

¿Cuáles son las dinámicas de calentamiento por radiación solar y enfriamiento de diferentes sustratos naturales y materiales de construcción y cómo podrían incidir en el clima de la Tierra?

How do Different Natural and Construction Materials Heat up with Solar Radiation and Cool Down, and How Could this Affect Earth's Climate?

Cabal Echeverri, Antonia; García Reyes, David; Moreno Amaya, Andrés David; Zuluaga Bustamante, Samuel.

GRADO SEXTO

DOCENTE: Blanca Escorcía

Colegio Jefferson

Yumbo, Valle del Cauca

Tel: 6582700 ext.118 cell:3128430746

bescorcia@jefferson.edu.co

ANTECEDENTES

Este proyecto fue realizado entre Febrero y Mayo del año 2019, cuando cursábamos grado sexto. La primera parte del proyecto fue parte de nuestra clase de Ciencias Naturales, en la que nos planteamos la pregunta: ¿Cómo se producen las estaciones en la Tierra? Nuestras fuentes de información explicaban que el ángulo de la radiación solar influía en las diferentes temperaturas de distintas partes del planeta Tierra. En ese momento, se nos propuso pensar en una manera experimental de probar o refutar esta idea, con la pregunta experimental **¿Cómo afecta el ángulo de incidencia (radiación solar), la temperatura de tierra y arena?**

Los estudiantes de sexto propusimos varios experimentos y acordamos que mediríamos la temperatura de tierra y arena en recipientes (platos de Petri), a diferentes horas del día, en las que suponíamos que la radiación solar estaría llegando a la tierra con diferentes ángulos de incidencia.

Hicimos predicciones sobre cuál sería el ángulo de incidencia de la luz solar a diferentes horas del día. También hicimos predicciones sobre en qué horas (y ángulos de radiación solar), observaríamos mayores y menores temperaturas para las muestras de arena y tierra. Trazamos un semicírculo que representaba la trayectoria del sol en el cielo y sabiendo que el ángulo que representa el semicírculo es de 180° , dividimos esta cantidad por seis y concluimos que a las 8 am el ángulo de radiación solar podría ser de 30° , a las 10 am de 60° , a las 12m de 90° , a las 2 pm nuevamente de 60° y a las 4 pm nuevamente de 30° . Estas predicciones se muestran en la **Figura 1**.

Todos coincidimos en pensar que las mayores temperaturas de la tierra y arena las observaríamos en un ángulo de luz solar de 90° , ya que cuando hacemos deporte al mediodía sentimos más calor que en horas de la mañana o en horas de la tarde. También pensamos que las temperaturas de ambos materiales serían parecidas a las 2 pm y a las 10 am y también a las 8am y 4pm, por tener ángulos de incidencia similares.

Nos referimos a este experimento como **Experimento 1**. Pusimos el mismo volumen de tierra y arena en cajas de Petri y para cada hora de medición, realizamos el siguiente

procedimiento: Medimos la temperatura inicial (bajo techo) y luego sacamos las muestras al sol. Calentamos bajo la luz solar y medimos la temperatura cada 5 minutos. Para cada condición tuvimos entre tres y cinco repeticiones. Una constante debía ser que el cielo no estuviera nublado, sino despejado, para que nuestros datos fueran comparables.

Además, pensamos en una manera de medir el ángulo de la luz solar e hicimos una simplificación de un astrolabio hecho en casa; usando un pitillo, logramos que lo atravesara un haz de luz solar, observando el círculo de luz al lado opuesto del pitillo, en nuestra mano. Al lograr esto, podíamos estar seguros de que el pitillo estaba alineado paralelamente con los rayos de sol. Así organizamos el transportador de tal manera que el pitillo pasara por el punto medio del mismo y el transportador estuviera paralelo con el piso. El ángulo del pitillo respecto al piso, representaba el ángulo de luz solar (**Figura 1**).

La mayor dificultad que tuvimos es que el clima durante este año ha sido muy variable, así que tuvimos que realizar las mediciones en un rango de varios días (entre Febrero 6 y Febrero 13), ya que el cielo debía estar siempre despejado para tener datos comparables.

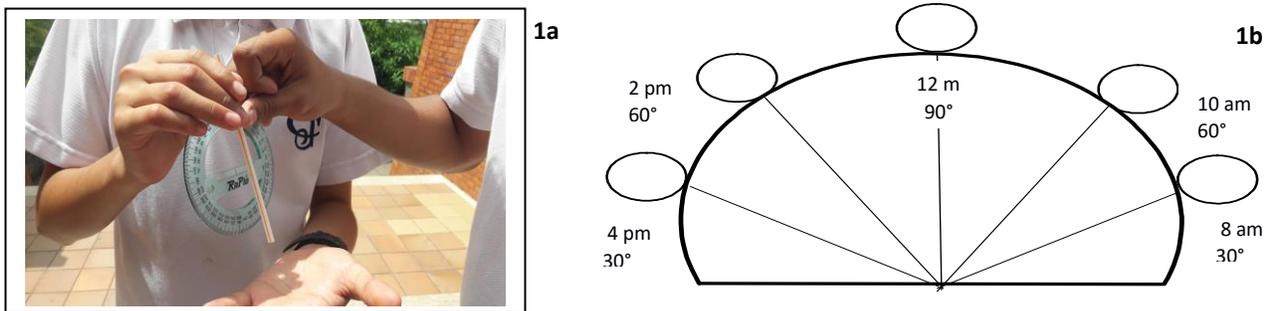


Figura 1. 1a Estudiantes realizando la medición del ángulo de luz solar. **1b.** Predicciones de ángulos de radiación solar y de temperaturas de arena y tierra a diferentes horas del día.

