

UTILIZACIÓN DE BOTELLAS DE PET Y CAPTADORES FLOTANTES PARA EL CALENTAMIENTO DE ESTANQUES

Mareva Y. Gutierrez S¹., Gustavo R. Figueredo¹, Ruben A. Spotorno¹, Juan J. Pochettino¹, Hugo D. Zurlo¹

¹Grupo de Investigación de Tecnologías Energéticas Apropriadas (GITEA)
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Resistencia – French 414 C.P. 3500 –Resistencia, Chaco
Tel. 0362-4426014 – Fax 0362-4432928 e-mail: grfigueredo@gmail.com

Recibido 12/08/19, aceptado 15/10/19

RESUMEN: Los peces son afectados por las temperaturas bajas del agua durante los meses invernales, lo que ocasiona disminución de la tasa de reproducción y de la producción en la acuicultura. Se efectuaron ensayos en dos modelos de estanques, en el primero se colocaron materiales flotantes y el segundo funcionó como testigo. Buscando morigerar los descensos de temperatura del agua, se ensayaron botellas de PET y captadores solares flotantes con doble cubierta de acetato. Las experiencias fueron efectuadas bajo las condiciones climáticas del NEA, durante el invierno y la primavera. El captador solar flotante tuvo una respuesta aceptable respecto al incremento de temperatura buscado. Pueden obtenerse efectos mejores maximizando el área de la superficie transparente captadora de la radiación y disminuyendo el área de los bordes del captador. Se presentan las diferencias de temperatura entre las dos piletas de ensayo para los distintos modelos de captadores, además de otros parámetros climáticos.

Palabras clave: Acuicultura, captadores solares flotantes, estanques piscicultura.

INTRODUCCIÓN

La piscicultura experimenta actualmente un creciente desarrollo en el NEA, pero adolece aún de algunos problemas que dificultan un mayor crecimiento. Dentro de los problemas a resolver y que atentan contra el desarrollo de la actividad, se encuentra el estancamiento del crecimiento de los peces durante el invierno debido a las bajas temperaturas. Cuando la temperatura del agua desciende por debajo de los 20 °C, los peces dejan de alimentarse, acotando el período de cultivo a 200-250 días dependiendo de las condiciones locales. A ello debe sumarse que en situaciones de fríos extremos y prolongados, la temperatura del agua del estanque puede descender a menos de 10 °C, favoreciendo la aparición de enfermedades e inclusive ocasionando la muerte de los peces.

Existen varios parámetros críticos en la acuicultura, ellos son la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto y el amoníaco. Estos se tienen que medir diariamente o a lo largo de todo el día en el caso de sistemas intensivos de producción continua. Estos parámetros influyen las propiedades físicas y composición química del agua y consecuentemente un correcto manejo de los mismos puede mejorar el comportamiento de los peces (salud y crecimiento). Por el contrario, si no son correctamente atendidos, las consecuencias pueden ser serias, yendo desde bajas tasas de crecimiento hasta stress y mortalidad.

El uso térmico de la energía solar para sistemas de calentamiento de agua es una de las tecnologías más difundidas a nivel mundial. Los invernaderos son los sistemas más aplicados ya que proveen incrementos significativos en la temperatura del agua, las mantas solares también presentan resultados similares. Sin embargo, hay poca información disponible sobre captadores solares probablemente debido a su elevado costo inicial. Los invernaderos constituyen la opción más difundida para

contrarrestar el enfriamiento excesivo de los estanques durante el invierno, sin embargo, exhiben algunos inconvenientes como ser su alto costo inicial y complicada operación para evitar sobrecalentamientos durante el verano. Las otras alternativas para calentar el agua, como las bombas de calor, calderas a combustibles fósiles o resistencias eléctricas implican altos costos iniciales y operacionales y además tienen un impacto negativo para el ambiente a causa de la emisión de gases con efecto invernadero. Una medida adicional, en el caso de presentarse temperaturas bajas, es cubrir los estanques con mantas térmicas como las utilizadas en las piscinas, el problema que presenta esta alternativa es que reduce el intercambio de oxígeno con el aire, dificulta la manipulación de los peces y en general habría que ponerlo y quitarlo diariamente porque de lo contrario impediría el calentamiento diurno del estanque con la radiación solar. Otra opción es considerar calentar el agua por medio de captadores solares para temperaturas cercanas al ambiente, sin cubierta de vidrio, que pueden contribuir al incremento de la temperatura del agua hasta cerca de 5 °C por sobre el ambiente. Otros inconvenientes asociados a esta tecnología son la necesidad de usar bombas para hacer circular el agua por los captadores con el consiguiente consumo de electricidad, el ensuciamiento que se podría producir debido a la elevada cantidad de sólidos disueltos que puede contener el agua del estanque y también elevados costos iniciales debido a las grandes superficies necesarias. Aparece como una alternativa a evaluar calentar “in situ” directamente el agua del estanque mediante los captadores solares flotantes y usar la gran masa del agua del estanque para almacenar energía y evitar descensos pronunciados de temperatura durante los días muy fríos, reduciendo simultáneamente la evaporación y las pérdidas por radiación nocturna hacia el cielo (Farias et al., 2015).

