

Experimentos de Laboratorio: INTRODUCCIÓN

PRINCIPIOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y ESTADÍSTICAS

INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Todo intento de investigar tiene la finalidad de añadirle una porción de la verdad o cognición al cuerpo universal del conocimiento que existe en el presente. Se define **conocimiento** como la comprensión y entendimiento de hechos, verdades o principios.

Para el fisiólogo del ejercicio el proceso de investigación y experimentación científica es vital para poder comprender los procesos morfofuncionales que ocurren antes, durante y después de un ejercicio agudo y luego de un ejercicio crónico. Por ejemplo, la investigación ayuda a resolver problemas relacionados con la salud humana, aptitud física y con el rendimiento deportivo.

El Proceso de Investigación

La **investigación** es un proceso sistemático y controlado de constante exploración y descubrimiento, fundamentado en el método científico y, comúnmente, dirigido hacia la solución de un problema o contestar una incógnita. Este proceso de inquirir intenta descubrir nueva información o ampliar, refinar y verificar el conocimiento actual. La investigación involucra la recolección y examinación de información nueva con el fin de proveer conocimiento novel, entender el conocimiento existente, desarrollar teorías o descubrir principios generales que puedan ayudar a predecir eventos prospectivos. El proceso de investigación siempre involucra la observación y descripción precisa de datos cuantificables a través de equipos o dispositivos específico de medición. Además, tal rigurosa actividad investigativa contempla el análisis lógico de la relación entre causas y efectos. Un aspecto importante de la investigación es que es sumamente objetiva, con miras de validar todo diseño de inquirir, de tal forma que se elimine cualquier influencia o prejuicio personal.

La buena investigación utiliza el **razonamiento** inductivo y deductivo para llegar al conocimiento. Se trata de seguir las reglas de la lógica, de manera que se puedan llegar a conclusiones válidas y solucionar problemas eficientemente. El proceso **inductivo** parte de hechos particulares para crear un concepto más amplio, mientras que el **deductivo** descompone en partes más pequeñas una información general. El razonamiento inductivo accede al desarrollo nuevos conceptos y teorías. En cambio, el razonamiento deductivo permite comprobar experimentalmente tales conceptos y teorías. Otra característica una investigación de alta calidad es que puede ser reproducible, es decir, es posible verificar la confiabilidad de sus resultados.

El Método Científico

El *método científico* se fundamenta en la evaluación objetiva. Basado en el experimento científico, el investigador busca aceptar o rechazar una hipótesis de forma objetiva. La metodología científica garantiza la veracidad de los fenómenos estudiados y obligan al desarrollo de conclusiones en acorde con la realidad. Entonces, esta metodología tiene una alta probabilidad de generar hallazgos auténticos, los cuales son verificables.

Estrategias a Seguir al Iniciar la Investigación

Buenos científicos emplean un proceso sistemático, de modo que se asegure un experimento de calidad superior. Esta metodología científica se describe a continuación.

1. **Indagar sobre literatura relacionada con el posible tema de estudio.** Esto ayudará a formular una pregunta o hipótesis.
2. **Seleccionar un tema de estudio limitado.** Una vez se posee un posible tópico, es vital de delimitarlo hasta donde se pueda. El fin es poder establecer y definir efectivamente la interrogante investigativa.
3. **Plantear el problema de investigación.** Se expone el propósito del estudio, basado en una pregunta de investigación. Es de suma importancia que el problema se exprese claramente y se establezca una relación entre las variables a ser estudiadas.
4. **Se determina la hipótesis.** Se expone y defiende el punto de vista del investigador, ofreciendo argumentos lógicos que justifiquen el estudio.
5. **Se definen las variables del estudio.** El investigador instituye las variables independientes y dependientes.
6. **Observación y registro de las variables durante el estudio.** Se inicia el experimento científico y se colectan los datos de la muestra mediante los dispositivos de medición, previamente calibrados y validados.
7. **Ordenación, clasificación, organización y análisis de la información obtenida.** Los datos crudos son tabulados y analizados. Se generan inferencias, conclusiones, recomendaciones y se establece si la hipótesis es aceptada o rechazada.

