

ESPECTRO DE ABSORCIÓN DE LUZ INFRARROJA, VISIBLE Y ULTRAVIOLETA CERCANA EN AGUA LÍQUIDA DE LOS DESHIELOS DEL VOLCÁN CHIMBORAZO

Talia Tene ^{1,2}, Jenny Orbe ^{1,2}, Magdy Echeverría ^{1,2}.

¹ Facultad de Ciencias-ESPOCH
² Comunidad LAGO-Ecuador

Autor para correspondencia: taliatene2012@gmail.com

Fecha de recepción: 1 de abril de 2013 - Fecha de aprobación: 25 de julio de 2013



Imagen ilustrativa: Ascenso al Chimborazo. Fuente: Autoras

Resumen

La presente investigación describe la aplicación de la absorción de los fotones de luz ultravioleta cercana, visible e infrarrojo en agua pura líquida, tratada mediante 3 tipos de purificación: termo destilación, ósmosis inversa y cloración por choque.

Se detalla el método que se utilizó para obtener el espectro de absorción en la región de longitud de 315 a 900 nm, indicando las especificaciones del equipo (espectrofotómetro UV-Vis) y las características físico químicas y micro biológicas del agua utilizada.

Además se realiza un cálculo de fotones producidos en el agua, debido a la trayectoria de partículas cósmicas cargada, denominado efecto Cherenkov.

Los datos demuestran que el mejor tratamiento para disminuir la absorción de la luz visible (350-750) nm es la cloración por choque.

Palabras claves: Radiación UV, Radiación IR, Deshielos, Chimborazo

Abstract

The present investigation describes the application of absorption of near ultraviolet, visible and infrared photons light, in pure liquid water application. Water was tried by 3 kinds of purification: term distilled inverse osmosis and chlorination for crash.

It is detailed the method that it was used to get the absorption spectrum in 900 to 315 nm region wavelength, indicating the equipment's specifications (spectrophotometer UV Vis) and the physique chemical and micro biological water characteristic.

Besides there is a calculation of produced photons in water, due to the trajectory of charged cosmic particle, called Cherenkov effect.

Data demonstrate, the best treatment to decrease the absorption of the visible light (350-750) nm is the chlorination for crash.

Keywords: UV radiation, IR radiation, Melting ice, Chimborazo

1. INTRODUCCIÓN

La porción de luz que incide sobre un cuerpo de agua no logra penetrar completamente la superficie del agua, ya que una parte de la luz incidente es reflejada o disipada inmediatamente dependiendo de la composición del agua [14].

Desde el año de 1891 se registran datos obtenidos mediante diferentes técnicas para cuantificar la absorción de la luz ultravioleta cercana, luz visible y luz infrarroja [10], por ejemplo: celdas duales con un diferencial de longitud recorrida, corregidas por reflectancia; celdas individuales; espectroscopia opto acústica; calorímetro laser adiabático; espectrógrafo y bolómetro; técnicas de espectroscopia, El agua utilizada como medio de absorción en estas investigaciones es agua purificada mediante distintos procesos: tri-distilación, bi-distilación; destilación simple; desionización mediante sistemas orgánicos; filtración; precipitación [10].

Observando el patrón de absorción de luz incidente en una columna de agua (fig 1-1), se tiene un espectro de absorción diferencial de las diferentes longitudes de onda que componen el espectro de la luz visible. Este patrón de absorción variará para cada cuerpo de agua dependiendo de la cantidad de materia particulada en suspensión y la materia disuelta que contenga [14].

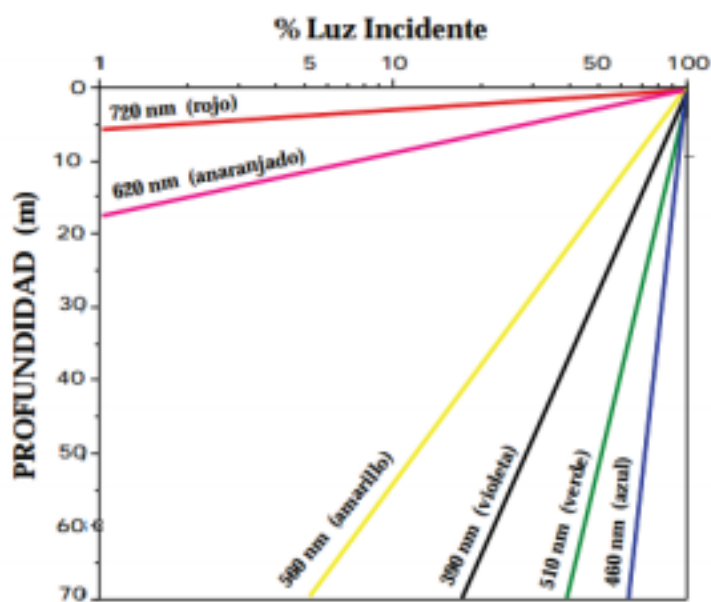


Figura 1-1: Patrón de absorción [14]