Hasta el presente, numerosos autores han informado sobre el modelado térmico de un estanque de invernadero de piscicultura para predecir la temperatura del estanque durante todo el año. Klemestson y Rogers (1985) probaron un estanque de refugio de invernadero o plástico que podría lograr un aumento de 2,8-4,4 °C en la temperatura del agua de cada mes del año en comparación con un estanque al aire libre.

Zhu et al., (1998) mediante modelizaciones analizaron las principales pérdidas de calor del agua para un sistema de invernadero y concluyeron que la mejor manera de reducirlas es controlando la convección entre la cubierta transparente y el aire exterior, la radiación térmica entre la cubierta transparente y el cielo y la radiación térmica entre la cubierta y la superficie del agua. Además reportaron que un sistema de estanques de invernadero puede lograr una mejora de 5,2 °C en la temperatura del agua de un estanque de 1 m de profundidad, en comparación con la temperatura del aire exterior.

Dilip (2007) presentó un modelo analítico transitorio de la eficiencia de un invernadero para calentamiento de un estanque para piscicultura. Los estudios paramétricos involucraron los efectos de longitud, ancho, profundidad e inclinación del revestimiento del estanque de peces. El rendimiento del estanque de peces se evaluó en términos de ganancia de temperatura, eficiencia térmica media y nivelación de la carga térmica. La principal restricción económica en las actividades invernales de un estanque de cultivo de peces es la necesidad de realizar operaciones en un estanque cubierto para mantener las temperaturas adecuadas del agua.

En 2015, se arrojaron 96 millones de “shade balls” de plástico que flotan en el depósito de agua de Los Ángeles. Era un plan para ahorrar agua durante la sequía evitando la evaporación. Las bolas se desplegaron en el depósito desde agosto de 2015 hasta marzo de 2017. Durante ese tiempo, evitaron que se evaporaran alrededor de 1,7 millones de metros cúbicos de agua (De Graaf, 2015). Siendo que la evaporación es el principal flujo de pérdida de calor, surgió la idea de usar botellas descartables transparentes para evitar la evaporación y permitir la entrada de radiación solar.

Se analizaron alternativas de bajo costo para el calentamiento de agua de estanques para piscicultura y se presentan las evoluciones en función del tiempo para diferentes condiciones climáticas de: i) las temperaturas, ii) los flujos de calor intercambiados; para dos estanques: a) un estanque abierto a la atmósfera, utilizado como testigo, sin utilizar ningún dispositivo adicional y b) otro estanque en el que sucesivamente se ubicaron botellas de PET recicladas o captadores flotantes para incrementar la

temperatura. Se establece cuales son las características que más influyen y cuál es el dispositivo que mejor resultado ofrece.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para ensayar los diferentes modelos de captadores solares se construyeron dos piletas, que simulan a un estanque a escala, de 0,65 m de profundidad, 0,60 m de ancho x 1,10 m de largo. Se utilizaron placas de 3 cm de espesor de poliestireno expandido como aislante en el fondo y las paredes. La impermeabilización se logró con un film de polietileno de color negro y la estructura se basó en un marco de perfiles de hierro, cerrado por chapas galvanizadas. La superficial de la interfase agua-aire es de 0,57 m² por pileta (Figura 1).

Para la determinación de la temperatura del agua en las piletas se realizaron mediciones cada 15 minutos mediante sensores de temperatura tipo Pt100 envainados en acero inoxidable, conectados mediante 3 conductores con un sistema de adquisición de datos de 6,5 dígitos de la marca Rigol. En cuanto a la medición de la temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar y otras variables meteorológicas se realizaron mediciones cada 10 minutos mediante una estación meteorológica modelo Vantage PRO2 de la marca Davis que incluye: pluviómetro, anemómetro y sensores de temperatura, humedad y radiación solar. Para mejor precisión, los sensores de humedad y temperatura estuvieron ubicados en su correspondiente abrigo meteorológico.



Figura 1: Piletas de Ensayo: Pileta 1 (izquierda) y Pileta 2 (derecha).

A lo largo de un proceso iterativo de ensayo, detección de inconvenientes y optimización, se diseñaron varios modelos de captadores flotantes con diferentes formas, dimensiones y materiales, de los cuales se presenta un modelo. El captador está formado por un marco rectangular de poliestireno expandido de 46 cm de largo, 4 cm de ancho en los bordes y 5 cm de alto, sobre ambas caras del marco se pegaron láminas transparentes de acetato, una ubicada en la parte superior de la base y otra ubicada en la parte inferior. La parte transparente tiene medidas de 27 cm de ancho y 38 cm de largo (Figura 2).