Al obtener todos los datos los organizamos en una tabla (no se muestra) y calculamos las temperaturas promedio, organizándolas en una segunda tabla (**Figura 2**). A partir de esta tabla de promedios, realizamos a mano en papel milimetrado y luego en Excel, las gráficas que se muestran en la **Figura 2**. Los datos no fueron tomados a las horas exactas, sino en horas cercanas, cuando tuviéramos clase de ciencias naturales. Como se puede ver en la tabla de la Figura 2, los ángulos de luz solar reales fueron todos muy similares a nuestras predicciones. A las 8:30 am y a las 4pm, el ángulo de incidencia de luz solar fue 33° y 30°, respectivamente, como lo habíamos predicho. Igualmente, se cumplieron nuestras predicciones para las 10:30 y 2:15, horas en las que el ángulo de luz solar fue 65° y 60°, respectivamente. Según nuestras mediciones, el ángulo de luz solar a las 12 m y 1:15 pm fue de 85° y aunque las temperaturas fueron parecidas a ambas horas, fueron ligeramente mayores a las 12 m que a la 1:15 pm. La similitud del ángulo a las dos horas se podría deber a la época del año. Los datos fueron tomados un mes y medio antes del equinoccio de Marzo, que es el día en el que la luz solar golpea el ecuador de la Tierra a 90°. Pensamos que quizás el día que tomamos la temperatura, los 90° de luz solar pudieron haber sucedido en algún momento entre las 12 y la 1, más o menos a las 12:30 ó 12:45 pm (mediodía).

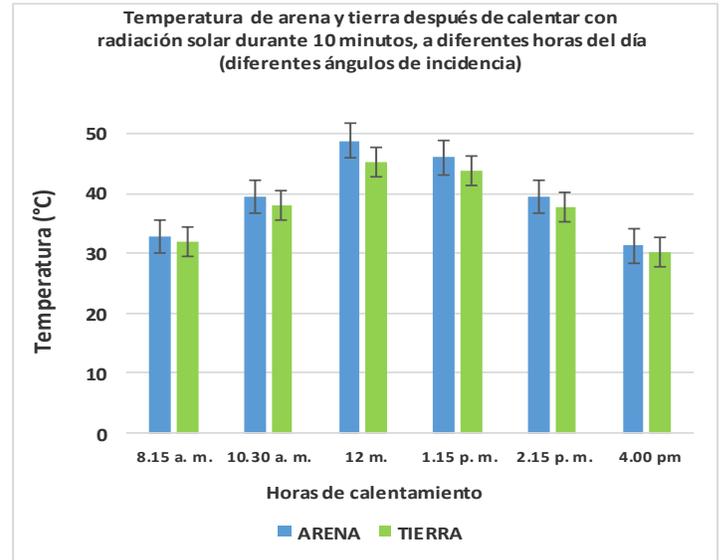
Como se observa en la tabla y las tres gráficas de la **Figura 2**, en este experimento pudimos observar que las temperaturas tanto de arena como de tierra, siguen las mismas tendencias; Las temperaturas más altas de arena y tierra se observaron a las 12 m, siendo similares a la 1:15 pm, confirmando nuestra predicción de que la temperaturas más altas se observarían al mediodía, con un ángulo cercano a 90°. Se observaron temperaturas intermedias, y muy

parecidas entre sí, a las 10:30 y 2:15 pm, con un ángulo cercano a 60°, como lo habíamos predicho.

