

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

En el presente capítulo se da a conocer los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación, mismos que comprenden los argumentos más apreciables para la selección del área de estudio, los registros de las condiciones climáticas, los resultados del diagnóstico físico-químico y microbiológico del agua tratada, las fases de construcción del sistema prototipo de filtración de agua y desinfección, y los logros de la capacitación realizada a las familias involucradas.

4.1. UBICACIÓN Y DATOS TÉCNICOS

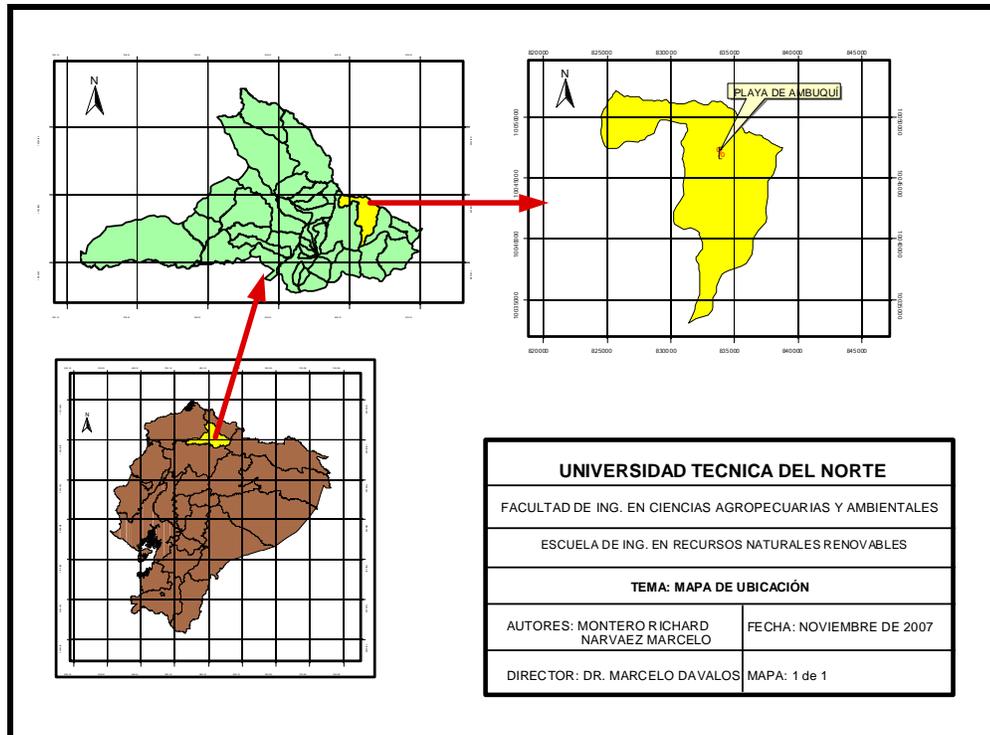
El área donde se realizó (Cuadro 4.1) la investigación geográficamente se encuentra ubicada entre las siguientes coordenadas:

Cuadro 4.1. Ubicación y datos técnicos del área de estudio

Latitud Norte 00° 27' 39,5"
Longitud Oeste 78° 00' 42,5"
Provincia: Imbabura
Cantón: Ibarra
Parroquia: Ambuquí
Sector: La Playa de Ambuquí
Altitud: 1880msnm

Temperatura promedio Anual: 19.4°C
Precipitación media anual: 303.4mm
Humedad Relativa: 80%
Zona de Vida: Monte Espinoso premontano (me-PM)

Figura 4.1. Mapa de ubicación de la zona de estudio



Elaboración: Autores

4.2. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ÁREA SELECCIONADA

4.2.1. Temperatura media anual:

La temperatura media anual es de 19,4°C con variaciones mínimas durante todo el año, registrándose que los meses de mayor temperatura son julio, agosto y septiembre con 19,9°C de promedio, los meses de menor temperatura son febrero

y noviembre con 18,8°C correspondientes al periodo 2002. La temperatura máxima absoluta se registra el 15 de agosto de 1974 con 34°C y la mínima absoluta el 24 de noviembre de 1972 con 9°C.

4.2.2. Precipitación media anual:

La precipitación media anual es de 303,4 mm, con pocas lluvias en todo el año. Los meses de mayor precipitación son diciembre con 53,9 mm y abril con 51,4 mm; los meses de menor precipitación son agosto con 4,6 mm y julio con 7,3 mm correspondientes al periodo 2005.

4.2.3. Humedad relativa:

La humedad relativa media anual es del 80%, con los mayores valores en los meses de diciembre y abril con 84%, mientras que en los meses de julio y agosto son menores, con el 73%. Datos correspondientes al periodo 1978.

4.2.4. Nubosidad:

El valor promedio anual es de 4/8; siendo febrero, marzo y diciembre los meses más nublados con 6/8 de cielo cubierto. Datos correspondientes al periodo 1978.

4.2.5. Brillo solar:

Se tomó los datos de brillo solar de la estación Ibarra EX-INERHI (Cuadro 4.2.), como referencia, ya que en la playa de Ambuquí no existe una estación meteorológica que nos indique con exactitud estos datos.

(Ibarra Log: 78° 08` W – Lat: 00° 21` N – Altitud: 2228msnm)

Cuadro 4.2. Datos de Heliofanía

1978	HELIOFANÍA (Horas y décimos)	
	Total	%
Enero	193.6	52
Febrero	153.5	46
Marzo	109.5	29
Abril	138.3	38
Mayo	148.3	40
Junio	186.9	52
Julio	165.3	44
Agosto	231.2	62
Septiembre	156.1	43
Octubre	203.5	45
Noviembre	163.4	45
Diciembre	140.9	38
Año	1990.5	44

Fuente. Anuario Meteorológico N° 18, INAMHI -1978

Elaboración: Autores

4.2.6. Radiación solar:

En la playa de Ambuquí y sus alrededores más próximos no existe una estación meteorológica que nos indique los valores de este parámetro.

4.2.7. Diagrama Ombrotérmico:

Para determinar el período seco y lluvioso en la playa de Ambuquí, es necesario contar con los registros de precipitación y temperatura de un mínimo de 10 años, (Anexo 1, Anuario meteorológico 2002 N° 45), permitiendo obtener el diagrama ombrotérmico:

En la tabla 4.1, se presenta los valores climáticos promedios desde el año 1992 hasta 2002.

Tabla 4.1. Valores climáticos de la Estación Ambuquí periodo 1992-2002

	E	F	M	A	M	JN	JL	AG	S	O	N	D	ANUAL
Px	33.6	43.5	56.98	52.5	48.7	23.7	10.9	10.5	24.3	38.8	48.9	37.5	430.1mm
Tbio	19.6	18.8	19.4	19.3	19.5	19.7	19.9	19.9	19.9	19.3	18.8	19.5	19.48°C
ETP	98	84.9	97	93.4	97.5	95.3	99.5	99.5	96.3	96.5	91	97.5	1146.4mm

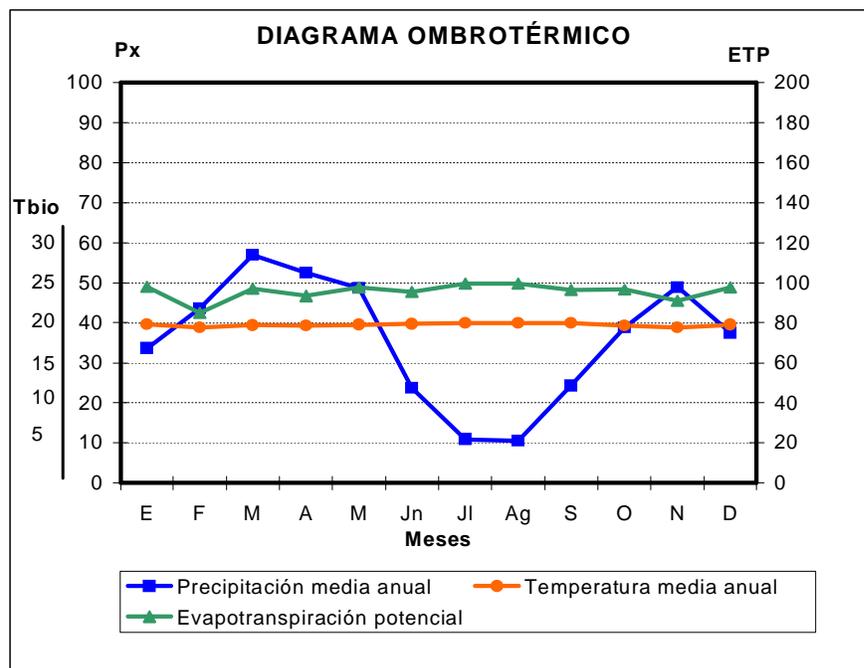
Fuente: INAMHI, Elaboración. Autores

Px: Precipitación media

Tbio: Temperatura biológica

ETP: Evapotranspiración potencial

Gráfico 4.1. Diagrama Ombrotérmico



Elaboración: Autores

Según el diagrama ombrotérmico (Gráfico N° 4.1.), el período seco corresponde a los meses de enero, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, diciembre e inclusive febrero y mayo, mientras que los meses del período lluvioso son marzo, abril, y noviembre.

4.3. DIAGNÓSTICO FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA A TRATAR.

La población de Ambuquí no cuenta con servicio de agua potable; la mayor parte del agua que utiliza la gente es entubada y se capta del río Chota a través del canal de riego.

El agua del canal es receptada del río Caldera o Chota y se encuentra ubicado en la cota 1710 msnm; desde este lugar se distribuye a las diferentes comunidades del sector. Otro sector importante que emplea esta agua constituyen las hosterías que se ubican en la playa de Ambuquí, utilizándola principalmente para llenar las piscinas.

En la zona de la Playa de Ambuquí, sitio donde se ubica el proyecto, el agua para consumo humano proviene de una acequia que viene de las partes altas del río Chota; además el agua utilizada para tomar, es agua embotellada comprada a los distribuidores.

Es importante indicar que como consecuencia de este uso y según versiones del subcentro de Salud de Ambuquí, se han presentando enfermedades, como gastroenteritis, parasitosis, amebiasis, entre otras que producen diarreas agudas causando, inclusive la muerte de los afectados, especialmente en los niños, que es el grupo más vulnerable.

