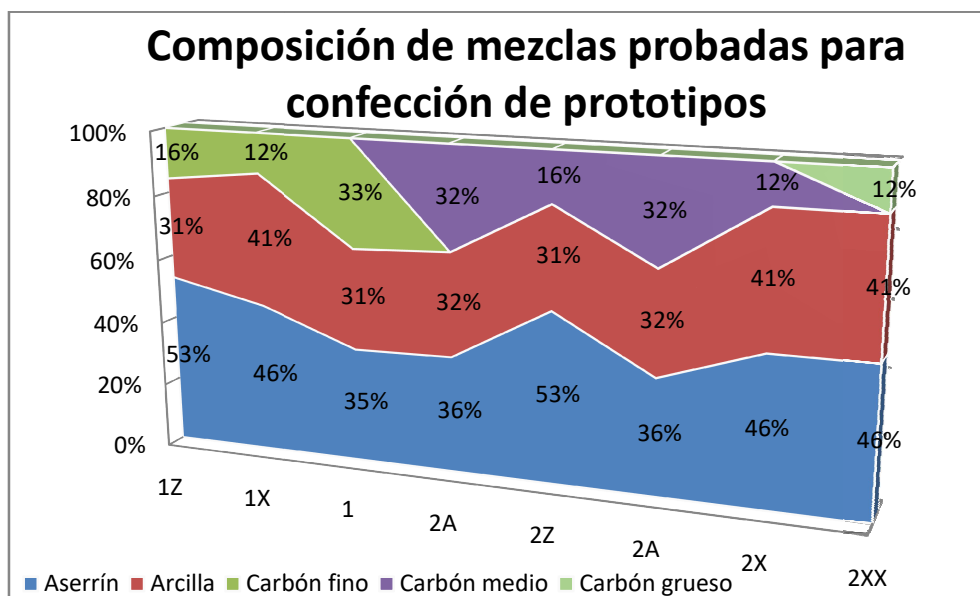


Figura 9 Composición de mezclas que fueron probadas

4.3.3. Composición de mezclas seleccionadas para confección de prototipos

Los primeros prototipos de capacidad aproximada de 200 ml fueron sometidos a mediciones de velocidad de exudación y se observaron las características de resistencia del material, observándose que mezclas con mucho material grueso perdían carbón al tacto dejando espacios abiertos en la estructura de los filtros, y mezclas mayor proporción de arcillas y menor presencia de poros resultaron en velocidades de exudación poco practicas para el uso domestico.

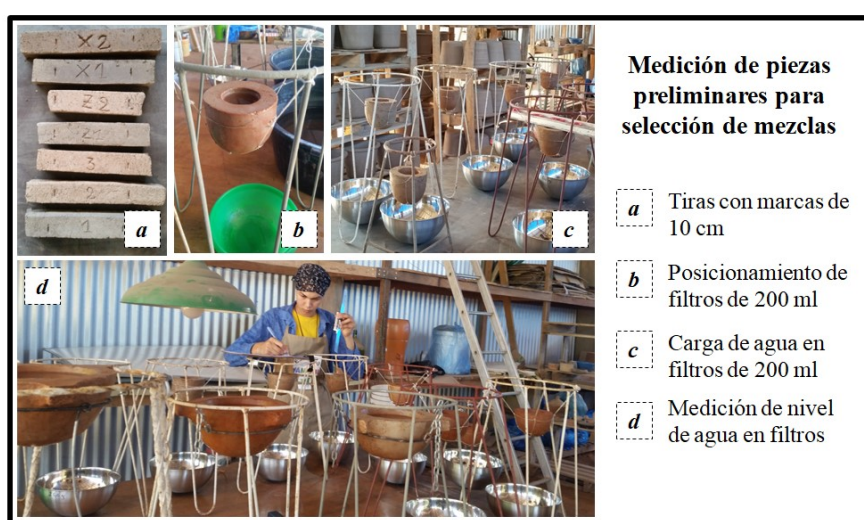


Figura 10 Pruebas de filtros de 200 ml para selección de mezclas.

Atendiendo a la velocidad de exudación y al equilibrio entre proporción de carbón y cualidades de la masa para el modelado, fueron seleccionadas cinco mezclas más adecuadas cuya composición se detalla en la figura 11.

Luego de haber definido las mezclas más apropiadas, se utilizaron esas formulas en la confección de prototipos para capacidad aproximada de 600 ml, los cuales se sometieron a dos tipos de estudio detallados a continuación.

Medición de velocidad de exudación: se cargaron 600 ml en los filtros previamente saturados y se procedió a la medición de volumen de agua filtrado en función del tiempo transcurrido, con al menos tres repeticiones de la misma medición.

Medición de capacidad de retención microbiana: con la premisa de que uno de los parámetros determinantes en cuanto a calidad de agua para el consumo es la presencia de microorganismos patógenos, se procedió a la colecta de agua contaminada que fue filtrada con los siete prototipos de cinco mezclas, empleando de testigo al filtro YAMBUI comercial. Los parámetros analizados fueron, Coliformes totales, Coliformes Fecales y E. coli.

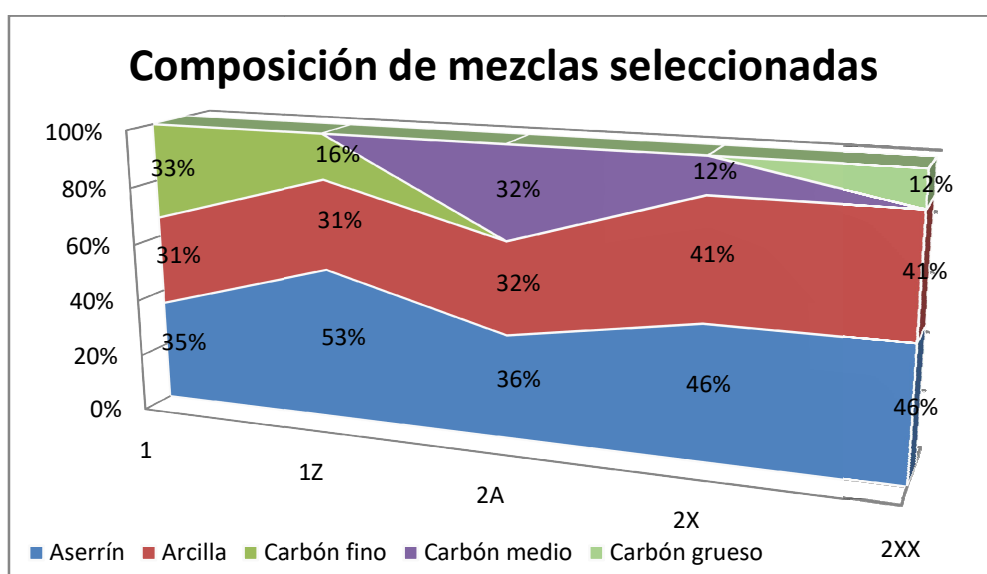


Figura 11 Composición de mezclas seleccionadas

A continuación se detallan las características y resultados que se obtuvieron para cada una de las mezclas.

a. Mezcla 1Z

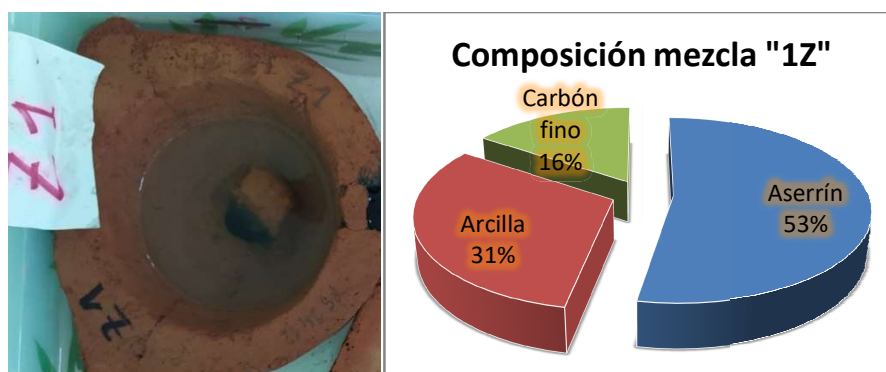


Figura 12 Fotografía Z1 y su composición.

El prototipo de la mezcla “Z1” compuesta en mayor parte de aserrín y con un agregado de carbón activado en la granulometría más fina probada, presenta internamente mucha formación de carbón debido al alto porcentaje de aserrín.

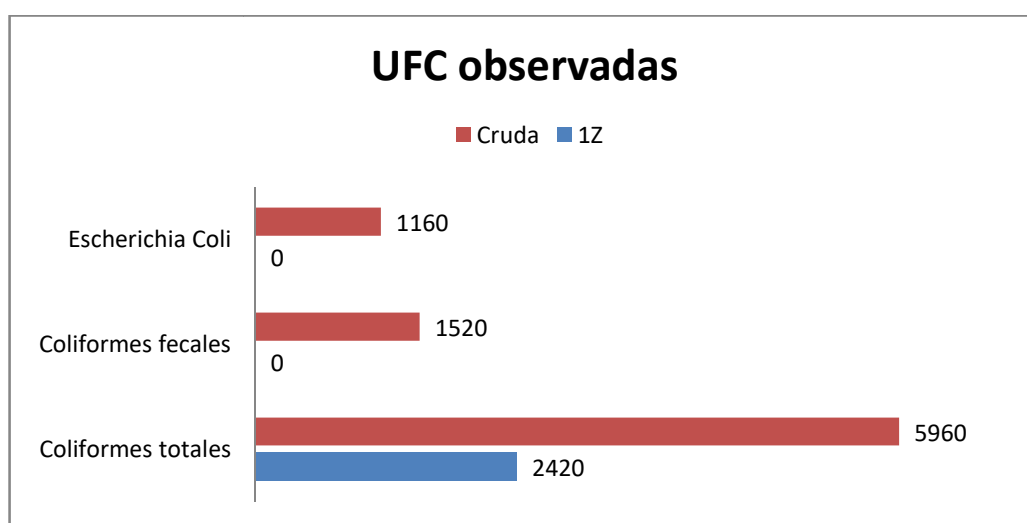


Figura 13 Comparación de UFC (tratamiento 1Z)

Se obtuvo la remoción total de coliformes fecales y E. coli, pero sin la remoción total de Coliformes totales, quedando 2.420 UFC mientras que las normas nacionales indican para agua potable que ingresa a un sistema de distribución hasta 3 UFC/100ml. Es importante destacar que

para esta determinación no se realizaron repeticiones en el muestreo por lo que los valores obtenidos son a suerte de aproximación.

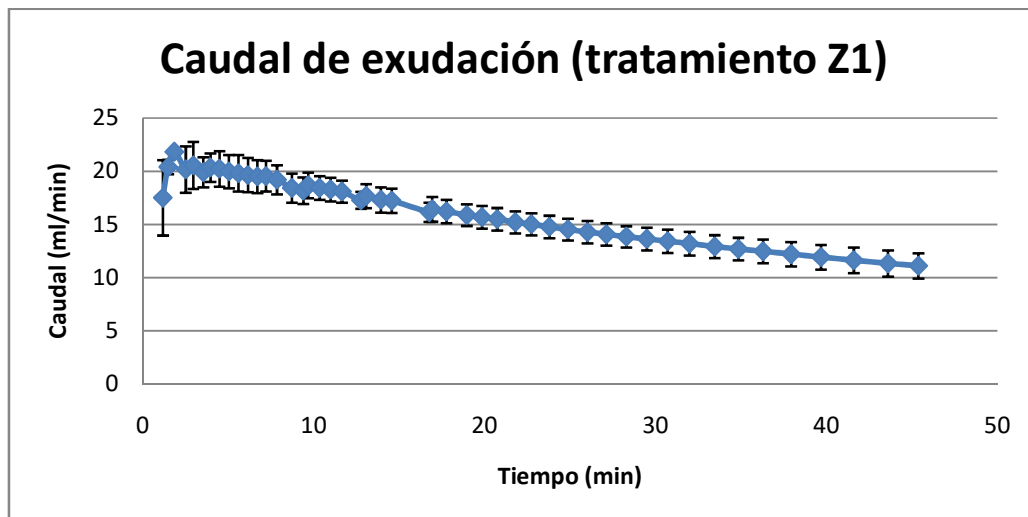


Figura 14 Caudal de Exudación promediado (tratamiento Z1)

Se realizaron al menos tres repeticiones para aumentar la confiabilidad de los datos, se observó que el filtro con mezcla “Z1” logró filtrar 500 ml de agua en aproximadamente 45 minutos, para graficar los valores se calculó el promedio entre las mediciones siendo la variable constante los mililitros filtrados, teniendo en cuenta las series de mediciones empleadas para el promedio fue determinada la desviación estándar quedando la mayor parte de los valores promediados dentro de la confiabilidad aceptable. Las primeras medidas registraron valores ascendentes con mayor probabilidad de error y luego de alcanzar un breve pico inicia el descenso constante de la velocidad de exudación, esto podría explicarse atendiendo al inicio de la desaturación en los extremos superiores del filtro.

Teniendo en cuenta el máximo caudal estable, empleando la mayor superficie filtrante de contacto y la mayor presión hidrostática podría filtrarse cerca de 20 *ml* por minuto, para los

parámetros de consumo domiciliario puede ser un caudal adecuado pudiendo aumentar con filtros de mayor capacidad.

b. Mezcla 1

El prototipo de la mezcla “1” compuesta de partes casi iguales de aserrín arcilla y carbón activado de la granulometría más fina probada según se muestra en la Figura 15, presenta una superficie externa porosa pero bastante regular atendiendo a que las partículas de carbón son finas y por la proporción agregada, difícilmente perceptibles en la superficie del filtro.