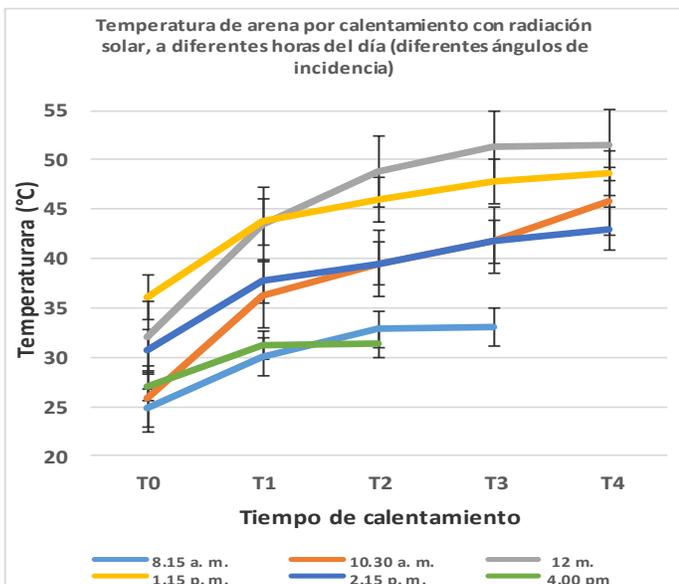
2a

SUSTRATO	TIEMPO	Temperatura de Calentamiento (°C)					
		ÁNGULO SOLAR	T0	T1	T2	T3	T4
ARENA	8:15:00 a. m.	33°	24,8	30,0	32,8	33,0	
	10:30:00 a. m.	65°	25,8	36,3	39,5	41,8	45,8
	12:00:00 m.	85°	32,0	43,5	48,8	51,3	51,5
	01:15:00 p. m.	85°	36,0	43,7	46,0	47,8	48,7
	02:15:00 p. m.	60°	30,7	37,7	39,5	41,7	43,0
	04:00:00 p. m.	30°	27,0	31,2	31,3		
TIERRA	08:15:00 a. m.	33°	24,5	29,7	32,0	33,0	
	10:30:00 a. m.	65°	24,8	35,5	38,0	38,3	42,2
	12:00:00 a. m.	85°	30,0	40,7	45,2	48,0	48,3
	01:15:00 p. m.	85°	35,0	41,7	43,7	44,8	45,3
	02:15:00 p. m.	60°	30,7	36,7	37,7	41,0	41,0
	04:00:00 p. m.	30°	27,3	30,2	30,3		

2b



2c



2d

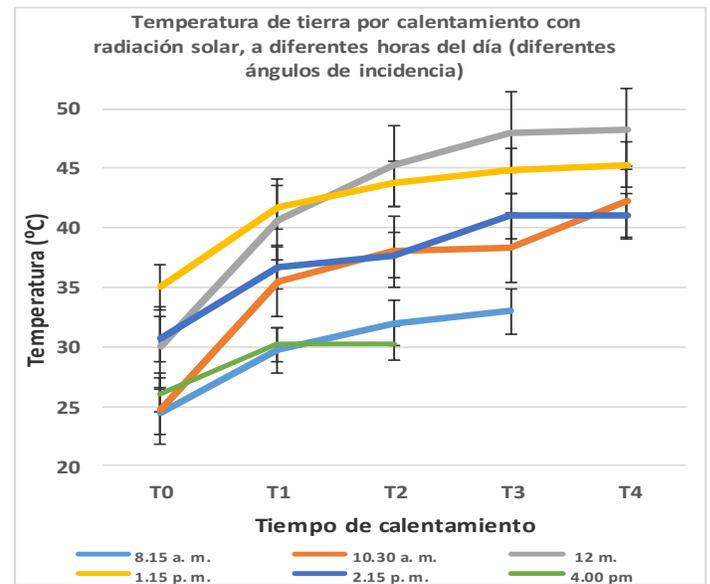


Figura 2. Experimento 1. 2a. Tabla de promedios de temperatura de arena y tierra tras calentar los dos materiales bajo el sol a diferentes horas del día (diferentes ángulos de incidencia), durante 0 (T0), 5(T1), 10(T2), 15(T3) y 20(T4) minutos. **2b.** Temperatura promedio de arena y tierra tras calentar bajo el sol durante 10 minutos (T3) a diferentes horas del día (diferentes ángulos de incidencia). **2c.** Temperatura promedio de arena tras calentar bajo el sol durante 0, 5, 10, 15 y 20 minutos, a diferentes horas del día. **2d.** Temperatura promedio de tierra tras calentar bajo el sol durante 0, 5, 10, 15 y 20 minutos, a diferentes horas del día.

Las temperaturas más bajas para arena y tierra las observamos a las 8:15 am y 4 pm, con un ángulo de luz solar aproximado de 30°, como lo habíamos predicho. Por lo tanto, **concluimos que mientras más cercano el ángulo de incidencia de luz solar a 90°, mayor la temperatura de los sustratos.** También pudimos observar que a medida que pasaba el tiempo de calentamiento, el aumento de temperatura era cada vez menor. La diferencia de temperatura entre los 15 y 20 minutos de calentamiento fue considerablemente menor que durante los primeros cinco minutos. Pensamos que la tendencia del cambio de

temperatura es a ser cada vez más cercano a cero, seguramente al entrar en equilibrio térmico por la conducción de calor al aire. Además, observamos que la arena subió más de temperatura que la tierra (Figura 2b).

Con este experimento logramos una mejor comprensión del hecho de que las diferencias de ángulos de incidencia producen las estaciones en el planeta. En Junio, la radiación solar con ángulo de incidencia de 90° cae sobre el hemisferio norte, en cambio en el sur el ángulo de incidencia es considerablemente menor. La consecuencia de esto son días más largos y calurosos en el norte y lo contrario en el sur. En Diciembre se invierte la situación con los ángulos de incidencia en el sur y el norte del planeta.

A partir de este primer experimento, surgieron varias nuevas preguntas que nos interesamos en contestar de manera experimental. Una de las preguntas fue ¿Por qué un ángulo de incidencia de 90° produce mayor aumento de temperatura?

Uno de los miembros de este grupo de investigación propuso que se debía al hecho de que “el calor se concentra en un punto o área”.

También nos interesamos por el calentamiento de diferentes materiales naturales de construcción y realizamos nuevos experimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso experimental que se describe a continuación fue realizado entre Abril y Mayo de 2019.

Experimento 2: ¿Cómo afecta el ángulo de la radiación solar, el área de incidencia?



