

Olimpiada Juvenil de Ciencias

MEDIR PARA DECIDIR

El DATO científico en la toma de decisiones de la investigación

Profesora Sofía V. Salazar Bigott
Octubre, 2020

MIRANDA
Gobierno Bolivariano de Venezuela



¡Bienvenidas y Bienvenidas!

Para el mejor funcionamiento del chat durante este taller, solicitamos leer y acatar las siguientes normas.

- Sigamos la programación establecida. Participemos en los horarios propuestos para ello.
- Las intervenciones pueden ser sincrónicas o asincrónicas según sus posibilidades de conexión.
- El horario del chat será el día jueves de 3:00 – 5:30 pm y el día viernes de 10:00am – 12:00pm y de 3:00pm a 5:30pm.
- Evitemos el uso de stickers, imágenes, notas de voz, documentos y videos, a menos de que la facilitadora lo solicite. Los emojis son bienvenidos.
- Si deseas enviar algún material que consideras importante para nuestro taller, envíalo a la facilitadora por un mensaje privado para que ella pueda compartirlo.
- Leamos y respetemos las intervenciones de todos. Revisemos las dudas, preguntas y comentarios del resto de los participantes para evitar las repeticiones y que la conversación sea más fluida.
- Tratemos de complementar las intervenciones de otros y de resolver sus dudas.
- Contaremos con una cuenta de correo: talleresojcmiranda@gmail.com, en el *drive* incluiremos los materiales de este taller.
- Recordemos llenar el formulario de valoración del taller al finalizarlo.

¡Gracias por su interés, participación y aportes!

En este taller conversaremos sobre:

- Medidas
- Errores
- Cifras Significativas
- Datos en contexto

Además, veremos algunos ejemplos actualizados del dato y las decisiones de la investigación

Según la Real Academia Española...

- Medir: comparar una cantidad con su respectiva unidad con el fin de averiguar cuántas veces está contenida la segunda en la primera.
- Decidir: tomar alguien un camino definitivo en relación con algo dudoso o de difícil solución.

Según el diccionario CLAVE (de uso del español actual)...

- Medir: 1. *referido a un todo*, averiguar sus dimensiones o compararlo con una unidad de referencia 2. *referido a una cualidad*, apreciarla, compararla o enfrentarla.
- Decidir: 1. tomar una determinación o inclinarse definitivamente por una opción; 2. orientar decisivamente en un sentido.

Las definiciones de medir que acabamos de leer, aunque aún no hablamos de ciencia, están llenas de palabras científicas. Comparar, unidades, cantidades... Es decir que las ciencias están íntimamente relacionadas con medir, medición, medidas y todas las palabras que se deriven de allí. A pesar de que hay formas de hacer ciencias sin medir. Pero qué pasa con “decidir”, aquí encontramos palabras como “orientar” y “definitivo”. Orientar está bastante claro, una medida puede cambiar nuestro camino: si al probar una sopa está baja de sal tendremos que cambiar nuestra receta. Pero ¿“definitivo”? ¿son las ciencias “definitivas”?

Quiero que veamos dos ejemplos que tienen que ver con un tema que está en boca de todos: las vacunas:

Hace años se desarrolló la vacuna contra la poliomielitis En 1955 fue dada a conocer y en 1962 se empezó a utilizar.

Una enfermedad que se descubrió alrededor de 1840 y que fue la protagonista de epidemias importantes a principios del siglo XX. Antes del desarrollo de la vacuna era definitivo que miles de personas alrededor del mundo la sufrieran y aún hoy podemos ver personas afectadas por las secuelas.

Sin embargo, para nosotros es definitivo que nadie contraerá poliomielitis ya que fue confirmada su erradicación en todo el mundo el año pasado por la OMS.

Ahora bien, el VIH ha sido contraído por más de 100 millones de personas, no hay vacuna. Sabemos que muchos grupos científicos trabajan en ello, pero aún no ha sido desarrollada.