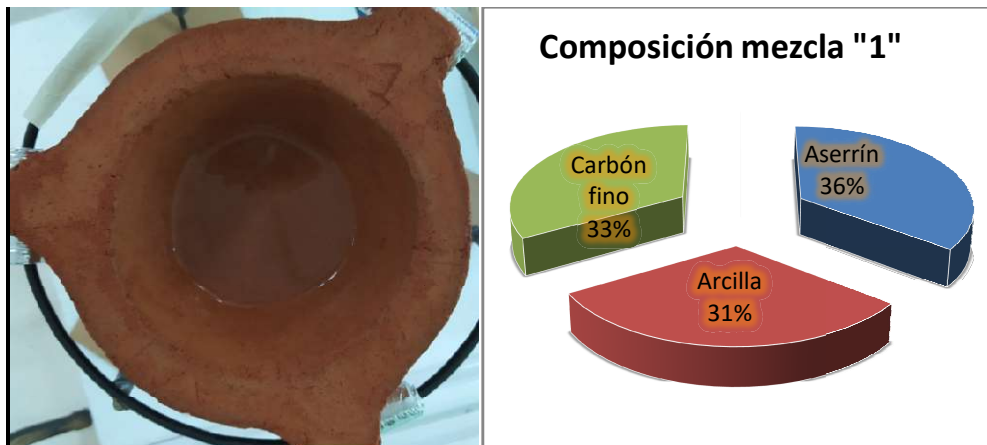


Figura 15 Fotografía filtro "1" y su composición

En cuanto a la remoción microbiana se recuerda que para esta determinación no se realizaron repeticiones en el muestreo por lo que los valores obtenidos son a suerte de aproximación. Las UFC contabilizadas se detallan en la Figura 16.

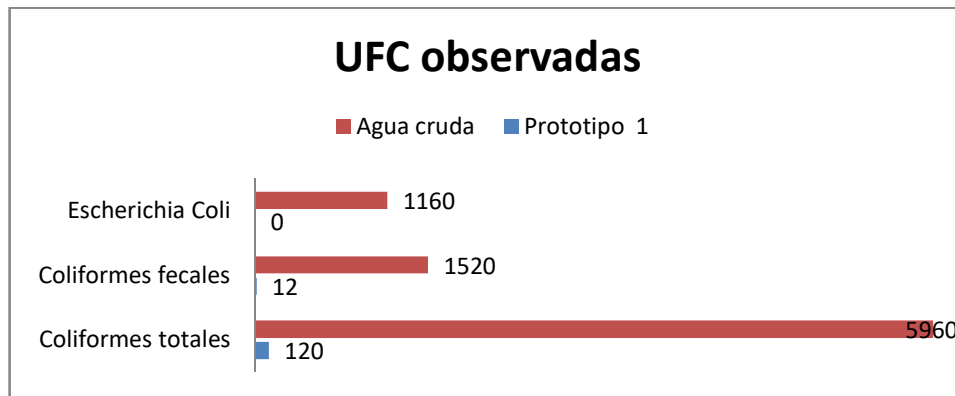


Figura 16 Comparación de UFC (tratamiento 1).

Con remoción total de *E. coli*, y muy buena reducción de coliformes fecales y totales en relación a los niveles en agua cruda, pero sin alcanzar los niveles aceptables según las normas nacionales que indican para agua potable que ingresa a un sistema de distribución hasta 3 UFC/100ml.

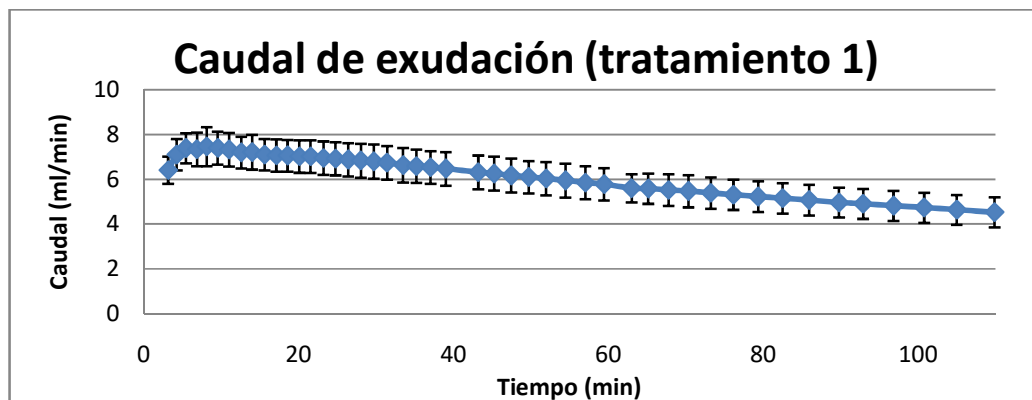


Figura 17 Caudal de Exudación promediado (tratamiento 1)

Se realizaron al menos tres repeticiones para aumentar la confiabilidad de los datos, se observó que el filtro con mezcla “1” logró filtrar 500 ml de agua en aproximadamente 2 horas minutos, para graficar los valores como se muestra en la Figura 17 se calculó el promedio entre las mediciones siendo la variable constante los mililitros filtrados, teniendo en cuenta las series de mediciones empleadas para el promedio fue determinada la desviación estándar quedando toda la serie de promedios dentro de la confiabilidad aceptable. Las primeras medidas registraron

valores ascendentes con mayor probabilidad de error y luego de alcanzar un breve pico inicia el descenso constante de la velocidad de exudación, esto podría explicarse atendiendo al inicio de la desaturación en los extremos superiores del filtro.

Teniendo en cuenta el máximo caudal estable, empleando la mayor superficie filtrante de contacto y la mayor presión hidrostática podría filtrarse aproximadamente de 7 *ml* por minuto, para los parámetros de consumo domiciliario puede ser un caudal aun aceptable pudiendo aumentar con filtros de mayor capacidad.

c. Mezcla 2A

El prototipo de la mezcla “2A” compuesta de partes casi iguales de aserrín, arcilla y carbón activado de la granulometría media según se muestra en la Figura 18; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, presenta una superficie externa porosa y algo irregular caracterizada por la visualización a simple vista de los granos de carbón, con la manipulación los granos de la superficie pueden desprenderse dejando una superficie aun más irregular. Por la disponibilidad de recursos para la formulación de esta mezcla, se confeccionaron dos piezas con la misma, llamando a una “2A I” y a otra “2A II”. Se observó que a pesar del modelado en forma de tiras de la misma medida, al “costurar” las tiras de masa para la confección del filtro, se emplean pequeñas porciones de la misma masa que van presionándose en las uniones para crear una superficie sólidamente unida reduciendo la presencia de grietas. Durante este último proceso la masa adicionada puede variar, lo que produjo mínimas variaciones de densidad y grosor de paredes del filtro, principalmente en su parte inferior, esto puede influenciar en la capacidad de retención microbiana y en la velocidad de exudación. Por tanto se observan diferencias en el comportamiento de ambos prototipos aun siendo originados de la misma mezcla.

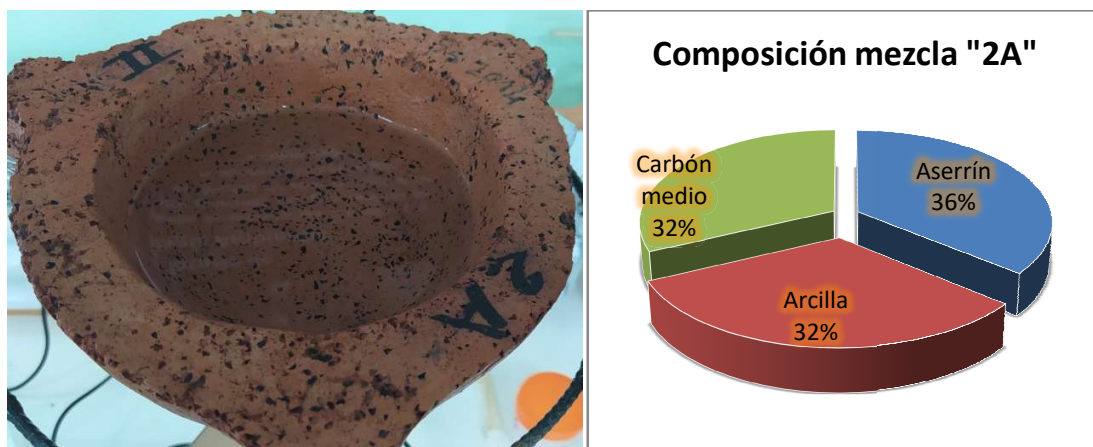


Figura 18 Fotografía filtro "2A" y su composición.

En cuanto a la remoción microbiana se recuerda que para esta determinación no se realizaron repeticiones en el muestreo por lo que los valores obtenidos son a suerte de aproximación. Las UFC contabilizadas se detallan en la Figura 19. Para este tratamiento o mezcla se pudieron confeccionar dos piezas filtrantes por lo que puede considerarse una repetición de la evaluación del tratamiento, las variaciones observadas en las mediciones pueden deberse a las mínimas diferencias de grosor de las paredes inferiores del filtro durante la “sutura” de uniones en el proceso de modelado al emplearse técnicas manuales.

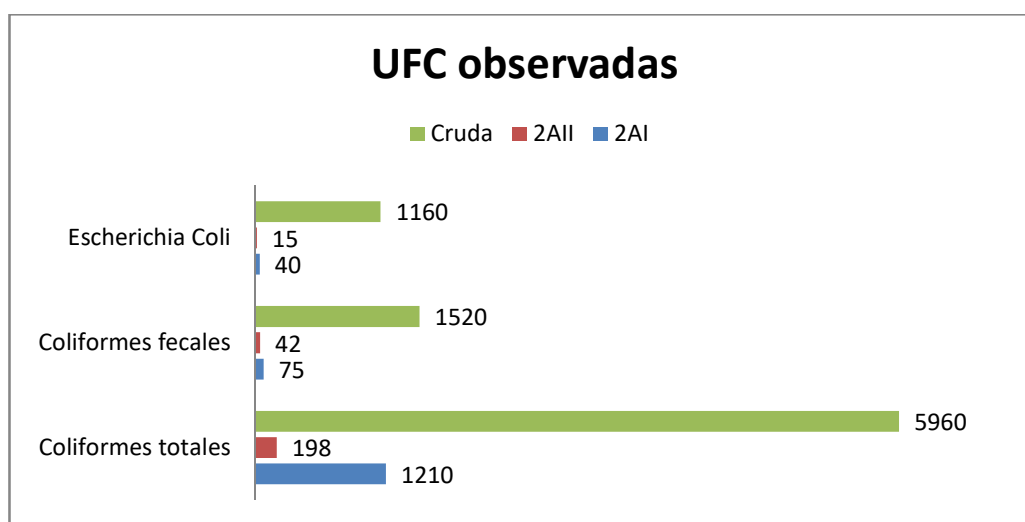


Figura 19 Comparación de UFC en agua cruda y en agua filtrada (tratamiento 2A).

Con buenos resultados en remoción microbiana de los tres parámetros que fueron evaluados en relación a los niveles en agua cruda, pero sin alcanzar los niveles aceptables según las normas nacionales que indican para agua potable que ingresa a un sistema de distribución hasta 3 UFC/100ml. Se destaca la diferencia de eficacia entre los dos prototipos aun siendo de la misma mezcla, en este caso particular se observó una aparente relación entre eficacia de remoción microbiana y velocidad de exudación siendo el filtro más rápido el menos eficaz.

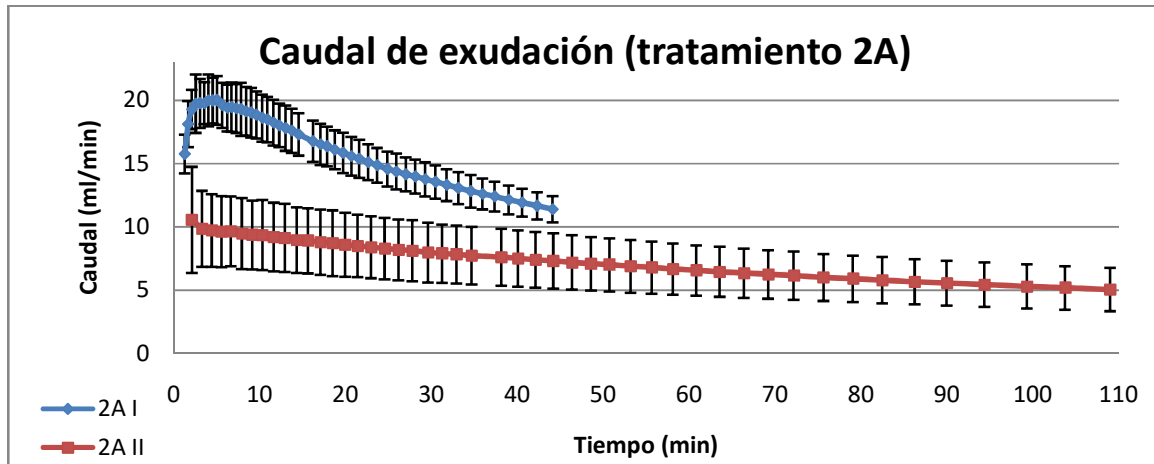


Figura 20 Caudal de Exudación promediado (tratamiento 2A).

Como se muestra en la Figura 20, se observó que los filtros con mezcla “2A” presentan diferencia significativa en velocidad de exudación llegando a filtrar 500 ml de agua en aproximadamente 45 minutos para el prototipo “2A I” y poco menos de 2 horas para el prototipo “2A II”, en el mismo gráfico se representaron los promedios en valores obtenidos para los dos prototipos de esta mezcla siendo la variable constante los mililitros filtrados, teniendo en cuenta las series de mediciones empleadas para los promedios fueron determinadas las desviaciones estándar mostrando un comportamiento algo variable. Presumiendo una relación entre el porcentaje y granulometría del carbón como un factor importante para esta variación, atendiendo a los espacios que puedan generarse alrededor de los granos de carbón en la estructura del filtro durante su cocción, también se presume que el mismo carbón pueda sufrir variaciones significativas en su porosidad durante el uso.