Como se explicó anteriormente, realizamos esta experiencia bajo la hipótesis de que a los 90° de radiación solar, la luz y calor se concentran en una menor área, con la misma intensidad. Con cinta marcamos el diámetro de una bandeja grande redonda. La cinta nos sirvió de referencia para alinear la bandeja al lado de una mesa de tal manera que quedara exactamente la mitad de la bandeja sobresaliendo hacia arriba de la mesa. Sobre la bandeja, marcamos las posiciones de 30° , 40° y 90° , usando un transportador. Pusimos una linterna en el borde de la bandeja en cada una de las tres posiciones (ángulos) apuntando hacia la mesa, en la cual había una hoja de papel milimetrado. El lente de la linterna lo habíamos cubierto de tal manera que saliera un haz de luz a través de un cuadrado de 1 cm^2 para poder medir el área de luz sobre el papel

milimetrado, con mayor facilidad. Calculamos el área de la luz sobre el papel milimetrado, en los tres ángulos y comparamos.

EXPERIMENTO 3. ¿Cuál es la dinámica de calentamiento y enfriamiento de diferentes sustratos naturales y materiales de construcción y cómo podrían incidir en el clima?

Esta pregunta nació a partir de la observación del **Experimento 1**, en el que comprobamos que la arena se calienta más rápido que la tierra. A partir de allí, nació la curiosidad de ver cuál sería la dinámica de calentamiento de otros materiales y pensar en cómo influenciarían sus cambios de temperatura el clima actual de la tierra. Después de leer sobre las islas de calor urbanas, nos llamó la atención ver los cambios de temperatura de algunos materiales de construcción, que fuimos integrando en nuestros experimentos: agua, madera, tierra, barro, arcilla, arena, cemento blanco y cemento gris, agua salada, e impermeabilizante de asfalto negro.

La isla de calor urbana es una característica que se da en las ciudades por la acumulación de calor debido a la absorción del mismo por parte de los materiales de construcción y por la ausencia de materiales naturales y zonas de vegetación y humedad. En consecuencia, el caldeoamiento del aire cercano a la superficie del suelo aumenta generando el fenómeno de la isla de calor urbana que se caracteriza principalmente porque la temperatura del aire es más elevada en el área urbana que en los alrededores rurales, y que clásicamente se puede considerar como un cambio climático local o regional.

Según nuestras consultas bibliográficas, el alto calor de las zonas urbanas se atribuye en parte al color oscuro de algunos de los materiales de construcción. Se argumenta que los materiales oscuros, al absorber mayor cantidad de radiación solar, se calientan más, generando ambientes de mayor calor. Por esta razón, escogimos materiales de construcción de diferentes colores, cemento blanco, cemento gris e impermeabilizante de asfalto negro.

Al indagar más, encontramos la ecuación que relaciona calor, masa, calor específico y temperatura $Q=mc\Delta T$ y nos dimos cuenta que, para poder comparar los cambios de temperatura de las diferentes sustancias, todas las cantidades de la ecuación debían ser constantes, excepto el calor específico que determinaría el cambio de temperatura. El calor de la radiación solar era el mismo para todas las muestras y por lo tanto debíamos mantener también la masa constante, así que pesamos 40 g de cada sustancia. Pusimos los materiales en vasos desechables. De cada sustancia teníamos tres repeticiones para obtener un promedio de temperatura. Después procedimos a poner todas las muestras en un espacio donde la radiación solar pudiera llegar a las muestras directamente, con el cielo despejado y a las 12 m. Calentamos las muestras 5 minutos con radiación solar, después medimos las temperaturas, cada 15 minutos. Después de 45 minutos, por las condiciones climáticas (cielo nublado) se empezó a medir la temperatura al dejar de calentar y al enfriar bajo techo.

Después de realizar el experimento recopilamos en una hoja todos los datos y se sacó el cuadro de promedios de temperatura por cada sustancia. Con la herramienta de Excel ingresamos todos los promedios y se graficaron las líneas de tiempo de calentamiento/enfriamiento vs temperatura promedio por sustancia. Adicionalmente, calculamos los cambios de temperatura desde la temperatura inicial hasta la temperatura máxima (T3), que también se graficó en gráfico de barras.

Comparamos los calores específicos teóricos con nuestros resultados y analizamos estos resultados a la luz de lo esperado.

EXPERIMENTO 4. ¿Qué efecto tiene el calentamiento de los diferentes sustratos en la temperatura del aire circundante?

En el experimento anterior, observamos diferencias en las temperaturas de calentamiento y enfriamiento de las sustancias y nos preguntamos cómo incidirían esas diferencias en la temperatura del aire circundante, ya que, según nuestras lecturas, podría suceder que un material tuviera un bajo calor específico pero que fuese un mal conductor del calor o viceversa.