La caracterización proporciona una idea general de la composición físico-química y microbiológica del agua a tratar. Se tomaron muestras para ser analizadas en el laboratorio y determinar sus condiciones, caracterización que se realizó en el mes de Marzo de 2007, obteniendo los resultados señalados en el cuadro 4.3.

Cuadro 4.3. Análisis físico-químicos y microbiológicos del agua tratar

Parámetro	Unidades	Muestra 1 Fecha: 15/03/'07	Muestra 2 Fecha: 21/03/'07	* Límite máximo permisible
Alcalinidad a la Fenolftaleína (como CaCO ₃)	mg/L	0.00	-	-
Alcalinidad al verde de Bromocresol (como CaCO ₃)	mg/L	0.05	-	-
Alcalinidad total	mg/L	0.05	-	-
Dureza total	mg/L	41	-	300
pH	-	7.74	7.52	8.5
DQO	mg/L	22.08	21.88	10
DBO ₅	mg/L	4.00	4.00	2
Oxígeno disuelto	mg/L	5.24	4.87	-
SDT	mg/L	19.75	18.6	1000
SST	mg/L	12	13	300
Turbidez	NTU	30.80	29.20	20
Temperatura	°C	14	13	-
Recuento aerobios total	UFC/100ml	7600	3600	30
Recuento coliformes totales	UFC/100ml	3700	1000	2
Recuento <i>Escherichia coli</i>	UFC/100ml	750	360	2

* Establecidos para aguas a ser tratadas para el consumo humano según la norma INEN

Elaboración: Autores

Como se puede observar en el cuadro 4.3. existen algunos parámetros que no se encuentran dentro de los rangos permisibles, y que debieron ser tratados con el sistema prototipo, con la finalidad de tener un agua dentro de los parámetros permisibles establecidos por las normas INEN para consumo humano.

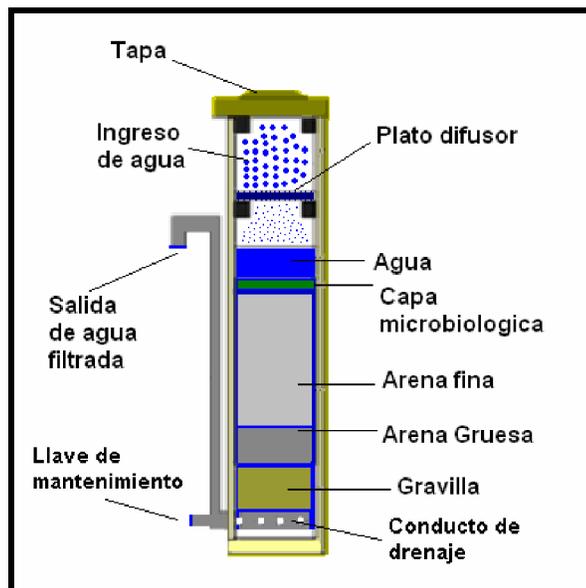
Los parámetros que sobrepasan los límites permisibles para considerarse como un agua óptima para el consumo humano son DBO, DQO₅, Turbidez, Recuento aerobios total, Recuento coliformes totales y Recuento *Escherichia coli*, que deberán ser tomadas en cuenta para su debido tratamiento.

4.4. DISEÑO DEL FILTRO CASERO PARA LA CLARIFICACIÓN DEL AGUA A DESINFECTAR.

El filtro casero, construido con las especificaciones detalladas en la metodología y probado en eficiencia, constituye una herramienta para clarificar el agua turbia y además, eliminar microorganismos presentes en el agua.

En la figura 4.2. se observa las características que componen al filtro casero, además se describe el funcionamiento, operación y mantenimiento.

Figura 4.2. Filtro casero



Elaboración: Autores

4.4.1. Funcionamiento del filtro casero

El agua a ser tratada recorre por el lecho filtrante, el cual está compactado y libre de espacios vacíos, permitiendo la retención de la mayor cantidad de material orgánico y partículas coloidales; de esta manera se obtiene un agua totalmente clarificada.

El material orgánico se atrapa en la superficie de la arena fina, en la cual se forma una capa de algas microscópica que actúan en la reducción de microorganismos.

La capa microbiológica se conserva siempre que se mantenga una capa de agua de 10cm de espesor en la superficie del filtro, pues sin agua, la capa microbiológica se secaría y moriría.

Durante dos a tres semanas de estar operando el filtro, la capa microbiológica se forma en la superficie de la arena fina, donde abunda el alimento orgánico y el oxígeno derivado del agua que ingresa a ser filtrada.

4.4.2. Operación

Durante la operación del filtrado del agua, se mantiene fijo el caudal que ingresa al filtro, para que la eficiencia de filtración se mantenga.

El agua a tratar se vierte por la parte superior del filtro casero, controlando el ingreso para conseguir un caudal constante. El agua filtrada se recoge en un tanque colector.

La retención de material orgánico y partículas coloidales ocurre inmediatamente que se comienza a filtrar.

El filtro también trabaja adecuadamente para la disminución de microorganismos patógenos, una vez que haya “madurado” la capa microbiológica, lo que ocurre luego de dos a tres semanas de estar funcionando.

Antes de ese periodo, el agua sale clarificada pero contiene gérmenes patógenos, por lo que es importante que se desinfecte en el esterilizador solar.

4.4.3. Mantenimiento

El mantenimiento es simple y consiste tan solo en lavar el filtro con agua limpia. Si la arena de la parte superior se taponara mucho, se debe retirar 3 o 4cm, lavar esa arena y volverla a colocar. El mantenimiento del filtro se lo realiza luego de aproximadamente cuatro meses de estar en operación.

4.4.4. Volúmenes a tratar

En el proceso de filtración se obtiene 14 litros de agua filtrada en una hora de operación, se puede aprovechar las 24 horas del día para obtener agua y ocuparla en distintas actividades. En nuestro caso, sólo se operó 10 horas durante el día para la obtención de 140 litros de agua filtrada, misma que se ocupa en el hogar, para lavar ropa, servicio higiénico, bañarse, y 45 a 50 litros para ser desinfectada en el esterilizador solar.

4.4.5. Eficiencia del filtro

Realizadas las pruebas al filtro, se establecieron los siguientes parámetros de control:

- **Caudal.**- Se determina que la cantidad de agua que debe ingresar al filtro casero es de 240 mililitros por minuto (14 L/h), sin que varíe el mismo, y de esta manera se mantiene el buen desempeño del filtrado.
- **Velocidad de filtración (V).**- Este parámetro es función del tamaño de los materiales suspendidos en el agua y del tipo de lecho filtrante, por lo que durante la operación debe permanecer constante para que la eficiencia se mantenga. Se controla a través del caudal, por lo que será suficiente con verificar que el caudal de entrada no varíe para que este parámetro se mantenga dentro de los límites previstos:

$$Sf = 2\pi r(r + h)$$

$$Sf = 2 \times \pi \times 0.15m(0.15m + 0.50m)$$

$$Sf = 0.94248m \times 0.075m$$

$$Sf = 0.071m^2$$

$$V = \frac{Q}{Sf}$$

$$V = \frac{0.014m^3 xh}{0.071m^2}$$

$$V = 0.2m^3 / m^2 xh$$

Se debe respetar la velocidad de filtración que de $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, de esta manera se controla la correcta operación del filtro.

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)**

En la tabla 4.2, se observa los resultados del DBO₅ del agua a tratar, al ingreso y salida del filtro, en sus tres muestreos, obteniendo los siguientes valores:

Tabla 4.2. Resultados del DBO₅ al ingreso y salida del filtro

Parámetro analizado	Unidad	Muestra	Punto 1	Punto 2
			Agua a tratar	Agua filtrada
DBO ₅	mg O ₂ /L	M1	4.0	1.0
DBO ₅	mg O ₂ /L	M2	4.0	2.0
DBO ₅	mg O ₂ /L	M3	3.0	1.0

Gráfico 4.2. Disminución de la demanda bioquímica de oxígeno

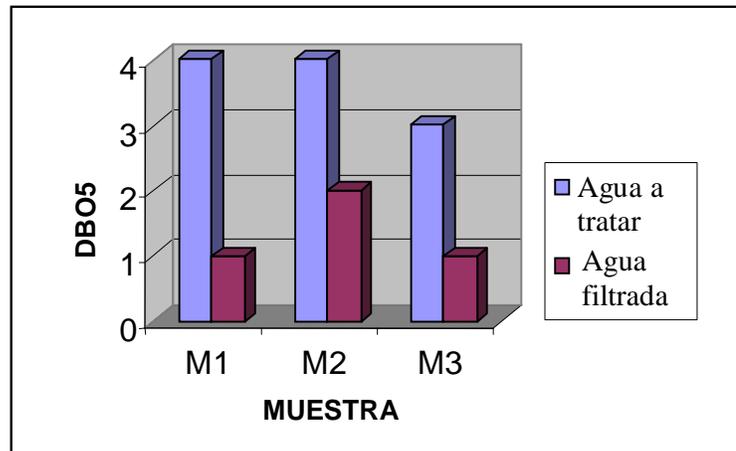


Gráfico 4.2. El agua a ser tratada registró un valor máximo de 4 mgO₂/L, mientras que el agua filtrada registró un valor máximo de 2 mgO₂/L, observándose una disminución del DBO₅. Según la norma INEN 1108, la demanda bioquímica de oxígeno para las aguas de consumo humano tiene un máximo permisible de 2 mgO₂/L.

De esta manera los valores obtenidos por el agua filtrada se encuentran dentro de los requisitos de la norma INEN 1108.