FUNDAMENTOS DE ESTADÍSTICA

Comúnmente, los experimentos científicos producen observaciones o hallazgos que se expresan como datos numéricos. Las *mediciones que se obtienen de los sujetos bajo estudio* constituyen los **datos**. Generalmente, los datos son medidas de la variable dependiente. Los **datos crudos** u originales consisten de aquellos *datos obtenidos directamente del experimento*, es decir, no han sido sometidos a tratamiento estadístico. El propósito de las investigaciones es poder formular generalizaciones basado en un

conjunto de observaciones que se extraen del estudio (el laboratorio). Esto significa que el científico generaliza hacia la población bajo estudio. Una **población** representa una *colección completa de elementos (sujetos, objetos, fenómenos o datos) que poseen algunas características comunes*. Es el conjunto de elementos más grande del cual se puede tomar una muestra representativa para el experimento científico. Tal **muestra** constituye una *selección al azar de una porción de la población*, es decir, un subconjunto de la población. Cuando hablamos de **selección al azar** nos referimos a que *todos los sujetos de la población que serán estudiados y sometidos al tratamiento estadístico poseen las mismas posibilidades de ser elegidos para la investigación*. Por ejemplo, si estudiamos las respuestas de ejercicios aeróbicos sobre variables inmunológicas en una muestra pediátrica que son HIV positivos, el análisis y conclusión de los resultados de la investigación pueden generalizarse hacia todos los niños que padecen de este mal. Esto significa que la población representa la colectividad total de niños que son HIV positivos, mientras que la muestra es un grupo representativo de tal población. La manera más efectiva para poder manejar y analizar una serie de datos crudos recolectados de un laboratorio es sometiéndolos bajo un tratamiento estadístico.

La **estadística** es una ciencia que se encarga de organizar, describir y analizar datos cuantificables. Se trata de un procedimiento empleado para explicar el significado de un conjunto de datos y que permite generar extrapolaciones o probabilidades de éstos. Esta ciencia incorpora diversos métodos que permiten reunir, resumir y analizar efectivamente los datos numéricos colectados los experimentos de laboratorio realizados en este manual.

Los procedimientos estadísticos consisten de dos métodos, que son: análisis descriptivo y análisis inductivo. La parte **descriptiva** de la estadística se responsabiliza de recolectar y presentar los datos. Por su parte, la **estadística inductiva** posee el fin de extender o generalizar las conclusiones de la estadística descriptiva.

Para poder comprender el uso y aplicación de la estadística se debe conocer varios términos, entre los que se pueden nombrar: **variables, datos, parámetros, relaciones, normas y estándares**.

Variable

El término **variable** implica una característica que cambia, tal como frecuencia cardíaca (FC), presión arterial (PA), masa corporal (MC) y otros similares. La variable es toda aquella propiedad de algún objeto, persona o evento que posee diferentes valores. Durante el proceso de investigación, se deben definir las variables independiente y dependiente.

La **variable independiente** es la que habrá de ser manipulada en el experimento, es decir, aquella que cambia y posee el potencial de afectar la variable dependiente. Por lo tanto, este tipo de variable es controlada sistemáticamente por el investigador. Durante el experimento científico se busca hallar el efecto que tiene la una o más variables (las independientes) sobre otras variables (las dependientes). Cuando esta variable se describe gráficamente en las coordenadas x-y, comúnmente se ubica en el **eje-de-x** (horizontal). Algunos ejemplos de variables independientes que se encuentran en este

manual son: potencia ergométrica descrita en kpm/min o vatios, duración en minutos o segundos, entre otras.