Diseñamos nuestro propio experimento, ya que no encontramos un procedimiento publicado para hacerlo, llenando con 50 gr de cada muestra, tres Erlenmeyer. Los tapamos para que el aire interno no se saliera y conservara la temperatura, después los pusimos bajo las mismas



condiciones climáticas que el experimento 3 y tomamos la **temperatura de calentamiento del aire justo encima de cada material (no del material en sí)**, cada 5 minutos, durante 35 minutos al igual que luego de enfriar bajo techo durante otros 30 minutos. Introdujimos los termómetros al momento de tomar las temperaturas, para evitar variables como la condensación de agua en el termómetro en el caso de muestras con agua. Calculamos las temperaturas promedio e hicimos una gráfica de líneas de tiempo de calentamiento/enfriamiento vs. temperatura del aire circundante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

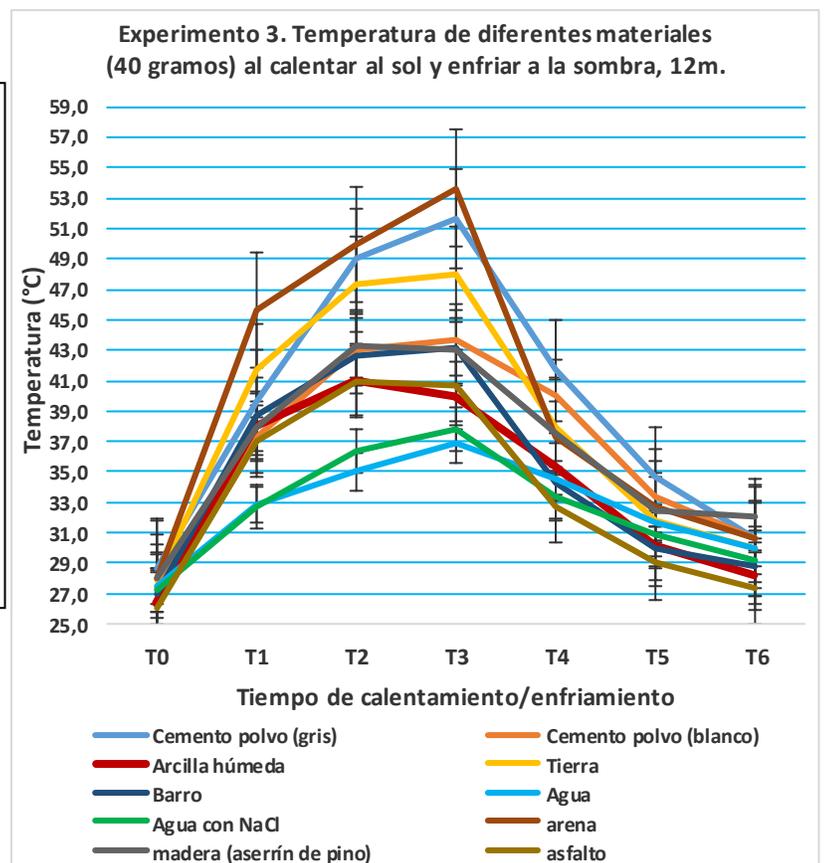
Experimento 2: ¿Cómo afecta el ángulo de la radiación solar, el área de incidencia?

Obtuvimos los siguientes resultados: El área de cobertura de la luz con un ángulo de incidencia de 30° fue aproximadamente de 62 cm^2 , con un ángulo de 60° fue de 41 cm^2 , y con un ángulo de 90° , de 16 cm^2 . Además de estas diferencias en las áreas, observamos que cuando se disminuye el ángulo, la superficie iluminada es más angosta y larga, disminuyendo la concentración de luz y calor en el área iluminada (se ven más dispersos los rayos de luz), confirmando la hipótesis de nuestro compañero: **Mientras más cerca el ángulo de radiación solar a 90° , menor el área en la que se concentran la luz y por lo tanto el calor.** Esto explicaría por qué se calientan más los materiales con la luz solar a 90° , que con ángulos menores.

EXPERIMENTO 3. ¿Cuáles son las dinámicas de calentamiento y enfriamiento de diferentes sustratos naturales y materiales de construcción y cómo podrían incidir en el clima?

MATERIAL	TIEMPO DE CALENTAMIENTO/ENFRIAMIENTO						
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Cemento polvo (gris)	28,7	39,7	49,0	51,7	41,7	34,7	30,7
Cemento polvo (blanco)	27,3	37,3	43,0	43,7	40,0	33,3	30,7
Arcilla húmeda	26,3	38,0	41,0	40,0	35,3	30,2	28,2
Tierra	27,8	41,7	47,3	48,0	38,0	31,8	30,0
Barro	27,0	38,7	42,7	43,2	34,3	30,0	28,8
Agua	27,5	32,8	35,0	36,8	34,5	31,7	30,0
Agua con NaCl	27,2	32,7	36,3	37,8	33,3	30,8	29,2
Arena	28,0	45,7	50,0	53,7	37,3	32,7	30,7
Madera (aserrín de pino)	28,0	38,0	43,3	43,0	37,5	32,5	32,0
Asfalto	26,0	37,0	41,0	40,7	32,7	29,0	27,3

Figura 3. Experimento 3. Tabla y gráfica de temperaturas promedio por calentamiento bajo luz del sol a las 12m, con cielo despejado, y enfriamiento bajo techo, para diferentes materiales. Los tiempos están separados por 15 minutos. T0 es la temperatura inicial bajo techo y de T1 a T3 corresponde a calentamiento con radiación solar. De T4 a T6 corresponde a enfriamiento bajo techo.