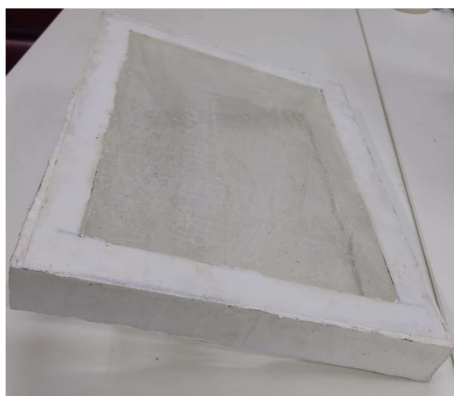


Figura 2: Vistas del colector de acetato con doble lámina: posee una lámina de acetato en la parte superior y otra en la parte inferior.

También se efectuaron ensayos utilizando 5 botellas vacías y limpias de 1,5 L de PET, con superficie totalmente transparente. Las mismas se cerraron herméticamente y se ubicaron flotando sobre la superficie del agua. Este ensayo surgió a partir de la inquietud de un piscicultor que propuso esta idea y de la experiencia en EEUU con las “shade balls”.

Posteriormente y debido a los resultados insatisfactorios obtenidos con las botellas vacías, se efectuaron ensayos utilizando 5 botellas de PET de 1,5 L cargadas con arena y ferrite negro hasta aproximadamente la mitad de su capacidad (Figura 3). Esto se hizo con el objetivo de probar si se mejoraba la absorción de la radiación solar y disminuía la evaporación al aumentar la superficie de contacto entre la botella y el agua, debido a que por su mayor peso se sumergen más en el agua.



Figura 3: Vistas del ensayo con botellas recargadas con absorbente: arena y ferrite.

BALANCE ENERGÉTICO

En un trabajo previo se desarrolló un modelo termodinámico simple que describe los cambios en la energía interna de las piletas al aire libre que simulan los estanques de acuicultura, (Gutierrez et al., 2018). Suponiendo despreciables los flujos de energía relacionados con las filtraciones de agua hacia las napas subterráneas, los originados en las lluvias, en los desbordamientos de agua, los relacionados al agua de reposición y a los intercambios con las paredes de las piletas, la conservación de la energía en estado transitorio estará dada por:

$$\left(\frac{dU}{dt}\right) = q_{rad} - q_{evap} \pm q_{fondo} \pm q_{conv} \quad (1)$$

La energía interna dentro del volumen de control está dado por:

$$U = m_w C T \quad (2)$$

En el modelo la masa de agua se considera constante; también se asume que la densidad y el calor específico se mantienen constantes con la temperatura, ya que las variaciones de estas con cambios en la temperatura son despreciables. El calor neto intercambiado incluye el calor intercambiado por radiación, por conducción a través del fondo, por convección en la superficie y el necesario aporte para la evaporación del agua.

$$Q_{neto} = q_{rad} - q_{evap} \pm q_{fondo} \pm q_{conv} \quad (3)$$

Durante las experiencias se mide el tiempo y la temperatura del agua de las piletas, por lo cual se puede calcular la derivada de la temperatura con respecto al tiempo.

$$\left(\frac{dT}{dt}\right) = \frac{Q_{neto}}{m_w C} \quad (1)$$

Conocidos la masa del agua contenida en la piletas y la derivada de la temperatura con respecto al tiempo se puede calcular el calor neto intercambiado.

$$Q_{neto} = m_w C \left(\frac{dT}{dt} \right) \quad (5)$$

Simultáneamente se mide la radiación solar incidente sobre la superficie libre del agua de la piletta. Entonces se podría obtener el flujo de calor combinando conducción, convección y evaporación.

$$Q_{neto} - q_{rad} = \pm q_{fondo} \pm q_{conv} - q_{evap} \quad (6)$$

RESULTADOS

Ensayo en piletas sin colectores

Durante este ensayo se ubicaron los sensores de temperatura a la misma profundidad inmersos en las piletas que contenían iguales volúmenes de agua, sin utilizar ningún tipo de colector, a los efectos de verificar a cuanto pueden ascender las divergencias entre las temperaturas medidas en cada piletta. En la figura 4 se exhiben las evoluciones de las temperaturas de las piletas ($T_{s/col}$, $T_{c/col}$), la temperatura ambiente (T_{amb}), la velocidad del viento ($Vel.V$) y la humedad relativa ambiente ($Hum. Rel$) a lo largo de 16 días. Los resultados evidenciaron que puede existir una diferencia entre ambas de hasta $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$, esto se debe a los errores asociados al proceso de medición en sí mismo, lo cual se tiene en cuenta para las siguientes determinaciones donde ya se colocaron los colectores flotantes para evaluar su funcionamiento. Se observa un primer periodo de 4 días de temperaturas ambientes moderadas con temperaturas medias de aproximadamente $21 \text{ }^\circ\text{C}$, a continuación un descenso de la temperatura ambiente y por último un periodo de 10 días de temperaturas bajas con medias de alrededor de $12 \text{ }^\circ\text{C}$. Durante todos los periodos las temperaturas de las piletas se mantienen intermedias entre la máxima y mínima del ambiente, excepto durante el periodo intermedio de descenso en el que las piletas exhiben una inercia térmica manteniéndose a una temperatura superior a la del ambiente.

