

# NORMAS PARA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS

## A. INSTRUCCIONES GENERALES PARA TODOS LOS ARTÍCULOS

- Los autores deben presentar el artículo impreso y en formato digital.
- El formato del archivo deberá ser Word en letra Times Roman 10. Interlineado.
- Textos y tablas no deben incluir figuras, ilustraciones, gráficos especiales.
- Se deben usar estilos básicos de Word. No usar software especializado.
- Si existen imágenes o ilustraciones, deben acompañar al documento digital archivos de imágenes adicional en formato JPG, con una resolución entre 300 y 600 DPI.
- Los artículos de temas generales no deben ser de más 8 páginas, incluyendo figuras, tablas y otros.

El título ocupará la primera línea usando no más de 80 caracteres incluyendo espacios. La siguiente línea debe usarse para colocar el nombre del autor o los autores, dirección y lugar donde se desarrollo la actividad o investigación.

## B. INSTRUCCIONES PARA ARTÍCULOS CIENTIFICOS

### *Resumen*

Es necesario la elaboración de un resumen con el objetivo y las conclusiones de la investigación en no más de 200 palabras.

### *Palabras claves*

Definir 5 palabras claves del artículo.

### *Texto*

Empezamos con la introducción, el cuerpo deberá ser preciso evitar detalles no esenciales que desvíen la atención del tema central. Detalles no relacionados con el desarrollo deberán ser presentados como suplementos separados. El sistema internacional de unidades deberá ser usado por todas las cantidades dimensionales.

### *Notación*

No es necesario si todos los símbolos fueron definidos en el texto. Esta sección deberá ser colocada al final del texto e inmediatamente en el orden de los símbolos romanos, letras griegas, superíndices y subíndices.

### *Citas*

Las citas en el texto deberán mencionar el apellido del autor, el año de publicación y en su caso, número de páginas. Al final del texto, las citas deberán ser listadas en orden alfabético según el apellido de los autores indicando además año, título, editorial, lugar de edición.

**Ejemplo de Artículo para Publicación****EVALUACIÓN DE CINTAS PLÁSTICAS INDICADORAS DE DOSIS SOLAR Y UV-A EN LA CIUDAD DE COCHABAMBA****EVELIN URQUIETA<sup>1</sup>, FREDDY FLORES<sup>2</sup>, MERCEDES IRIARTE<sup>1</sup>.**<sup>1</sup> Laboratorio de Microbiología del Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental (CASA), Universidad Mayor de San Simón, Bolivia.<sup>2</sup> Carrera de Física, Universidad Mayor de San Simón, Bolivia**RESUMEN**

El monitoreo de la radiación ultravioleta se lleva a cabo por sensores electrónicos, los cuales no están a disposición de la población. Es necesario estimar la dosis de radiación solar como un control in situ del grado de desinfección del agua para su consumo, cuando son utilizados métodos de desinfección solar, así como para el control del tiempo de exposición al sol sobre la piel. En el presente trabajo se evaluaron cuatro cintas plásticas de aproximadamente 2 x 10 cm, las cuales fueron colocadas en botellas con agua y expuestas al sol por un lapso de tiempo, se fue registrando el cambio de color de cada una de las cintas. La medición de la transmitancia indicó que las cintas 2 y M tienen una transmitancia elevada en la región del infrarrojo y esta va disminuyendo a medida que decrece la longitud de onda, las cintas 1-9 tienen transmitancias menores a las anteriormente descritas (2, M). El cambio de color en la cinta 1 y 2 se inició con una dosis de radiación menor seguido de la cinta M y finalmente la cinta 9, siendo por lo tanto esta última apta para utilizar en mediciones in situ de la radiación.

**Palabras Clave:** Dosis de radiación, desinfección del agua, transmitancia, radiación UV-A, global.

**1. INTRODUCCIÓN**

La energía irradiada por el sol gobierna el ecosistema global; la interacción fotosintética con la radiación de luz visible tiene una gran importancia para la vida terrestre, el espectro de radiación electromagnética es continuo, se extiende desde ondas extremadamente energéticas, rayos gamma de longitud de onda corta hasta ondas de radio de baja energía y longitud de onda larga (Atlas *et al.*, 2002).