Las medidas durante los primeros 100 ml registraron valores ascendentes posteriormente a alcanzar un breve pico inicia el descenso constante de la velocidad de exudación, esto podría explicarse atendiendo al inicio de la desaturación en los extremos superiores del filtro, pero también puede deberse a que la granulometría del carbón propicie la aparición de microfisuras en la estructura filtrante dando paso directo al agua y con esta a los microorganismos.

d. Mezcla 2X

Los prototipos de la mezcla “2X” compuesta de partes casi iguales de aserrín y arcilla con una parte menor de carbón activado de la granulometría media según se muestra en la Figura 21 presenta una superficie externa más fina y prolija por el elevado porcentaje de arcilla, se pueden observar a simple vista los granos de carbón dispersos en la estructura del filtro. Por la disponibilidad de recursos para la formulación de esta mezcla, se confeccionaron dos piezas con la misma, llamando a una “2X I” y a otra “2X II”. Se denota que a pesar del modelado en forma de tiras de la misma medida, al “costurar” las tiras de masa para la confección del filtro, se emplean pequeñas porciones de la misma masa que van presionándose en las uniones para crear una superficie sólidamente unida reduciendo la presencia de grietas. Durante este último proceso la masa adicionada puede variar, produciendo mínimas diferencias de densidad y grosor de paredes del filtro, principalmente en su parte inferior, esto puede influenciar en la capacidad de retención microbiana y en la velocidad de exudación. Por tanto se observan diferencias en el comportamiento de ambos prototipos aun siendo originados de la misma mezcla.

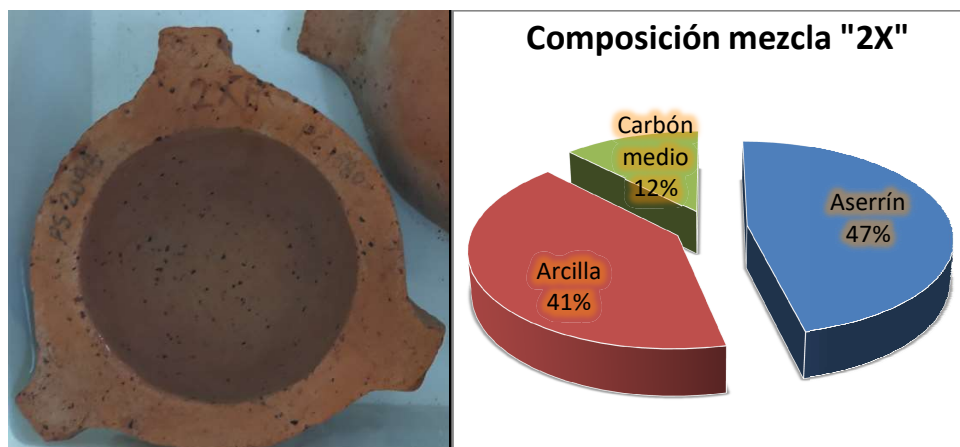


Figura 21 Fotografía filtro "2X" y su composición.

Esta mezcla presentó gran plasticidad debido al alto porcentaje de arcilla, aun que sea mezclada con una proporción sutilmente mayor de aserrín pues este ultimo en contacto con la humedad se integra cómodamente a la mezcla, este factor es importante para el modelado a mano pues facilita la unión de las tiras requiriendo menos trabajo de refuerzo en las costuras y propiciando una menor manipulación de la pieza.

En cuanto a la remoción microbiana se recuerda que para esta determinación no se realizaron repeticiones en el muestreo por lo que los valores obtenidos son a suerte de aproximación. Las UFC contabilizadas se detallan en la Figura 22; **Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Para este tratamiento o mezcla se pudieron confeccionar dos piezas filtrantes por lo que puedo considerarse una repetición de la evaluación del tratamiento, las variaciones observadas en las mediciones pudieron deberse a las mínimas diferencias de grosor de las paredes inferiores del filtro durante la “sutura” de uniones en el proceso de modelado al emplearse técnicas manuales.

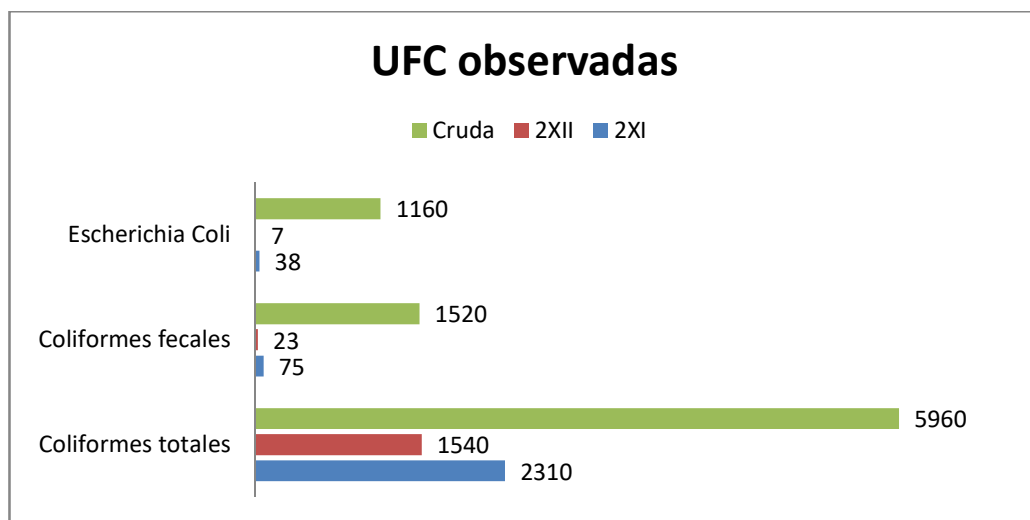


Figura 22 Comparación de UFC (tratamiento 2X).

Con muy buenos resultados en remoción microbiana principalmente en remoción de *E. Coli* y coliformes fecales en relación a los niveles en agua cruda, pero sin alcanzar los niveles

aceptables según las normas nacionales que indican para agua potable que ingresa a un sistema de distribución hasta 3 UFC/100ml de coliformes totales y cero de coliformes fecales. Se destaca la diferencia de eficacia entre los dos prototipos aun siendo de la misma mezcla, en este caso se observó que aparentemente la eficacia de remoción microbiana no aumenta con una menor velocidad de exudación siendo el filtro más rápido el más eficaz. Esto podría explicarse con la probable presencia de fisuras aunque no fueran observadas a simple vista o ante el riesgo de contaminación de la superficie de los filtros.

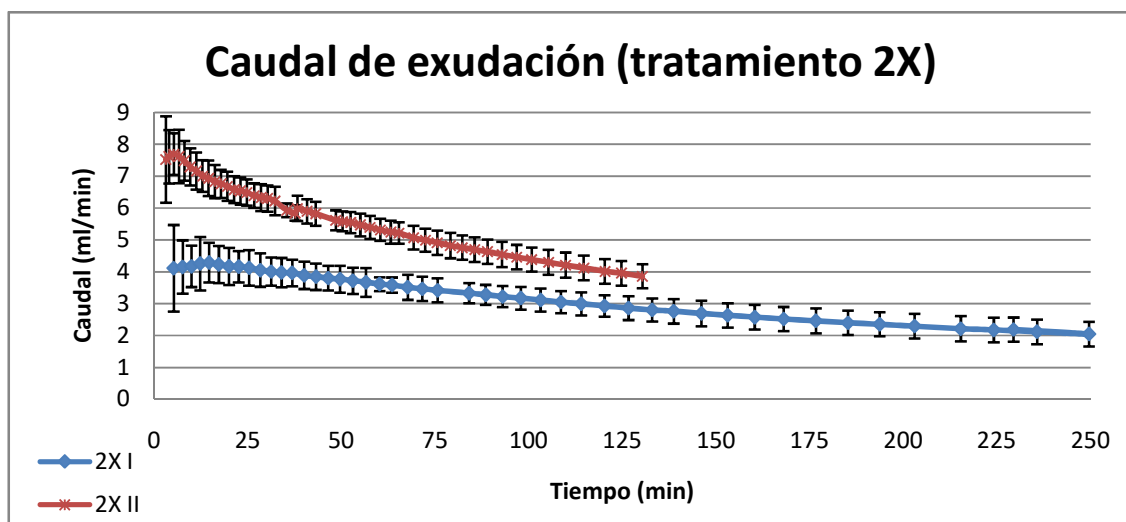


Figura 23 Caudal de Exudación promediado (tratamiento 2X).

Como se muestra en la Figura 23, se realizaron al menos tres repeticiones para cada prototipo para aumentar la confiabilidad de los datos, se observó que los filtros con mezcla “2X” presentan diferencia significativa en velocidad de exudación llegando a filtrar 500 ml de agua en poco más de 2 horas para el prototipo “2X II” y poco menos de 4 horas para el prototipo “2X I”, en el mismo gráfico se representaron los promedios en valores obtenidos para los dos prototipos de esta mezcla siendo la variable constante los mililitros filtrados, teniendo en cuenta las series de mediciones empleadas para los promedios fueron determinadas la desviaciones estándar mostrando valores bastante aceptables exceptuando en los valores de los primeros 100 ml con

mayor variación. Es factible presumir que esta variación se dio por la compresión de materia en las “costuras del filtros y por la variación en el grosor de las paredes, principalmente en la parte inferior, teniendo en cuenta que el filtro “2X I” mostró una reducción de velocidad de exudación significativa y con escasa variación en los últimos 100 ml contabilizados, cuando el agua dentro del filtro centra su paso por la parte inferior de la pieza.

Las medidas durante los primeros 100 ml registraron valores ascendentes posteriormente alcanzó un breve pico y luego inició el descenso constante de la velocidad de exudación, esto podría explicarse atendiendo al inicio de la desaturación en los extremos superiores del filtro.

Esta mezcla en particular es una de las que fueron más similares a la del filtro comercial pero se pudo presentar un caudal de exudación menor por el grosor que superó en al menos dos veces al del filtro comercial fabricado con molde prensa.

e. Mezcla 2XX

El prototipo de la mezcla “2XX” compuesta de partes casi iguales de aserrín y arcilla con una parte menor de carbón activado de la granulometría gruesa según se muestra en la Figura 24, presenta una superficie externa más fina y prolija por el elevado porcentaje de arcilla, se pueden observar a simple vista los granos de carbón dispersos en la estructura del filtro e incluso algunos espacios vacíos superficialmente por el desprendimientos de estos granos.

Esta mezcla resultó con gran plasticidad debido al alto porcentaje de arcilla, aunque sea mezclada con una proporción sutilmente mayor de aserrín pues este último en contacto con la humedad se integra cómodamente a la mezcla, los granos gruesos de carbón permiten una concentración de este material en puntos fijos sin generar interferencia en la cohesión de la arcilla ni en la plasticidad de la masa. Este factor es importante para el modelado a mano pues

facilita la unión de las tiras requiriendo menos trabajo de refuerzo en las costuras y propiciando una menor manipulación de la pieza.

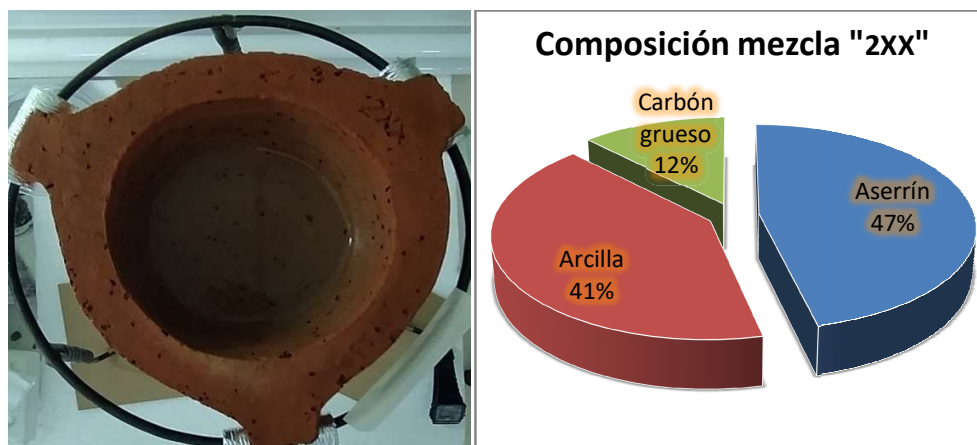


Figura 24 Fotografía filtro "2XX" y su composición.

En cuanto a la remoción microbiana se recuerda que para esta determinación no se realizaron repeticiones en el muestreo por lo que los valores obtenidos son a suerte de aproximación. Las UFC contabilizadas se detallan en la Figura 25.

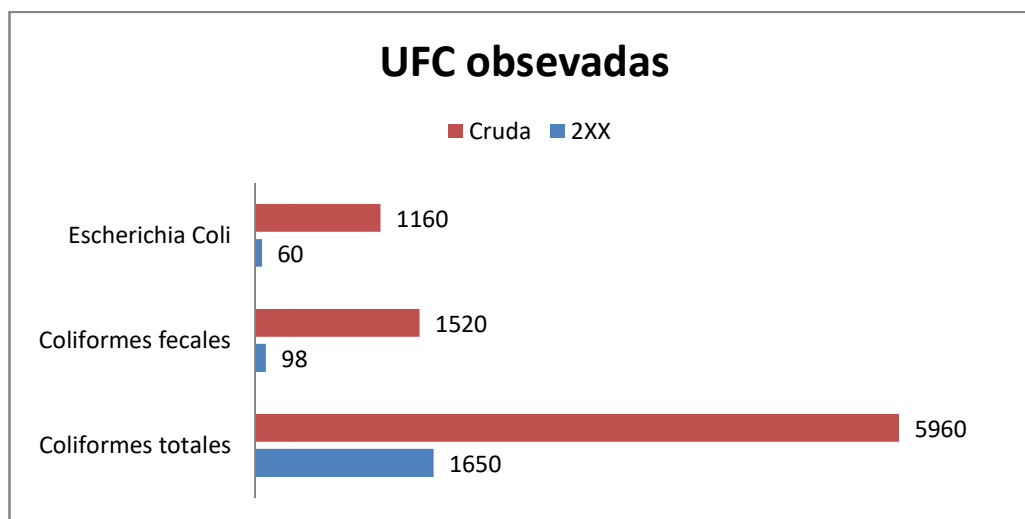


Figura 25 Comparación de UFC (tratamiento 2XX).

Se presentó una reducción significativa en los tres parámetros principalmente en los de *E. Coli* y coliformes fecales en relación a los niveles en agua cruda, pero sin alcanzar los niveles aceptables según las normas nacionales que indican para agua potable que ingresa a un sistema de distribución hasta 3 UFC/100ml de coliformes totales y cero de coliformes fecales.