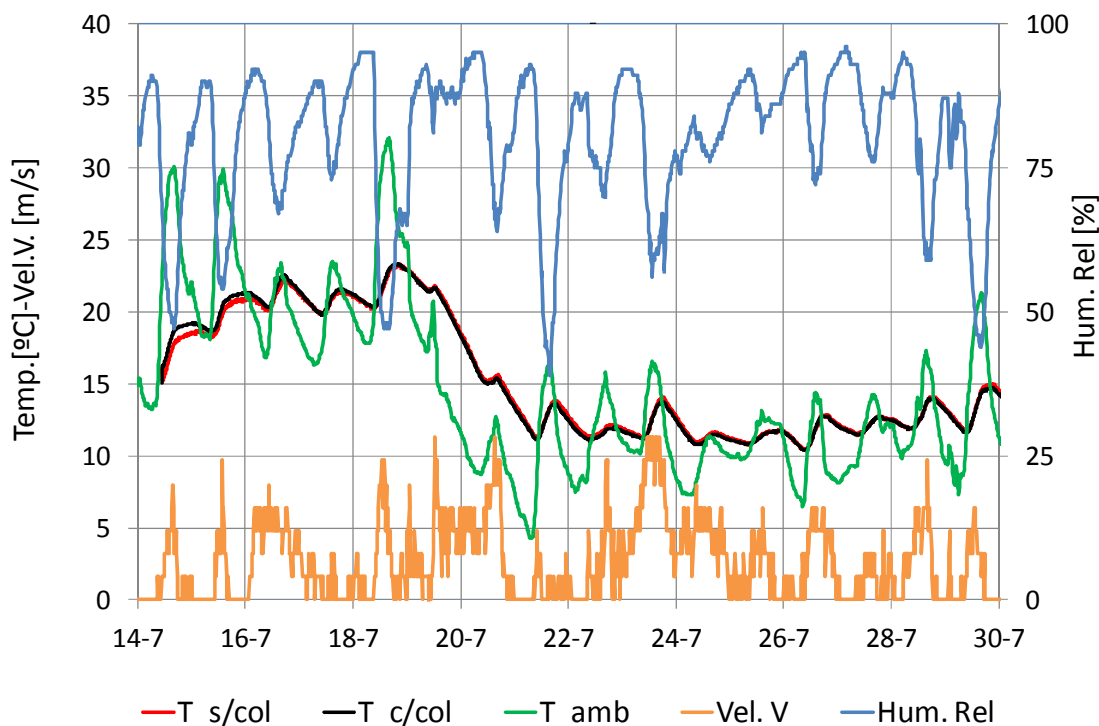


Figura 4: Temperatura del agua de las piletas, temperatura ambiente, velocidad del viento y humedad relativa para 16 días.

Experiencias con botellas vacías

En la figura 5 se observan los resultados de un ensayo realizado desde el 23/10 a las 12:30 pm hasta el día 30/10 a las 12:00 pm. Para los días ensayados la temperatura ambiente máxima fue de $36 \text{ }^\circ\text{C}$ y la

mínima de 15 °C. En la pileta 1 se colocaron 5 botellas vacías de PET tipo cristal (transparente), las mismas previamente fueron lavadas, secadas y cerradas herméticamente. Se observa que en horarios de la madrugada, durante el enfriamiento, el agua de la pileta sin las botellas se enfría más rápidamente que la de la pileta con las botellas, observándose una diferencia de temperaturas máxima de hasta 0,7 °C entre las 6 y las 8 de la mañana. Es decir, las botellas limpias y secas dificultan el enfriamiento de la misma durante ese lapso de tiempo. Sin embargo, al acercarse el mediodía, el agua de la pileta que posee las botellas empieza a tener menor temperatura que la pileta sin botellas, alcanzando como valor máximo una diferencia de temperaturas superior en 0,8 °C a las 15:00hs, fenómeno que dura hasta las 19hs aproximadamente, es decir se calienta más rápidamente la pileta sin botellas. Cerca de la puesta del sol se alcanzan las temperaturas máximas y no se observa una diferencia significativa entre las temperaturas del agua de la pileta donde están las botellas y del agua de la pileta sin las botellas.