La radiación electromagnética emitida por el sol muestra un amplio rango de longitudes de onda y estas pueden ser divididas en dos grandes regiones con respecto a la capacidad de ionización de átomos dentro la materia absorbente: radiación ionizante (rayos X, rayos gamma) y radiación no ionizante (Radiación UV, luz visible y radiación infrarroja). Afortunadamente la dañina radiación ionizante no penetra la atmósfera terrestre (Acra *et al.*, 1990; López *et al.*, 1999).

La luz ultravioleta es la porción del espectro electromagnético que se encuentra entre los rayos X y la luz visible (Figura 1). Se han definido cuatro regiones del espectro UV-vacío UV entre 100 y 200 nm, UVC entre 200 y 280 nm, UVB entre 280 y 315 nm y UVA entre 315 y 400 nm (Meulemans, 1986).

La radiación solar es en parte atenuada a medida que atraviesa las distintas capas atmosféricas, mermándose de forma sustancial hasta que llega a la superficie de la tierra. Este fenómeno se debe a la absorción, dispersión y reflexión de la luz en la parte superior de la atmósfera (estratosfera), con su fina capa de ozono y la parte baja de la atmósfera (troposfera), por efecto de las nubes (López *et al.*, 1999).

La capa de ozono situada en la estratosfera tiene una gran afinidad por la absorción de los rayos solares y los rayos ultravioleta, dependiendo de su longitud de onda. La absorción es más efectiva a bajas longitudes de onda que son más

energéticas, donde tiende a alcanzar un máximo en 250 nm y disminuye rápidamente con un decremento en la longitud de onda, incluso por debajo de 350 nm. Solo una pequeña fracción de los rayos solares, correspondientes a las longitudes de onda de los ultravioleta (UV) A y B, llegan a la superficie terrestre (López *et al.*, 1999). Al respecto Zaratti (1997), indica que efectivamente solo 2/3 de la energía que llega a la atmósfera logra alcanzar la superficie de la tierra. Sin embargo, la radiación UV se reduce mucho más: la UV-C es absorbida totalmente, la UV-B ingresa con solo el 0,25 % de toda la energía, seis veces menos de su contribución a la constante solar. A su vez la radiación UV-A se reduce del 6,3 % al 4,7 % al cruzar la atmósfera. Por tanto de toda la radiación UV que llega a la superficie de la tierra el 95 % es R UV-A y el restante 5% es R. UV-B (Zaratti, 1997).

La cantidad de energía solar que llega a la superficie de la tierra depende principalmente del ángulo de inclinación solar y de las condiciones de nubosidad, cantidad de ozono, etc. La radiación ultravioleta (RUV de 280-400 nm), específicamente la UV-B (280-320 nm) se ve además filtrada por la concentración de ozono estratosférico, pero debido al deterioro de la capa de ozono por el efecto de los clorofluorocarbonos (CFC) se han registrado variaciones en el contenido de O<sub>3</sub> de 271.4 Unidad Dobson (DU)(octubre 1999) a 238.3 DU (junio 2002) en la ciudad de La Paz (Zaratti y Forno 2003), por lo que hubo un incremento en los niveles de UV.

En la actualidad se cuenta con tecnología de punta (satélites) para la medición de la intensidad de radiación UV por otro lado en nuestro medio se cuenta con sensores para el monitoreo de la radiación ultravioleta, sin embargo este equipo sofisticado no está a disposición en áreas alejadas. Además por su elevado costo no permite que se los pueda usar como medidores caseros. Por estas y otras razones las cintas plásticas que cambian de color con la exposición a la

radiación solar sugieren aplicaciones simples y económicas para estimar la dosis de radiación solar especialmente al trabajar con el método de desinfección solar así como la exposición a la piel.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 2.1 Área de trabajo

El estudio se realizó en el campus universitario de la facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Mayor de San Simón, en la Ciudad de Cochabamba Bolivia a una altura de 2553 m.s.n.m., latitud de 17° 27 S – 66° 09 O. Presenta una temperatura ambiente en verano de 30-17°C, otoño 24-17°C, invierno 15-11°C y primavera 24-23°C

(Montes de Oca, 1997; Rodríguez, 2000). La dosis diaria de radiación global promedio es de 4.45 (invierno) kW\*h/m<sup>2</sup> a 6.30 kW\*h/m<sup>2</sup> (verano).