Como se puede ver en la tabla y gráfica de la **Figura 3**, hubo sustancias que presentaron un cambio muy alto de temperatura, otras un cambio intermedio y otras un cambio menor. Algunas sustancias cambiaron abruptamente de temperatura al ser calentadas bajo el sol del mediodía con el cielo despejado, alcanzando temperaturas considerablemente mayores que las demás. Estas fueron arena, cemento gris y tierra, en ese orden. Los materiales con temperaturas intermedias fueron: cemento blanco en polvo, madera y barro, seguidos de arcilla húmeda e impermeabilizante de asfalto. Y los materiales que no tuvieron un cambio de temperatura tan notorio fueron las dos muestras de agua (agua y agua salada). Como podemos ver, las muestras que tuvieron un cambio de temperatura alto fueron sustancias sin agua o con bajo contenido de la misma; la mayoría de los materiales con un cambio de temperatura intermedio, contienen algo de agua. Por ejemplo, llama la atención que la muestra de barro es la misma que la tierra, pero húmeda, lo que muestra que el agua tiene un efecto de enfriamiento en las sustancias. Se observa lo mismo con la arcilla húmeda y el impermeabilizante de asfalto, que tiene un alto contenido de agua.

Resulta evidente de nuestras observaciones que el agua tiene una influencia sobre el cambio de la temperatura de los materiales pero ¿por qué? Esto se debe a que la humedad hace que el calor específico aumente y así puedan acumular más calor las diferentes sustancias, sin cambiar tanto de temperatura.

El calor específico es la cantidad de calor que hay que suministrar a un objeto o sustancia antes de alterar su temperatura en una unidad. Es por esto que una sustancia con mayor calor específico tiene menos alteraciones en su temperatura administrando la misma cantidad de calor, que otra de menor calor específico.

Según nuestras consultas bibliográficas, los calores específicos teóricos se reportan en la tabla de la **Figura 4**, en orden descendente. En la misma tabla se encuentra el cambio de temperatura de calentamiento entre la temperatura inicial (T0) y la de mayor calentamiento (T3).

MATERIAL	Calor específico(J/kg·C)	Cambio de Temperatura (T3-T0) (°C)
Agua	4182	9,3
Madera (aserrín de pino)	1500	15,0
Barro	1480	16,2
Arcilla húmeda	1381	13,7
Concreto claro	960	16,3 (cemento blanco)
Agua marina	938	10,7 (agua con NaCl)
Asfalto	920	14,7
Cemento en polvo	840	23,0
Tierra	800	20,2
Arena	800	25,7

Figura 4. Tabla de valores de calor específico y cambio de temperatura para los diferentes materiales calentados con radiación solar y enfriados bajo techo. El cambio de temperatura corresponde al cambio por calentamiento desde la temperatura inicial (T0) a T3 (temperaturas máximas). Valores de calor específico tomados de www.engineeringtoolbox.com

Esperaríamos que los valores de calor específico se correlacionaran de manera inversa con los cambios de temperatura, es decir que a mayor calor específico, menor cambio de temperatura. De la misma manera, a menor calor específico de una sustancia, mayor se espera que sea el aumento de temperatura. En general, hay una correspondencia de los valores

de calor específico con los cambios de temperatura observados en nuestro experimento, según los esperado. Por ejemplo, el agua tiene el menor cambio de temperatura debido a su alto calor específico y la arena presentó el mayor cambio de temperatura debido a su bajo calor específico. La madera, el barro y la arcilla húmeda presentaron resultados de cambio de temperatura según sus valores de calor específico, pero no en un orden exacto, lo que se puede deber a que la composición de algunos de nuestros materiales no fuera idéntica a la

de los materiales reportados en las fuentes de información. Por ejemplo, el agua con sal (cloruro de sodio), no es igual al agua de mar, porque esta tiene otras sales, y el cemento blanco utilizado y el concreto de color claro reportado en la literatura, claramente son materiales distintos.

Según algunas fuentes, el aumento de la concentración de sal disminuye el calor específico del agua (aumentando ligeramente el cambio de temperatura). Sin embargo, nuestros resultados fueron muy parecidos para las dos muestras de agua.

Como mencionamos anteriormente, en nuestras consultas bibliográficas se menciona que los materiales de construcción oscuros contribuyen más al calentamiento de las zonas urbanas. En nuestros resultados sí vimos un efecto del color cuando comparamos el cemento gris y el blanco, pero el asfalto que usamos en realidad era un impermeabilizante que contenía agua y su cambio de temperatura no fue tan alto. Podemos concluir que la presencia de agua en el material puede influir más sobre la temperatura que el color del material. Debemos resaltar el hecho de que el cemento gris, uno de los materiales más utilizados en la construcción de edificaciones, alcanzó temperaturas muy altas y podría incidir en el sobrecalentamiento de áreas urbanas.