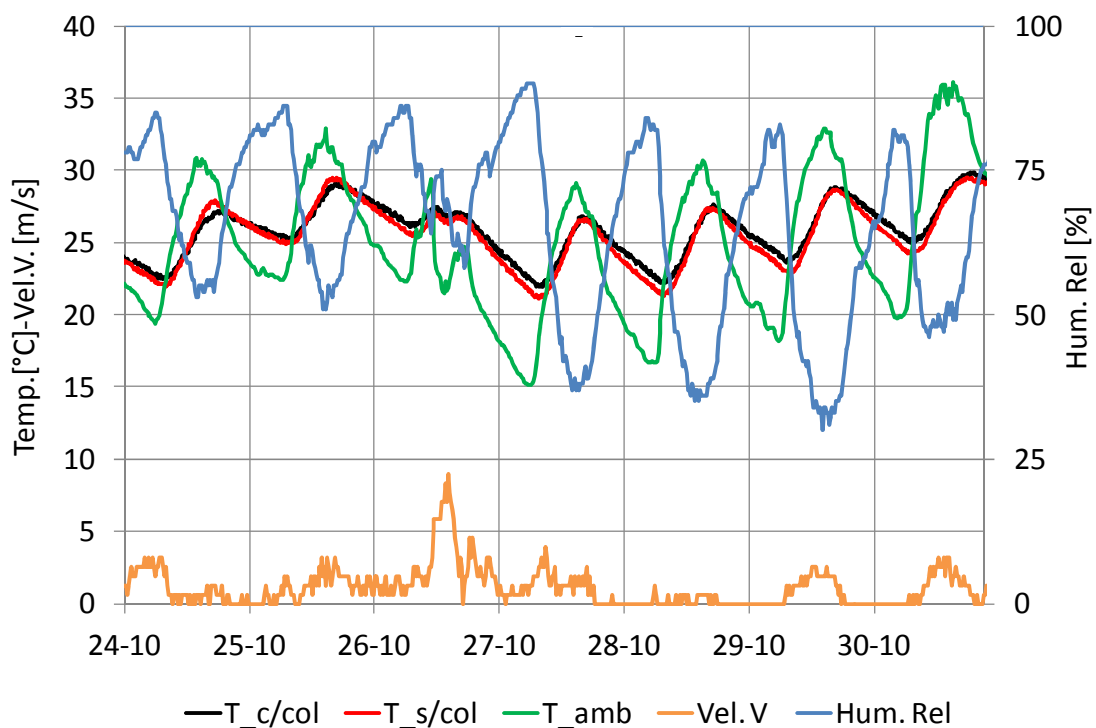


Figura 5: Temperatura del agua de las piletas, ambiente, velocidad del viento y humedad relativa para 6 días soleados.

Experiencias con botellas cargadas con absorbente

En la figura 6 se observan los resultados de un ensayo realizado desde el 03/08 a las 10:00 am hasta el 09/08 a las 12:00 am. Los días fueron cálidos con una temperatura máxima de 27 °C y una mínima de 7 °C. Las botellas al contener arena y ferrite funcionan como un “abrigo” por la noche y en las horas de la siesta/tarde dificultan el calentamiento del agua. Esto puede concluirse luego de que se observa que para los días de ensayo, el agua de la pileta que tiene las botellas está más fría por la siesta/tarde que el agua de la pileta con las botellas, al cual tiene mayor temperatura (promedio de los días 0,4 °C de diferencia). Por la noche y durante las horas tempranas de la mañana el comportamiento se revierte: el agua de la pileta con las botellas llega a tener una temperatura superior a 0,4 °C (valor promedio) que el agua de la pileta sin botellas. Estas diferencias de temperatura son muy inferiores a los valores buscados.

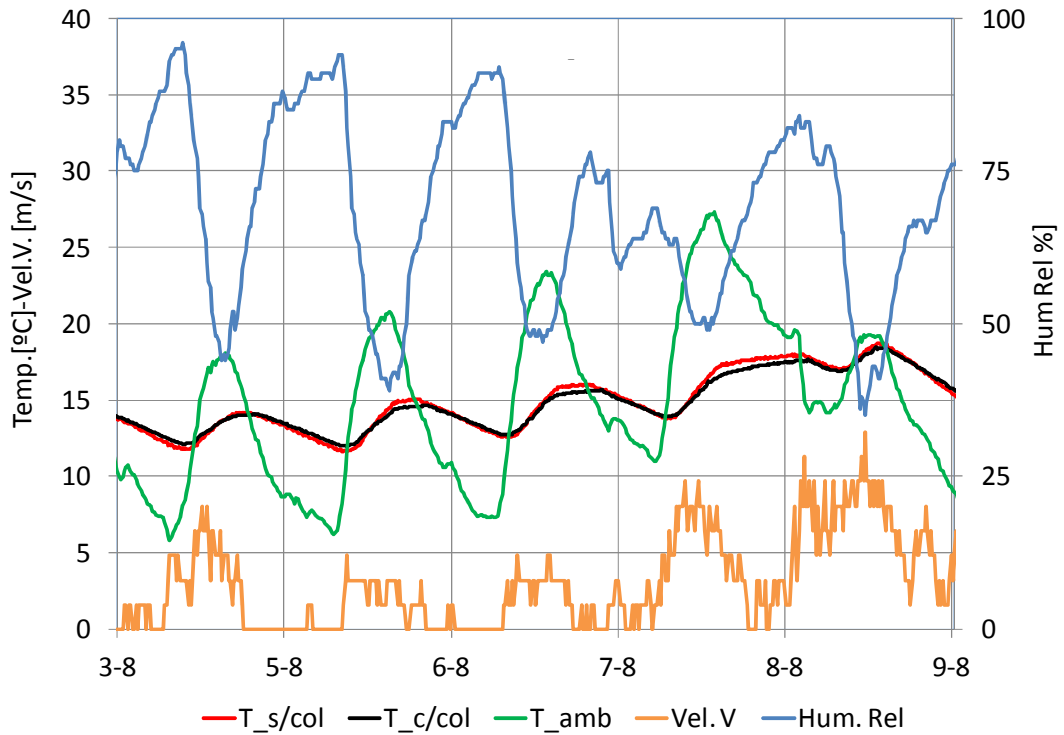


Figura 6: Temperatura del agua de las piletas, ambiente, velocidad del viento y humedad relativa para 6 días.