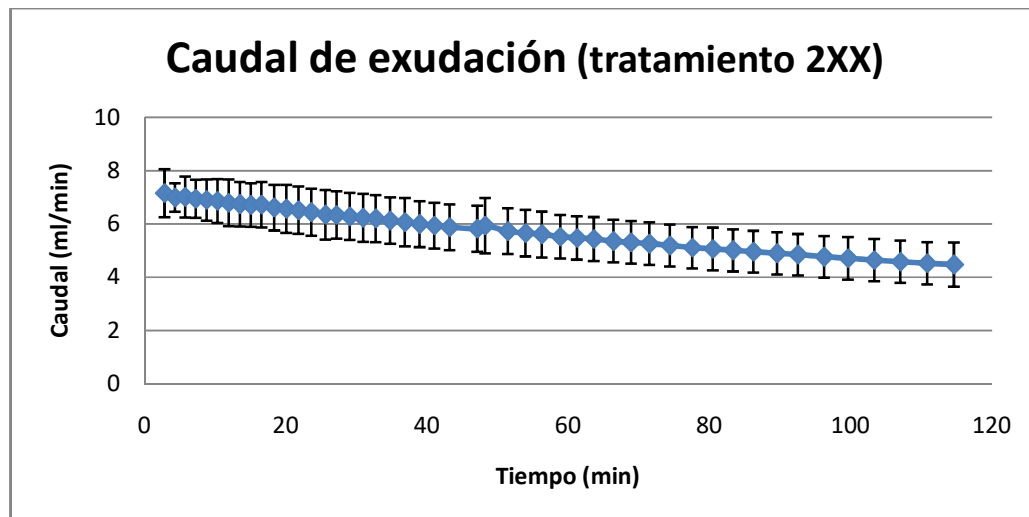


Figura 26 Caudal de Exudación promediado (tratamiento 2XX).

Como se muestra en la Figura 26, se realizaron al menos tres repeticiones para aumentar la confiabilidad de los datos, se observó que el prototipo con mezcla “2XX” llegó a filtrar 500 ml de agua en poco menos de 2 horas, considerándose una velocidad aun aceptable para fines domiciliarios atendiendo a la posibilidad de aumento del caudal en un filtro de mayor capacidad, en el mismo gráfico se representaron los promedios en valores obtenidos siendo la variable constante los mililitros filtrados, teniendo en cuenta las series de mediciones empleadas para los promedios fue determinada la desviación estándar mostrando valores menores a 1 y así considerando aceptable a la variación en los valores obtenidos entre series de mediciones, con una reducción constante en la velocidad de exudación directamente relacionada con la superficie filtrante en contacto con el agua y la presión del liquido dentro del filtro.

Esta mezcla en particular es una de las que fueron más similares a la del filtro comercial pero se pudo presentar un caudal de exudación menor por el grosor que superó en al menos dos veces al del filtro comercial fabricado con molde prensa.

4.3.4. Comparación de caudales de exudación

Si bien al considerar solo la filtración como tratamiento físico del agua, es importante destacar que en este trabajo también se analizó el comportamiento de un elemento agregado, el carbón activado, que funciona con mecanismos más complejos que la simple retención física de partículas, así lo mencionó Ponce (2019) en sus pruebas de remoción de metales pesados del agua con el uso de carbón activado de cascara de coco, indicando que se presentan mejores resultados con un mayor tiempo de contacto entre el agua y del carbón.

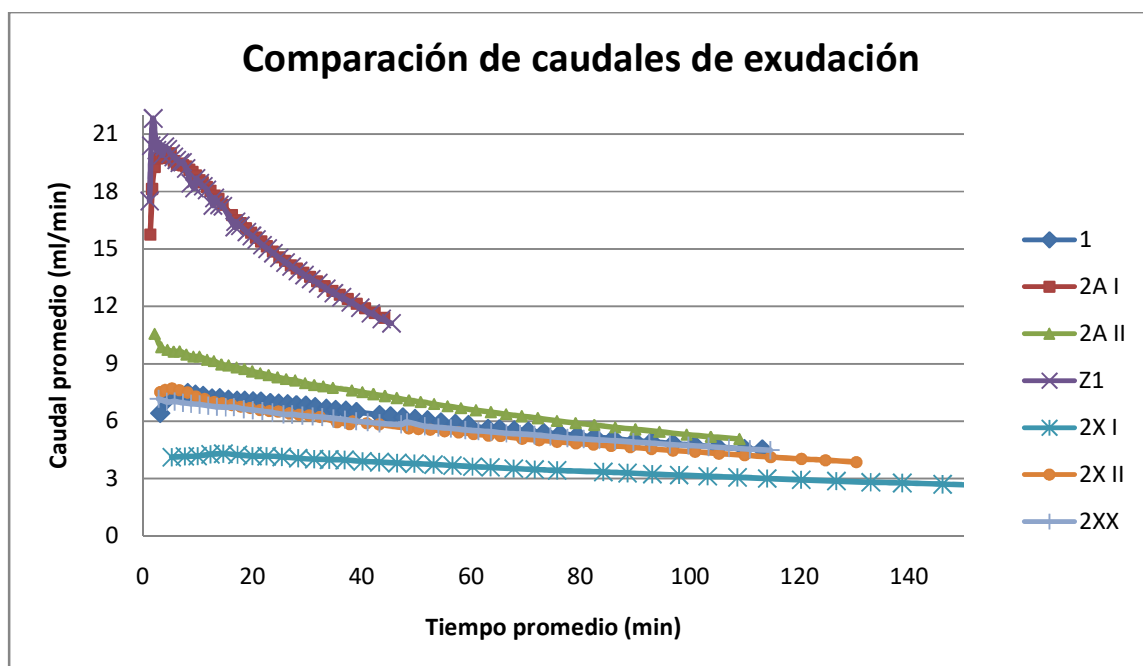


Figura 27 Comparación de caudales de exudación entre los prototipos.

La comparación se realizó en base a los promedios de los valores observados en los caudales de exudación de cada prototipo, sin considerar la velocidad del filtro comercial pues los volúmenes de trabajo y la presión hidrostática aprovechada fueron muy diferentes.

Según fue representado en la Figura 27 dos de ellos presentaron el más rápido caudal de exudación filtrando 500 ml en 44 minutos (2A I) y 45 minutos (Z1), por las características de la mezcla de cada uno de estos se puede interpretar la posibilidad de que el filtro “2A I” pudo presentar fisuras importantes en su estructura que facilitaran el paso del agua al tener en cuenta que el prototipo “2A II” con la misma mezcla filtró el mismo volumen de agua en 108 minutos, sin que su velocidad de exudación se haya aproximado a la presentada por “2A I” aun siquiera durante los primeros minutos de la medición.

En cuanto al prototipo “2X I”, presentó el menor caudal de exudación al filtrar 500 ml en un promedio de 229 minutos, por mucho superior a los demás prototipos, también mostró comportamiento variable durante las mediciones, al reducir su caudal de exudación luego de cada medición llegando a alcanzar incluso 320 minutos para culminar la filtración, esto supuso que los gránulos de carbón podrían alterar su volumen con el tiempo de exposición al agua y esto pudiera taponar los espacios libres formados en la estructura del filtro alrededor de cada granulo, también pudiera darse la colmatación del carbón pero este comportamiento no se observó en forma tan pronunciada en el prototipo “2X II” de la misma mezcla, el cual mostró valores mucho más estables entre repeticiones se estima que la variación en el primer prototipo pudo guardar relación con el grosor mayor de las paredes del filtro, principalmente en su parte inferior.

Al comparar las mezclas que emplearon carbón de granulometría media se observó un comportamiento destacable, entre las mezclas “2A” y “2X”, ambos llevaron porciones casi iguales de arcilla VS aserrín, pero con la diferencia de que la mezcla “2A” se compuso de una porción de carbón que supera en más del doble a la mezcla “2X”, teniendo en cuenta esto es importante destacar que los prototipos con mayor proporción de carbón presentaron caudales de exudación más rápidos.

4.3.5. Resultados de análisis de calidad de agua

Para tener una referencia de la capacidad de remoción microbiana de cada prototipo, se tomó como agua de prueba una muestra superficial del agua de la bahía de Asunción, que al momento de la presente investigación se encontraba definida como “agua no apta para el baño” según los monitoreos del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible y así como lo indicaron Crespo y Generales (2000) respecto a la contaminación de cuerpos de agua por presión antrópica, se estimó la presencia de carga significativa de contaminación microbiana. La muestra mencionada fue analizada en los parámetros de “coliformes totales”, “coliformes fecales” y “E. Coli”, del mismo modo se pasó la misma muestra de agua a través de los siete prototipos estudiados además del filtro comercial denominado “testigo”, con la determinación de los tres parámetros mencionados. Con lo que se obtuvieron los resultados de cantidad de Unidades Formadoras de Colonias según se graficaron en la Figura 28.

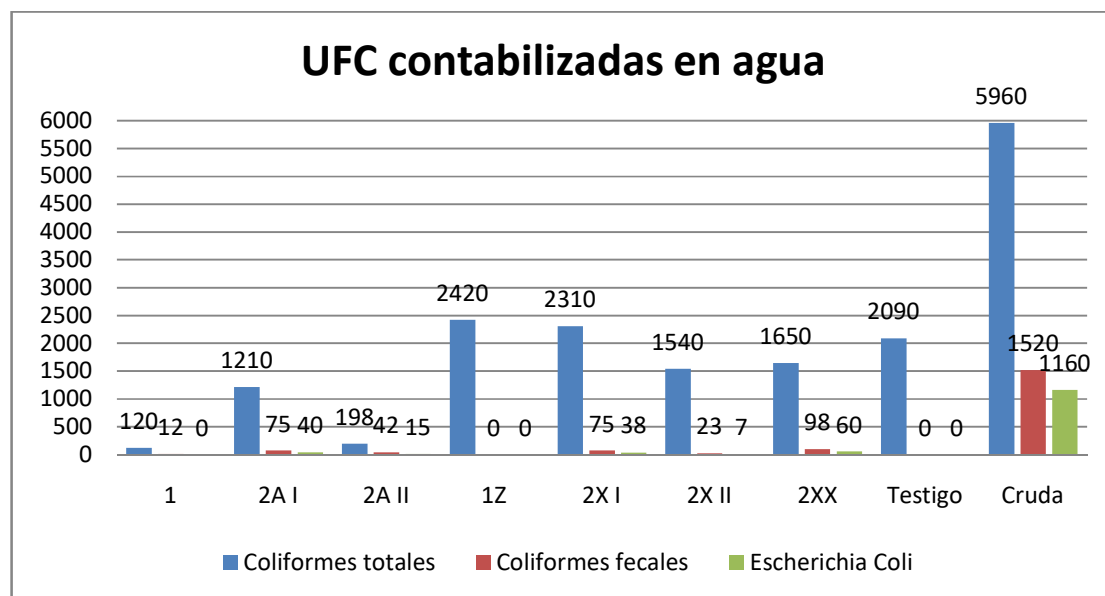


Figura 28 UFC en agua tratada con prototipos y testigo.

Es importante destacar que además de la variación de las proporciones de los componentes, los prototipos se diferenciaron del “Testigo” en que este último se encuentra

impregnado con plata coloidal como tratamiento ante microorganismos patógenos y que el espesor de la pieza en menos de la mitad del espesor de los prototipos, estos últimos también contuvieron carbón activado en su estructura a diferencia del filtro comercial que no presentó este material como agregado.

Para la valoración de los resultados se tomaron de referencia los valores descriptos en la “Ley general del marco regulatorio y tarifario del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario Ley N° 1.614/2000: Reglamento de Calidad en la Prestación del Servicio Concesionarios” (Republica del Paraguay, 2000)

Los resultados obtenidos solo fueron de referencia al requerir mayores recursos para generar repeticiones, en conjunto todos los prototipos mostraron reducción significativa de UFC, indicando una probable relación entre la granulometría del carbón y la retención microbiana, siendo los filtros con mayor porcentaje y granulometría de carbón los menos eficaces y aquellos con carbón más fino y en menor proporción los más eficaces. En cuanto a velocidad de exudación y remoción de coliformes fecales y E. coli, el filtro “Z1” fue el más eficiente.

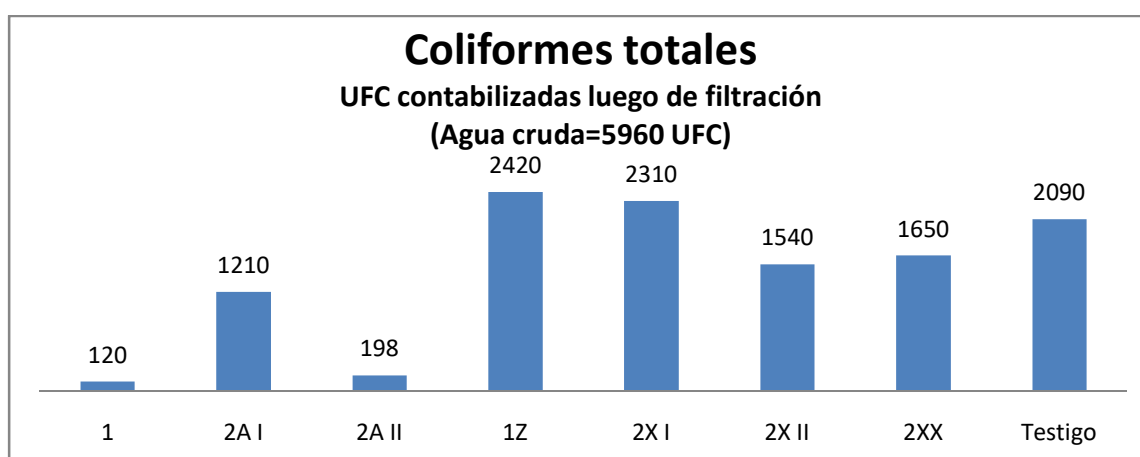


Figura 29 Gráfico comparativo UFC de Coliformes totales luego de filtración.