Para los pacientes seropositivos fue, también, definitivo contraerlo, no ser vacunados y que hoy también hablemos de la pandemia del VIH.

Pareciera, entonces, que la ciencia es definitiva, pero temporal

Generaciones vivirán creyendo que la ciencia es como la conocieron, morirán con una idea de la ciencia y de sus consecuencias que quizás sea refutada por las generaciones siguientes

...o quizás no.

El profe @Andres Moya me dijo hace unos días, cuando hablábamos sobre este taller, que el origen de la palabra DEFINITIVO, viene de DEFINIR, que quiere decir concluir algo con precisión

Por lo tanto, mi afirmación anterior de que la ciencia es definitiva y temporal es antagónica.

Si está concluido no es temporal ¿verdad?

Si vamos a las definiciones literales, de nuevo, definitivo significa que define, resuelve o concluye. Así que podemos interpretar que la ciencia es definitiva, aunque esto no quiere decir que sea incorregible. La ciencia define y resuelve los problemas hasta que encontramos una nueva forma de hacerlo. Pero si no pasa nada que nos haga cambiar la ciencia, ella se mantiene constante.

Entonces, podemos ver la ciencia como definitiva, aunque no sea absoluta y varíe a lo largo de nuestra historia

Y, entonces, la profe @Zuly Millán me corrige y me indica que no hablemos de "definitivo" que hablemos de "válido" e "históricamente válido"

Este problema filosófico no es objetivo de este curso. Es una discusión que se ha dado por años en el mundo científico.

Si la ciencia es definitiva, cómo hacer ciencia y para qué hacerla y la objetividad de las ciencias le han quitado el sueño a científicos de todos los tiempos y latitudes.

Por eso quiero que veamos que independientemente de si definimos la ciencia como definitiva o no, las decisiones que tomamos cuando hacemos ciencias sí lo son.

Y para esto quiero que volvamos al ejemplo de las vacunas:

Veamos el ejemplo de la vacuna que desarrolla AstraZeneca contra la covid19 (este tema está en boga y nos ayuda a visualizar esto que digo). Después de aprobar la fase 1, el equipo de investigación tomó la decisión definitiva de pasar a la fase 2 y ocurrió lo mismo para pasar a la fase 3.

Ahora, en el desarrollo de esta última fase han ocurrido diversos problemas que han hecho que las investigaciones retrocedan y este retroceso es también una decisión definitiva.

Pero, ¿cómo tomamos decisiones en las ciencias? Se hace necesario tomar medidas y tener datos para poder orientar nuestras investigaciones.

Por otra parte, en el año 1998 un científico inglés de apellido Wakefield publicó un artículo en una revista médica en la que probaba que la vacuna para el sarampión, las paperas y la rubéola estaban asociadas a casos de autismo en niños mayores de un año. En el año 2010 se publicó un artículo en el que se probaba que el grupo de investigación de Wakefield había falsificado datos, de haber cometido violaciones éticas en el desarrollo de la investigación publicada. De hecho, escogieron solo sujetos que probaban su teoría.

Les planteo dos ejemplos de avances científicos que han cambiado su rumbo en muy poco tiempo, en el caso de la vacuna AstraZeneca, hablamos de menos de 6 meses para retroceder en una investigación en la que una decisión mal tomada hubiese puesto en riesgo a la humanidad. Otro ejemplo, también sobre vacunas, que se llevó un poco más de 10 años en probar que no tenía base científica, pero que aún hoy nos afecta.

¿A dónde voy con esto?

Para hacer ciencia tenemos que ser responsables cuando lo hacemos, en algunos casos, porque las aplicaciones afectan a personas, animales y ecosistemas y, en otros, porque la credibilidad de la comunidad científica también está en juego.

Tenemos que entender que somos sujetos y que no siempre podremos ser objetivos, pero para ello existen métodos, metodologías y metódicas para evitar cometer errores que afecten a los sujetos y objetos que investigamos y para los que investigamos.

