



Laboratorio: La tradición de la Pava Vestida

Preliminares

Introducción

Este experimento casero se basa en determinar la utilidad de una práctica antigua: tomar mate con una pava, que algunas abuelas “abrigaban” poniendo un tejido con la forma de la pava, a fin de evitar que el agua se enfríe rápidamente. Todo esta práctica se debe haber perdido con el advenimiento del termo, que puede conservar el preciado líquido caliente por varias horas...

Objetivos de este experimento

El objetivo experimental es diseñar un experimento que determine la utilidad de “vestir la pava” con un tejido de lana.

Esperamos conseguir visitar los siguientes tópicos a lo largo del experimento:

- Familiarizarnos con el manejo de una placa Arduino y un termómetro, así como la lectura de datos vía USB.
- Diseñar un experimento que responda la pregunta que buscamos.
- Utilizar los resultados para contrastarlos con un modelo y extraer conclusiones.

Algunos consejos...

En ciencia es *muy difícil* extraer conclusiones. Habitualmente los estudiantes que se inician en ciencia, creen –por un prejuicio seguramente elaborado en la divulgación de la ciencia¹– que un experimento es el *trámite* por el que tiene que pasar una *teoría* para su corroboración. En este curso renegamos de este tipo de pensamiento, por simplista y reduccionista. Veremos que hacer ciencia experimental es muy difícil aún que casos aparentemente simples. También veremos que los experimentos son algo difícil de realizar y requieren tiempo, mucho esfuerzo intelectual y saberes prácticos que iremos adquiriendo a lo largo de este curso. Sin embargo no todo es aspereza: realizar un experimento permite entender en profundidad un fenómeno y poner en tela de juicio cierta concepción *naïve* de la ciencia.

Para sintetizar lo anterior, haremos uso de algo que todos los experimentadores saben...es *muy habitual* que algo no funcione. Incluso en este experimento simple, hay mil aspectos que esta guía no cubrirá. Diremos que “*cuando no funciona, es cuando más se aprende*”. Intentemos mantener este *refrán* a lo largo de todo el curso. Armándonos de paciencia, solucionaremos lentamente cada uno de los problemas que enfrentemos...para finalmente entregar un resultado y conclusiones.

¹No estamos en contra de la divulgación, sólo notamos la etimología de la palabra divulgación: decirle al pueblo...preferiremos, siempre, *democratización* (por opuesta a divulgación) del conocimiento...



Material/Software necesario

Sistema a medir...

El sistema sobre el cual queremos medir la temperatura será una cantidad determinada de agua dentro de una pava apoyada sobre un plato de madera o una madera (la madera es un mal conductor del calor, por eso la seleccionamos). Luego mediremos la temperatura del agua dentro de una pava, a la que “vestiremos” con un pulóver de lana (o, si su abuele tuviera una vestimenta adecuada, reemplazaremos el pulóver por la vestimenta...). Por lo tanto necesitaremos para nuestro sistema:

- Una pava (y una hornalla para calentarla).
- Un poco de agua (aconsejamos $1000\text{cm}^3 < V < 1500\text{cm}^3$, entre un litro y litro y medio).
- Una superficie de madera donde apoyar la pava: puede ser un plato o una mesa (ojo con arruinar cosas ajenas).
- Un pulóver o vestimenta de pava.

Hardware

Aconsejamos leer la guía *NouJau N°1*, que contiene indicaciones sobre el uso de la placa Arduino, el termómetro DS18B20 y las conexiones necesarias.



1. Sobre el Experimento

1.1. Introducción a la temperatura del mate y la cuestión de género

El mate (¿quién no conoce el mate?) es una infusión que se bebe mayormente en el Cono Sur del continente americano, aunque también ha sido exportado a muchos países (en Siria se toma mate, los *drusos* toman mate, etc. etc.). Esta bebida fue utilizada, primeramente, por muchos pueblos aborígenes, siendo luego adoptada por los colonizadores españoles y portugueses. La yerba mate (*Ilex Paraguariensis*) ha sido (y es) objeto de un gran interés por parte de la comunidad científica², debido principalmente al alto consumo y al gran mercado que abastece en las poblaciones de ciertas partes de América del Sur.

Como todos sabemos, el mate frío es abominable y, entre los bebedores tradicionales, cebar un mate frío a alguien puede representar una ofensa. La historia de la literatura argentina³ registra un posible femicidio al respecto:

*Cuando mozo jué casao,
aunque yo lo desconfío,
y decía un amigo mío
que, de arrebatado y malo,
mató a su mujer de un palo
porque le dio un mate frío.*

Las líneas anteriores ejemplifican el cebado de la infusión fría como una ofensa⁴, también nos traen a colación un tema actual: los femicidios eran (¿o son?) naturalizados hasta el hartazgo.