Los filtros que presentaron mayor eficacia en remoción del parámetro que se muestra en la Figura 29 fueron el “1” y el “2A II”, vale mencionar que el prototipo “2A II” mostró poco más

de 10 ml por minuto en su máximo caudal y terminó de filtrar 500 ml en 108 minutos en promedio, mientras que el filtro “1” registró 6,4 ml por minuto en su máximo caudal y terminó de filtrar 500 ml en promedio luego de 108 minutos.

La norma nacional según se muestra en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la cantidad de UFC de Coliformes totales presente en agua para consumo humano no debe superar las 3 UFC, por lo que si bien se observó la reducción significativa, no se alcanzó la remoción total que indica la Ley Paraguaya de referencia. No obstante cinco de los siete prototipos presentaron niveles menores que los observados en el testigo comercial, pero estos valores no fueron concluyentes ante la carencia de repeticiones.

En cuanto al parámetro de Coliformes fecales según se muestra en la Figura 30. Los prototipos más eficaces no fueron los mismos que en el parámetro de Coliformes totales, pudiendo guardar relación con el tamaño de los microorganismos pero siempre teniendo en cuenta que se requieren as repeticiones para una mayor confiabilidad en los datos. Para este parámetro el testigo que representó al filtro comercial mostró el comportamiento esperado según las especificaciones técnicas del filtro llegando a retirar la totalidad de las unidades formadoras de colonias.

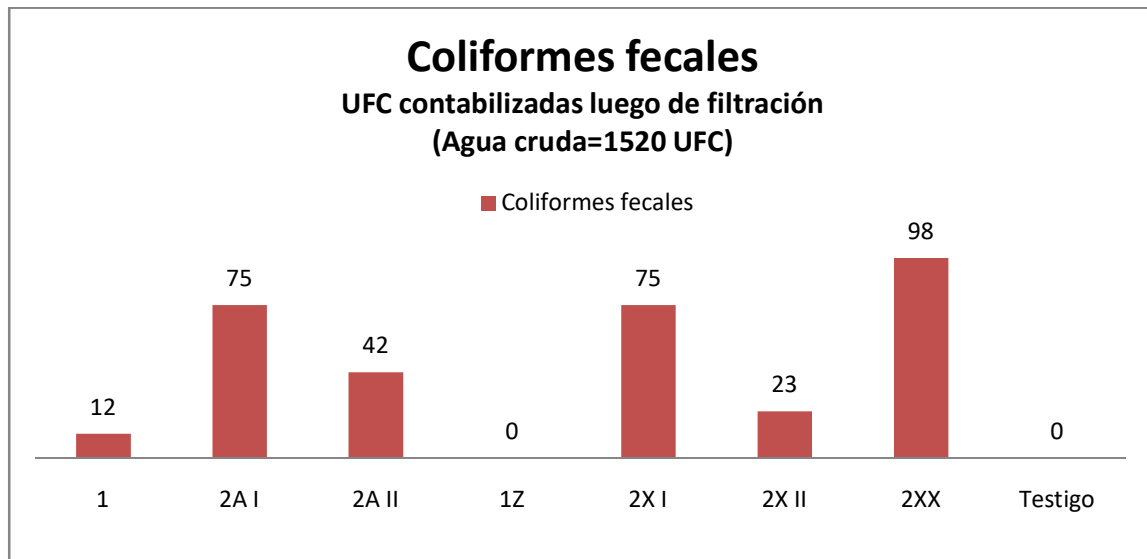


Figura 30 Gráfico comparativo UFC de Coliformes fecales luego de filtración,

Los filtros que presentaron mayor eficacia en remoción además del “Testigo”, en el parámetro que se muestra en la Figura 31. Fueron el “1Z” y el “1”, ambos con las partículas más finas de carbón activado lo que pudo guardar relación con un mayor número de poros distribuidos pero de menor tamaño, siendo el “1Z” (entre estos dos) el filtro con menor porción de carbón y mayor porción de aserrín y teniendo en cuenta también que para coliformes totales el filtro 1 también fue uno de los más eficaces a pesar de no llegar a los parámetros aceptables de cero, como también ocurre en los valores observados de coliformes fecales contabilizando para “1” como 12 UFC.

En cuanto a la velocidad de exudación de los filtros que presentaron mejor remoción microbiana, el “1Z” mostró poco más de 20 ml por minuto en su máximo caudal y terminó de filtrar 500 ml en 45 minutos en promedio con lo que se observó que corresponde a uno de los dos prototipos de mayor velocidad de exudación. Mientras que el filtro “1” registró 7,4 ml por minuto en su máximo caudal y terminó de filtrar 500 ml en promedio luego de 113 minutos.

La norma nacional según se muestra en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la cantidad de UFC de Coliformes fecales presente en agua para consumo humano

debe ser de 0 UFC, por lo que si bien se observó la reducción significativa, solo el prototipo con mezcla “1 Z” alcanzó la remoción total que indica la Ley Paraguaya de referencia.

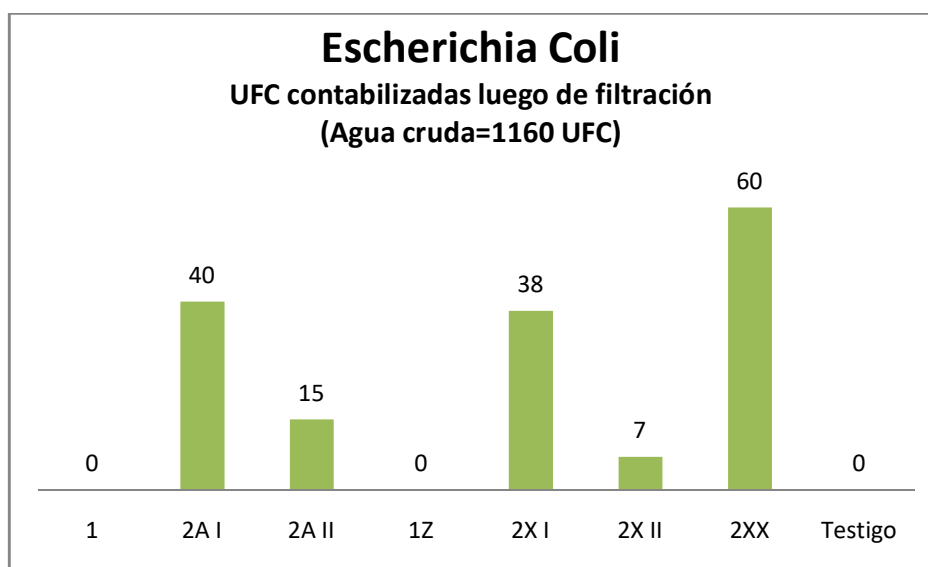


Figura 31 Gráfico comparativo UFC de Escherichia Coli luego de filtración.

El microorganismo denominado Escherichia Coli es un patógeno que puede presentarse en de varios tipos, que según se mencionó McJunkun (2010) es uno de los principales causantes de diarrea infantil y del viajero por su presencia contaminante en agua y alimentos.

En cuanto a los requerimientos nacionales de E. Coli solo los prototipos “1Z” y “1” llegaron a “cero UFC” al igual que el testigo que emplea plata coloidal, no obstante los prototipos “2 A II” y “2X II” mostraron aproximaciones interesantes.

Por la variabilidad se pudo inferir que estos microorganismos aparentemente son mejor retenidos en las estructuras filtrantes con poros de menor tamaño, recordando que los de la mezcla “2 XX” son los de mayor granulometría y los de las mezclas “1” y “1Z” son los de menor granulometría de carbón agregado, requiriendo mayores estudios y repeticiones para garantizar la explicación planteada. Según lo mencionado por Pérez et al. (2016) los filtros cerámicos con

plata coloidal tienen una característica más que los planteados por esta investigación, al tener también en cuenta el tiempo de retención del agua filtrada con relación directa al tiempo de contacto de la misma con la plata coloidal para la reducción de las colonias de *E. coli* presentes en el agua tratada.

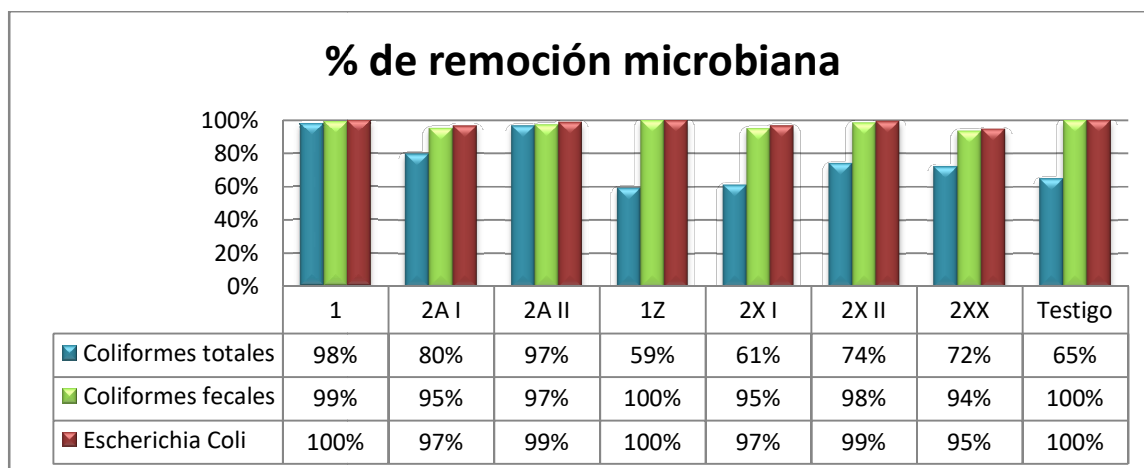


Figura 32 Gráfico comparativo de porcentaje de remoción microbiana.

En estudios con otros materiales filtrantes, por ejemplo con el caso propuesto por Torres et al. (2017) en el que se emplearon componentes similares a los propuestos en este trabajo pero con distribución en forma de estratos, se describe la posibilidad de generación de capas de proliferación de microorganismos de diversos tipos, al tratarse de un filtro por estratos se comprende la implicancia de varias capas lavables o reemplazables, pero el filtro cerámico aquí estudiado no presenta esta característica por lo que un factor no menor que podría influir en su rendimiento es la probable acumulación de microorganismos y la interacción de estos con el medio filtrante.

4.3.6. Descripción de principios de sostenibilidad de la pieza de prototipos exitosos

El desarrollo sostenible se encuentra íntimamente ligado a los componentes que definen la calidad de vida, el análisis de esta implica analizar las experiencias subjetivas de los

individuos que la integran y que tienen de su existencia en la mencionada sociedad (Rueda, 2004), es por eso que se consideró como fundamental el componente socio cultural para la confección de la propuestas de mejora,

Los prototipos planteados en esta investigación buscaron rescatar en sus procesos varias actividades locales que puedan colaborar al desarrollo sostenible de comunidades que presentes dificultades de acceso al agua segura y algún tipo de conexión de intercambio con su medio ambiente. La cerámica en particular con respecto a los métodos de extracción y al modelado manual ofreció a la propuesta el fuerte componente socio cultural, así como explican Valdivieso y Premauer (2018) en sus observaciones de la cerámica local y las mujeres *kichwas*, en el estudio mencionado las mujeres nativas expresan la cerámica con el término “tejer” para denotar las conexiones entre los individuos y los intercambios que implica la confección de una pieza de cerámica así como la conexión con la naturaleza, haciendo de esta actividad además de un intercambio también una suerte de educación ambiental haciendo consientes a las ceramistas de todos los seres vivos y fenómenos naturales implicados en la generación de su materia prima, muy similar a lo observado en las expresiones de las ceramistas de Itá con los sistemas de extracción racionales para que la arcilla “vuelva a crecer”.

V. Conclusiones

Esta investigación se centro en observar el trasfondo de una situación local tan sensible como el acceso al agua segura, viendo que en el Paraguay es un factor con aun bastantes carencias y con potencial de causar graves daños a las personas de comunidades con dificultades de acceso al agua segura.

También en la experiencia se instauró la idea de que el agua corriente no es sinónimo de agua segura ni de mejor calidad de vida, mostrando que existe gran variedad de formas de colecta de agua, almacenamiento y tratamiento domiciliario, que implique inversiones alcanzables y por sobre todo con mantenimiento y uso que no revista complejidad superior a la comprensible por sus usuarios, a modo de que estos sientan como instrumentos cotidianos del hogar y se propicie una cultura del cuidado al asociar el respeto a los recursos naturales con el uso eficiente de agua y con la salud de los usuarios.

Las propuestas de mejoras de tratamientos, buscaron responder a los fundamentos del desarrollo sostenible, atendiendo al ciclo de vida, a los posibles residuos y regeneración de la materia involucrada, observando las posibilidades de adición de otros elementos o de supresión de materiales que podrían considerarse poco sostenibles en origen.

Se observó que los resultados en cuanto a retención microbiana fueron realmente significativos para tratarse de un proceso sin tratamientos previos, y ante agua con carga importante, si bien no se alcanzó la supresión total de microorganismos, los resultados obtenidos no son contundentes y requieren mayores estudios.

Un factor no menor es que la mezcla planteada también fuerza al rescate de técnicas propias de la cultura de este país, como el modelado de piezas cerámicas. Las técnicas tomadas de guía corresponden a las utilizadas tradicionalmente en la ciudad de Itá, que no solo involucran

a l modelado manual si no a la extracción manual de la materia prima, a la preparación, transporte, y terminaciones. Al plantear todo este trabajo involucrado en una respuesta para tratamiento de agua se corre el riesgo de ahuyentar a los posibles beneficiados al presenciar tal magnitud de esfuerzo para un producto tan sencillo, pero este mismo riesgo encierra un fuerte contenido de educación ambiental para los beneficiarios así como un gran potencial de generación de fuentes de trabajos artesanales sin necesidad de grandes inversiones iniciales y posibilitando la realización de estos trabajos desde el hogar o en la comunidad.

Si bien este trabajo se escudó en una propuesta que cumpla con un trabajo puntual, sea barata, los recursos naturales necesarios no afecten negativamente a los ecosistemas y sea aceptable socialmente. Esta sencilla propuesta involucra un amplio trasfondo que promueve los fundamentos del desarrollo sostenible para dar respuestas viables a parte importante del sexto objetivo del desarrollo sostenible “Agua limpia y saneamiento”.