Por eso las ciencias miden, revisan y analizan. Para disminuir las probabilidades de tomar "malas decisiones"



Medidas

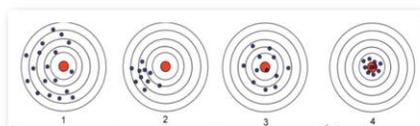
• En las ciencias naturales, puras y aplicadas, debemos buscar la forma de hacer las mejores medidas posibles. Para ello tomamos en cuenta lo siguiente:

- Mejor instrumento para la toma de medidas.
- Encontrar los valores de *precisión y exactitud* adecuados.
- Para cumplir con el punto anterior es necesario hacer la mayor cantidad de medidas posible.

Sin embargo, no es suficiente con “medir”, tenemos que tener criterios para definir si nuestras medidas son correctas o no. Para eso aparecen los conceptos de precisión y exactitud. La precisión se refiere a cuán cercanas están las medidas que hacemos entre ellas y la exactitud se refiere a cuán cercanas están nuestras medidas al valor real.



Precisión y Exactitud



- 1.No es exacto, ni preciso.
- 2.Precisión, sin exactitud.
- 3.Exactitud, sin precisión.
- 4.Exacto y preciso.

Pero las medidas no son perfectas...

Todas las medidas que hacemos tienen errores asociados.

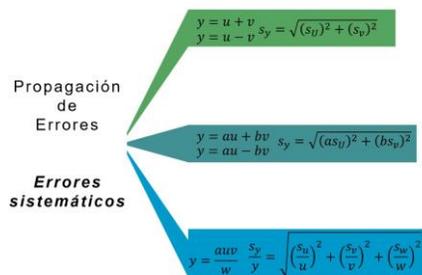
Error Sistemático	Error Aleatorio
Afecta a todas las medidas, producto de una imperfección sistemática, de los implementos que se utilizan para la medición	No afecta a todas las medidas por igual, es un error producto del azar
Compromete directamente a la exactitud. Más no afecta a la precisión si el procedimiento se realiza correctamente	Compromete directamente a la precisión, y por consiguiente, si aparece muchas veces, a la exactitud
Se puede eliminar o disminuir ya que es un error determinado por la tolerancia de los instrumentos. Es=X-T	Puede minimizarse más nunca eliminarse. Mientras más medidas se tomen, menos apreciable será
Promediar datos disminuye este tipo de error	Promediar los datos disminuye este tipo de error

¿Si las medidas tienen errores están mal? ¿Podemos disminuir los errores? ¿O al menos el efecto en las medidas?

Para eso tenemos la estadística...



Para eso tenemos la estadística...



Entonces notemos que independientemente de la ciencia de la que estemos hablando, utilizamos la estadística en nuestras investigaciones. Porque si nosotros somos sujetos que no pueden ser objetivos el 100% de las ocasiones, la estadística se encarga de darle objetividad a nuestro trabajo.

No siempre nuestros datos van a ser producto de mediciones exclusivamente, sino que a veces serán producto de cálculos. Imaginemos que estamos determinando la densidad de un fertilizante para la industria agroalimentaria porque queremos saber si vamos a poder utilizar el aspersor que compramos.

En el caso de nuestras medidas podremos utilizar media aritmética, desviación estándar y desviación estándar relativa. En el caso de nuestros cálculos y si hemos usado distintos instrumentos, también usaremos la propagación de errores.

Gobierno Bolivariano de Venezuela

Pero no solo necesitamos medir, también debemos reportar...

Cifras Significativas

Son aquellas que se conocen con certeza más la primera cifra incierta.

- Los ceros a la izquierda de una cantidad no son significativos.
- Los ceros a la derecha son significativos si están después de la coma decimal.
- Los ceros entre dígitos significativos también son significativos.

6 cifras significativas.