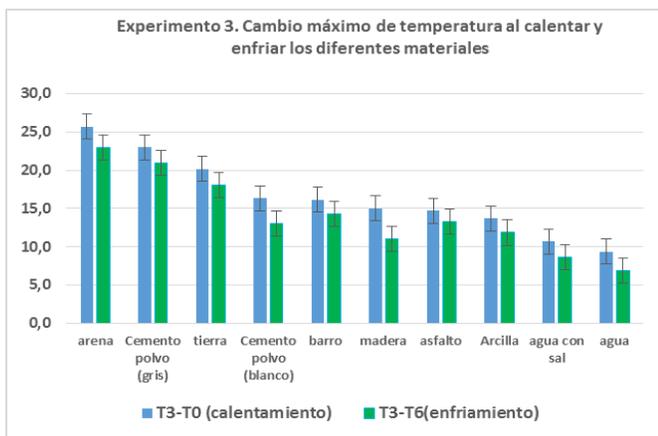


Figura 5. Cambio de temperatura de diferentes materiales al calentar con radiación solar y enfriar bajo techo. Calentamiento calculado como T3-T0 y enfriamiento como T3-T6.

Las dinámicas de calentamiento y enfriamiento fueron parecidas para las dos muestras de agua, para la arcilla y el asfalto líquido, y para la madera, el barro y el cemento blanco. Esto también se puede ver en la gráfica de la **Figura 5**, donde se muestran los cambios de temperatura al calentar y al enfriar. Se calcularon restando la temperatura inicial de la temperatura máxima de calentamiento y restando la temperatura final de enfriamiento, de la temperatura máxima. Como se puede observar, los mayores cambios de temperatura tanto de calentamiento como de enfriamiento, se observan para la arena, seguida del cemento gris y la tierra. En último lugar, de menor cambio de temperatura, están las dos muestras de agua. Se observa un cambio menor tanto en el calentamiento como en el enfriamiento del agua.

Hasta el momento habíamos medido la temperatura de los materiales, pero la manera cómo estos materiales afectarían la temperatura del ambiente, dependería de su capacidad de transferir calor al aire. Por lo tanto, decidimos hacer un experimento en el que pudiéramos ver el efecto del calentamiento de los materiales, sobre la temperatura del aire circundante.

Hasta el momento habíamos medido la temperatura de los materiales, pero la manera cómo estos materiales afectarían la temperatura del ambiente, dependería de su capacidad de transferir calor al aire. Por lo tanto, decidimos hacer un experimento en el que pudiéramos ver el efecto del calentamiento de los materiales, sobre la temperatura del aire circundante.

Experimento 4 ¿Qué efecto tiene el calentamiento de los diferentes sustratos sobre la temperatura del aire circundante?

Nuestro propósito con este experimento fue determinar si el calentamiento por radiación solar, de algunos materiales (aire, agua, polvo de cemento gris, arena y polvo de cemento blanco) afecta de manera diferente la temperatura del aire circundante. Como ya mencionamos en la sección de materiales y métodos, no encontramos un diseño de experimento publicado para contestar esta pregunta, así que llevamos a cabo nuestro propio diseño experimental.

Como se puede ver en la tabla (**Figura 6**) y gráfica (**Figura 7**), el aire encima del cemento gris alcanzó temperaturas altas en comparación a los otros materiales. Otras dos temperaturas muy similares entre sí, más no tan altas fueron las del aire circundante al cemento blanco y a la arena. Los datos del cemento blanco en polvo están incompletos, por

MATERIAL	TIEMPO DE CALENTAMIENTO/ENFRIAMIENTO													
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Aire	26,0	42,2	44,8	48,3	49,0	49,3	48,0	48,0	45,0	38,0	35,8	35,0	32,0	30,3
Agua	25,0	36,7	39,5	40,7	41,2	43,7	43,3	44,0	40,0	38,0	37,3	36,3	35,8	35,5
Cemento polvo (gris)	26,0	46,7	47,7	47,3	50,0	50,7	52,2	54,3	47,7	42,5	40,3	39,0	37,0	35,3
Arena	26	42,3	45,7	47,3	48,7	50,3	47,8	47	42,7	39,3	37,7	38,2	35	33
Cemento polvo (blanco)	26,0	41,7	44,7	46,0										

Figura 6. Tabla de Temperaturas promedio de aire circundante a diferentes materiales (50 gramos), tras calentar (de T0 a T7) con radiación solar y enfriar (de T8 a T13), bajo techo. Temperaturas tomadas cada 5 minutos.

problemas técnicos con las muestras, después de tomar el dato T3.

También estaba el aire sólo, sin ningún material, que alcanzó una temperatura intermedia en el rango de las temperaturas observadas. La

menor de las temperaturas fue la del aire que circunda el agua, por lo que confirmamos que el agua tiene el efecto de enfriar la temperatura ambiental. Es interesante ver cómo el agua afecta la temperatura del aire a su alrededor, ya que el aire sin ningún material adicional tiene una temperatura mayor que el aire con agua. Pensamos que el agua absorbe y retiene algo de la temperatura del aire, además de absorber la radiación solar directa, razón por la cual se ve este efecto de enfriamiento.

Además, descubrimos que uno de los materiales más utilizados en las construcciones como lo es el cemento gris no solo tiene un calor específico bastante bajo y se calienta mucho con la radiación solar, sino que es un buen conductor de calor al aire, contribuyendo al fenómeno de las islas de calor urbanas.