- **Turbidez**

En la tabla 4.3., se observa los resultados de la turbidez del agua a tratar al ingreso y salida del filtro, en sus tres muestreos, obteniendo los siguientes valores:

Tabla 4.3. Resultados de la turbidez al ingreso y salida del filtro

Parámetro analizado	Unidad	Muestra	Punto 1	Punto 2
			Agua a tratar	Agua filtrada
Turbidez	NTU	M1	26.8	5.45
Turbidez	NTU	M2	26.5	5.41
Turbidez	NTU	M3	32.2	5.50

Gráfico 4.3. Disminución de Turbidez

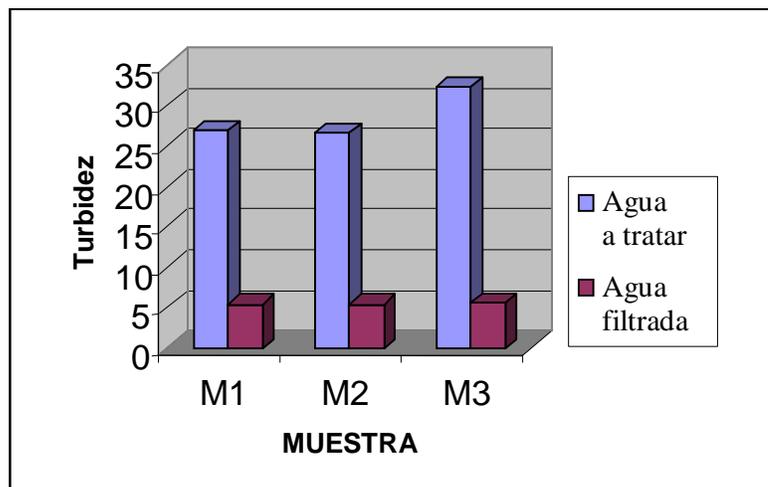


Gráfico 4.3. El agua a ser tratada registró un valor máximo de 32,2 NTU, mientras que el agua filtrada registró un valor máximo de 5,5 NTU, observándose una disminución de la Turbidez. Según la norma INEN 1108, la turbidez para las aguas de consumo humano tiene un máximo permisible de 20 NTU.

De esta manera los valores obtenidos por el agua filtrada están dentro de los requisitos de la norma INEN 1108.

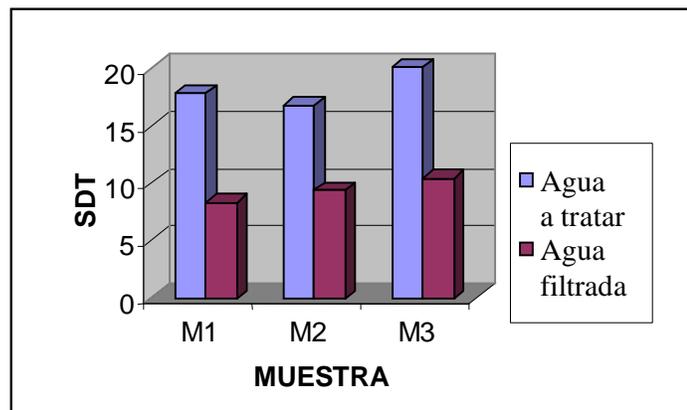
- **Sólidos Disueltos Totales (SDT)**

En la tabla 4.4., se ve los resultados de los SDT del agua a tratar al ingreso y salida del filtro, en sus tres muestreos, obteniendo los siguientes valores:

Tabla 4.4. Resultados de los SDT al ingreso y salida del filtro

Parámetro analizado	Unidad	Muestra	Punto 1	Punto 2
			Agua a tratar	Agua filtrada
SDT	mg/L	M1	17.75	8.30
SDT	mg/L	M2	16.74	9.40
SDT	mg/L	M3	20.00	10.42

Gráfico 4.4. Disminución de sólidos disueltos totales



Según la norma INEN 1108, los sólidos disueltos totales para las aguas de consumo humano tienen un máximo permisible de 1000 mg/L.

Gráfico 4.4. En vista que los valores del agua a tratar y del agua filtrada están por debajo del máximo permisible se admite dentro de los requisitos de la norma INEN 1108.

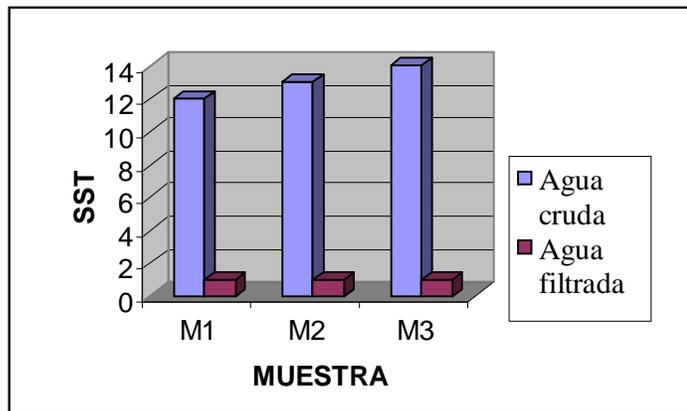
- **Sólidos Suspendedos Totales (SST)**

En la tabla 4.5., se detalla los resultados de los SST del agua a tratar al ingreso y salida del filtro, en sus tres muestreos, obteniendo los siguientes valores:

Tabla 4.5. Resultados de los SST al ingreso y salida del filtro

Parámetro analizado	Unidad	Muestra	Punto 1	Punto 2
			Agua a tratar	Agua filtrada
SST	mg/L	M1	12.0	1.0
SST	mg/L	M2	13.0	1.0
SST	mg/L	M3	14.0	1.0

Gráfico 4.5. Disminución de sólidos suspendidos totales



Según la norma INEN 1108, los sólidos suspendidos totales para las aguas de consumo humano tienen un máximo permisible de 300 mg/L.

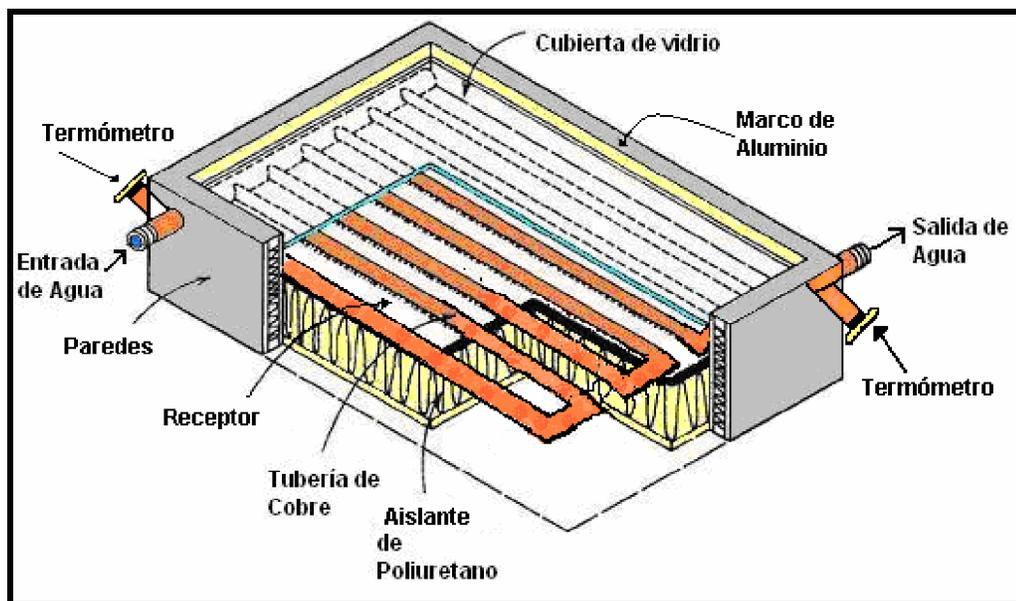
Gráfico 4.5. En vista que los valores del agua a tratar y del agua filtrada están por debajo del máximo permisible se admite dentro de los requisitos de la norma INEN 1108.

4.5. DISEÑO DEL DISPOSITIVO PARA LA DESINFECCIÓN DEL AGUA FILTRADA, USANDO ENERGÍA SOLAR

El esterilizador solar construido, con las descripciones detalladas en la metodología y efectuadas las pruebas piloto, se consigue un instrumento para desinfectar el agua filtrada.

En la figura 4.3. se indica los componentes que constituyen el esterilizador solar.

Figura 4.3. Esterilizador solar:



4.5.1. Funcionamiento del esterilizador solar

La cubierta de vidrio es transparente a la energía radiante del sol que la atraviesa, actuando como un invernadero reteniendo el calor en su interior, siendo captada en la lámina de aluminio transformándola en energía calorífica, esta no se disipa del interior del esterilizador solar debido al aislante térmico que reduce las pérdidas de calor. Por conducción, el calor se transmite a la tubería de cobre que, por convección natural, eleva la temperatura del agua debido a la presencia de aire que hay en el interior del esterilizador. El agua acumulada en la tubería de cobre

se calienta hasta alcanzar la temperatura de desinfección, siendo esta constante, y por un tiempo de exposición elimina todos los microorganismos presentes.

4.5.2. Operación

El esterilizador solar está diseñado convenientemente para ser operado por una persona sola.

No necesita de partes extras, herramientas y equipos para empezar a usarse. Solamente que el agua a ser desinfectada este previamente filtrada.

La operación del esterilizador solar comienza al ingresar el agua filtrada en la tubería de cobre, almacenándose completamente; a continuación se deja a la presencia del sol hasta alcanzar la temperatura óptima de desinfección. Una vez obtenida esta temperatura se expone el agua por un periodo de tiempo, hasta eliminar los microorganismos. El agua desinfectada se recoge en el pondo ubicado en la cocina de la vivienda, donde se almacena y enfría para su consumo.

4.5.3. Mantenimiento

El esterilizador solar es construido de materiales durables, ligeros y resistentes a la energía radiante del sol.

No hay partes que se mueven, que se desgasten o descompongan, y no se requiere mantenimiento regular.

El esterilizador solar en caso de necesitar cualquier reparación en cualquiera de sus piezas es accesible al desmontaje debido a que el marco que protege la cubierta de vidrio, esta solamente atornillada a las paredes. Por ello, el esterilizador esta construido de tal forma que se puede cambiar la cubierta fácilmente, incluso arreglar otros componentes internos.

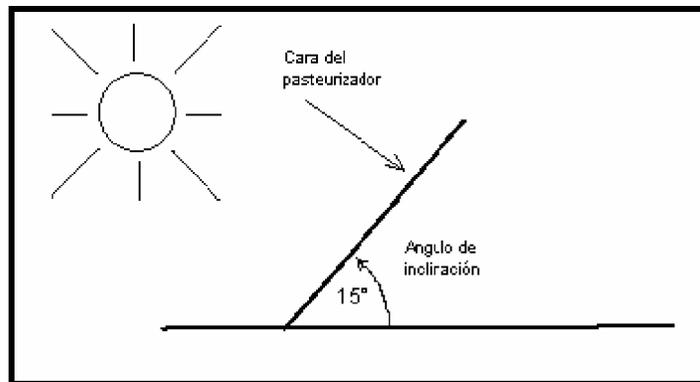
4.5.4. Volumen a tratar

El volumen de agua que almacena el esterilizador solar es de 6.3litros, éste volumen se desinfecta cada 50 minutos, siendo 30 minutos en alcanzar la temperatura óptima de 70° centígrados bajo 20 minutos de exposición. Operando 6 horas durante el día obteniéndose un volumen promedio de 40litros. Mismos que se utilizan dentro del hogar para beber, higiene bucal y preparación de alimentos.