Experiencias con dos colectores con doble lámina de acetato en piletta 2

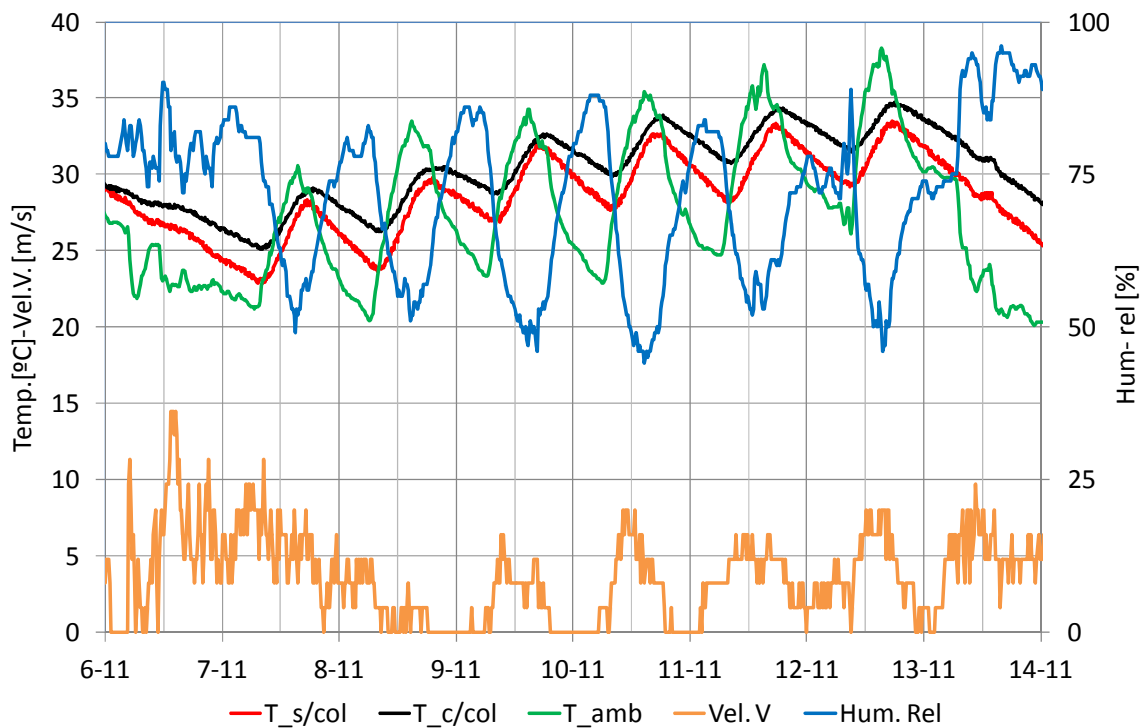


Figura 7: Temperatura del agua de las piletas, ambiente, velocidad del viento y humedad relativa para 8 días.

El ensayo fue realizado desde el 6/11 a las 8:30 am hasta el día 14/11 a las 9:00 am, con temperatura ambiente máxima de 38 °C y mínima de 20 °C, el día 13/11 se produjo una intensa lluvia entre las

7:00 am y las 11:00 am. En la piletta 2 se colocaron dos captadores flotantes. La superficie ocupada por los dos captadores en la piletta de ensayo es de 0,33 m², lo cual representa un 57,2 % de la superficie total, (donde de ese % un 35,5 % corresponde a la parte transparente y el 21,8 % restante corresponde a la superficie de los bordes), y el % restante un 42,8 % es la superficie no cubierta en la piletta.

En la figura 7 se observa que la máxima diferencia de temperatura, en horarios de la mañana cuando la temperatura del agua de la piletta donde se colocó el colector se encuentra más caliente (2,4 °C en promedio) que el agua de la piletta sin el captador. Por la siesta-tarde el agua de la piletta con el captador también está más caliente sin embargo la diferencia es de 1 °C (valor promedio para los días del ensayo).