La determinación de cuánta luz visible y ultravioleta absorbe el agua tiene diferentes campos de aplicación, es de interés ecológico para determinar cuánta radiación incide sobre un cuerpo acuático, cuánto penetra esa radiación en el agua y por último cómo es utilizada esa radiación o cómo afecta los organismos acuáticos [14].

Otro campo importante relacionado con la absorción de fotones de luz visible y ultravioleta cercano, es la Detección de Rayos cósmicos [4], especialmente la detección de Gamma Ray Burst, explosiones de rayos gamma [11].

La Escuela Superior Politécnica desde el año 2012 viene desarrollando la detección de partículas cósmicas, mediante la instalación en las inmediaciones de la Escuela de Física y Matemática, de un prototipo del tanque Cherenkov que registra el paso de partículas cósmicas.

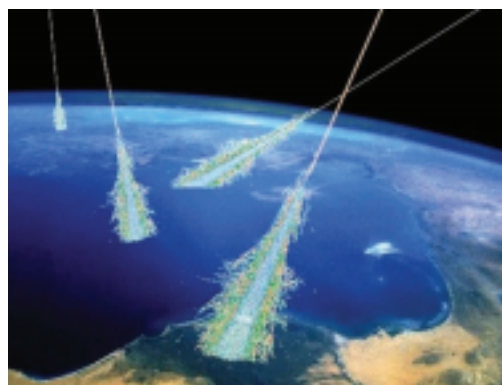


Figura 1-2: Rayos cósmicos que ingresan a la atmósfera terrestre [9]

Las partículas cósmicas que ingresan a nuestro planeta generan cascadas electromagnéticas (fotones, muones, neutrinos) [1], al interactuar con las partículas presentes en la atmósfera. Los fotones más energéticos mediante producción de pares crean electrones y positrones que pueden ser detectados en la superficie terrestre mediante la técnica Cherenkov [2].

El agua purificada dentro del prototipo del tanque Cherenkov es utilizada como medio detector de partículas cargadas (electrones y positrones). Las partículas cargadas con velocidad mayor a la velocidad de la luz en el agua, producen una onda de choque lumínica, denominada: luz Cherenkov [7], esta luz se encuentran en el espectro de luz visible (350-750) nm [6].

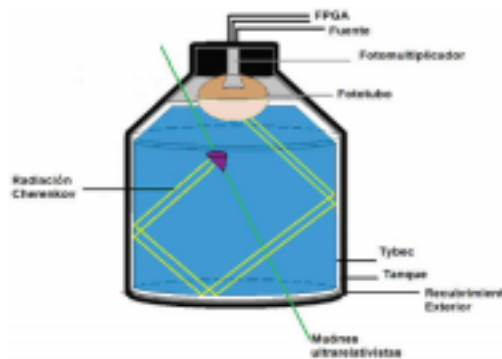


Figura 1-3: Esquema del prototipo del tanque Cherenkov [8]

La luz Cherenkov, es reflejada por un material interno que recubre el tanque y captada por un fotomultiplicador de 9 pulgadas, colocado en el centro del tanque en la parte superior (Fig. 1-3). La señal que se genera es digitalizada por una electrónica local y los datos son enviados a una PC [8].

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

- i. Espectrofotómetro Aquamate Vis (Fig. 1-2).
- ii. Termostilador

- iii. Hipoclorito de sodio (NaClO) al 5%
- iv. Vasos de precipitación

2.2 Métodos

i. Recolección de las muestras

Las muestras de agua natural fueron tomadas en los deshielos volcán Chimborazo, en la fuente ubicada a 40 m del primer refugio de la Reserva Faunística Chimborazo a 4530 msnm. Las muestras fueron tomadas en este lugar ya que a futuro se pretende instalar un tanque Cherenkov detector de partículas cósmicas en las faldas del Volcán Chimborazo.