4.5.5. Condiciones para las pruebas de eficiencia

1. Colocamos el esterilizador solar con orientación hacia el Este y una inclinación de 15 grados (Figura 4.4.) Permitiendo obtener directamente la radiación solar en toda la superficie, sin presencia de sombras.

Figura 4.4. Orientación del esterilizador solar



2. Durante el día desde las 09:00 hasta 15:00 horas; la nubosidad en la Playa de Ambuquí se presenta de 1/8 a 3/8 de cielo cubierto y el brillo solar por lo general es constante durante 6 horas; determinándose que este es el tiempo de operación del esterilizador solar, teniendo directa relación con los parámetros climáticos detallados anteriormente.

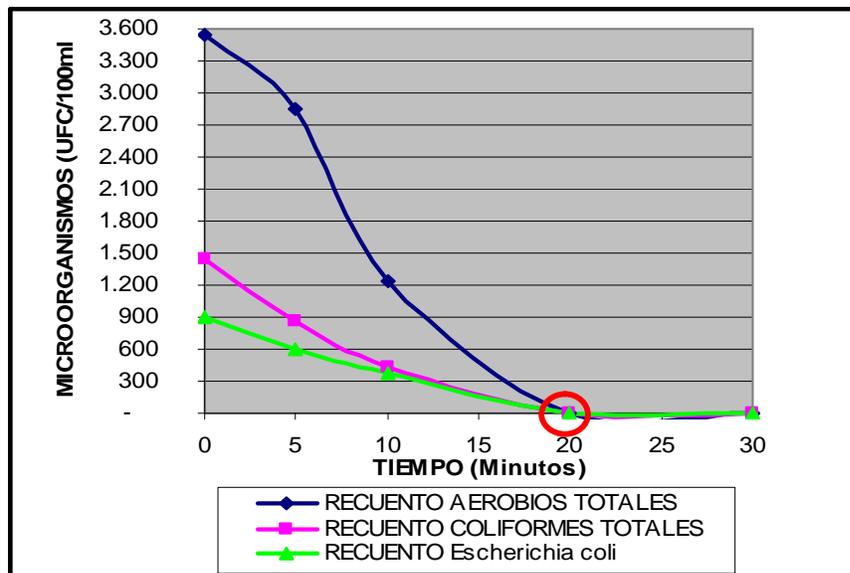
3. La temperatura óptima de desinfección del esterilizador solar es de 70° Centígrados, ésta temperatura siempre se mantiene durante las horas de operación.
4. El tiempo que requiere el agua en alcanzar la temperatura óptima de desinfección es de 30 minutos.
5. El tiempo óptimo que debe permanecer el agua dentro del esterilizador solar bajo la temperatura óptima de desinfección es de 20 minutos, para garantizar su completa desinfección, como se puede observar en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Resultados de los análisis microbiológicos

Parámetro analizado	Unidad	70° C.				
		0min	5min	10min	20min	30min
Recuento aerobios totales	UFC/100ml	3550	2850	1230	0	0
Recuento coliformes totales	UFC/100ml	1450	860	430	0	0
Recuento <i>Escherichia coli</i>	UFC/100ml	900	600	370	0	0

Fuente: Autores

Gráfico 4.6. Curva de disminución de microorganismos



Elaboración: Autores

En el grafico 4.6. Se observa que las tres curvas de los microorganismos van disminuyendo en base a que el tiempo de exposición va aumentando hasta llegar a cero microorganismos en un tiempo de 20 minutos bajo una temperatura constante de 70° Centígrados.

4.6. PRUEBAS PILOTO DEL SISTEMA PROTOTIPO DE FILTRACIÓN-DESINFECCIÓN.

4.6.1. Instalación del sistema

Fotografía 4.1. Ubicación del sistema prototipo



El sistema prototipo de filtración y desinfección, está ubicado en la terraza de la vivienda (Fotografía 4.1.) ya que este lugar se encuentra descubierto de árboles y libre de agentes externos (animales, personas extrañas) que maltraten o dañen al sistema.

4.6.2. Operación

La operación del sistema prototipo de filtración y desinfección es relativamente fácil solo hay que regirse a la operación del filtro casero y del esterilizador solar descritos anteriormente.

4.6.3. Calidad de desinfección

Se realizó análisis físico químicos y microbiológicos del agua tratada en el sistema prototipo de filtración y desinfección, obteniendo los siguientes resultados (Cuadro 4.4, 4.5. y 4.6):

Cuadro 4.4. Análisis físico químico y microbiológico (10 de abril del 2007)

Parámetro analizado	Unidad	Resultado Muestra 1		
		Agua filtrada	Agua desinfectada	Norma INEN 1108
pH	-	7.76	7.70	7 - 8.5
DQO	mg/L	4.25	4.11	2 - 10
DBO ₅	mg/L	1	1	1 - 2
Oxígeno disuelto	mg/L	3.05	2.97	-----
SDT	mg/L	8.30	7.56	500 - 1000
SST	mg/L	1	1	150 - 300
Temperatura	°C	19	70	-----
Turbidez	NTU	5.45	5.40	5 - 20
Recuento aerobios totales	UFC/100ml	5960	0	0 - 30
Recuento coliformes totales	UFC/100ml	1650	0	0
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	UFC/100ml	800	0	0

En el cuadro 4.4. se indica que los parámetros del agua desinfectada cumple con los límites establecidos para el agua apta para el consumo humano según la norma INEN 1108.

Cuadro 4.5. Análisis físico químico y microbiológico (03 de mayo del 2007)

Parámetro analizado	Unidad	Resultado Muestra 2		
		Agua filtrada	Agua desinfectada	Norma INEN 1108
pH	-	7.66	7.74	7 - 8.5
DQO	mg/L	4.49	4.21	2 - 10
DBO ₅	mg/L	2	1	1 - 2
Oxígeno disuelto	mg/L	2.83	2.52	-----
SDT	mg/L	9.40	9.08	500 - 1000
SST	mg/L	1	1	150 - 300
Temperatura	°C	18	70	-----
Turbidez	NTU	5.41	5.38	5 - 20
Recuento aerobios totales	UFC/100ml	5430	0	0 - 30
Recuento coliformes totales	UFC/100ml	1330	0	0
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	UFC/100ml	680	0	0

En el cuadro 4.5. se observa que los parámetros del agua desinfectada cumple con los límites establecidos para el agua apta para el consumo humano según la norma INEN 1108.

Cuadro 4.6. Análisis físico químico y microbiológico (06 de junio del 2007)

Parámetro analizado	Unidad	Resultado Muestra 3		
		Agua filtrada	Agua desinfectada	Norma INEN 1108
pH	-	7.65	7.62	7 - 8.5
DQO	mg/L	3.87	3.24	2 - 10
DBO ₅	mg/L	1	1	1 - 2
Oxígeno disuelto	mg/L	3.01	2.93	-----
SDT	mg/L	10.42	10.01	500 - 1000
SST	mg/L	1	1	150 - 300
Temperatura	°C	18	70	-----
Turbidez	NTU	5.5	5.41	5 - 20
Recuento aerobios totales	UFC/100ml	4210	0	0 - 30

Recuento coliformes totales	UFC/100ml	1210	0	0
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	UFC/100ml	570	0	0

En el cuadro 4.6. se contempla que los parámetros del agua desinfectada cumple con los límites establecidos para el agua apta para el consumo humano según la norma INEN 1108.

4.7. CAPACITACIÓN FAMILIAR

La capacitación fue un aspecto muy importante durante el proceso de la investigación. Por ser un proyecto que beneficia directamente a la familia, tuvo un gran énfasis en lo que a capacitación se refiere, acciones que se ven reflejadas en los siguientes resultados:

- Aproximadamente quince personas integrantes de varias familias involucradas al proyecto asistieron a cuatro reuniones durante un mes, con un promedio de duración de una hora.
- Los miembros de las familias comprendieron el funcionamiento y manejo del sistema prototipo con la capacitación impartida permanentemente.
- Mediante charlas, las familias cercanas al proyecto lograron obtener una comprensión clara del método de desinfección, y una aceptación del sistema prototipo.

4.8. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA PROTOTIPO.

Se cuantificaron los costos de cada material empleado para la construcción del sistema prototipo de filtración y desinfección. Estos cálculos fueron realizados por los autores, obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 4.7. Materiales para la construcción del sistema

RESUMEN TOTAL		
Construcción del filtro	Cantidad	
Manguera de ½ pulg.	5	m
Tanque de plástico con tapa	1	Unidad
Llave de paso de ½ pulg.	2	Unidad
Conector de plástico de ½ pulg.	1	Unidad
Tubo PVC de ½ pulg.	1	m
Tornillos	½	lb
Arena fina	½	qq
Arena Gruesa	½	qq
Gravilla	½	qq
Neplo PVC de ½ pulg.	2	Unidad
T de PVC de ½ pulg.	1	Unidad
Teflón	1	Unidad
Abrazaderas	3	Unidad
Codo PVC de ½ pulg.	1	Unidad
Construcción del esterilizador solar		
Manguera de ½ pulg.	2	m
Válvula de control de temperatura	2	Unidad
Llave de paso de ½ pulg.	2	Unidad
Tol Galvanizado	2.20x1.20x 0.10	m
Tubo hidro tres	10	m
Abrazadera	2	Unidad
Pintura anticorrosiva	1	L
Poliuretano	1	plancha
Plancha de Vidrio	2.20x1.20	m
Tanque de plástico	1	Unidad
Empaque de caucho	7	m
Tubería de cobre ½ pulg.	42	m
Funda de Plástico	2.40x1.40	m
Lámina de Aluminio	2.10x1.10	m
Tornillos de ½ pulg.	½	lb
Codos de cobre de ½ pulg.	42	Unidad
Flexómetro	1	Unidad
Cierra metálica	1	Unidad
Destornillador	1	Unidad
T de cobre de ½ pulg.	2	Unidad
Marco de aluminio	7	m
Remaches metálicos	½	lb
Silicona	1	Unidad
Alambre de cobre	3	m
Sueldas de plata	5	Varillas
Pondo	1	Unidad