### 2.2 Medición del % Transmitancia.

Se midió la transmitancia e índice de refracción con el fin de determinar las características físicas y ópticas de las cintas a evaluar. Para la medición de los espectros de transmitancia se empleo el espectrofotómetro Lambda EZ301, marca Perkin Elmer en el rango espectral de 190 -1100 nm con un sensibilidad de 0.1 nm. Las lecturas de transmitancia con este método están afectadas por diferentes factores: reflexión en la interfase material aire que es alrededor de 8 % de la pérdida de transmitancia, dispersión debido a la heterogeneidad del material polimérico.

El barrido se realizó en cada una de las cintas plásticas (1, 2, 9 y M), de alrededor de 2 x 10 cm. antes y después de ser sometidas a la exposición solar. Las cintas plásticas fueron provistas por EAWAG (Instituto Federal Suizo para la Ciencia y la Tecnología Ambiental de Suiza), no se conoce la composición exacta del material con el cual fueron elaborados.

### 2.3 Acondicionamiento de las cintas plásticas.

Una vez concluidas las mediciones de transmisión, las cintas fueron colocadas en una botella PET, estas se colocaron sobre un soporte metálico (reflectante: calamina corrugada) con una inclinación de alrededor 22 ° orientado al Norte con la finalidad de que la radiación solar incida perpendicularmente sobre las cintas al medio día. La toma de fotografías se realizó cada media hora desde 8:30 a.m. hasta las 17:00 p.m.

Posteriormente se procedió a la creación de una escala colorimétrica con las fotografías obtenidas de cada uno de los ensayos en función a la dosis de radiación UV-A y Global recibida.

### 2.4 Medición de la radiación Global y UV-A.

Se registraron los valores medios (cada 5 minutos, de la intensidad de la radiación global y la UV-A cada 10 minutos desde las 8:30 am hasta 17:00 pm; con un sensor UV-A (Macam SD 104A-Cos) el cual tiene una sensibilidad de 4.578 x 10<sup>-8</sup> A/W/m<sup>2</sup> con una respuesta espectral de 320 nm a 405 nm (luz ultravioleta A), el cual ha sido calibrado por Macam Photometrics. Las dosis de radiación UV-A

Correspondientes a cada periodo de exposición (ensayo) se obtuvieron por la integración numérica (método de Simpson) del perfil de intensidad de radiación UV-A y global medido, usando el programa Origin Pro.

Posteriormente se procedió a la interpretación de los resultados.

### 2.5 Cálculo del índice de refracción.

Para obtener los índices de refracción de las cintas se utilizó la ecuación 1, 2 y 3 para incidencia normal.

$$T = \frac{I_3}{I_1} = \frac{16n_p^2}{(1+n_p)^4} \quad (1)$$

$$n_p^4 + 4n_p^3 + \left(6 - \frac{16}{T_3}\right)n_p^2 + 4n_p + 1 = 0 \quad (2)$$

$$R_3 = 1 - T_3 \quad (3)$$

Donde I<sub>3</sub> y I<sub>1</sub> son las intensidades de luz del espectrofotómetro antes y después de atravesar la cinta y T<sub>3</sub> es el vector de transmitancia que depende de las λ (Torrice *et al.*, 2004) y encontrar también el modo de obtener la reflectancia con la ecuación 3, esto cumpliendo con la conservación de la energía.

Para la realización de la escala colorimétrica se utilizaron los datos y fotografías de los días soleados, cabe mencionar que para la realización de los gráficos de transmitancia e índices de refracción se utilizaron promedios.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 3.1 Transmitancia de las cintas plásticas.

En las Figuras 1, 2, 3 y 4 observamos las mediciones de transmitancia de cada una de las cintas plásticas, en el rango de 190 a 1100 nm de longitud de onda (l) antes y después de ser expuestas a la radiación solar, las cintas 2 y M presentan una transmitancia elevada en la región del infrarrojo y que va disminuyendo a medida que decrece la l.

Estas cintas (2 y M), inicialmente tienen colores similares, también se observa que no hay mucha variabilidad en sus transmitancias inicial-final, lo que no sucede en las cintas 1 y 9 que tienen transmitancia menores y que disminuyen poco a medida que se aproximan a pequeñas l.

Una diferencia que se puede observar es que estas cintas pueden transmitir a l menores a 250 nm, lo que en las botellas PET no ocurre, ya que estos PETs no transmiten a longitudes de onda inferiores a 315 nm, es decir absorben el UV-B y UV-C.