ii. Aplicación de los métodos de purificación

DESTILACIÓN: Se aplicó este proceso que consiste en calentar el agua hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y, a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación. La finalidad principal de la destilación es obtener el componente más volátil, el agua, en forma pura [3]. Para aplicar este tratamiento se utilizó un equipo de destilación por termo compresión disponible en la Facultad de Ciencias - ESPOCH. [3]

ÓSMOSIS INVERSA: El proceso de ósmosis inversa utiliza una membrana semipermeable que separa y elimina del agua sólidos, sustancias orgánicas, virus y bacterias disueltas en el agua [14]. Dado que no se posee un equipo de osmosis inversa, para aplicar este método de purificación se optó por adquirir el servicio de purificación en una empresa envasadora de Agua.

CLORACIÓN POR CHOQUE: La cloración por choque es un método utilizado para mejorar la calidad y sanidad del agua almacenada en tanques [16]. Es denominado de choque ya se utiliza una gran concentración de Cloro, hasta 200 mg/L de agua con un posterior tiempo de acción de 12 a 24 horas, antes de ser usada. Los productos de la familia del cloro más habituales para realizar la desinfección son: cloro gaseoso, hipoclorito sódico e hipoclorito cálcico. Además de su aplicación como desinfectante, el cloro y sus derivados han demostrado ser útiles también en: control de olores y sabores, prevención de crecimiento de algas, eliminación de hierro y manganeso y destrucción de ácido sulfhídrico [13].

Los detalles de los métodos de purificación aplicados se describen en la tabla 2.

Tabla 2- 1: Dosis de Cloración [12]

COMPUESTO		Dosis a usarse por 1100 litros de agua
Solución	Hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5% (50g Cl ₂ / L)	3.3 L
	Hipoclorito de sodio (NaOCl) al 10% (100g Cl ₂ / L)	1.65 L
Sólido	Hipoclorito de Calcio (Ca(OCl) ₂) al 70% (700g Cl ₂ / Kg)	236 g

iii. Análisis de Absorbancia de las diferentes muestras de agua purificada.

Para los análisis de absorbancia del agua purificada se utilizaron los servicios del Centro De Servicios Técnicos Y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA). Se puede observar las especificaciones del equipo en la tabla 2-2.

Figura 2-1: Esquema Espectrofotómetro AQUAMATE 7000 Vis.

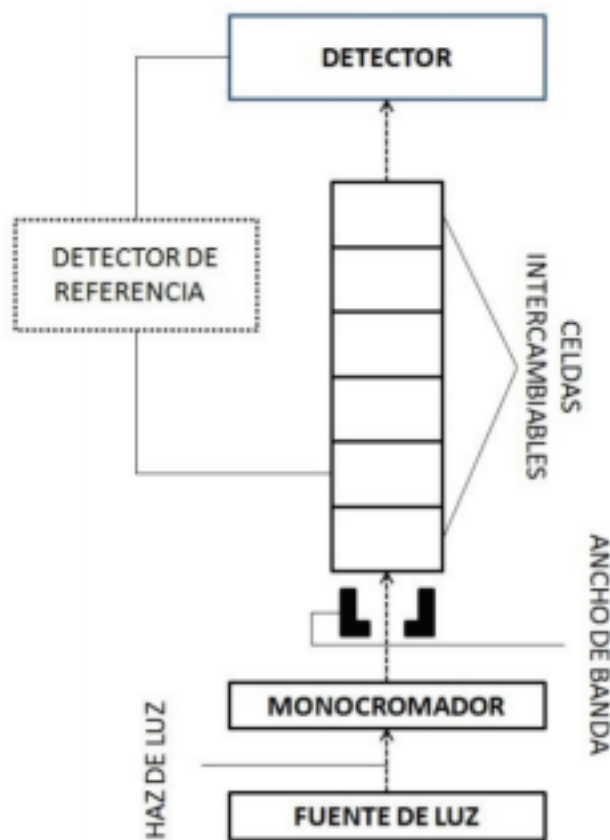


Tabla 2-3: Métodos de Purificación aplicado a las muestras de agua de los deshielos del Volcán Chimborazo