Después de todas las observaciones realizadas en este proceso de experimentación, para nosotros es claro que se deben hacer los mayores esfuerzos posibles para la conservación del agua, pensando, entre muchas otras razones, en el calentamiento global. Para conservar el agua se deben preservar ecosistemas naturales, especialmente aquellos típicos conservadores de agua como los bosques de niebla y bosques húmedos, no contaminar los océanos, ni cuerpos de agua, no talar humedales para construir, e incorporar parques, humedales, lagos al diseño de zonas urbanas.

La capacidad enfriadora del agua, está reportada en la literatura. Es bien sabido que estos fenómenos de calor específico y transferencia de calor, se combinan en el agua para crear corrientes de aire en las zonas aledañas a cuerpos de agua, generando un efecto regulador de las temperaturas ambientales. Aun así, pensamos que con

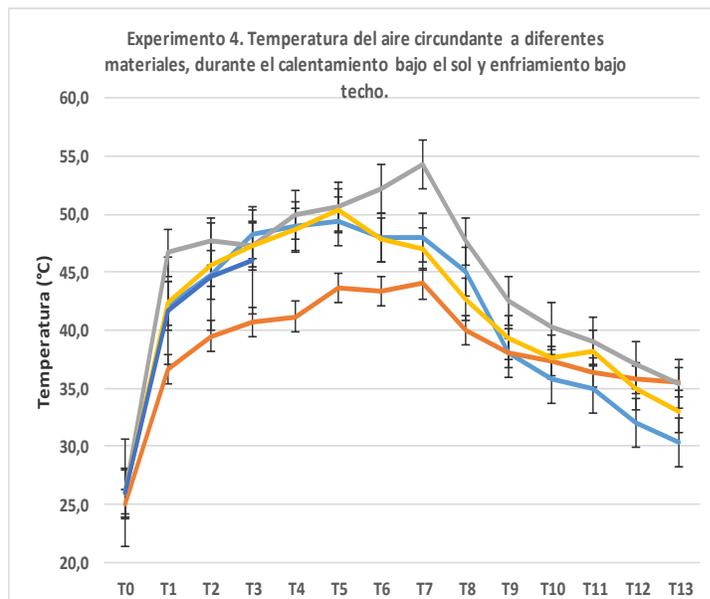


Figura 7. Experimento 4. Gráfica de temperaturas promedio del aire circundante a diferentes materiales, calentados con radiación solar cada 5 minutos (de T0 a T7) y enfriados bajo techo (de T8 a T13).

nuestras observaciones, estamos aportando un granito de evidencia que contribuye a resaltar la importancia de la conservación del agua. Además, la evidencia experimental ha creado un gran impacto en nosotros, quienes realizamos este proyecto.

CONCLUSIONES

De nuestro proceso experimental podemos concluir que:

- Algunos materiales de construcción como el polvo de cemento gris, cambian abruptamente de temperatura al calentarse con la radiación solar y, además de eso, son buenos conductores de calor al aire. Estas dos características podrían contribuir al calentamiento de zonas urbanas del planeta.
- De todas las sustancias evaluadas, el agua es la única sustancia que alcanza temperaturas más moderadas con la misma cantidad de calor.
- Los cambios de temperatura del agua tanto al calentarse como al enfriarse, son considerablemente menores que con los demás materiales puestos a prueba. Esto explicaría el efecto enfriador del agua.
- La presencia de agua en otros materiales (como arcilla y tierra), disminuye la temperatura de calentamiento del material (parece aumentar su calor específico).
- En los materiales sólidos de construcción, el color más oscuro podría conllevar a mayores cambios de temperatura.
- A pesar de lo anterior, nuestras observaciones sugieren que la presencia de agua en los materiales parece tener mayor influencia sobre la temperatura que el color del material, como se vio con el impermeabilizante de asfalto que, siendo de color negro presentó un aumento intermedio de temperatura, que pensamos se debe a su contenido de agua.
- Recalcamos la importancia de mantener espacios de conservación de agua (ojalá naturales) en el diseño urbanístico y en la conservación de zonas naturales boscosas para la regulación de las temperaturas atmosféricas en el planeta, evitando un mayor calentamiento global.

REFERENCIAS

- Abbas, Mohajerani; Bakaric, Jason. *The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete*. Journal of Environmental Management. Volume 197, 15 July 2017, Pages 522-538.
- Barradas, Victor L. *La isla de calor urbana*. Recuperado de <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/todos-los-numeros/numeros-anteriores/47-la-isla-de-calor-urbana-y-la-vegetacion-arborea>
- Detea. (Diciembre 18 de 2017). *¿Qué es el efecto isla de calor?* Recuperado de <http://www.detea.es/que-es-el-efecto-isla-de-calor/>
- Engineering ToolBox, (2003). *Specific Heat of common Substances*. Recuperado de: https://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-d_391.html
- Hewitt, Paul G. *Temperatura, calor y expansión* (p. 290-305) y *Transferencia de calor* (p. 306-324), en **Física Conceptual**. Décima edición. Pearson educación, México, 2007. Páginas 290-305.
- Huan, Qunfang y Lu, Yugi. *The Effect of Urban Heat Island on Climate Warming in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration in China*. Int J Environ Res Public Health. 2015 Aug; 12(8): 8773–8789.
- NASA. *What is an Urban Heat Island?* (May 23, 2019). Recuperado de <https://climatekids.nasa.gov/heat-islands/>