Cuadro 4.8. Costo unitario de los materiales de construcción

RESUMEN TOTAL		
Construcción del filtro	Dólares	
Manguera de ½ pulg.	0.50	m
Tanque de plástico con tapa	5	Unidad
Llave de paso de ½ pulg.	3	Unidad
Conector de plástico de ½ pulg.	1	Unidad
Tubo PVC de ½ pulg.	1	m
Tornillos	0.60	lb
Arena fina	2	qq
Arena Gruesa	2	qq
Gravilla	1	qq
Neplo PVC de ½ pulg.	0.30	Unidad
T de PVC de ½ pulg	0.40	Unidad
Teflón	0.60	Unidad
Abrazaderas	0.10	Unidad
Codo PVC de ½ pulg	0.30	Unidad
Construcción del esterilizador solar		
Manguera de ½ pulg.	0.50	m
Válvula de control de temperatura	15	Unidad
Llave de paso de ½ pulg.	3	Unidad
Tol Galvanizado	20	2.20x1.20x 0.10m
Tubo hidro tres	2	m
Abrazadera	0.10	Unidad
Pintura anticorrosiva	2.20	L
Poliuretano	0.80	m
Plancha de Vidrio	20	2.20x1.20m
Tanque de plástico	3	Unidad
Empaque de caucho	1.25	m
Tubería de cobre ½ pulg.	2	m
Funda de Plástico	2.50	2.40x1.40m
Lámina de Aluminio	30	2.10x1.10m
Tornillos de ½ pulg.	0.60	lb
Codos de cobre de ½ pulg.	0.50	Unidad
Flexómetro	1.50	Unidad
Cierra metálica	3	Unidad
Destornillador	1	Unidad
T de cobre de ½ pulg.	0.80	Unidad
Marco de aluminio	1	m
Remaches metálicos	0.60	lb
Silicona	2.20	Unidad
Alambre de cobre	1.25	m
Sueldas de plata	3	Varillas
Pondo	0	Unidad

Cuadro 4.9. Resumen de costo total

Material	Valor Unitario (Usd.)	Cantidad	Costo Total (Usd.)
Construcción del filtro			
Manguera de ½ pulg.	0.50	5	2.50
Tanque de plástico con tapa	5	1	5
Llave de paso de ½ pulg.	3	2	6
Conector de plástico de ½ pulg.	1	1	1
Tubo PVC de ½ pulg.	1	1	1
Tornillos	0.60	½	0.30
Arena fina	3	½	1.50
Arena Gruesa	3	½	1.50
Gravilla	2	½	1
Neplo PVC de ½ pulg.	0.30	2	0.60
T de PVC de ½ pulg	0.40	1	0.40
Teflón	0.60	1	0.60
Abrazaderas	0.10	3	0.30
Codo PVC de ½ pulg	0.30	1	0.30
Costo A			22
Construcción del esterilizador solar			
Manguera de ½ pulg.	0.50	2	1
Válvula de control de temperatura	15	2	30
Llave de paso de ½ pulg.	3	2	6
Tol Galvanizado	20	2.20x1.20x0.10	20
Tubo hidro tres	2	10	20
Abrazadera	0.10	2	0.20
Pintura anticorrosiva	2.20	1	2.20
Poliuretano	0.80	4	3.20
Plancha de Vidrio	20	2.20x1.20	20
Tanque de plástico	3	1	3
Empaque de caucho	1.25	7	8.75
Tubería de cobre ½ pulg.	2	42	84
Funda de Plástico	2.50	2.40x1.40	2.50
Lámina de Aluminio	30	2.10x1.10	30
Tornillos de ½ pulg.	0.60	½	0.30
Codos de cobre de ½ pulg.	0.50	42	21
Flexómetro	1.50	1	1.50
Cierra metálica	3	1	3
Destornillador	1	1	1
T de cobre de ½ pulg.	0.80	2	1.60
Marco de aluminio	1	7	7
Remaches metálicos	0.60	½	0.30
Silicona	2.20	1	2.20
Alambre de cobre	1.25	3	3.75
Sueldas de plata	3	5	15

Pondo	0	1	0
Costo B			287.5
VALOR TOTAL (Costo A + Costo B)			309.5

Elaboración: Autores

4.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con la prueba estadística “t pareada”, se evaluó la existencia de diferencia significativa en los parámetros de calidad físico químicos y microbiológicos de la fuente de agua a tratar con la aplicación del filtro casero y esta a su vez con la desinfección solar.

4.9.1. Variables evaluadas

Ø Filtración

A continuación se presenta el análisis estadístico de cada una de las variables:

Potencial de hidrógeno (pH).-

pH				
	Agua a tratar	Agua filtrada	di	di ²
M1	7,79	7,76	0,03	0,001
M2	7,76	7,66	0,1	0,01
M3	7,6	7,65	-0,05	0,0025
			$\bar{\Sigma} x = 0,08$	0,0134
			$\bar{x} di = 0,03$	

$$t = \frac{\bar{x}_{di}}{\sqrt{\frac{\sum d1^2 - (\sum d1)^2 / n}{n(n-1)}}$$

$$t = \frac{-0.10}{\sqrt{\frac{\sum (0.03^2 + 0.01^2 + (-0.44)^2) - (-0.31)^2 / 3}{3(3-1)}}$$

$$t = \frac{-0.10}{\sqrt{\frac{0.2537 - 0.032}{6}}}$$

$$t = 0.62$$

Los grados de libertad para la prueba son:

$$(n - 1) = 3 - 1 = 2$$

t = 0,62	2 G.L.	4,3027	5%
		9,9248	1%

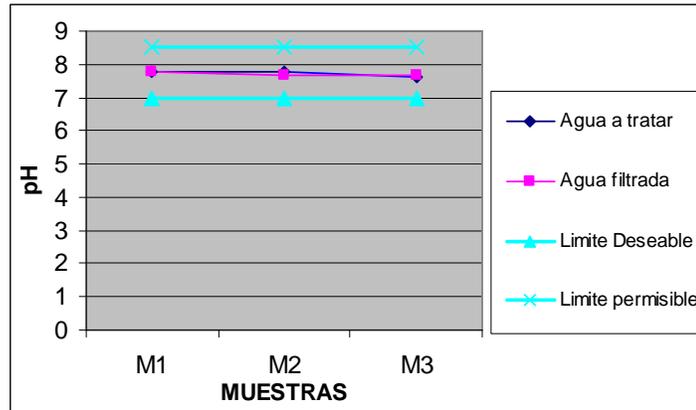
Luego de haber realizado la prueba de t se observa que no existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua a tratar y el agua filtrada; esto indica que el efecto del proceso de filtración es similar.

En la tabla 4.7. se indica los límites del pH establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.7. Límite deseable y permisible de pH

	Agua a tratar	Agua filtrada	Límite Deseable	Límite Permisible
M1	7,79	7,76	7,0	8,5
M2	7,76	7,66	7,0	8,5
M3	7,60	7,65	7,0	8,5

Gráfico 4.7. Límite deseable y permisible de pH



En el Gráfico 4.7. los valores de pH del agua a tratar (línea azul) y del agua filtrada (línea roja), se encuentran dentro de los límites deseables y permisibles (líneas celestes) que exige la norma INEN 1108; por lo que, el pH no necesita de ningún tratamiento; es decir esta apta para el consumo humano.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

DBO ₅ (mg/L)				
	Agua a tratar	Agua filtrada	di	di ²
M1	4	1	3	9
M2	4	2	2	4
M3	3	1	2	4
			$\Sigma x = 7$	17
			$\bar{x} di = 2,33$	

Los grados de libertad para la prueba son:

$$(n - 1) = 3 - 1 = 2$$

t = 7,00* 2 G.L. 4,3027 5%
 9,9248 1%

Luego de haber realizado la prueba de t se observa que existe diferencia significativa al 5% entre el agua a tratar y el agua filtrada, lo cual prueba que hay

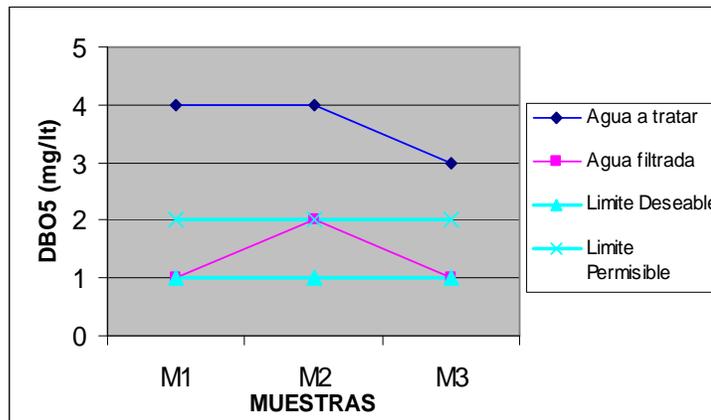
influencia del proceso de filtración en la disminución de la demanda bioquímica de oxígeno.

En la tabla 4.8. se indica los límites del DBO_5 establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.8. Límite deseable y permisible de DBO_5 (mg/L)

	Agua a tratar	Agua filtrada	Límite Deseable	Límite Permisible
M1	4	1	1	2
M2	4	2	1	2
M3	3	1	1	2

Gráfico 4.8. Límite deseable y permisible de DBO_5



En el Gráfico 4.8. los valores del DBO_5 del agua filtrada (línea roja), se encuentran dentro de los límites deseables y permisibles (líneas celestes) que exige la norma INEN 1108. Mientras que el agua a tratar (línea azul) se encuentra fuera de los límites. Lo que indica que el DBO_5 del agua a tratar mejora sustancialmente con el proceso de filtración, haciéndola apta para el consumo humano.