El autor considera que la investigación generó datos interesantes enmarcados en los objetivos del trabajo y que se logró que la propuesta cumpla con la consigna de involucrar cuatro pilares fundamentales del desarrollo sostenible

Desde el enfoque de un tratamiento de agua con tecnologías apropiadas y características sostenibles se considera lo mencionado por (Bermeo Noboa, 2002) respecto a la importancia de que en la profundización de este tipo de investigaciones se requiere contemplar sistemas político que promuevan la efectiva participación de todos los actores sociales en la toma de decisiones considerando al medio natural y a los recursos naturales como bienes económicos, a fin de evitar su deterioro y uso irracional. Esto también considerando un factor fundamental para el avance con el desarrollo sostenible, las políticas, que eduquen respecto a los modos de obtención de

materia prima y a los procesos, que fortalezcan las capacidades locales para elaborar instrumentos para dar respuestas a sus dificultades para el acceso al agua segura.

VI. Recomendaciones

Si bien en esta investigación simplemente se evaluó la capacidad filtrante de los prototipos frente a contaminantes biológicos, podría ser un gran aporte evaluarlos con la remoción de metales pesados atendiendo a que según otros trabajos, el carbón activado podría presentar cualidades para la captura de estos elementos contaminantes (Medina et al., 2015).

Se estudió como material filtrante y depurador al carbón activado a base de carbón de carozo de coco, especie ampliamente distribuida en la región oriental del Paraguay, atendiendo a que las unidades productoras de filtros cerámicos se encuentran en la parte media de la Región Occidental del país, podría resultar aun más sostenible el empleo de otros frutos de cualidades similares a la del coco, como el “Chañar” presente entre los frutos comestibles de gran importancia en varias comunidades nativas del Chaco paraguayo. Este fruto es en su estructura muy similar al coco pero procedente de un árbol de mediano a gran porte, el carozo de su drupa puede servir para la producción de carbón activado de cualidades muy similares a las del coco sin interferir con el uso habitual de la pulpa como alimento accesible y nutritivo (Polini & Lopez, 2013).

Para la cocción de los filtros prototipo se utilizaron las curvas de temperatura propias al filtro Yambui, enfocado a remoción de patógenos, pero en un estudio similar plantearon los filtros cerámicos para retención de arsénico, observando variables en la eficacia según la temperatura de cocción de los filtros de prueba, teniendo esto en cuenta se presenta un aspecto variable mas a analizar para la caracterización fina de estos filtros y sus cualidades (Viscarret et al., 2017).

El filtro cerámico planteado al no aplicar ningún mecanismo para la eliminación de patógenos si no simplemente retenerlos de un lado de la superficie filtrante, podría presentar con

el uso prolongado una acumulación de estos microorganismos por lo que un aspecto a estudiar para su uso seguro podría ser la frecuencia de limpieza o mantenimiento y el método más apropiado.

VII. Referencias

- Álvarez, L., Cantillo, K., Rico, K., & Salazar, A. (2013). Acceso y calidad del agua para el consumo humano en Santa Marta como indicador de inequidad en salud. *Universidad y Salud*, 15(2), 113–122. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/usalud/article/view/2354>
- Benítez, F. (2020). Filtros cerámicos artesanales producidos en Paraguay para tratamiento de agua. *ScientiAmericana*, 7(2521–0939), 75–81. <https://revistacientifica.uamericana.edu.py/index.php/scientiamericana/article/view/401/380>
- Berneio Noboa, A. (2002). *DESARROLLO SUSTENTABLE EN LA REPUBLICA DEL ECUADOR*. 12. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50541244/ecuador-desarrollo_sustentable.pdf?1480096445=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPagina_1_de_12.pdf&Expires=1606252989&Signature=RJ86ZUTyeAHKp4cvx8MFA8sFLKTRqV~5G9c-gNhccYNpMwBTILu-XrwXDtNRWnc
- Blasco, M. J. V., Martínez-Sanchis, I., & Alonso-Monasterio, P. (2017). Patrimony as a dynamizing element of the socioeconomy of local communities within the framework of European policies. Proposal of actions & tourist actions. In *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* (Vol. 2017, Issue 73, pp. 413–429). <https://doi.org/10.21138/bage.2424>
- Carreño, A., Lucas, L., Hurtado, E., Barrios, R., & Silva, R. (2020). Adecuación para consumo humano de propiedades físicas de aguas del río Carrizal, Ecuador, a través de microorganismos eficientes y filtración con zeolitas. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 11, 32. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2020-06-09>
- COOPI. (2011). *Cosechar el agua en tiempo de sequía*. https://drive.google.com/file/d/1J5g8ye_vGOjrZaio20fWDmic-ZKpKMXM/view?usp=sharing
- COOPI. (2012). *Acceso al agua segura*. https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1pcUFAcc8tB_tLCxphYxiKTEIFE5x8nIX
- Crespo, I. A., & Generales, C. (2000). *Agua En Paraguay*. 59123, 1–105.
- Duarte, S., Lv, P., Almeida, G., Rolón, J. C., & Perré, P. (2017). Alteration of physico-chemical characteristics of coconut endocarp — *Acrocomia aculeata* — by isothermal pyrolysis in the range 250–550 °C. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 126, 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2017.06.021>
- Echagüe, G., Sosa, L., Díaz, V., Ruiz, I., Rivas, L., Granado, D., Funes, P., Zenteno, J., Pistilli, N., & Ramírez, M. (2015). Enteroparasitosis en niños bajo 5 años de edad, indígenas y no indígenas, de comunidades rurales del Paraguay. *Revista Chilena de Infectología*, 32(6), 649–657. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182015000700006>
- Gómez, I. (2020). Desarrollo sostenible. In *Editorial elearning S.L.* (1st ed.). https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ZSPvDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=%22pilares+del+desarrollo+sostenible%22&ots=uefnjkZfFq&sig=UQv6_eowaGGiMzHjOebQV6_VrKQ#v=onepage&q=%22pilares+del+desarrollo+sostenible%22&f=false
- Grau, J. (2013). *Glosario sobre tecnología*. [https://campus.fundec.org.ar/admin/archivos/TIC - GLOSARIO TEC - 2013.pdf](https://campus.fundec.org.ar/admin/archivos/TIC-GLOSARIO TEC - 2013.pdf)
- ICOMOS. (2011). The Paris Declaration on heritage as a driver of development (2011). *International Council on Monuments and Sites, December 2011*, 1–6. <https://docplayer.net/21694175-The-paris-declaration-on-heritage-as-a-driver-of->

- development-adopted-at-paris-unesco-headquarters-on-thursday-1st-december-2011.html
- Lantagne, D. S. (2001). *Investigación del filtro de barro impregnado con plata coloidal promovido por Ceramistas Por La Paz*.
- León, R., Ortellado, J., Echauri, C., Agüero, J., & Galeano, M. (2019). Residuos de “Acrocomia aculeata.” In *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica* (Vol. 5, Issue 0). <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/eitt/article/view/3768>
- LifeStraw. (2014). *CARACTERÍSTICAS DEL LifeStraw® Family*. https://cdn.shopify.com/s/files/1/2631/0778/files/LifeStraw_Family_User_manual.pdf?v=14441172028764204217
- López, C., López, E., & Ancona, I. (2005). Desarrollo sustentable o sostenible: una definición conceptual. *Horizonte Sanitario*, 04(2), 29–57. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457845044002>
- McJunkin, F. (2010). Agua y salud humana. *Química Viva*, 9(3), 105–119. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/3099>
- Medina, M. P., Michel, E., Cutiño, M., Calzadilla, V., & Tort, D. S. (2015). Adsorción de níquel y cobalto sobre carbón activado de cascarón de coco. *Tecnología Química*, XXXV(1), 73–91. <https://doi.org/10.1590/2224-6185.2015.1>
- Mojica, Y., & Hurtado, J. (2020). Análisis de la eficiencia del sistema de filtrado microbiológico de agua LifeStraw Family, en la comunidad de María Chiquita, Portobelo, Colón, Panamá. *Revista Especializada En Ciencias Agropecuarias*, 1, 9–23. https://revistasvip.up.ac.pa/index.php/semillas_del_este/article/view/771/760
- OISA. (2019). *OISA Carbon activado* (p. 1). <https://oisa.com.py/project/carbon-activado/>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2002). *Informe de la Conferencia Regional de América Latina y el Caribe Preparatoria de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, Sudáfrica, 2002)*. <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/22571>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda* (cuarta). <http://apps.who.int/>
- Ortiz, I., Meza, A., & José, M. (2015). El cocotero (*Acrocomia totai*) en sistema agroecológico y sus múltiples usos en la comunidad de Paso Jhu, Paraguay. *Congreso Latinoamericano de Agroecología*, 1–6. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/58586/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1
- Paredes, F. (2007). Evaluación técnico económica de una planta de carbon activado. In *Ingeniería industrial* (Vol. 3, Issue 67). http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2007/soto_fp/sources/soto_fp.pdf
- Pérez-Vidal, A., Díaz-Gómez, J., Salamanca-Rojas, K. L., & Rojas-Torres, L. Y. (2016). Evaluación del tratamiento de agua para consumo humano mediante filtros Lifestraw® y olla Cerámica. *Revista de Salud Publica*, 18(2), 275–289. <https://doi.org/10.15446/rsap.v18n2.48712>
- Pla, J. (1994). *La cerámica popular paraguaya* (M. del barro de A. Centro de artes visuales (Ed.); Primera, Vol. 1). Litocolor. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=HISTO.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=000096>
- Polini, G., & Lopez, R. R. (2013). *Comer del monte. Plantas útiles del Chaco Central*.
- Ponce, D. (2019). *Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco, en la purificación y*

- absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los pobladores de Paragsha - Pasco* 2018. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1563/1/T026_73665141_T.pdf
- Republica del Paraguay. (2000). *Ley general del marco regulatorio y tarifario del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario Ley N° 1.614/2000: Reglamento de Calidad en la Prestación del Servicio Concesionarios* (p. 71). [http://www.undp.org/content/dam/paraguay/docs/1-Reglamento de Calidad para Concesionarios.pdf](http://www.undp.org/content/dam/paraguay/docs/1-Reglamento%20de%20Calidad%20para%20Concesionarios.pdf)
- Rueda, S. (2004). Habitabilidad y calidad de vida. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, 42, 29–34. <https://doi.org/10.20868/ciur.2004.42.1041>
- Sachs, J. (2016). La era del desarrollo sostenible. *Finanzas y Política Económica*, 8(2), 215–220. <https://doi.org/10.14718/rf&pe.v8i2.1155>
- Salas, D. (2015). Análisis de la problemática del agua en Paraguay. *Memorias Del Instituto de Investigaciones En Ciencias de La Salud*, 13(1), 97–103. [https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2015.013\(01\)97-103](https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2015.013(01)97-103)
- Schumacher, E. (1973). Lo pequeño es hermoso. In Akal S.A. (Ed.), *Arbor* (Vol. 166, Issues 655–656). https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=slmFm_hMiLoC&oi=fnd&pg=PA233&dq=lo+pequeño+es+hermoso&ots=nkpKTfkVcA&sig=OtzB93YR34LER_WrgQujFhkIsfY#v=onepage&q=lo+pequeño+es+hermoso&f=false
- Secretaria de Emergencia Nacional. (2012). *Atlas de Riesgos de Desastres de la Republica del Paraguay. I*, 182. https://www.sen.gov.py/application/files/9015/9862/5498/Atlas_de_Riesgos_de_Desastres_de_la_Republica_del_Paraguay_2018.pdf
- Silva, F., Proenza, J., & Alves, Á. (2018). A linguagem da cerâmica Guaraní: sobre a persistência das práticas e materialidade (parte 1). *Revista Brasileira de Linguística Antropológica*, 10(2), 167–200. <https://doi.org/10.26512/rbla.v10i2.20935>
- Soriano Ortiz, F. H. (2014). Eficiencia del filtro de arcilla en la purificación del agua para consumo humano en Cajamarca. *Universidad Privada Del Norte*, 1–134.
- TEMHA. (2010). *Filtro purificador de*. www.temha.com.py
- Torres, C., García, C., García, J., García, M., & Pacheco, R. (2017). Safe water for rural communities from an alternative filtration system. *Revista de Salud Pública*, 19(4), 453–459. <https://doi.org/10.15446/rsap.v19n4.56039>
- UNIDAD GIS – REDIEIX. (2009). *Atlas Geográfico del Chaco Paraguayo*. <http://www.geologiadelparaguay.com/Atlas-Geografico-del-Chaco.pdf>
- Universidad de Sevilla. (2010). *Manual del carbón activo*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38924321/Manual_del_carbon_activo.pdf?1443500362=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DManual_del_Carbon_Activo_1.pdf&Expires=1612471696&Signature=K93JqD6xZc9iuiqWaNAbcfxb2YDrBmvg5YaX-DGFR-N4S~CNIDvCC01wV
- Valdivieso, N., & Premauer, A. (2018). Allpa Mama: relaciones sociedad-naturaleza, procesos sociales y agencialidad/ Allpa Mama: society-nature relations, social movements and agency. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 23, 46–68. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.23.2018.3033>
- Viscarret, A., Melitón, L., Larrea, H., & Ardenghi, R. (2017). Filtros cerámicos para reducción de arsenico en aguas de consumo humano. *PROIMCA – PRODECA*, 9.

http://www.edutecne.utn.edu.ar/prodeca-proimca/actas-prodeca-2017/DCA79_Filtros-Ceramicos-para-R.pdf

VIII. Anexos

8.1. Anexo 1

Anexo 1 Fotografías de proceso de prueba de diversas mezclas para filtros ceramicos con carbón.