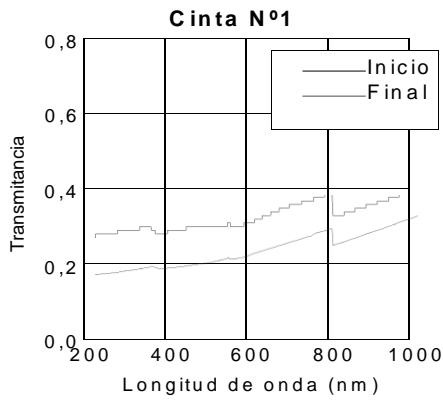


Figura 1.

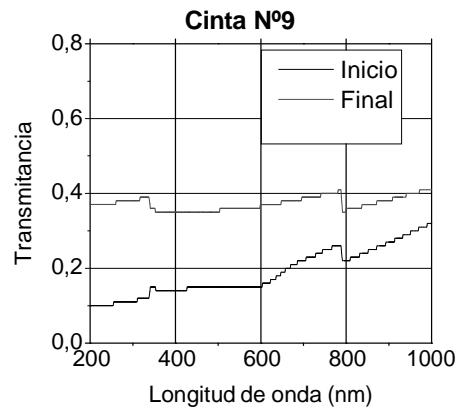


Figura 3.

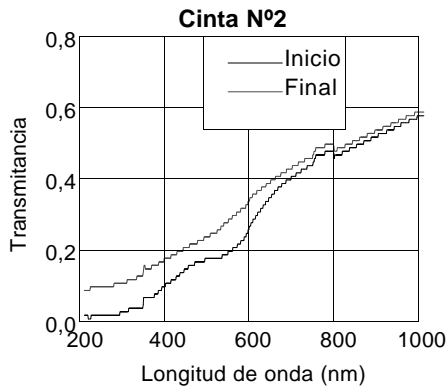


Figura 2.

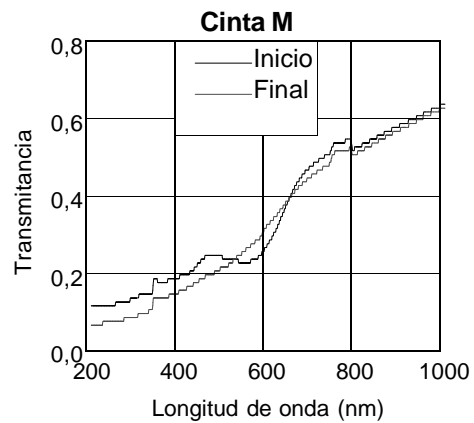


Figura 4.

### 3.2 Índices de refracción de las cintas.

En las figuras 5, 6, 7 y 8 se presentan los índices de refracción para cada una de las cintas, observando que las cintas 1 y 9 tienen valores casi constantes de índices de refracción en el intervalo de longitudes medidas, ello se observa en la cinta 9 en el rango UV-A en cambio en las demás cintas el índice de refracción va disminuyendo para longitudes de onda larga.

Cabe aclarar que en este trabajo no se pretende dar una explicación microscópica o atómica del porque ocurre este fenómeno de cambio de color de las cintas ya que si las consideramos como plásticos, entonces serían sólidos amorfos que como bien sabemos, estos tipos de sólidos no presentan un arreglo ordenado de sus átomos o moléculas como ocurre en los sólidos cristalinos (Ashcroft y Mervin, 1976), haciendo complicado el estudio de este tipo de materiales. Por otra parte se quiere que estas cintas sean aplicables en áreas rurales como indicadores de dosis de radiación UV-A acumulada para asegurar una adecuada desinfección del agua mediante la radiación solar (SODIS).

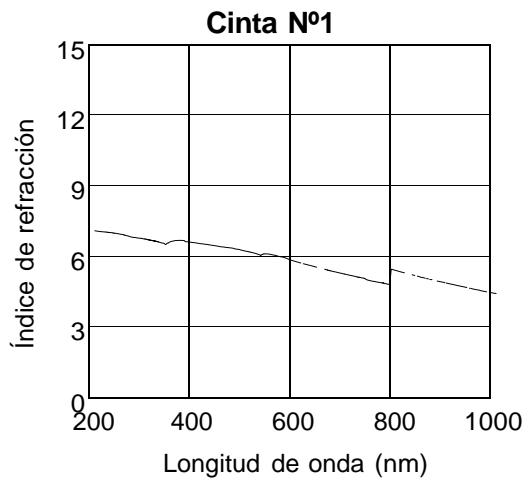


Figura 5.