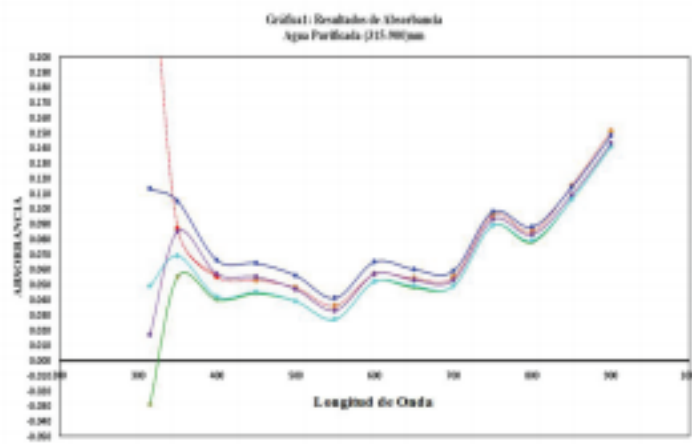
Equipo (figura 4)	Diseño óptico	Ancho Banda espectral	Fuente de luz	Detector	Longitud de onda		Fotométrica		
					Rango	Precisión	Modo de Medida	Rango	Ruido
Espectrofotómetro AQUAMATE 7000 Vis	Haz simple	5.0 nm	Lámpara Halógena de Tungsteno	Fotodiodo de Silicón	(315-1100)nm	±1.0nm	Absorbancia [A]	-0.1 hasta 3.0 A	<0.001A hasta 0.0 A

iv. Cálculo Teórico del número de fotones Cherenkov producidos por una partícula cargada en las diferentes muestras de agua.

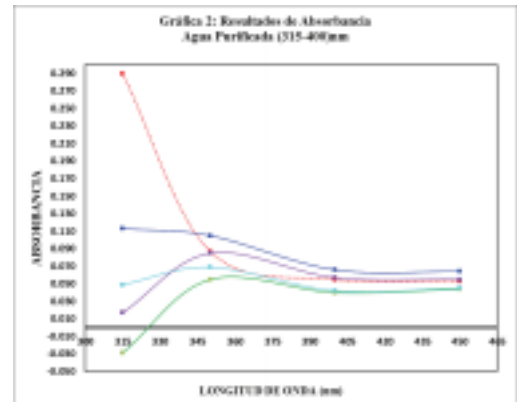
Para realizar el cálculo se utilizó la siguiente fórmula [5]:

$$\frac{dN}{dx} = 2\pi\alpha \left(1 - \frac{1}{\beta^2 n^2}\right) \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)$$

Tenemos que β es igual 0,87, ya que la velocidad de los electrones en agua es 259807621.1 m/s, y la velocidad de la luz $\approx 3 \times 10^8$ m/s.



Ultravioleta cercano (315-400) nm



La absorción en la región del ultravioleta cercano (315-400) nm, gráfica 2, es variable para cada una de las muestras de agua conforme la longitud de onda disminuye, se tiene que para la muestra de agua sin tratar la absorción es alta, mientras que para la muestra de agua purificada con ósmosis inversa la absorción disminuye considerablemente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aplicando los diferentes métodos se obtuvo las propiedades físico químicas y microbiológicas que se muestran en la tabla 3-1.

La gráfica 1 muestra los resultados de absorción obtenidos. Los datos indican la absorbancia del agua de las diferentes muestras de agua para las diferentes longitudes de onda.

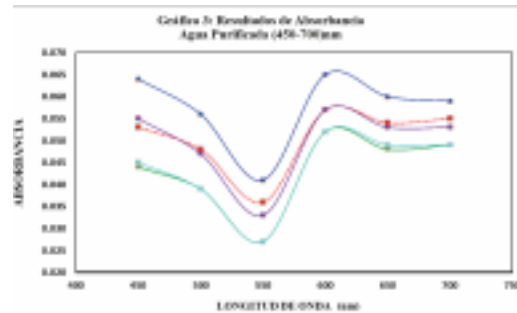
Tabla 3-1: Detalle del método utilizado: Espectrofotometría UV-Vis. [15]

Método de Purificación	NINGUNO	TERMODESTILACIÓN	TERMODESTILACIÓN Y CLORACIÓN	ÓSMOSIS INVERSA	CLORACIÓN POR CHOQUE
Símbolo					
Temperatura	(24-19)°C	(24-19)°C	(24-19)°C	20° C	(24-19)°C
pH	7.91	6.5	6.8	6.46	7.75
¹ Turbiedad	0.68 UTN	0.69 UTN	0.65 UTN	0.103 NTU	0.65 UTN
² Colonias Coliformes Fecales UFC/1ml	2	-	-	0	0
² Colonias Coliformes Totales UFC/100ml	2	-	-	0	0
² Examen Físico	Color	Incolora	Incolora	Incolora	Incolora
	Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
	Aspecto	Transparente	Transparente	Transparente	Transparente

Los datos concuerdan con la teoría, la luz ultravioleta interactúa con las impurezas orgánicas presente en el agua no tratada, con mucha frecuencia las impurezas orgánicas actúan como sistemas de electrones deslocalizados [9].