	
Modelado de piezas	Diversas granulometrías de carbón activado a base de carozo de coco
	
Peso seco de piezas calcinadas	Determinación de superficie de piezas por método de cuadrícula
	
Saturación de piezas	Pruebas de caudal de filtración

8.2. Anexo 2

Anexo 2 Muestras de objetos de cerámica utilitaria para agua, expuestas en el "Museo del Barro"

<i>Muestras de técnicas cerámicas (Museo del Barro)</i>		
		
Cerámicas de Itá pintadas con arcillas rojas.	Cerámica modelada en Itá	Cántaro paraguayo ornamentado,
		
Vasija Jaguar, Guanacaste, Costa Rica.	Vasija con decoración Zoomorfa. Chiriquí, Panamá	Vasijas y copas. Cultura Quimbaya y Pasto, Colombia

8.3. Anexo 3

Anexo 3 Extracción de arcilla en forma manual de esteros naturales en el Distrito de Itá.

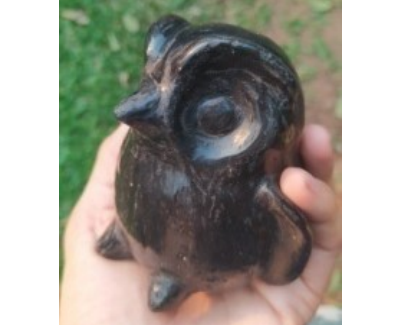
<i>Obtención de arcilla para cerámica en Itá</i>		
		
La arcilla se extrae manualmente de las zonas bajas en campos inundables, conocidos en la región como esterales	La capa superficial compuesta de pasto y raíces es retirada con pala, la zona inferior donde se encuentra la arcilla con menor cantidad de impurezas es extraída manualmente en trozos al borde de la zona de extracción	Estos trozos se aglutinan manualmente hasta formar esferas para facilitar su transporte.
	Se observa la característica sostenible en este proceso de extracción al permitir la regeneración natural de las áreas al no ser un volumen extraído que genere impactos significativos. En sus saberes tradicionales las artesanas mencionan que el estero “ vuelve a crecer ” cuando se lo deja descansar. Por lo que aplican la práctica de rotar las áreas de extracción.	

8.4. Anexo 4

Anexo 4 Modelado artesanal de cerámica a mano

<i>Obtención de polvo de ladrillo en Itá</i>		
		
Ladrillo cocido común, es troceado y convertido en polvo en un mortero de madera en forma totalmente manual. Según lo explicado por las artesanas, este polvo añade características de resistencia mecánica a la pieza final al ser incorporado en la mezcla.		
<i>Transporte y preparación de materia prima en Itá</i>		
		
Se llevan las bolas manualmente hasta el camino.	Se carhan en el medio de transporte a emplear cuidado de que no se le adiera otro tipo de material.	La carga es transportada hasta el sitio de preparación.
		
Las bolas son dispuestas sobre una lona o tela en el piso donde se trocean con pala.	Se agrega polvo de ladrillo el cual se incorpora en el amasado con los pies.	Piza utilitaria modelada aun sin bruñir.

Piezas elaboradas con técnicas tradicionales en Itá

		
Pieza cruda modelada en dos partes	Platos crudos bruñidos y pintados con tapyta	
		
Pieza utilitaria impregnada con arcilla roja y ahumada	Pieza decorativa bruñida con piedra	Diferencia entre superficie bruta y bruñida con piedra

Proceso de quemado en horno a leña en Itá

		
Carga de piezas: Se emplean otros materiales cerámicos ya cocidos para separar las piezas crudas entre si y posibilitar la circulación del aire.		El horno se sella con ladrillos cocidos y barro, se carga leña en la base para iniciar el fuego que hará cocción.

8.5. Anexo 5

Anexo 5 Resultados de análisis de agua (FACEN-UNA)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Laboratorio de Calidad de Agua
INFORME DE ENSAYO

INF 1256/2020

Solicitante: FRANCISCA BENÍTEZ
Dirección: Primer Intendente 208 - Nemby
Código de ítem: 1162

Descripción de ítem: Datos declarados por el cliente: Agua de Bahía de Asunción (cruda)

Fecha de recepción: 16/12/2020 Fecha de ejecución del ensayo: 16/12/2020 Fecha del informe: 28/12/2020

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - Resol. Nº 222/02 SEAM - valores máximos admisibles
Coliformes Totales, en 100 mL	SM 9222 B	5960	UFC	SR
Coliformes Fecales, en 100 mL	SM 9222 D	1520	UFC	1000*
Escherichia coli, en 100 mL	SM 9260 F	1160	UFC	SR

Abreviaturas: mL = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, SR = sin referencia, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición Nº 17 (APHA-AWWA-WPCF). SEAM = Secretaría del Ambiente (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADES).

Ítem: muestra ensayada

Notas:

- Valores de referencia establecidos para agua de Clase 2 por la mencionada resolución del MADES.
- (*) expresado en NMP (numero más probable), según la resolución 222/02 de la SEAM.
- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El(los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Francisca Benítez Teléfono: 0981 746 511

Fin del informe
Pag. 1/1

REG 063.06

Prof. Lic. Estanislao Acosta Morales
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Laboratorio de Calidad de Agua
INFORME DE ENSAYO

INF 1257/2020

Solicitante: FRANCISCA BENÍTEZ
Dirección: Primer Intendente 208 - Nemby
Código de ítem: 1163

Descripción de ítem: Datos declarados por el cliente: Agua filtrada (testigo)

Fecha de recepción: 16/12/2020 Fecha de ejecución del ensayo: 16/12/2020 Fecha del informe: 28/12/2020

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - Resol. Nº 222/02 SEAM - valores máximos admisibles
Coliformes Totales, en 100 mL	SM 9222 B	2090	UFC	SR
Coliformes Fecales, en 100 mL	SM 9222 D	0	UFC	1000*
Escherichia coli, en 100 mL	SM 9260 F	0	UFC	SR

Abreviaturas: mL = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, SR = sin referencia, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición Nº 17 (APHA-AWWA-WPCF). SEAM = Secretaría del Ambiente (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADES).

Ítem: muestra ensayada

Notas:

- Valores de referencia establecidos para agua de Clase 2 por la mencionada resolución del MADES.
- (*) expresado en NMP (numero más probable), según la resolución 222/02 de la SEAM.
- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El(los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Francisca Benítez Teléfono: 0981 746 511

Fin del informe
Pag. 1/1

REG 063.06

Prof. Lic. Estanislao Acosta Morales
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Laboratorio de Calidad de Agua
INFORME DE ENSAYO

INF 1260/2020

Solicitante: FRANCISCA BENÍTEZ
Dirección: Primer Intendente 208 - Nemby
Código de ítem: 1166

Descripción de ítem: Datos declarados por el cliente: Agua filtrada - (2X X)

Fecha de recepción: 16/12/2020 Fecha de ejecución del ensayo: 16/12/2020 Fecha del informe: 28/12/2020

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - Resol. Nº 222/02 SEAM - valores máximos admisibles
Coliformes Totales, en 100 mL	SM 9222 B	1650	UFC	SR
Coliformes Fecales, en 100 mL	SM 9222 D	98	UFC	1000*
Escherichia coli, en 100 mL	SM 9260 F	60	UFC	SR

Abreviaturas: mL = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, SR = sin referencia, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición Nº 17 (APHA-AWWA-WPCF). SEAM = Secretaría del Ambiente (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADES).

Ítem: muestra ensayada

Notas:

- Valores de referencia establecidos para agua de Clase 2 por la mencionada resolución del MADES.
- (*) expresado en NMP (numero más probable), según la resolución 222/02 de la SEAM.
- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El(los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Francisca Benítez Teléfono: 0981 746 511

Fin del informe
Pag. 1/1

REG 063.06

Prof. Lic. Estanislao Acosta Morales
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Laboratorio de Calidad de Agua
INFORME DE ENSAYO

INF 1258/2020

Solicitante: FRANCISCA BENÍTEZ
Dirección: Primer Intendente 208 - Nemby
Código de ítem: 1164

Descripción de ítem: Datos declarados por el cliente: Agua filtrada - (2X II)

Fecha de recepción: 16/12/2020 Fecha de ejecución del ensayo: 16/12/2020 Fecha del informe: 28/12/2020

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - Resol. Nº 222/02 SEAM - valores máximos admisibles
Coliformes Totales, en 100 mL	SM 9222 B	1540	UFC	SR
Coliformes Fecales, en 100 mL	SM 9222 D	23	UFC	1000*
Escherichia coli, en 100 mL	SM 9260 F	7	UFC	SR

Abreviaturas: mL = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, SR = sin referencia, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición Nº 17 (APHA-AWWA-WPCF). SEAM = Secretaría del Ambiente (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADES).

Ítem: muestra ensayada

Notas:

- Valores de referencia establecidos para agua de Clase 2 por la mencionada resolución del MADES.
- (*) expresado en NMP (numero más probable), según la resolución 222/02 de la SEAM.
- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El(los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Francisca Benítez Teléfono: 0981 746 511

Fin del informe
Pag. 1/1

REG 063.06

Prof. Lic. Estanislao Acosta Morales
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Laboratorio de Calidad de Agua
INFORME DE ENSAYO

INF 1259/2020

Solicitante: FRANCISCA BENÍTEZ
Dirección: Primer Intendente 208 - Ñemby
Descripción de ítem: Datos declarados por el cliente, Agua filtrada - (2X I)

Solicitud de trabajo Nº: 571/2020
Código de ítem: 1165

Fecha de recepción: 16/12/2020 Fecha de ejecución del ensayo: 16/12/2020 Fecha del informe: 28/12/2020

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - Resol. Nº 222/02 SEAM - valores máximos admisibles
Coliformes Totales, en 100 ml	SM 9222 B	2310	UFC	SR
Coliformes Fecales, en 100 ml	SM 9222 D	75	UFC	1000*
Escherichia coli, en 100 ml	SM 9260 F	38	UFC	SR

Abreviaturas: ml = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, SR = sin referencia, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición Nº 17 (APHA-AWWA-WPCF). SEAM = Secretaría del Ambiente (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADES).

Ítem: muestra ensayada

Notas:

- Valores de referencia establecidos para agua de Clase 2 por la mencionada resolución del MADES.
- (*) expresado en NMP (numero más probable), según la resolución 222/02 de la SEAM.
- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El(los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Francisca Benítez

Teléfono: 0981 746 511



Prof. Lic. Estanislao Acosta Morales
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del informe
Pag. 1/1

REG 063.06



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Laboratorio de Calidad de Agua
INFORME DE ENSAYO

INF 1263/2020

Solicitante: FRANCISCA BENÍTEZ
Dirección: Primer Intendente 208 - Ñemby
Descripción de ítem: Datos declarados por el cliente, Agua filtrada - (2A II)

Solicitud de trabajo Nº: 572/2020
Código de ítem: 1169

Fecha de recepción: 16/12/2020 Fecha de ejecución del ensayo: 16/12/2020 Fecha del informe: 28/12/2020

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - Resol. Nº 222/02 SEAM - valores máximos admisibles
Coliformes Totales, en 100 ml	SM 9222 B	198	UFC	SR
Coliformes Fecales, en 100 ml	SM 9222 D	42	UFC	1000*
Escherichia coli, en 100 ml	SM 9260 F	15	UFC	SR

Abreviaturas: ml = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, SR = sin referencia, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición Nº 17 (APHA-AWWA-WPCF). SEAM = Secretaría del Ambiente (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADES).

Ítem: muestra ensayada

Notas:

- Valores de referencia establecidos para agua de Clase 2 por la mencionada resolución del MADES.
- (*) expresado en NMP (numero más probable), según la resolución 222/02 de la SEAM.
- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El(los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Francisca Benítez

Teléfono: 0981 746 511



Prof. Lic. Estanislao Acosta Morales
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del informe
Pag. 1/1

REG 063.06



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Laboratorio de Calidad de Agua
INFORME DE ENSAYO

INF 1261/2020

Solicitante: FRANCISCA BENÍTEZ
Dirección: Primer Intendente 208 - Ñemby
Descripción de ítem: Datos declarados por el cliente, Agua filtrada - (Z I)

Solicitud de trabajo Nº: 572/2020
Código de ítem: 1167

Fecha de recepción: 16/12/2020 Fecha de ejecución del ensayo: 16/12/2020 Fecha del informe: 28/12/2020

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - Resol. Nº 222/02 SEAM - valores máximos admisibles
Coliformes Totales, en 100 ml	SM 9222 B	2420	UFC	SR
Coliformes Fecales, en 100 ml	SM 9222 D	0	UFC	1000*
Escherichia coli, en 100 ml	SM 9260 F	0	UFC	SR

Abreviaturas: ml = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, SR = sin referencia, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición Nº 17 (APHA-AWWA-WPCF). SEAM = Secretaría del Ambiente (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADES).

Ítem: muestra ensayada

Notas:

- Valores de referencia establecidos para agua de Clase 2 por la mencionada resolución del MADES.
- (*) expresado en NMP (numero más probable), según la resolución 222/02 de la SEAM.
- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El(los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Francisca Benítez

Teléfono: 0981 746 511



Prof. Lic. Estanislao Acosta Morales
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del informe
Pag. 1/1

REG 063.06



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Laboratorio de Calidad de Agua
INFORME DE ENSAYO

INF 1262/2020

Solicitante: FRANCISCA BENÍTEZ
Dirección: Primer Intendente 208 - Ñemby
Descripción de ítem: Datos declarados por el cliente, Agua filtrada - (2A I)

Solicitud de trabajo Nº: 572/2020
Código de ítem: 1168

Fecha de recepción: 16/12/2020 Fecha de ejecución del ensayo: 16/12/2020 Fecha del informe: 28/12/2020

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - Resol. Nº 222/02 SEAM - valores máximos admisibles
Coliformes Totales, en 100 ml	SM 9222 B	1210	UFC	SR
Coliformes Fecales, en 100 ml	SM 9222 D	75	UFC	1000*
Escherichia coli, en 100 ml	SM 9260 F	40	UFC	SR

Abreviaturas: ml = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, SR = sin referencia, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición Nº 17 (APHA-AWWA-WPCF). SEAM = Secretaría del Ambiente (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADES).