Un segundo problema reviste el mate: el agua no puede hervirse antes de cebar mate. Aunque desconozcamos de femicidios por esta causa (al ritmo que vamos, lamentablemente ya encontraremos alguno), la gran mayoría de instrucciones para cebar mate indican que el agua debe encontrarse a 84°C. Para cualquier persona que haya cebado mate en una ronda, la temperatura del agua *siempre* representa un problema.

Si bien el uso de termos está muy extendido (sobre todo en la Banda Oriental, donde se declara que un uruguayo no puede ir sin su termo⁵), existe cierta tradición argentina de cebar el mate con una pava de agua caliente. El agua es recalentada varias veces a lo largo del tiempo para mantener la temperatura dentro de ciertos límites. Antiguamente el gas natural no estaba tan extendido, por lo que el calentamiento del agua podía significar reencender un fuego con leña o utilizar gas de una garrafa. Lo anterior podría ser la base de una vieja costumbre: vestir la pava, colocando una tejido (a veces fabricado con ese propósito) o un *repasador* o *trapo de cocina* para evitar que el agua se enfríe rápidamente.

²Heck, C. and De Mejia, E. (2007), Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): A Comprehensive Review on Chemistry, Health Implications, and Technological Considerations. *J. of Food Science*, 72: R138-R151. doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00535.x

³Extracto de la famosa obra de José Hernández, “El Gaucho Martín Fierro” (1872).

⁴Como excepción podemos mencionar el uso de *tereré*, que es yerba mate cebada con agua fría o jugos de fruta.

⁵Puede consultarse [El Agente James Bo](#), del programa “Peter Capusotto y Sus Videos”



El objetivo de este experimento casero es determinar si el aislante propuesto para la pava de agua caliente afecta la forma en que decrece la temperatura del agua dentro de la pava. Lo que estaremos haciendo es intentar *dar validez científica* a una tradición popular.

1.2. Diseño experimental (*antes del experimento*)

Durante este curso aparecerán incesantemente ciertos tópicos. Uno de ellos es plantear un experimento –o una serie de experimentos– para responder una pregunta; parece una obviedad, pero no deberemos quedar perdidos en la maraña de datos y detalles técnicos, teniendo *siempre presente* la pregunta que nos propusimos responder.

En este caso en particular la pregunta es explícita: colocar un abrigo –puede ser un tejido, un pulóver, un trapo de cocina– sobre una pava de agua caliente ¿logra aminorar el decrecimiento de la temperatura en el tiempo? Es necesario decir que es la forma más simple, es decir, la pregunta viene dada por cuestionar una práctica. No siempre es la situación, a veces, la pregunta viene dada sobre un modelo, sobre cierto parámetro, y el diseño del experimento puede oscurecerse...

Con todo, para responder la pregunta anterior, diseñaremos un experimento, el cual deberá ser pensado y diseñado *antes* de empezar (largarnos) a medir temperaturas de agua en pavas como locos o desquiciados o gente apurada.

Los puntos a tener en cuenta (una especie de algoritmo de experimentador) podrían ser los siguientes:

- a) ¿Qué pregunta se quiere responder con el experimento?
- b) ¿Qué magnitudes deben medirse?
- c) ¿Cuál es la precisión que requerimos para *discernir* lo que estamos preguntándonos?
- d) ¿Qué instrumentos necesitamos para satisfacer las preguntas anteriores?
- e) Revisar los pasos anteriores varias veces...hasta que todo cierre.

Los puntos anteriores pueden variar, requiriendo más o menos planeamiento. En este caso, el punto (a) está claro desde el vamos; el punto (b) se cae de maduro (mediremos dos series temporales de temperatura del agua dentro de una pava); los puntos (c) y (d) están solucionados –como ocurre un sinnúmero de veces– por los sensores disponibles...que tal vez no son los que mejor se ajustan a lo que necesitamos, pero...*es lo que hay*. Queda para el lector averiguar los errores instrumentales de los sensores, para tenerlos en cuenta a la hora de realizar experimentos.



2. Experimento

Luego de la planificación, realice el experimento en su casa.

Es conveniente sacar fotos que muestren la manera en que dispone el sistema y la ubicación del termómetro. Luego servirán para representar o acompañar a la exposición oral o el texto. Realice estas fotos.

Antes de medir es habitual cerciorarse de que los sensores y la adquisición de datos funcionan correctamente. Formas usuales de controlar que todo esté bien: poner el termómetro en contacto con el cuerpo cuya temperatura tendría que estar cerca de 36.5°C ; para la adquisición de datos basta tomar uno o dos datos y constatar que esté funcionando bien.