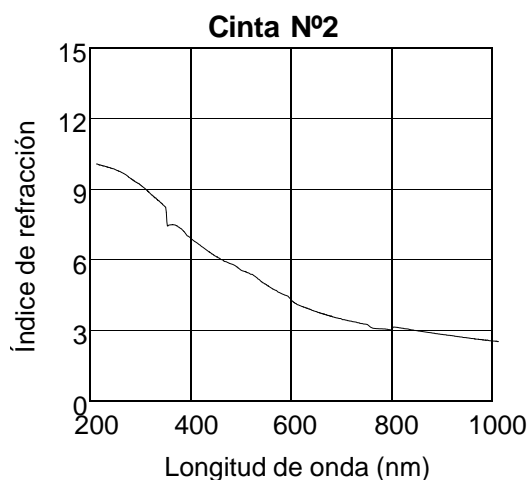


Figura 6.

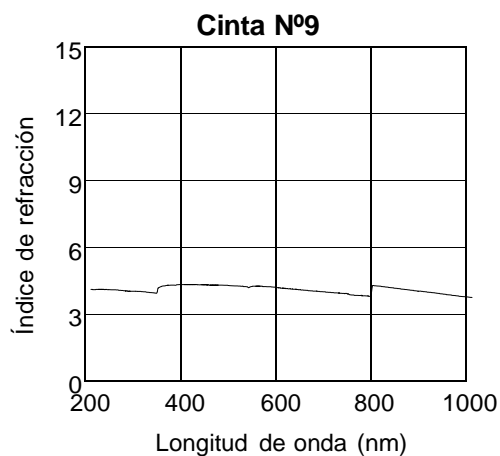


Figura 7.

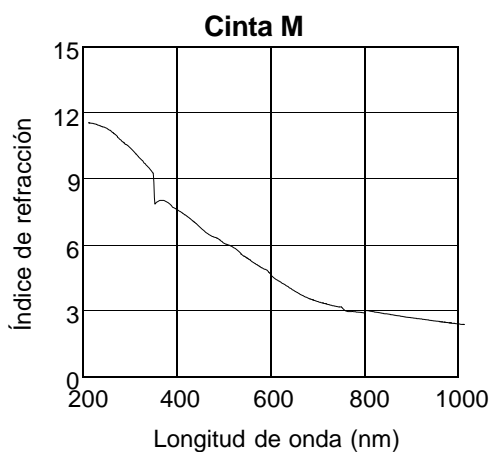


Figura 8.

En las Tablas 1 y 2 se colocan los valores promedios de las transmitancias e índices de refracción para las diferentes cintas antes y después de ser expuestas al sol. Observando valores elevados en el índice de refracción y transmitancias por debajo del 50%, entonces se puede indicar que las cintas tienen una mayor reflectancia ( $R=I-T$ ).

Tabla 1: Transmitancia e índice de refracción inicial

Cinta	T UVA	T global	$n_p$ UV-A	$n_p$ global
N° 1	0.30	0.35	5.12	4.61
N° 2	0.07	0.33	13.07	7.47
N° 9	0.13	0.20	8.82	7.19
M	0.18	0.40	7.27	4.86

Tabla 2: Transmitancia e índice de refracción final

Cinta	T UVA	T global	$n_p$ UV-A	$n_p$ global
N° 1	0.20	0.26	6.87	5.87
N° 2	0.15	0.38	8.04	5.11
N° 9	0.37	0.38	9.38	4.26
M	0.14	0.38	8.76	5.40

En la figura 9 se observa la dosis acumulada en función del color adquirido, se aprecia una linealidad en un 98 % entre estas variables como era de esperar.

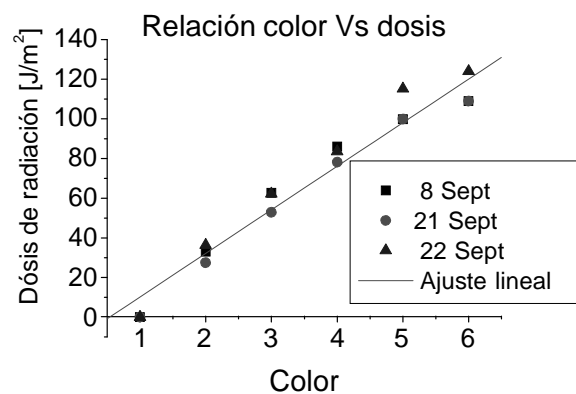


Figura 9.