- 526085 cm
- 52.6085 cm
- 0,526085 cm
- 0,0526085 cm

Esta lámina obedece a la necesidad de compartir nuestros hallazgos. No sólo se trata de medir, sino de poder escribir esas medidas de forma que sea comprensible y válida para la comunidad científica.

Para comenzar y calentar quiero recordarle a algunos y presentarle a otros una de las preguntas de la prueba de la II edición de la OJC

5. Se presenta la gráfica de Casos Recuperados de Contagio por COVID-19 en nuestro país según datos del portal Patria. Utilicen los datos que contiene para dar respuesta a los planteamientos que se suministran:

El modelo matemático que mejor representa el comportamiento de la variable casos recuperados del contagio a lo largo de estas semanas, presenta esta ecuación $Y = 0,9212X + 26,2$

5.1. ¿A qué modelo matemático nos estamos refiriendo?

Semanas (transformadas)	Cantidad de recuperados
-10	15
-8	25
-6	18
-4	35
-2	12
0	15
2	15
4	42
6	55
8	22



Casos recuperados de COVID-19 en Venezuela por semanas y meses (marzo-mayo 2020)

MESES	MARZO				ABRIL				MAYO		
SEMANAS	13-21	22-28	29-4	5-11	12-18	19-25	26-2	3-9	10-16	17-21	
Semana transformada (X)	-9	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	
N° de casos recuperados (Y)	15	24	13	41	24	15	16	42	51	21	
Casos recuperados acumulados	15	39	52	93	117	132	148	190	241	262	

5.2. Completen los datos que faltan (el total de casos recuperados al 21-5-2020 = 262 personas)

5.3. Construyan una gráfica de casos recuperados acumulados para los meses de marzo a mayo.

5.4. ¿Cuál será el valor de la media aritmética y la desviación estándar (\bar{X} y S respectivamente) en el mes de mayo? ¿Qué diferencias hubo con respecto al mes de marzo? Analice sus resultados.

Veamos la tabla, si fueran solo números no podríamos hacer ningún tipo de análisis, por eso tenemos NÚMERO DE CASOS RECUPERADOS, es decir, tenemos cantidades y dimensiones, por lo tanto: medidas que se refieren a los casos recuperados de la COVID en Venezuela entre los meses de marzo y mayo

Ahora veamos la pregunta 5.4 que nos solicitan el valor de media aritmética y desviación estándar. Para poder hacer comparaciones entre los meses de marzo y mayo

5.4.

Recuperados de COVID-19 en mes de **mayo** 2020

Semana	N° de recuperados (Xi)	(Xi - \bar{X})	(Xi - \bar{X}) ²	Cálculo de medidas
1	16	- 16,5	272,25	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} = \frac{130}{4} = 32,5 \cong 33 \text{ personas}$ $S = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{837}{4}} = \sqrt{209,25}$ $= 14,47 \text{ personas}$
2	42	9,5	90,25	
3	51	18,5	342,25	
4	21	-11,5	132,25	
Σ	130	0	837,00	

Recuperados de COVID-19 en mes de **marzo** 2020

Semana	N° de recuperados (Xi)	(Xi - \bar{X})	(Xi - \bar{X}) ²	Cálculo de medidas
1	15	- 4,5	20,25	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} = \frac{39}{2} = 19,5 \cong 20 \text{ personas}$ $S = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{40,5}{2}} = \sqrt{20,25}$ $= 4,5 \text{ personas}$
2	24	4,5	20,25	
Σ	39	0	40,50	

Aplicando las ecuaciones de media/promedio y desviación estándar, obtenemos estos resultados

Entonces hablamos de cuán dispersos están nuestros datos por semana

Imaginen que tenemos que tomar una decisión sobre las políticas respecto a la covid19 y no tenemos los datos anteriores. No podríamos saber si las medidas tomadas funcionan o no, si existen

focos de la enfermedad o, incluso, si los casos recuperados aumentan o disminuyen de un mes a otro