Además se observa un dato negativo a 315 nm, esto se daría por un error de medida y que está en el límite de detección del detector.

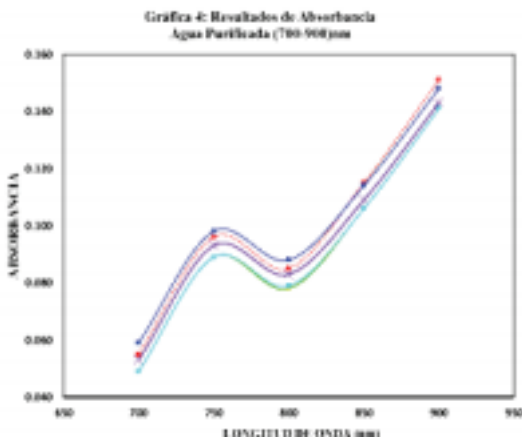
Visible (400-750) nm



En esta región, la absorción del agua tiene un comportamiento similar, existiendo diferencias en milésimas entre las muestras, gráfica 3. Las muestras de agua que absorben en menor cantidad son: el agua tratada con ósmosis inversa y el agua tratada con cloración por choque.

Si se observa la gráfica 1 podemos ver que existe un valle en este rango en todo el espectro de absorción. Esto puede darse ya que a mayor longitud de onda menor dispersión se produce.

Infrarrojo (750-900) nm



El espectro de absorción en el rango de (750-900) nm, tiene un comportamiento bastante uniforme, las 5 muestras de agua presentan un incremento de la absorción gráfica 4. Los fotones infrarrojos son absorbidos en mayor cantidad debido a la disipación de los fotones en forma de calor.

Número de fotones producidos por un electrón o positrón en un milímetro de recorrido en el agua purificada.

En la tabla 3-2 se puede observar con detalle el número de fotones Cherenkov por unidad de recorrido, producidos por una partícula cargada sea un electrón o positrón, que llega al agua con una energía umbral, en cada una de las muestras de agua.

El número de fotones producidos por un electrón en el agua de los deshielos del volcán Chimborazo purificada mediante 4 procesos de purificación depende de su longitud de onda y de la calidad del agua.

Existe una mayor producción de fotones violetas, azules, verdes y rojos, los fotones naranja y amarillos son producidos en menor cantidad. En la teoría se dice que los fotones rojos son absorbidos en distancias cortas de recorrido en agua, esto debido a su baja energía y la alta absorción del agua en este rango de luz visible. Con esto se corrobora la teoría Cherenkov ya que la radiación que percibe el ojo humano es azul y violeta

4. CONCLUSIONES

4.1 De los tratamientos aplicados: destilación, cloración y ósmosis inversa. Se deduce lo siguiente:

- La destilación mediante termocompresión aumenta la absorbancia del agua en el rango de (315 a 900) nm, esto se debe posiblemente a que el equipo no estuvo en las óptimas condiciones.
- Las muestras de agua con menor absorbancia son las pertenecientes al agua tratada mediante ósmosis inversa y al agua clorada por choque.

4.2 Dependiendo del tratamiento aplicado varía el índice de refracción, un mejor tratamiento se traduce en un índice de refracción más alto. Conforme el índice de refracción aumenta, el valor de la energía umbral que un electrón/positrón necesita para producir radiación Cherenkov disminuye.

4.3 La cloración por choque, es un tratamiento invasivo, que al aplicarlo introduce un elemento extraño, el cloro, que al combinarse con diferentes elementos presentes en el agua, hace que estos se reduzcan, eliminen o precipiten, esto representa un aumento de la reflectividad, lo que se traduce en un número mayor de fotones no absorbidos y en el caso del tanque detector Cherenkov, un mayor número de fotones producidos