Por su parte, la **variable dependiente** se determina antes o después de haber tratado la variable independiente. Representa la medida que se emplea para determinar el efecto de la variable independiente. Por lo regular, se rotula en el **eje-de- y** (vertical). Las variables dependientes medidas en los laboratorios de este manual pueden ser las siguientes: frecuencia respiratoria en respiraciones \cdot min⁻¹, frecuencia cardiaca en latidos \cdot min⁻¹, consumo de oxígeno en mL de O₂ \cdot kg⁻¹ \cdot min⁻¹ y otras.

Parámetro

Son un número estimado derivado de los datos de una población.

Relaciones

El tratamiento estadístico para las posibles las relaciones entre diversas variables permite determinar su **dirección** y **grado** en determinadas condiciones.

La unidad de medida más común utilizada en las relaciones es el **coeficiente de correlación** (*r*), el cual expresa la magnitud de la relación. Tal coeficiente permite determinar la confiabilidad o validez de una prueba o relacionar dos variables, de manera que se pueda generar una tercera. Las relaciones pueden ser expresadas de forma gráfica o cuantitativamente, en cuyo caso se conocen como correlación. Estos métodos permiten establecer la naturaleza de la asociación existente entre dos variables.

Las relaciones ilustradas gráficamente pueden categorizar como lineales y **directas (positivas)** o lineales e **indirectas (negativas)**. Las relaciones positivas entre dos variables son directamente proporcionales entre ellas, es decir, mientras el valor de una variable aumenta, el valor de la otra también incrementa. En este caso, se observará en la gráfica x-y una línea recta y ascendente que mejor se acomoda a los puntos de las coordenadas. Por el otro lado, las relaciones negativas son indirectas puesto que mientras un valor aumente, el otro disminuye y viceversa, es decir, son inversamente proporcionales. En la gráfica, se podrá notar una línea recta descendente. El coeficiente de correlación puede fluctuar desde cero, cuando no hay correlación, hasta +1 ó -1, cuando la correlación es perfectamente positiva o negativa.

Conceptos Básicos de Estadísticas

Intervalo de Clase

Son las agrupaciones particulares de los datos, de tal manera que permitan la interpretación más efectiva de estos.

Frecuencia

La frecuencia representa la cantidad de casos incluidos en un intervalo de clase.

Medidas de Tendencia Central

Promedio Aritmético o Media

Representa la suma de todos los valores de la serie de datos, dividido por la cantidad de casos. Es la medida de tendencia central más empleada. Las puntuaciones en una distribución son simbolizadas por X , mientras que la media se identifica con \bar{X} .

Mediana

La *mediana* es el valor por encima y por debajo del cual se encuentran el 50% de los casos, es decir, el punto medio del conjunto de datos. Este valor no se ve afectado por valores extremos. Por lo regular, esta medida es identificada con la abreviación *Mdn*.

Módulo o Moda

Es el valor que se repite más veces en la serie de datos. La abreviación de la moda es *Mo*.

Cuartilos

Subdivide las mitades de la mediana, de manera que cada sector contenga el 25% de aquellos.

Medidas de Dispersión o Variabilidad

Se expresa el grado de homeogenidad o de heterogenidad de una muestra empleando diversas medidas de variabilidad. Tal estudio estadísticos permiten determinar si lo medido se aproxima o aleja de lo normal.

Amplitud

La amplitud es la diferencia entre el valor más alto y el más bajo de un conjunto de datos. Esta medida resulta ser la menos confiable

Desviación Cuartil (Q)

Es mucho mejor que la amplitud porque elimina la influencia de los datos extremos. Se obtiene dividiendo entre dos la diferencia entre los valores identificados por los puntos por debajo de los cuales caen 75% y 25 % respectivamente.

Desviación Típica (Estándar)

Medida de alejamiento de los datos con respecto al promedio. Es la medida de dispersión más usada. Se puede expresar como *DE*, *s* o el símbolo griego δ (sigma).