La desviación nos indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media, la desviación estándar se puede utilizar para establecer un valor de referencia para estimar la variación general de un proceso (de medición, por ejemplo 😊)

Por otra parte, el promedio es una medida cuyo significado afecta la dispersión: cuanto menos homogéneos sean los datos, menos información proporciona, es decir, poblaciones muy distintas en su composición pueden tener la misma media. Veamos un equipo de baloncesto 🏀 con cinco jugadores de igual estatura, 1,95 m, evidentemente, tendría una estatura media de 1,95 m, valor que representa fielmente a esta población homogénea. Sin embargo, un equipo de jugadores de estaturas más heterogéneas, 2,20 m, 2,15 m, 1,95 m, 1,75 m y 1,70 m, por ejemplo, tendría también, como puede comprobarse, una estatura media de 1,95 m, valor que no representa a casi ninguno de sus componentes.

En el cálculo de la media no todos los valores contribuyen de la misma manera. Los valores altos tienen más peso que los valores cercanos a cero. Por ejemplo, en el cálculo del salario medio de una empresa 🏢, el salario de un alto directivo que gane 10.000 bs tiene tanto peso como el de diez empleados "normales" que ganen 1.000 bs. o sea, se ve muy afectada por valores extremos.

La estadística nos ayuda en la toma de decisiones porque nos da un panorama, pero no nos resuelve todo el problema. Es necesario retomar aquello de la responsabilidad cuando hacemos ciencia: empiezan a hacerse importantes elementos como el contexto. Y nosotros tenemos que tomarlo en cuenta. No es lo mismo tener un promedio de 20 casos recuperados cuando tenemos 100 contagiados a 20 casos recuperados cuando tenemos 25 contagiados.

Por ejemplo, si vemos un dato que pareciera ser muy disperso, tenderíamos a sacarlo de nuestra serie de medidas. Pero tendríamos que hacer tratamientos estadísticos para poder tomar la decisión

Entonces tenemos elementos importantes hasta ahora:

- Medidas bien tomadas
- Unidades expresadas
- Tratamientos estadísticos para saber si nuestras medidas son adecuadas (si son muy dispersos o poco dispersos nuestros datos)
- Contexto

Tomar en cuenta todos estos elementos nos permitirán decidir de la mejor manera posible

Vamos a comentar otro ejemplo de preguntas de la prueba pasada, en la que es más evidente la necesidad de usar los datos para tomar decisiones

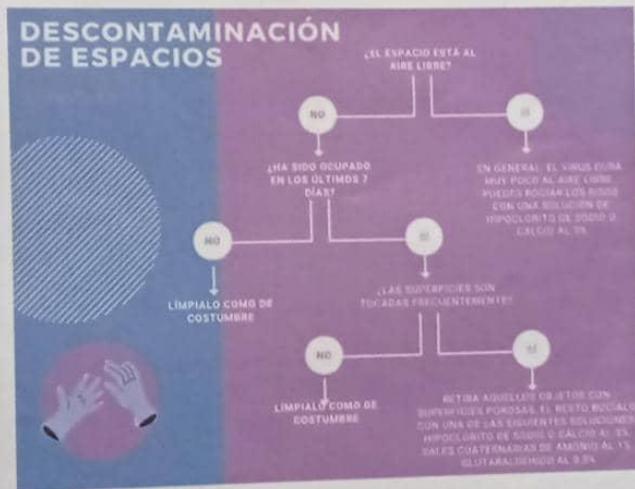
2. ¿Qué recomendaciones argumentadas harías para invitar a limitar estas prácticas a favor de la fauna y de los humanos? Coloquen en la Hoja de Respuestas al menos dos recomendaciones.

3. A continuación les presentamos una guía para seleccionar los métodos de descontaminación de espacios públicos. Una vez que la lean:

3.1. Diseñen una metodología para hacer la descontaminación de los mostradores, pisos y neveras de un mercado municipal.

3.2. Incluyan la preparación de los reactivos que escojan, con las concentraciones requeridas. Cuentan con los envases adecuados y toda el agua necesaria.