Para este último ensayo se expone un análisis más profundo: a partir de los datos experimentales de temperatura, se determinaron las pendientes promedio durante los periodos estables de calentamiento (entre las 12 y 16 hs) y los de enfriamiento (entre las 19 y 6 hs), dichos resultados se exponen en la tabla 1. A partir de estas pendientes se determinaron, mediante la ecuación (5), los flujos netos de calor intercambiados entre el agua de las piletas y el ambiente, considerando que la masa de agua contenida en las piletas es de 320 kg,

Piletta	Proceso	Pendientes de la evolución de las temperaturas [K/día]					Prom.	Flujo Neto de calor [W]
		08/11	09/11	10/11	11/11	12/11		
c/col	Cal.	12,7	11,7	11,7	10,3	10,9	11	172
	Enf.	-2,5	-4,6	-5,3	-4,8	-4,4	-4	-65
s/col	Cal.	19,5	15,9	16,1	16,4	16,3	17	269
	Enf.	-5,4	-7,7	-8,2	-6,9	-6,6	-7	-111

Tabla 1: Pendientes de las evoluciones de temperaturas y flujos netos de calor hacia piletas para horarios de calentamiento (12:00 a 16:00hs) y enfriamiento (19:00 hs a 6:00 am)

El flujo neto de calor determinado corresponde al indicado en la ecuación (2) y tiene en cuenta la sumatoria de los flujos que entran y salen del sistema bajo análisis. Según el cuadro se obtuvieron resultados experimentales que indican las magnitudes para dos condiciones: “cal” desde las 12:00 hasta las 16:00 hs y “enf” desde las 19:00 hs a 6:00 am. Comparando los resultados obtenidos para los dos casos, se observa que en el caso de la piletta sin captador tanto la ganancia como la pérdida de calor al exterior ocurren más rápidamente que la piletta con el captador. El Flujo Neto de calor durante las horas de enfriamiento para la piletta sin el captador es de -111 W, mientras que para la piletta con el captador es de -65 W. El Flujo Neto de calor durante las horas de calentamiento para la piletta sin el captador es de 269 W, mientras que para la piletta con el captador es de 172 W.

La radiación solar en W/m² se obtuvo mediante la estación meteorológica, sabiendo que el área de las piletas es 0,57 m² se obtiene la potencia total que ingresa a cada piletta en Watts durante el periodo de calentamiento, expuestos en la tabla 2.

Valor	08/11	09/11	10/11	11/11	12/11	Promedio
Radiación [W/m ²]	848	857	880	754	775	823
Potencia [W]	483	488	501	430	442	469

Tabla 2: Radiación promedio incidente en las piletas para horarios de calentamiento (12:00 a 16:00hs)

La potencia promedio incidente sobre las piletas para los días ensayados es de 469 W durante las horas de calentamiento. Conociendo el flujo neto de calor y el calor debido a la radiación solar se pueden

determinar los flujos de calor restantes, agrupados según la ecuación (6). La diferencia entre el Flujo Neto de calor y la radiación solar durante las horas de calentamiento para la pileta sin captador de -200 W, mientras que para la pileta con el captador es de -297 W, ambos flujos integran los fenómenos de convección, evaporación y conducción.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la tabla 3 se exponen valores medios de temperaturas relevantes. Durante las horas de calentamiento (12:00 a 16:00hs), el promedio de la temperatura de agua de la pileta S/col fue de 30,4 °C (para 5 días de ensayo), de 31,7 °C para la pileta C/col y la temperatura del aire de 34,5 °C. Durante las horas de enfriamiento (19:00 hs a 6:00 am), el promedio de la temperatura de agua de la pileta S/col fue de 30,4°C (para 5 días de ensayo), para 32,1 °C para la pileta C/col y la temperatura del aire de 27,8 °C.

Variable	08/2018	09/2018	10/2018	11/2018	12/2018	Prom.
T_s/col	27,3	30,2	31,2	31,5	31,8	30,4
T_c/col	28,7	31,1	32,3	33,0	33,3	31,7
T_amb	32,3	33,2	34,4	35,7	36,9	34,5
T_c/col - T_s/col	1,4	0,9	1,1	1,5	1,6	1,3
T_amb - T_c/col	3,5	2,1	2,1	2,7	3,5	2,8

Tabla 3: Temperaturas promedio del agua de las piletas, del ambiente y sus diferencias, durante el proceso diario de calentamiento (12:00 a 16:00hs)

El aumento de la temperatura del agua entre la pileta con el captador solar y sin el mismo fue de 1,3 °C en promedio (para los 5 días ensayados) durante las horas de calentamiento y de 1,8 °C para las horas de enfriamiento. Se observa que para las horas de calentamiento la temperatura del aire fue de 2,8 °C (promedio) superior que el agua de la pileta con captador, mientras que para las horas de enfriamiento la temperatura del agua fue 4,3 °C superior que la temperatura del aire, lo cual es favorable ya que para éste período es necesario mantener la temperatura del agua para que se alcancen temperaturas que rondan los 20-24 °C en los meses de invierno.