Método de Purificación	Energía umbral	Índice de refracción	Espectro De Luz Visible	Número De Fotones Producidos en 1mm
TERMODESTILACIÓN	695 KeV	1.27	R rojo(750-620) nm	2 fotones/mm
			o naranja (620-590) nm	0 fotones/mm
			o amarillo(590-570) nm	0 fotones/mm
			o verde(570-495) nm	2 fotones/mm
			o azul(495-450) nm	2 fotones/mm
			o violeta(450-380) nm	3 fotones/mm
TOTAL				9 fotones/mm
TERMODESTILACIÓN Y CLORACIÓN	629 KeV	1.33	R rojo(750-620) nm	3 fotones/mm
			o naranja (620-590) nm	1 fotones/mm
			o amarillo(590-570) nm	0 fotones/mm
			o verde(570-495) nm	3 fotones/mm
			o azul(495-450) nm	2 fotones/mm
			o violeta(450-380) nm	5 fotones/mm
TOTAL				14 fotones/mm
ÓSMOSIS INVERSA	602 KeV	1.36	R rojo(750-620) nm	4 fotones/mm
			o naranja (620-590) nm	1 fotones/mm
			o amarillo(590-570) nm	1 fotones/mm
			o verde(570-495) nm	3 fotones/mm
			o azul(495-450) nm	3 fotones/mm
			o violeta(450-380) nm	5 fotones/mm
TOTAL				17 fotones/mm
CLORACIÓN	594 KeV	1.37	R rojo(750-620) nm	4 fotones/mm
			o Naranja (620-590) nm	1 fotones/mm
			o amarillo(590-570) nm	1 fotones/mm
			o verde(570-495) nm	4 fotones/mm
			o azul(495-450) nm	3 fotones/mm
			o violeta(450-380) nm	5 fotones/mm
TOTAL				18 fotones/mm

Referencias

1. ALEXANDER, D., PATHAK, K., THOMPSON G., Cherenkov energy loss of muons in water., Phys. A (Proc. Phys.Soc.), Great Britain, 1968.
2. ALLARD, D., y otros., Detecting gamma-ray bursts with the Pierre Auger Observatory using the single particle technique., 29th International Cosmic Ray Conference Pune (00, 101-04). 2005.
3. CHECA, L. M. Diseño y Construcción de un Purificador de Agua Mediante Destilación por Termocompresión para la Facultad de Ciencias. Riobamba-Ecuador, Tesis: Ingeniería Química, ESPOCH, 2010.
4. CRONIN, W., Cosmic Rays: the most energetic particles in the Universe, Review of Modern Physics (No. 2, 5165-5172). 1999.
5. JACKSON, J., Classical Electrodynamics., 3a ed., Estado Unidos., Hamilton Printing Company., 1998.
6. JELLEY, J., Cerenkov Radiation and its Applications. Gran Bretaña: Page Bros. (Norwich) Lt. 1958.
7. KNOLL, F., Radiation Detection and Measurement, 3a ed. United States of America: Jhon Knol Wiley and Sons, Inc, 2010.
8. PEREZ, Y., Caracterización de Detectores Cherenkov en el proyecto LAGO (Large Aperture GRB Observatory). Mérida-Venezuela, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias. 2009.
9. QUISPE, J., Búsqueda de Destellos de Rayos Gamma (GRBs) en el monte Chacaltaya con detectores de agua Cherenkov., Tesis., Físico., Universidad Mayor De San Andrés Facultad De Ciencias Puras Y Naturales., La Paz-Bolivia., 2010.
10. RONALD A. J., TERENCE I., COLIN G., Visible and near ultraviolet absorption spectrum of liquid water. Optical Society of America (en línea), 1999 (Ref. 03/07/2012) disponible en Optics InfoBase: Applied Optics.
11. SABADELL, M., ¿En qué consisten las explosiones de Rayos Gamma? Muy Interesante (Argentina), Número: 318, Abril 2012.
12. CLORACIÓN DE AGUA POTABLE.
http://www.itc.es/pdf/Technical_documents/Agua-marca-Esp.pdf, 12/07/2012
13. MÉTODOS PARA PURIFICAR EL AGUA.
<http://www.5pasossonora.com/pdf/purificarelagua.pdf>, 20/08/2012.
14. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DE LA LUZ.
<http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-luz.pdf>, 13/06/2012.
15. THERMO SCIENTIFIC ORION, AQUAMATE 8000 UV-VIS AND, AQUAMATE 7000 VIS SPECTROPHOTOMETERS
www.thermoscientific.com, 01/03/2013
16. TRATANDO AGUA ALMACENADA CON CLORO.
<http://srwqis.tamu.edu/media/2550/shockstoredspanish.pdf>, 01/09/2012.