3.3. Redacten las consideraciones de seguridad personal que deben tener quienes las preparen.



Tomen en consideración lo siguiente:

- Cuentan con un aspersor que por cada metro cuadrado a desinfectar requiere 50mL de solución.
- Tienen acceso a una solución de hipoclorito de calcio al 70% que cuesta Bs. 370.000,00 por litro y a una de glutaraldehído al 90% que cuesta Bs. 480.000,00 por litro.
- El mercado municipal que van a desinfectar tiene 17 mostradores de 20cm de ancho por 70cm de largo, 25 neveras de 1 m. de largo por 50 cm de ancho y 1,2 m de alto y el área total de pisos y pasillos es de 360 m².

Tenemos que empezar por saber el tamaño del espacio que debemos desinfectar. Para ello vamos a calcular las áreas de los mostradores y de cada cara de las neveras y lo multiplicamos por el número de neveras y de mostradores

3.1

Pisos y pasillos: 360 m²

Mostradores: (20 cm) x (70 cm) = 1400 cm² = 0,14 m²
0,14 m² x 17 mostradores = 2,38 m²

Neveras: 2(50 cm x 100 cm) + 2(50 cm x 120 cm) + (100 cm x 120 cm) =
10000 cm² + 12000 cm² + 12000 cm² = 34000 cm² = 3,4 m²
3,4 m² x 25 Neveras = 85 m²

Total= 447,38 m²

Nuestro espacio a desinfectar es de 447,38 metros cuadrados. Esto es importante, porque el aspersor nos indica cuánto debemos gastar de producto por cada metro cuadrado

Ahora podemos calcular cuánta solución necesitamos

Si cada metro cuadrado utiliza 50 mL de solución, entonces necesitamos 22369 mL de solución, o lo que es lo mismo 22,369 L

Y aquí hay una ocasión importante para ver lo relevante que son las cifras significativas, asociado a nuestros instrumentos. Medir 369 mL nos llevaría a usar muchos instrumentos que son fuente de error Δ

Así que aproximamos a 22,5 L y podemos preparar estas cantidades usando balones aforados de los volúmenes adecuados. Y el procedimiento es el mismo: colocamos una cama de agua, agregamos nuestro reactivo concentrado y luego aforamos el balón

Hasta este momento todo parece fácil, pero llegó el momento de tomar una DECISIÓN ¿Cuál reactivo utilizamos?

GLUTARALDEHÍDO

Solución final: 22,5 L al 0,5 %
Solución inicial: 90 %

Como tenemos una dilución, podemos utilizar la ecuación $C_1V_1=C_2V_2$

$$90 \% V_1 = 0,5 \% \times 22,5 \text{ L}$$

$$V_1 = 0,12 \text{ L}$$

Necesitamos 0,12 L de glutaraldehído que tiene un costo de 480 000 Bs, necesitaríamos
59 199, 99 Bs

Aquí están los cálculos para el uso de glutaraldehído. Necesitamos 0,12L del reactivo y 22,38L de agua.

Ambas soluciones van a desinfectar, pero podríamos tomar la decisión por el costo

HIPOCLORITO DE CALCIO

Solución final: 22,5 L al 3 %
Solución inicial: 70 %

Como tenemos una dilución, podemos utilizar la ecuación $C_1V_1=C_2V_2$

$$70 \% V_1 = 3 \% \times 22,5 \text{ L}$$

$$V_1 = 0,93 \text{ L}$$

Necesitamos 0,93 L de hipoclorito de calcio que tiene un costo de 370 000 Bs,
necesitaríamos 356 785, 71 Bs

Y aquí los cálculos para el hipoclorito de calcio. Necesitamos 0,93 L con un costo de 356 785, 71

Tenían razón, profes. Aunque el hipoclorito de calcio era menos costoso, el glutaraldehído rinde más 😊