Variable	08/2018	09/2018	10/2018	11/2018	12/2018	Prom.
T_s/col	28,5	29,8	30,5	31,3	31,6	30,4
T_c/col	29,9	31,5	32,4	33,2	33,5	32,1
T_amb	26,2	25,5	26,8	29,6	30,8	27,8
T_c/col - T_s/col	1,4	1,7	2,0	1,9	1,9	1,8
T_amb - T_c/col	-3,7	-6,0	-5,7	-3,6	-2,7	-4,3

Tabla 4: Temperaturas promedio del agua de las piletas, del ambiente y sus diferencias, durante el proceso diario de enfriamiento (19:00 a 6:00hs)

Debido a que en la región hay días calurosos dentro de los meses de invierno donde se alcanzan temperaturas mayores que 30°C en algunos casos, esto ocasionaría una dificultad en el uso de mantas térmicas, ya que según lo estudiado por (Wisely et al., 1981), el rango térmico de trabajo para las mayoría de los materiales con los que se hacen las mantas, tiene como límite esa temperatura y superándola se produce una separación de las capas ocasionando la pérdida de la misma en periodos cortos de tiempo menores a un mes.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Las botellas de PET tanto vacías como cargadas con la mezcla de arena y ferrite no dieron resultados satisfactorios; ya que se observó que en promedio el agua de la pileta con las botellas alcanzaba una

temperatura superior en 0,2 °C con respecto al agua de la pileta testigo. Estos resultados están alejados de los valores deseados.

Se obtuvieron resultados aceptables al colocar dos captadores de acetato de doble lámina, los cuales produjeron aumentos de temperatura de 2,2 °C en relación a la pileta testigo, en promedio por la madrugada y la mañana, y alrededor de 1 °C en promedio de los días ensayados en horarios de la siesta/tarde. Este diseño puede optimizarse al aumentar el área de la superficie transparente y disminuyendo el área de los bordes que impide el paso de la radiación.

El captador ensayado al tener la cubierta superior en posición horizontal acumula agua de lluvia o de rocío favoreciendo el ensuciamiento y dificultando el paso de la radiación solar. Posteriormente se desarrollaron nuevos colectores que solucionan este inconveniente y que actualmente están siendo ensayados obteniéndose en principio mejores resultados a los presentados.

APÉNDICE: NOMENCLATURA

Magnitud	Unidad	Descripción
A	m ²	Área del estanque
C	kJ/kg°C	Calor específico del agua
U	J	Energía interna del estanque
m _w	Kg	Masa del agua
q _{conv}	W	Flujo de calor por convección.
q _{evap}	W	Flujo de energía perdida a través de la evaporación del agua.
q _{rad}	W	Flujo de calor por radiación
q _{fondo}	W	Flujo de calor por conducción por el fondo.
Q _{neto}	W	Flujo Neto de calor
T	°C	Temperatura promedio del agua en el estanque.
t	seg	Tiempo

REFERENCIAS

- De Graaf, M. How the 100 million ‘shade balls’ brought in to protect LA’s reservoir from evaporating are in fact a ‘bacterial nightmare’. Daily Mail (20 August 2015). <https://www.dailymail.co.uk/news/article-3204873/How-100-million-shade-balls-brought-protect-LA-s-reservoir-evaporating-fact-bacterial-nightmare.html>
- Dilip J., (2007). Modeling the thermal performance of an aquaculture pond heating with greenhouse. Building and environment 42, p. 557-565.
- Farías P., Figueredo G., Sánchez S. y Sandoval M., (2015). Revisión de alternativas tecnológicas para el calentamiento solar de estanques para acuicultura. Acta de la XXXVIII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 3, pp. 02.21-02.32, 2015.
- Gutierrez Sosa, M. Y., Spotorno R., Pochettino J.J., Zurlo H. y Figueredo G. R. (2018). Modelización Termodinámica para estanques de Piscicultura. Pp. 4-6.
- Klemetson S.L., Rogers G.L., (1985). Aquaculture pond temperature modeling. Aquacult Eng; 4 p.191-208.
- Molina Martínez J.M., Martínez Álvarez V., Baille A. y González-real M.M. (2006). Estimación de la evaporación en embalses de riego mediante un modelo de balance de energía. En: Ingeniería del agua Vol. 13 pp. 3.

- Wisely B.Holliday J. E. and MacDonald R. (1981). Heating An Aquaculture pond with a solar pool blanket. Pp. 385-387.
- Zhu S., Deltour J, Wang S. (1998). Modeling the thermal characteristics of greenhouse pond systems. Aquaculture Eng18, pp. 201-17.

HEATING AN AQUACULTURE POND WITH PET BOTTLES AND FLOATING COLLECTORS

ABSTRACT

Fishes are affected by low temperatures of water during winter months; this makes a decrease in reproduction and the production of aquafarming. Tests were carried out in two ponds models, floating materials were placed in the first one and the second one worked as a reference sample. Looking to moderate the descent of temperature of water, PET bottles and floating solar collectors with double acetate cover were tested. The experiences were carried out under NEA climatic conditions during winter and spring. The floating solar collector had a favourable response regarding increase in temperature needed. Better results can be obtained by maximizing the area of the transparent surface which captures the radiation and decreasing the edges of the collector area. The temperature differences between the two ponds models for different collectors are presented, in addition to other climatic parameters.

Keywords: Aquaculture, Water temperature, Heat balance.