En la figura 10, se presenta la escala colorimétrica observando los notables cambios de color en las diferentes cintas durante su exposición al sol.

Escala de Color y dosis						
Hora de cambio (aprox)	Color	Dosis w/m <sup>2</sup> (aprox)	Cinta N°1	Cinta N°2	Cinta N°9	Cinta M
	1					
11:15	2	32.26				
12:45	3	59.22				
14:00	4	82.57				
15:30	5	105				
16:30	6	113.97				

Figura 10.

### 3.4 Intensidad y dosis de radiación.

En las figuras 11 y 12 se presentan los perfiles de radiación UV-A y Global, observando poca nubosidad por periodos prolongados, pero si con nubes pasajeras. Finalmente en las figuras 13 y 14 se aprecia un incremento gradual en la dosis de radiación UV-A y global a medida que se incrementa el periodo de exposición.

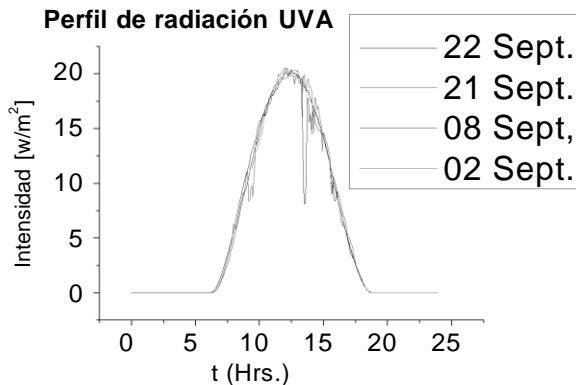


Figura 11.

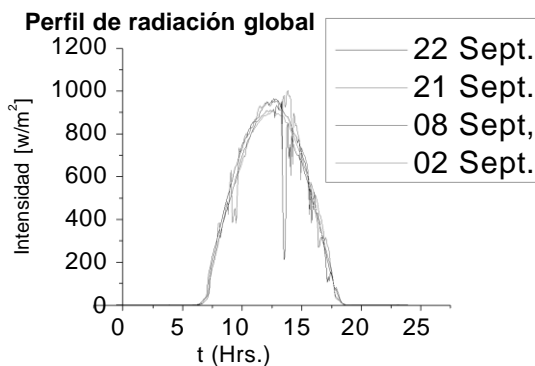


Figura 12.

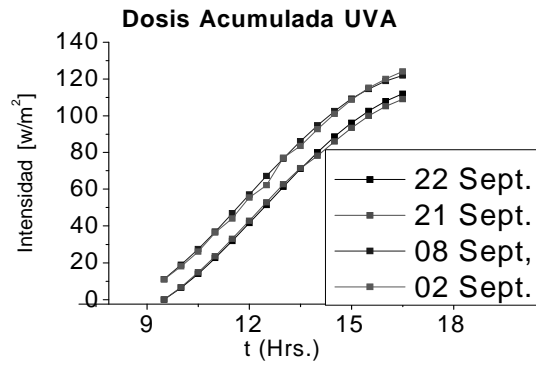


Figura 13

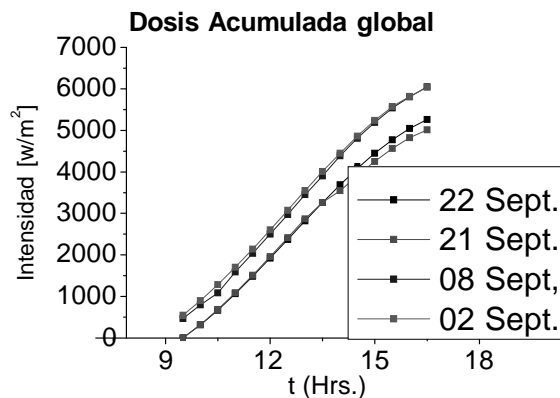


Figura 14.

### 4. CONCLUSIONES.

Al finalizar la evaluación de las cintas plásticas se encontró el siguiente orden de cambio de color 9>M>1>2, por lo que podemos indicar que la cinta N° 9 es la indicada para su uso en el campo y la cinta 2 es la mas sensible a la luz solar.