- i) Caliente la pava con una cantidad conocida de agua (para medir: las cocinas habitualmente disponen jarras con medida de líquido, si no dos tazas grandes son más o menos medio litro).
- ii) Si no lo había notado, es importante tomar la temperatura del ambiente donde se está midiendo antes de comenzar a medir (anótela).
- iii) El sensor de temperaturas debe estar en contacto con el agua, pero la pava debe estar cerrada...aconsejamos introducir el sensor por el pico de la pava, a fin de lograr un buen contacto térmico del sensor de temperaturas con el sistema a medir.
- iv) Mida la temperatura del agua por no menos de 45 minutos (una hora y cuarto sería mejor), con la pava apoyada sobre madera.
- v) Repita la operación con la pava vestida. Tenga cuidado de renombrar el archivo donde guarda los datos, a fin de no sobreescribirlo...
- vi) Un consejo importante sobre la toma de datos: esperamos variaciones lentas de temperatura, por lo que es aconsejable tomar datos con un periodo de muestreo $10\text{s} < \tau < 60\text{s}$

Le deseamos buena suerte y ninguna quemadura.



3. Trabajos

3.1. Gráficos

Sugerimos los siguientes gráficos:

- Gráfico de la temperatura en el tiempo para las dos series de temperatura (a fines comparativos, las dos series temporales en la misma gráfica).
- Gráfico de escala semi-logarítmica: $\ln\left(\frac{T - T_a}{T_0 - T_a}\right)$ vs. tiempo, para las dos series temporales.

Una vez que tenga armados los gráficos vamos a intentar responder una serie de preguntas.

3.2. Preguntas para describir el experimento

Para describir el experimento sería bueno responder:

- a) Explique con sus palabras cómo se realizó el experimento. ⁶
- b) Pensando en las gráficas del punto anterior ¿cómo cambia la temperatura en el tiempo para los dos casos? ⁷
- c) Observando los gráficos obtenidos: ¿se enfría más rápido la pava *desnuda* o la pava *vestida*? ⁸

3.3. Preguntas para *pensar* el experimento

Es habitual no *gastar* todo el tiempo midiendo, sino pensar un poco sobre los parámetros que *podrían* variarse conjuntamente con las *consecuencias* de las variaciones. Proponemos (le obligamos!) responder esta serie de preguntas.

- a) ¿Cómo caería la temperatura variando (aumentando o disminuyendo) la masa de agua colocada dentro de la pava?
- b) Si la temperatura inicial fuera menor que la que utilizó (con la misma masa de agua) ¿podría decirnos cómo sería el comportamiento de la temperatura en el tiempo o necesitaría realizar *otra vez* la experiencia?
- c) Si la temperatura ambiente varía (es mayor/menor) ¿cómo sería el comportamiento de la temperatura del agua en el tiempo?

⁶Sugerencia: qué se busca; cuál fue la configuración del experimento; qué y cómo se midió; condiciones ambiente –temperatura por ejemplo– del experimento; cuánto tiempo se midió...

⁷Sugerencia: El lenguaje que se utiliza en cálculo podría servir: crece (decrece) monótonamente; presenta máximos locales; también sería bueno nombrar la temperatura inicial del agua en c/experiencia, la temperatura final, el lapso de tiempo transcurrido.

⁸Tendría que pensar qué resultados o información tiene hasta ahora para responder...podría considerar que no es posible.



3.4. Modelado

El **Modelo de enfriamiento** de Newton dice que la temperatura de un cuerpo, T [$^{\circ}\text{C}$], varía en el tiempo, t [s], como:

$$T(t) = T_a + (T_0 - T_a)e^{-rt} \quad (1)$$

donde T_0 [$^{\circ}\text{C}$] es la temperatura inicial del cuerpo, r [s^{-1}] es el coeficiente de intercambio de calor y T_a [$^{\circ}\text{C}$] es la temperatura ambiente.

- a) Identifique los parámetros que deberá determinar para describir la caída de temperatura de un cuerpo. La temperatura ambiente T_a fue medida, y el coeficiente de intercambio de calor r (deberá ser determinado a partir de los datos). De estos parámetros ¿Cuál es el que nos sirve para determinar si la pava vestida demora más en enfriarse que la pava desnuda?
- b) Para determinar el coeficiente de intercambio de calor r a partir de sus datos experimentales, deberá realizar un ajuste lineal en escala semi-logarítmica. Recuerde: no hay problema insoluble para la persona paciente. Identifique los parámetros, charle con sus compañeros de curso, visite páginas en internet...
- c) Calcule el coeficiente r para las dos series de datos experimentales. En base a los resultados ¿sirve vestir la pava o no?
- d) Elabore gráficos que comparen los resultados experimentales con los resultados obtenidos mediante el proceso de ajuste (nuevamente, todo en la misma gráfica, de ser posible).
- e) Suponiendo que el agua debe estar entre 92°C y 72°C para cebar el mate, realice un gráfico que indique el *intervalo de tiempo en que el agua es utilizable para cebar* vs. *temperatura ambiente* ($0^{\circ}\text{C} < T_a < 40^{\circ}\text{C}$) utilizando los dos coeficientes de intercambio de calor obtenidos.
- f) Según los modelos elaborados, ¿cuál es la tasa de decaimiento de la temperatura respecto del tiempo para las pavas?
- g) ¿Sirvió de algo utilizar el modelo?