Ítem: muestra ensayada

Notas:

- Valores de referencia establecidos para agua de Clase 2 por la mencionada resolución del MADES.
- (*) expresado en NMP (numero más probable), según la resolución 222/02 de la SEAM.
- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El(los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Francisca Benítez

Teléfono: 0981 746 511



Prof. Lic. Estanislao Acosta Morales
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del informe
Pag. 1/1

REG 063.06



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Laboratorio de Calidad de Agua
INFORME DE ENSAYO

Solicitante: FRANCISCA BENITEZ		INF. 1264/2020		
Dirección: Primer Intendente 208 - Ñemby		Solicitud de trabajo N°: 573/2020		
		Código de ítem: 1170		
Descripción de ítem: Datos declarados por el cliente; Agua filtrada - (1).				
Fecha de recepción: 16/12/2020	Fecha de ejecución del ensayo: 16/12/2020	Fecha del informe: 28/12/2020		
Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - Resol. N° 222/02 SEAM - valores máximos admisibles
Coliformes Totales, en 100 mL	SM 9222 B	120	UFC	SR
Coliformes Fecales, en 100 mL	SM 9222 D	12	UFC	1000*
Escherichia coli, en 100 mL	SM 9260 F	0	UFC	SR

Abreviaturas: mL = mililitros, UFC = Unidades Formadoras de Colonias, SR = sin referencia, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición N° 17 (APHA-AWWA-WPCF). SEAM = Secretaría del Ambiente (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADES).
Ítem: muestra ensayada

Notas:

- Valores de referencia establecidos para agua de Clase 2 por la mencionada resolución del MADES.
- (*) expresado en NMP (numero más probable), según la resolución 222/02 de la SEAM.
- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El(Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.
- Nombre del contacto: Francisca Benítez Teléfono: 0981 746 511



Prof. Lic. Estanislao Acosta Morales
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del Informe
Pag. 1/1

REG 063.06

8.6. Anexo 6

Tabla 1 Parametros microbiológicos Ley 1.614/2000.

C - : Componentes Bacteriológicos Básicos

a) Método Membrana Filtrante

AGUA SOMETIDA A TRATAMIENTO QUE ENTRA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.					
ORGANISMO	UNIDAD	LIMITE ADMISIBLE	LIMITE (*) RECOMEND.	FRECUENCIA DE MUESTREO	OBSERVACION
Bacterias Coliformes Fecales	UFC/100ml	0	0	Diaria	(1)
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100ml	0	0	Diaria	(1)
AGUA NO SOMETIDA A TRATAMIENTO QUE ENTRA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.					
ORGANISMO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	LIMITE (*) RECOMEND.	FRECUENCIA DE MUESTREO	OBSERVACION
Bacterias Coliformes Fecales	UFC/100ml	0	0	Diaria	
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100ml	0	0	Diaria	(2)
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100ml	3	0	Diaria	(3)
AGUA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.					
ORGANISMO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	LIMITE (*) RECOMEND.	FRECUENCIA DE MUESTREO	OBSERVACION
Bacterias Coliformes Fecales	UFC/100ml	0	0	Diaria	
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100ml	0	0	Diaria	(2)
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100ml	3	0	Diaria	(4)

(*) Los límites recomendables corresponden a los establecidos en las Guías de la OPS y OMS.

(1) Turbiedad <1 UNT. Para desinfección con cloro es preferible un PH < 8. Cloro Residual Libre, luego de 30 minutos de contacto entre 0,2 a 0,5 mg/l.

(2) En el 98% de las muestras examinadas durante el año, cuando se trata de grandes sistemas de abastecimiento y se examinan suficientes muestras.

(3) Ocasionalmente en alguna muestra pero no en muestras consecutivas.

(4) En el 95% de las muestras examinadas durante el año, cuando se trata de grandes sistemas de abastecimiento y se examinan suficientes muestras.

ABREVIATURAS: UFC = Unidad Formadora de Colonias
 UNT = Unidades Nefelométricas de Turbiedad

8.7. Anexo 7

Tabla 2 Datos de promedios para gráficos de caudal de exudación.

Tiempos promedios						
1	2A I	2A II	Z1	2X I	2X II	2XX
3,138888889	1,277777778	2,111111111	1,166666667	5,222222222	3,138888889	2,822222222
4,25	1,666666667	3,277777778	1,472222222	7,611111111	3,972222222	4,305555556
5,444444444	2,083333333	4,416666667	1,833333333	9,944444444	5,222222222	5,75
6,861111111	2,555555556	5,555555556	2,5	12,277777778	6,611111111	7,25
8,111111111	3,055555556	6,638888889	2,944444444	14,63888889	8,055555556	8,777777778
9,527777778	3,555555556	7,916666667	3,527777778	17,25	9,638888889	10,305555556
11	4,027777778	9,138888889	3,944444444	19,97222222	11,22222222	11,91666667
12,58333333	4,527777778	10,30555556	4,472222222	22,55555556	12,88888889	13,5
13,97222222	5,027777778	11,63888889	5,027777778	25,30555556	14,47222222	15,05555556
15,58333333	5,638888889	12,91666667	5,583333333	28,33333333	16,16666667	16,55555556
17,11111111	6,222222222	14,30555556	6,138888889	31,22222222	17,80555556	18,36111111
18,55555556	6,722222222	15,61111111	6,694444444	34	19,5	20,05555556
20,08333333	7,277777778	17,05555556	7,194444444	36,83333333	21,33333333	21,77777778
21,52777778	7,833333333	18,47222222	7,838888889	40,05555556	23,02777778	23,61111111
23,19444444	8,416666667	19,94444444	8,708333333	43,16666667	24,72222222	25,61111111
24,75	9	21,38888889	9,375	46,41666667	26,66666667	27,19444444
26,38888889	9,611111111	22,94444444	9,666666667	49,58333333	28,52777778	29,05555556
28,02777778	10,27777778	24,53333333	10,33333333	53,05555556	30,25	30,94444444
29,69444444	10,88888889	26,13888889	10,97222222	56,52777778	32,25	32,72222222
31,41666667	11,58333333	27,75	11,63888889	60,19444444	35,41666667	34,77777778
33,47222222	12,27777778	29,58333333	12,75	63,47222222	37,66666667	36,86111111
35,19444444	13	31,22222222	13,05555556	67,69444444	38,25	38,94444444
37,02777778	13,72222222	32,88888889	13,91666667	71,55555556	40,80555556	41,02777778
39	14,52777778	34,66111111	14,55555556	75,63888889	43,08333333	43,19444444
43,19444444	16,19444444	38,11111111	16,75	84,08333333	48,47222222	47,11111111
45,22222222	17,05555556	40,05555556	16,91666667	88,5	50,25	48,22222222
47,44444444	17,83333333	42,08333333	17,75	93,02777778	52,41666667	51,44444444
49,69444444	18,75	44,16666667	18,94444444	97,88888889	55,02777778	53,94444444
51,94444444	19,69444444	46,33333333	19,83333333	103,1388889	57,61111111	56,25
54,44444444	20,66666667	48,55555556	20,72222222	108,5833333	60,33333333	58,86111111
57,02777778	21,58333333	50,69444444	21,77777778	114	63,13888889	61,22222222
59,42222222	22,61111111	53,16666667	22,72222222	120,2222222	65,30555556	63,61111111
63	23,66666667	55,61111111	23,77777778	126,6388889	69,22222222	66,38888889
65,13888889	24,86111111	58,08333333	24,86111111	132,9444444	72,36111111	68,88888889
67,77777778	25,88888889	60,80555556	26	138,6944444	75,58333333	71,47222222
70,33333333	27	63,52777778	27,11111111	146,0833333	79,09444444	74,38888889
73,22222222	28,08333333	66,33333333	28,27777778	153,1111111	82,25	77,55555556
76,13888889	29,25	69,16666667	29,47222222	160,3055556	85,52777778	80,47222222
79,33333333	30,44444444	72,13888889	30,69444444	168,0277778	88,97222222	83,33333333
82,5	31,75	75,61111111	31,97222222	176,6666667	92,83333333	86,22222222
85,91666667	33,11111111	79,02777778	33,44444444	185,2222222	96,77777778	89,55555556
89,77777778	34,55555556	82,44444444	34,83333333	193,6944444	100,8055556	92,52777778
92,88888889	35,91666667	86,22222222	36,27777778	203	105,2222222	96,22222222
96,80555556	37,33333333	89,94444444	37,91666667	215,3333333	109,8611111	99,61111111
100,7777778	38,97222222	94,33888889	39,66666667	224,1388889	114,6666667	103,3333333
104,9722222	40,52777778	99,27777778	41,58333333	235,6944444	120,3055556	107,0277778
109,8611111	42,27777778	103,7222222	43,58333333	249,5833333	124,6944444	110,8333333
113,1388889	44,08333333	108,9722222	45,36111111	229,4166667	130,3333333	114,6111111

Caudales promedios						
1	2A I	2A II	Z1	2X I	2X II	2XX
6,412698413	15,7535014	10,55555556	17,5	4,111519108	7,525252525	7,160907037
7,104493972	18,12121212	9,849160981	20,39215686	4,151804384	7,610084034	6,995798319
7,388888889	19,28244767	9,717717718	21,81818182	4,171347212	7,695077245	7,015207015
7,34057971	19,74137325	9,622188906	20,16806723	4,254827775	7,621748643	6,948976519
7,466754661	19,75921376	9,645656176	20,54545455	4,289084308	7,481612239	6,897959184
7,397032102	19,77807161	9,479508239	19,90675991	4,22679917	7,292736343	6,863500196
7,326475301	19,99570662	9,364940164	20,34214265	4,167258544	7,159614662	6,794701359
7,200532387	19,98240676	9,360217413	20,21934197	4,159090909	7,005598099	6,741241072
7,215253251	20,00661376	9,204712813	19,97470164	4,124235553	6,938988178	6,713667858
7,106066448	19,60994015	9,131054131	19,80507293	4,053784049	6,830054665	6,721930244
7,064390435	19,39794534	8,960867391	19,64021164	4,006779463	6,758176329	6,615769643
7,055977673	19,46429396	8,899507503	19,50444293	3,976110382	6,687543323	6,571244358
7,022962096	19,35915621	8,790012804	19,53370305	3,963675214	6,580059534	6,516339869
7,020976953	19,2919587	8,714100141	19,20221693	3,888159069	6,532462704	6,440433549
6,953554859	19,13227513	8,590062515	18,42424242	3,845951214	6,489636891	6,346114317
6,923784641	19,01683087	8,497570674	18,17677808	3,802128518	6,390302228	6,342274818
6,877462246	18,8439498	8,397202673	18,67282577	3,765791855	6,328650065	6,284399448
6,837482291	18,60416667	8,2877483	18,43216404	3,716280268	6,298711911	6,234999957
6,795165108	18,47781848	8,191873931	18,27276885	3,669182092	6,222964928	6,203395001
6,742866402	18,24297267	8,117713249	18,08247751	3,611291821	5,933386518	6,128369705
6,634665597	18,02339619	7,974893097	17,2733493	3,584061279	5,84554339	6,067572313
6,593505416	17,80669942	7,886157775	17,66492133	3,513715914	5,989661158	5,996102401
6,538172537	17,59919279	7,818775078	17,30010718	3,468611548	5,897863907	5,94012124
6,470925464	17,31146237	7,729327293	17,22559913	3,418686812	5,819077123	5,879581537
6,314906368	16,77436067	7,601555622	16,14497856	3,329830688	5,617667975	5,824208254
6,256459432	16,51918454	7,505687358	16,42388894	3,27847228	5,583506955	5,938525846
6,17789615	16,3578722	7,401419925	16,21202297	3,225028225	5,545684834	5,730663089
6,097786737	16,09407694	7,300674579	15,87882412	3,170499386	5,46683762	5,660024837
6,032843864	15,84240301	7,189015919	15,67755938	3,111794835	5,396686056	5,607438937
5,945680891	15,58125525	7,083547822	15,49056178	3,047753934	5,318313705	5,524735415
5,853320034	15,38324398	6,998657224	15,20104486	2,994145588	5,242424116	5,478047182
5,785466205	15,12186198	6,887171068	15,01186496	2,926209677	5,22053832	5,436609
5,605179704	14,8699105	6,777280527	14,77041495	2,860240321	5,073816543	5,358299619
5,584899529	14,56368807	6,673981268	14,52834096	2,80091707	4,99165679	5,313792122
5,523409342	14,37987873	6,555390289	14,28240373	2,758018971	4,91425103	5,266239137
5,469536144	14,15466936	6,452614872	14,06947927	2,68953701	4,825533574	5,195702394
5,390875053	13,96965117	6,344464062	13,83976158	2,63090619	4,761475191	5,113928154
5,314444498	13,75857405	6,244122384	13,62891661	2,57826476	4,697193406	5,063971643
5,231774324	13,54909662	6,145867962	13,41669865	2,518388681	4,628048533	5,011183102
5,154787152	13,30473692	6,00477651	13,19941001	2,459769956	4,545896898	4,961883599
5,070570557	13,06494269	5,892448429	12,91697768	2,403044871	4,463997233	4,895721226
4,964152785	12,81437704	5,791577132	12,69075455	2,354006673	4,385565462	4,847099602
4,909109819	12,60426015	5,662049971	12,47079234	2,29486863	4,299181391	4,770362948
4,817467175	12,39253262	5,556546301	12,20426706	2,214198588	4,210578825	4,71774152
4,731750793	12,12910042	5,435831328	11,92431166	2,175382522	4,122130597	4,647235206
4,639897998	11,90941795	5,295609072	11,62705263	2,115905949	4,013214399	4,585684969
4,531047069	11,6537776	5,178777929	11,33419371	2,044908014	3,953602734	4,524640586
4,517779127	11,40291161	5,051797101	11,10786885	2,187684757	3,859775244	4,478127098

8.8. Anexo 8

Tabla 3 Datos de promedios para los gráficos de retención microbiana.

		PARAMETROS (UFC)			REMOCIÓN		
		Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia Coli</i>	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia Coli</i>
TRATAMIENTO	1	120	12	0	98%	99%	100%
	2A I	1210	75	40	80%	95%	97%
	2A II	198	42	15	97%	97%	99%
	1Z	2420	0	0	59%	100%	100%
	2X I	2310	75	38	61%	95%	97%
	2X II	1540	23	7	74%	98%	99%
	2XX	1650	98	60	72%	94%	95%
	Testigo	2090	0	0	65%	100%	100%
	Cruda	5960	1520	1160			