En cuanto a la transmitancia de cada una de las cintas plásticas, en el rango de 190 a 1100 nm de longitud de onda 1 antes y después de ser expuestas a la radiación solar, se observan pequeñas variaciones en los valores de transmitancia. Las cintas 2 y M tienen una transmitancia elevada en la región del infrarrojo y esta va disminuyendo a medida que decrece la longitud de onda, esta claro que no hay una variabilidad significativa en sus transmitancias inicial-final como ocurre en las cintas 1-9 que tienen transmitancia menores a las anteriormente descritas (2, M).

Por otro lado en la cinta N° 1 el cambio de color se inicio con una dosis de radiación UV-A de 32.26 [W\*h/m<sup>2</sup>], este cambio también se observa en la cinta 2, la cinta M cambia con una dosis superior a los 59.22 [W\*h/m<sup>2</sup>], finalmente la cinta 9 cambia con una dosis de UV-A promedio de 82.57 [W\*h/m<sup>2</sup>].

## 5. CONCLUSIONES.

Al finalizar la evaluación de las cintas plásticas se encontró el siguiente orden de cambio de color  $9 > M > 1 > 2$ , por lo que podemos indicar que la cinta N° 9 es la indicada para su uso en el campo y la cinta 2 es la mas sensible a la luz solar.

En cuanto a la transmitancia de cada una de las cintas plásticas, en el rango de 190 a 1100 nm de longitud de onda  $l$  antes y después de ser expuestas a la radiación solar, se observan pequeñas variaciones en los valores de transmitancia. Las cintas 2 y M tienen una transmitancia elevada en la región del infrarrojo y esta va disminuyendo a medida que decrece la longitud de onda, esta claro que no hay una variabilidad significativa en sus transmitancias inicial-final como ocurre en las cintas 1-9 que tienen transmitancia menores a las anteriormente descritas (2, M).

Por otro lado en la cinta N° 1 el cambio de color se inicio con una dosis de radiación UV-A de  $32.26 [W \cdot h/m^2]$ , este cambio también se observa en la cinta 2, la cinta M cambia con una dosis superior a los  $59.22 [W \cdot h/m^2]$ , finalmente la cinta 9 cambia con una dosis de UV-A promedio de  $82.57 [W \cdot h/m^2]$ .

## RECOMENDACIONES.

Se recomienda el uso de la cinta 9 como indicador de dosis solar, para un proceso de desinfección solar seguro.

Se recomienda realizar más estudios y conocer el material del cual están hechas cada unas de las cintas.

Se recomienda realizar estudios en paralelo con inóculos bacterianos para correlacionar el color con la inactivación bacteriana.

## BIBLIOGRAFÍA.

Acra, A., M. Jurdi, H. Muallem, y. Karahagopian, and Z. Raffoul 1990 Water Disinfection by Solar Radiation: Assessment and Application IDRC Ottawa Ontario pp 70.

Atlas 2002. Ecología microbiana y Microbiología ambiental 4ª ed. Ed. Addison Wesley. Madrid - España 283 - 292 pp.

Ashcroft N., N. Mermin, 1976, Solid State Physics (Saunders college, Phyladelphia USA.

Lopez, D. García, O. Gutierrez, M. García, J. Ibarretxe, y B. García, b. 1999 Uso de la Radiación Solar para la Desinfección del Agua. Printed for Martín Wegelin pp. 23 – 31.

Montes de Oca, I. 1997 Geografía y Recursos Naturales de Bolivia. Ed Edobol 3ra. Edición La Paz-Bolivia

Rodriguez, P. 2000. Evaluación Estacional de Cuatro Indicadores Microbiológicos de Contaminación Fecal en la Cuenca del Río Rocha. Tesis de Grado Lic. En Biología. U.M.S.S. Cochabamba-Bolivia. 18 pp

Torrico A.; I. Fuentes 2004 Influencia de los Parámetros Físicos en la desinfección solar de Coliformes Termotolerantes en el agua. Tesis de grado para obtener el diploma Académico de Licenciatura en Física. Universidad Mayor de San Simón Cochabamba Bolivia 210 pp.

Wright B. Y L. Cairns 2001 Luz Ultravioleta. [www.ingenieroambiental.com/zinfo/ultrvio.pdf](http://www.ingenieroambiental.com/zinfo/ultrvio.pdf)

Zaratti 1997. Naturaleza y Efectos de la Radiación Ultravioleta y la capa de ozono Ed. Formo y Andrade pp.116