Sólidos disueltos totales (SDT).-

SDT(mg/L)				
	Agua a tratar	Agua filtrada	di	di ²
M1	17,75	8,3	9,45	89,303
M2	16,74	9,4	7,34	53,876
M3	20	10,42	9,58	91,776
			$\bar{\Sigma} x = 26,37$	234,95
			$\bar{x} \text{ di} = 8,79$	

Los grados de libertad para la prueba son:

$$(n - 1) = 3 - 1 = 2$$

$$t = 12,11^{**} \quad 2 \text{ G.L.} \quad \begin{array}{ll} 4,3027 & 5\% \\ 9,9248 & 1\% \end{array}$$

Luego de haber realizado la prueba de t se observa que existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua a tratar y el agua filtrada; lo cual demuestra que hay influencia del proceso de filtración en la disminución de sólidos disueltos totales.

En la tabla 4.9. se indica los límites de SDT establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.9. Límite deseable y permisible de SDT(mg/L)

	Agua a tratar	Agua filtrada	Límite Deseable	Límite Permissible
M1	17,75	8,30	500	1000
M2	16,74	9,40	500	1000
M3	20,00	10,42	500	1000

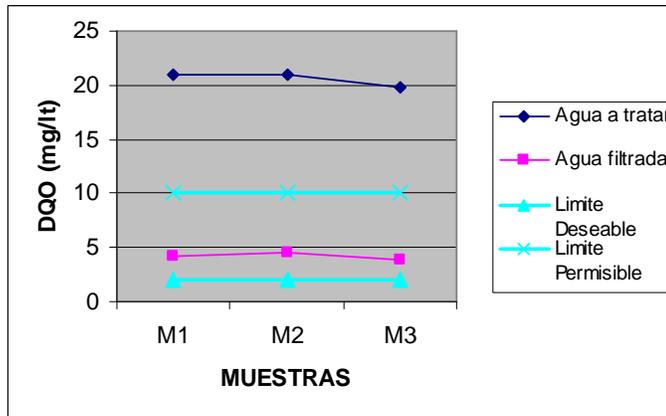
Luego de haber realizado la prueba de t se observa que existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua a tratar y el agua filtrada; lo que demuestra que hay influencia del proceso de filtración en la disminución de la demanda química de oxígeno.

En la tabla 4.10. se indica los límites de DQO establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.10. Límite deseable y permisible de DQO (mg/L)

	Agua a tratar	Agua filtrada	Límite Deseable	Límite Permisible
M1	21,04	4,25	2	10
M2	21,05	4,49	2	10
M3	19,72	3,87	2	10

Gráfico 4.10. Límite deseable y permisible de DQO



En el Gráfico 4.10. los valores de la demanda química de oxígeno del agua a tratar (línea azul) están fuera de los límites deseables y permisibles, mientras que el agua filtrada (línea roja), se encuentran dentro de los límites deseables y permisibles (líneas celestes) que exige la norma INEN 1108. Lo que indica que el DQO del agua a tratar mejora sustancialmente con el proceso de filtración, haciéndola apta para el consumo humano.

Sólidos suspendidos totales (SST).-

SST(mg/L)				
	Agua a tratar	Agua filtrada	di	di ²
M1	12	1	11	121
M2	13	1	12	144
M3	14	1	13	169
			$\Sigma x = 36$	434
			$\bar{x} \text{ di} = 12,00$	

Los grados de libertad para la prueba son:

$$(n - 1) = 3 - 1 = 2$$

t = 20,78** 2 G.L. 4,3027 5%
 9,9248 1%

Luego de haber realizado la prueba de t se observa que existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua a tratar y el agua filtrada. Lo que demuestra que hay influencia del proceso de filtración en la disminución de sólidos suspendidos totales.

En la tabla 4.11. se indica los límites de SST establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.11. Límite deseable y permisible de SST (mg/L)

	Agua a tratar	Agua filtrada	Límite Deseable	Límite Permisible
M1	12	1	150	300
M2	13	1	150	300
M3	14	1	150	300

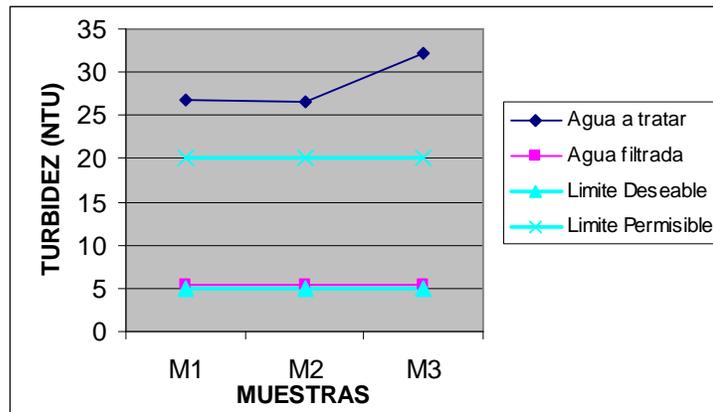
Luego de haber realizado la prueba de t se observa que existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua a tratar y el agua filtrada. Lo que indica que hay influencia del proceso de filtración en la disminución de turbidez.

En la tabla 4.12. se indica los límites de Turbidez establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.12. Límite deseable y permisible de Turbidez (NTU)

	Agua a tratar	Agua filtrada	Límite Deseable	Límite Permisible
M1	26,80	5,45	5	20
M2	26,50	5,41	5	20
M3	32,20	5,50	5	20

Gráfico 4.12. Límite deseable y permisible de turbidez



En el Gráfico 4.12. los valores de la turbidez del agua filtrada (línea roja), se encuentran dentro de los límites deseables y permisibles (líneas celestes) que exige la norma INEN 1108. Mientras que el agua a tratar (línea azul) se encuentra fuera de los límites. Lo que indica que la turbidez del agua a tratar mejora sustancialmente con el proceso de filtración, haciéndola apta para el consumo humano.

Recuento aerobios totales.-

RECuento AEROBIOS TOTALES (UFC/100ml)				
	Agua a tratar	Agua filtrada	di	di ²
M1	6500	5960	540	291600
M2	6270	5430	840	705600
M3	5630	4510	1420	2016400
			$\Sigma x = 2800$	3013600
			$\bar{x} \text{ di} = 933,33$	

Los grados de libertad para la prueba son:

$$(n - 1) = 3 - 1 = 2$$

t = 3,61 2 G.L. 4,3027 5%
 9,9248 1%

Luego de haber realizado la prueba de t se observa que no existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua a tratar y el agua filtrada; esto indica que no hay un efecto significativo del proceso de filtración sobre el parámetro de recuento de aerobios totales.

En la tabla 4.13. se indica los límites de recuento de aerobios totales establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.13. Límite deseable y permisible de Recuento aerobios totales(UFC/100ml)

	Agua a tratar	Agua filtrada	Límite Deseable	Límite Permisible
M1	6500	5960	0	30
M2	6270	5430	0	30
M3	5630	4510	0	30

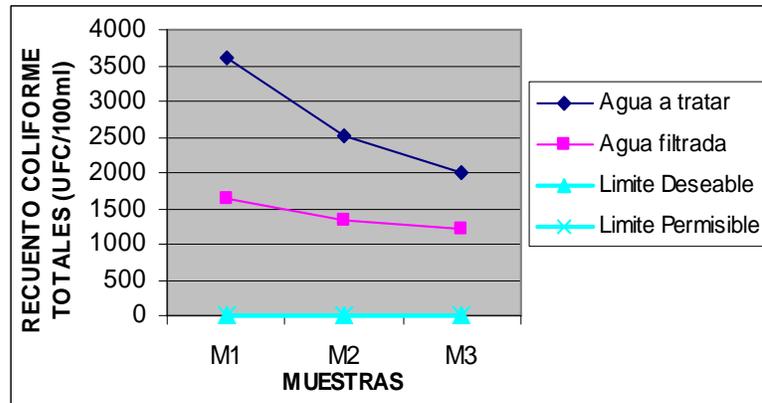
Luego de haber realizado la prueba de t se observa que no existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua a tratar y el agua filtrada; esto indica que no hay un efecto significativo del proceso de filtración sobre el parámetro de Recuento de coliformes totales.

En la tabla 4.14. se indica los límites de Recuento de coliformes totales establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.14. Límite deseable y permisible de Recuento coliformes totales(UFC/100ml)

	Agua a tratar	Agua filtrada	Límite Deseable	Límite Permisible
M1	3620	1650	0	0
M2	2530	1330	0	0
M3	2010	1210	0	0

Gráfico 4.14. Límite deseable y permisible de Recuento coliformes totales



En el Gráfico 4.14. los valores del recuento de coliformes totales del agua a tratar (línea azul) y del agua filtrada (línea roja), se encuentran fuera de los límites deseables y permisibles (líneas celestes) que exige la norma INEN 1108; por lo que, el agua filtrada necesita de otro tratamiento para ser apta para el consumo humano.

Recuento *Escherichia coli*.

RECUENTO <i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)				
	Agua a tratar	Agua filtrada	di	di ²
M1	2270	800	1470	2160900
M2	1220	680	540	291600
M3	980	570	410	168100
			$\Sigma x = 2420$	2620600
			$\bar{x} \text{ di} = 806,67$	

Los grados de libertad para la prueba son:

$$(n - 1) = 3 - 1 = 2$$

t = 2,42 2 G.L. 4,3027 5%
 9,9248 1%

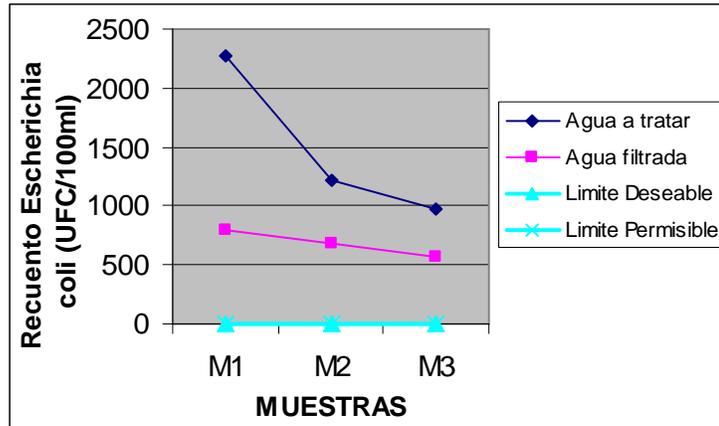
Luego de haber realizado la prueba de t se observa que no existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua a tratar y el agua filtrada; esto demuestra que no hay un efecto significativo del proceso de filtración sobre el parámetro de Recuento de *Escherichia coli*.

En la tabla 4.15. se indica los límites de Recuento de *Escherichia coli* establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.15. Límite deseable y permisible de Recuento de *Escherichia coli*(UFC/100ml)

	Agua a tratar	Agua filtrada	Límite Deseable	Límite Permissible
M1	2270	800	0	0
M2	1220	680	0	0
M3	980	570	0	0

Gráfico 4.15. Límite deseable y permisible de *Escherichia coli*



En el Gráfico 4.15. Los valores del recuento de *Escherichia coli* del agua a tratar (línea azul) y del agua filtrada (línea roja), se encuentran fuera de los límites deseables y permisibles (líneas celestes) que exige la norma INEN 1108; por lo que, el agua filtrada necesita de otro tratamiento para ser apta para el consumo humano.

Ø Desinfección solar

A continuación se presenta el análisis estadístico de cada una de las variables.

Potencial de hidrógeno (pH):-

Ph				
	Agua filtrada	Agua desinfectada	di	di ²
M1	7,76	7,7	0,06	0,004
M2	7,66	7,74	-0,08	0,0064
M3	7,65	7,62	0,03	0,0009
			$\bar{\Sigma} x = 0,01$	0,0109
			$\bar{x} di = 0,003$	

Los grados de libertad para la prueba son:

$$(n - 1) = 3 - 1 = 2$$

t = 0,08		4,3027	5%
	2G.L.	9,9248	1%

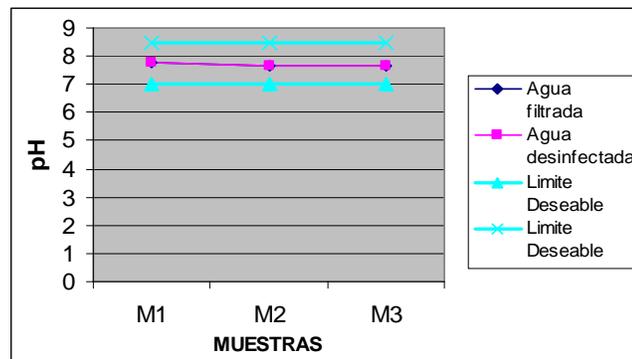
Luego de haber realizado la prueba de t se observa que no existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua filtrada y el agua desinfectada; esto indica que el efecto del proceso de desinfección solar es similar.

En la tabla 4.16. se indica los límites de pH establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.16. Límite deseable y permisible de Ph

	Agua filtrada	Agua desinfectada	Límite Deseable	Límite Permisible
M1	7,96	7,74	7,0	8,5
M2	7,66	7,74	7,0	8,5
M3	7,65	7,66	7,0	8,5

Gráfico 4.16. Límite deseable y permisible de pH



En el Gráfico 4.16. los valores del pH del agua filtrada (línea azul) y del agua desinfectada (línea roja), se encuentran dentro de los límites deseables y permisibles (líneas celestes) que exige la norma INEN 1108; por lo que, el pH no necesita de ningún tratamiento; es decir esta apta para el consumo humano.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

DBO ₅ (mg/L)				
	Agua filtrada	Agua desinfectada	di	di ²
M1	1	1	0	0
M2	2	1	1	1
M3	1	1	0	0
			$\bar{\Sigma} x = 1$	1
			$\bar{x} di = 0,33$	

Los grados de libertad para la prueba son:

$$(n - 1) = 3 - 1 = 2$$

t = 1,00	2 G.L.	4,3027	5%
		9,9248	1%

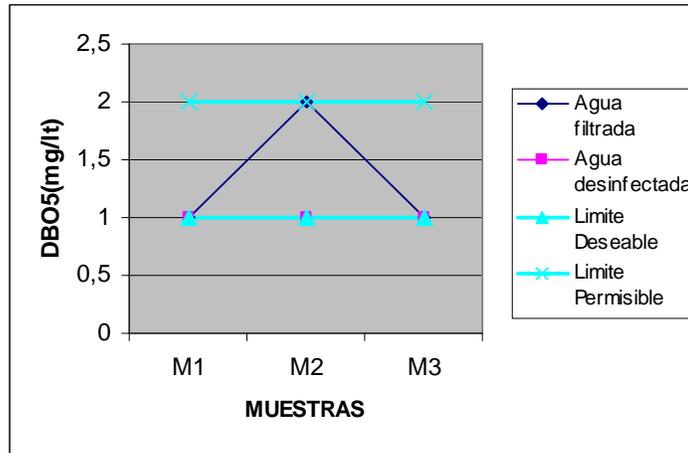
Luego de haber realizado la prueba de t se observa que no existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua filtrada y el agua desinfectada; esto indica que el efecto del proceso de desinfección solar es similar.

En la tabla 4.17. se indica los límites de DBO₅ establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.17. Límite deseable y permisible de DBO₅ (mg/L)

	Agua filtrada	Agua desinfectada	Límite Deseable	Límite Permisible
M1	1	1	1	2
M2	2	1	1	2
M3	1	1	1	2

Gráfico 4.17. Límite deseable y permisible de DBO₅



En el Gráfico 4.17. los valores de la demanda bioquímica de oxígeno del agua filtrada (línea azul) y del agua desinfectada (línea roja), se encuentran dentro de los límites deseables y permisibles (líneas celestes) que exige la norma INEN 1108; por lo que, el DBO₅ no necesita de ningún tratamiento; es decir esta apta para el consumo humano.

Sólidos disueltos totales (SDT).-

SDT(mg/L)				
	Agua filtrada	Agua desinfectada	di	di ²
M1	8,30	7,56	0,74	0,548
M2	9,40	9,08	0,32	0,102
M3	10,42	10,01	0,41	0,168
			$\Sigma x = 1,47$	0,82
			$\bar{x} di = 0,49$	

Los grados de libertad para la prueba son:

$$(n - 1) = 3 - 1 = 2$$

t = 3,84	2 G.L.	4,3027	5%
		9,9248	1%

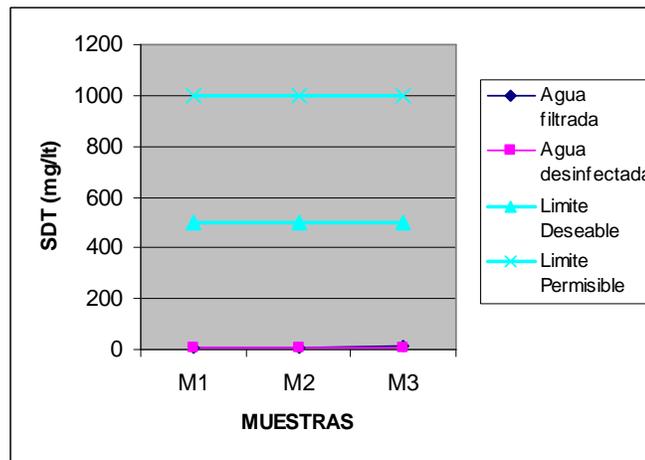
Luego de haber realizado la prueba de t se observa que no existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua filtrada y el agua desinfectada; esto indica que el efecto del proceso de desinfección solar es similar.

En la tabla 4.18. se indica los límites de SDT establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.18. Límite deseable y permisible de SDT (mg/L)

	Agua filtrada	Agua desinfectada	Límite Deseable	Límite Permisible
M1	8,30	7,56	500	1000
M2	9,40	9,08	500	1000
M3	10,42	10,01	500	1000

Gráfico 4.18. Límite deseable y permisible de SDT



En el Gráfico 4.18. los valores de sólidos disueltos totales del agua filtrada (línea azul) y del agua desinfectada (línea roja), se encuentran por debajo del límite deseable y permisible (líneas celestes) que exige la norma INEN 1108. Por lo que no tiene influencia negativa sobre la calidad del agua.

Demanda química de oxígeno (DQO).-

DQO (mg/L)				
	Agua filtrada	Agua desinfectada	di	di ₂
M1	4,25	4,11	0,14	0,020
M2	4,49	4,21	0,28	0,078
M3	3,87	3,24	0,63	0,397
			$\bar{\Sigma x} = 1,05$	0,49
			$\bar{x} di = 0,35$	

Los grados de libertad para la prueba son:

$$(n - 1) = 3 - 1 = 2$$

t = 2,40	2 G.L.	4,3027	5%
		9,9248	1%

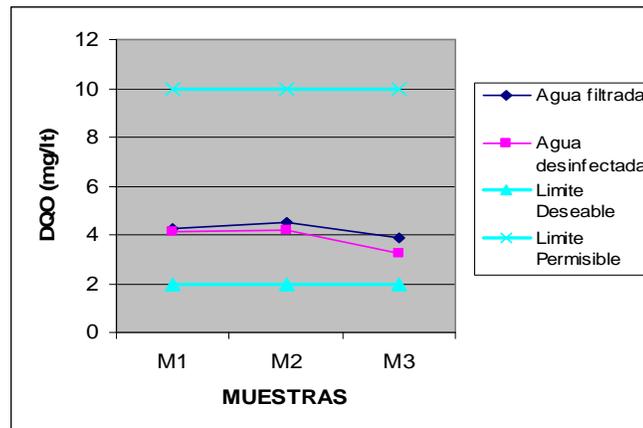
Luego de haber realizado la prueba de t se observa que no existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua filtrada y el agua desinfectada; esto demuestra que el efecto del proceso de desinfección solar es similar.

En la tabla 4.19. se indica los límites de DQO establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.19. Límite deseable y permisible de DQO (mg/L)

	Agua filtrada	Agua desinfectada	Límite Deseable	Límite Permisible
M1	4,25	4,11	2	10
M2	4,49	4,21	2	10
M3	3,87	3,24	2	10

Gráfico 4.19. Límite deseable y permisible de DQO



En el Gráfico 4.19. los valores de la demanda química de oxígeno del agua filtrada (línea azul) y del agua desinfectada (línea roja) se encuentran dentro del límite deseable y permisible (líneas celestes) que exige la norma INEN 1108; por lo que, el DQO no necesita de ningún tratamiento; es decir esta apta para el consumo humano.

Sólidos suspendidos totales (SST).-

SST (mg/L)				
	Agua filtrada	Agua desinfectada	di	di ²
M1	1	1	0	0,000
M2	1	1	0	0,000
M3	1	1	0	0,000
			$\Sigma x = 0$	0,00
			$\bar{x} di = 0,00$	

Los grados de libertad para la prueba son:

$$(n - 1) = 3 - 1 = 2$$

t = 0	2G.L.	4,3027	5%
		9,9248	1%

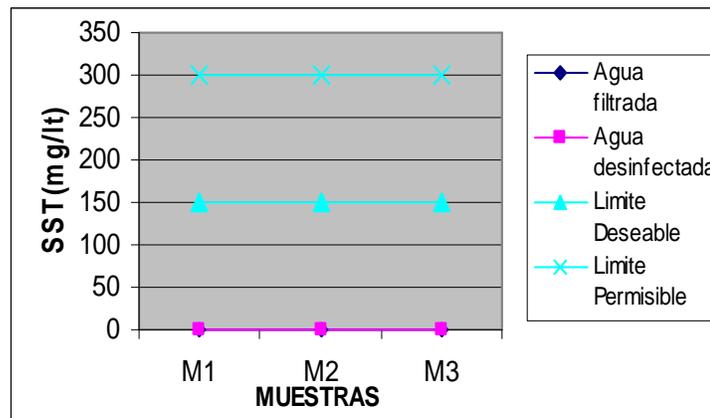
Luego de haber realizado la prueba de t se observa que no existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua filtrada y el agua desinfectada; esto demuestra que el efecto del proceso de desinfección solar es similar.

En la tabla 4.20. se indica los límites de SST establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.20. Límite deseable y permisible de SST(mg/L)

	Agua filtrada	Agua desinfectada	Límite Deseable	Límite Permisible
M1	1	1	150	300
M2	1	1	150	300
M3	1	1	150	300

Gráfico 4.20. Límite deseable y permisible de SST



En el Gráfico 4.20. los valores de los sólidos suspendidos totales del agua filtrada (línea azul) y del agua desinfectada (línea roja), se encuentran por debajo del límite deseable y permisible (líneas celestes) que exige la norma INEN 1108. Por lo que no tiene influencia negativa sobre la calidad del agua.

Turbidez.-

TURBIDEZ (NTU)				
	Agua filtrada	Agua desinfectada	di	di ²
M1	5,45	5,40	0,05	0,002
M2	5,41	5,38	0,03	0,001
M3	5,50	5,41	0,09	0,008
			$\bar{\Sigma} x = 0,17$	0,01
			$\bar{x} = 0,06$	

Los grados de libertad para la prueba son:

$$(n - 1) = 3 - 1 = 2$$

t = 3,21	2 G.L.	4,3027	5%
		9,9248	1%

Luego de haber realizado la prueba de t se observa que no existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua filtrada y el agua desinfectada; esto demuestra que el efecto del proceso de desinfección solar es similar.

En la tabla 4.21. se indica los límites de Turbidez establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.21. Límite deseable y permisible de Turbidez (NTU)

	Agua filtrada	Agua desinfectada	Límite Deseable	Límite Permissible
M1	5,45	5,4	5	20
M2	5,41	5,38	5	20
M3	5,5	5,41	5	20

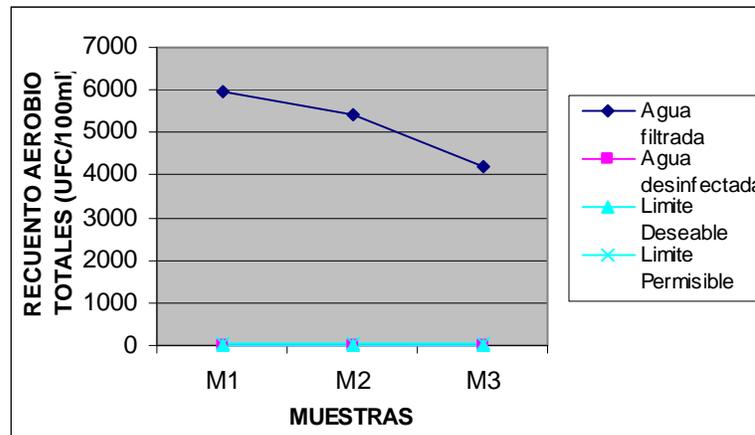
Luego de haber realizado la prueba de t se observa que existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua filtrada y el agua desinfectada; lo cual demuestra que hay influencia del proceso de desinfección solar en la disminución de recuento de aerobios totales.

En la tabla 4.22. se indica los límites de recuento de aerobios totales establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.22. Límite deseable y permisible de Recuento de aerobios totales(UFC/100ml)

	Agua filtrada	Agua desinfectada	Límite Deseable	Límite Permissible
M1	5960	0	0	30
M2	5430	0	0	30
M3	4210	0	0	30

Gráfico 4.22. Límite deseable y permisible de Recuento Aerobios Totales



En el Gráfico 4.22. los valores de recuento de aerobios totales del agua desinfectada (línea roja), se encuentran dentro de los límites deseables y permisibles (líneas celestes) que exige la norma INEN 1108. Mientras que los valores del agua filtrada (línea azul) están fuera de los límites. Lo que indica que el recuento de aerobios totales del agua filtrada mejora sustancialmente con el proceso de desinfección solar, haciéndola apta para el consumo humano.

Recuento coliformes totales.-

RECuento COLIFORMES TOTALES (UFC/100ml)				
	Agua filtrada	Agua desinfectada	di	di ²
M1	1650	0	1650	2722500
M2	1330	0	1330	1768900
M3	1210	0	1210	1464100
			$\Sigma x = 4190$	5955500
			$\bar{x} di = 1396,67$	

Los grados de libertad para la prueba son:

$$(n - 1) = 3 - 1 = 2$$

t = 10,64**	2 G.L.	4,3027	5%
		9,9248	1%

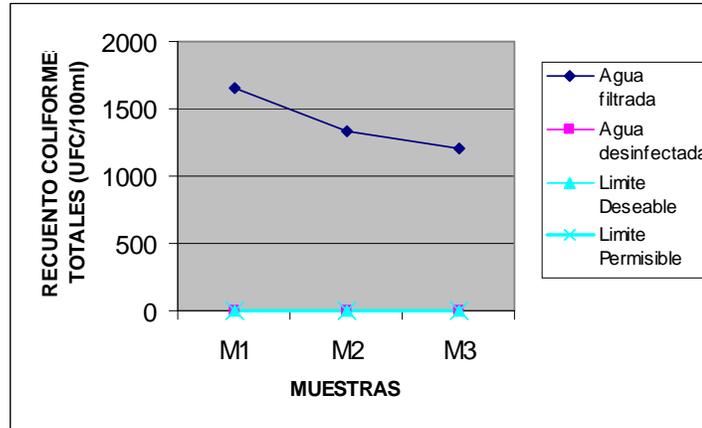
Luego de haber realizado la prueba de t se observa que existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua filtrada y el agua desinfectada; lo cual indica que hay influencia del proceso de desinfección solar en la disminución de recuento de coliformes totales.

En la tabla 4.23. se indica los límites de recuento de coliformes totales establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.23. Límite deseable y permisible de Recuento coliformes totales(UFC/100ml)

	Agua filtrada	Agua desinfectada	Límite Deseable	Límite Permissible
M1	1650	0	0	0
M2	1330	0	0	0
M3	1210	0	0	0

Gráfico 4.23. Límite deseable y permisible de recuento coliformes totales



En el Gráfico 4.23. los valores de recuento de coliformes totales del agua desinfectada (línea roja), se encuentran dentro de los límites deseables y permisibles (líneas celestes) que exige la norma INEN 1108. Mientras que los valores del agua filtrada (línea azul) están fuera de los límites. Lo que indica que el recuento de coliformes totales del agua filtrada mejora sustancialmente con el proceso de desinfección solar, haciéndola apta para el consumo humano.

Recuento *Escherichia coli*.

RECuento <i>Escherichia coli</i>				
	Agua filtrada	Agua desinfectada	di	di ²
M1	800	0	800	640000
M2	680	0	680	462400
M3	570	0	570	324900
			$\Sigma x = 2050$	1427300
			$\bar{x} di = 683,33$	

Los grados de libertad para la prueba son:

$$(n - 1) = 3 - 1 = 2$$

t = 10,29**	2G.L.	4,3027	5%
		9,9248	1%

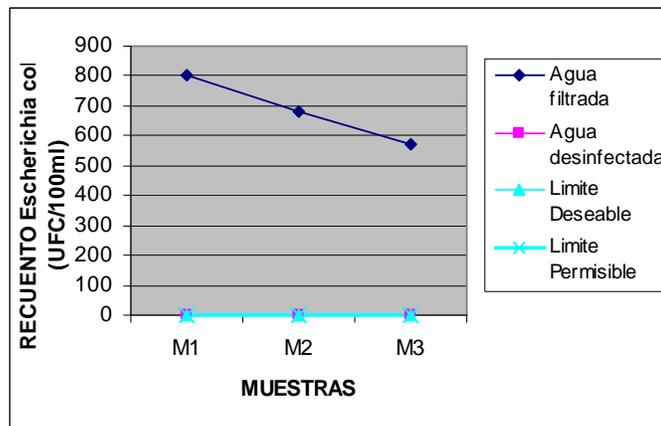
Luego de haber realizado la prueba de t se observa que existe diferencia significativa al 5% y 1% entre el agua filtrada y el agua desinfectada; lo cual demuestra que hay influencia del proceso de desinfección solar en la disminución de recuento de *Escherichia coli*.

En la tabla 4.24. se indica los límites de Recuento de *Escherichia coli* establecidos en la norma INEN 1108.

Tabla 4.24. Límite deseable y permisible de Recuento de *Escherichia coli*(UFC/100ml)

	Agua filtrada	Agua desinfectada	Límite Deseable	Límite Permissible
M1	800	0	0	0
M2	680	0	0	0
M3	570	0	0	0

Gráfico 4.24. Límite deseable y permisible de *Escherichia coli*



En el Gráfico 4.24. los valores de recuento de *Escherichia coli* del agua desinfectada (línea roja), se encuentran dentro de los límites deseables y permisibles (líneas celestes) que exige la norma INEN 1108. Mientras que los valores del agua filtrada (línea azul) están fuera de los límites. Lo que indica que el recuento de *Escherichia coli* del agua filtrada mejora sustancialmente con el proceso de desinfección solar, haciéndola apta para el consumo humano.