Autenticidad Científica de las Pruebas

Antes de seleccionar una prueba, es de suma importancia analizar su confiabilidad, objetividad, validez y predicción, según es expresada por sus coeficientes de correlación. Estos criterios son necesarios para evaluar la autenticidad científica de una prueba. A continuación se describen estos parámetros:

Validez

Representa el grado en el cual la prueba mide aquello que pretende medir. Por ejemplo, una prueba diseñada para medir una ejecutoria deportiva particular será válida en el grado que distinga entre los que tengan éxito y los que fracasan en dicho deporte específico.

Confiabilidad

Es la capacidad de una prueba para demostrar consistencia y estabilidad en los puntajes. Se posee una alta confiabilidad, por ejemplo, cuando una misma prueba se aplica a un grupo de alumnos en forma repetida y en condiciones semejantes, debería obtener resultados iguales o similares.

Objetividad

Se refiere al grado de uniformidad con que varios individuos pueden aplicar la misma prueba. Su significado es casi idéntico a confiabilidad, con la excepción de que dos o más evaluadores están involucrados. La objetividad depende de la claridad y precisión de las instrucciones de la prueba.

Coefficientes de Correlación

Existe un coeficiente de validez y de confiabilidad. El coeficiente de validez se calcula correlacionando los resultados obtenidos de la prueba estudiada, con datos obtenidos de otra fuente, la cual debe tener la misma finalidad y cuya validez sea reconocida. Los datos de la prueba pueden también correlacionarse con puntajes otorgados por expertos en la actividad que la prueba que mide, siendo estos últimos puntajes subjetivos. Por otro lado, el coeficiente de confiabilidad representa el grado de concordancia o relación entre dos variables que se informan como un coeficiente o correlación. Los estándares para evaluar las pruebas son:

r = .90 a .99: Relación Excelente entre Dos Variables.

r = .80 a .89: Aceptable para Coeficientes de Objetividad y Confiabilidad. Excelente para Coeficientes de Validez entre .80 y .85.

r = .70 a .79: Pobre o Aceptable para Confiabilidad y Objetividad en Educación Física. Determinante: Complejidad de las variables involucradas.

r = .60 a .69: Pobre. En pruebas más complejas (Ej: de aptitud física), un coeficiente de validez puede ser considerado aceptable.

Predicción

Cuando se analizan las asociaciones entre dos o más variables, es posible de formular ecuaciones que estimen una de las variables correlacionadas. Tales formules se conocen como *regresivas* porque se derivan una relación, donde la línea que mejor se acomode en los puntos de las variables analizadas se conoce con el nombre de una *línea de regresión*. Algunos laboratorios en este manual presentan *nomogramas*, los cuales constituyen un método para exponer las ecuaciones de regresión. Todo tipo de predicción posee un grado de error. El *error estándar del estimado (SEE, siglas en inglés)* representa la magnitud del error hallado en una ecuación de regresión. No se consideran válidos los resultados de pruebas que estima la capacidad aeróbica si se posee un *SEE* mayor de 15% (Adams, 1998, p.).

Normas y Estándares

Las normas y estándares ayudan a la interpretación de los resultados obtenidos en las pruebas. Las *normas* representan valores que relacionan una puntuación individual con aquellas obtenidas de la población general; su percentil o desviaciones estándar, comúnmente se describen en acorde con tales clasificaciones particulares, así como el promedio, sobre el promedio y debajo del promedio, excelente, entre otras. Se ha sugerido que el número mínimo de sujetos requeridos para desarrollar normas es de 100 (Adams, 1998, p.9).

Los *estándares* es un término que comúnmente se emplea en forma intercambiable con el de normas. Sin embargo, los estándares describen el criterio sugerido para un nivel apropiado de bienestar o aptitud física en una población dada. Se debe asegurar que la administración de estas pruebas sea segura, rápida y eficaz. Además, es importante garantizar la validez y confiabilidad de sus resultados. Esto se puede lograr si se administran siguiendo unos estándares establecidos.

Extrapolando los Resultados de la Prueba

Algunas pruebas dirigidas a estimar la capacidad aeróbica de los individuos se pueden emplear para extrapolar o predecir su capacidad aeróbica máxima.

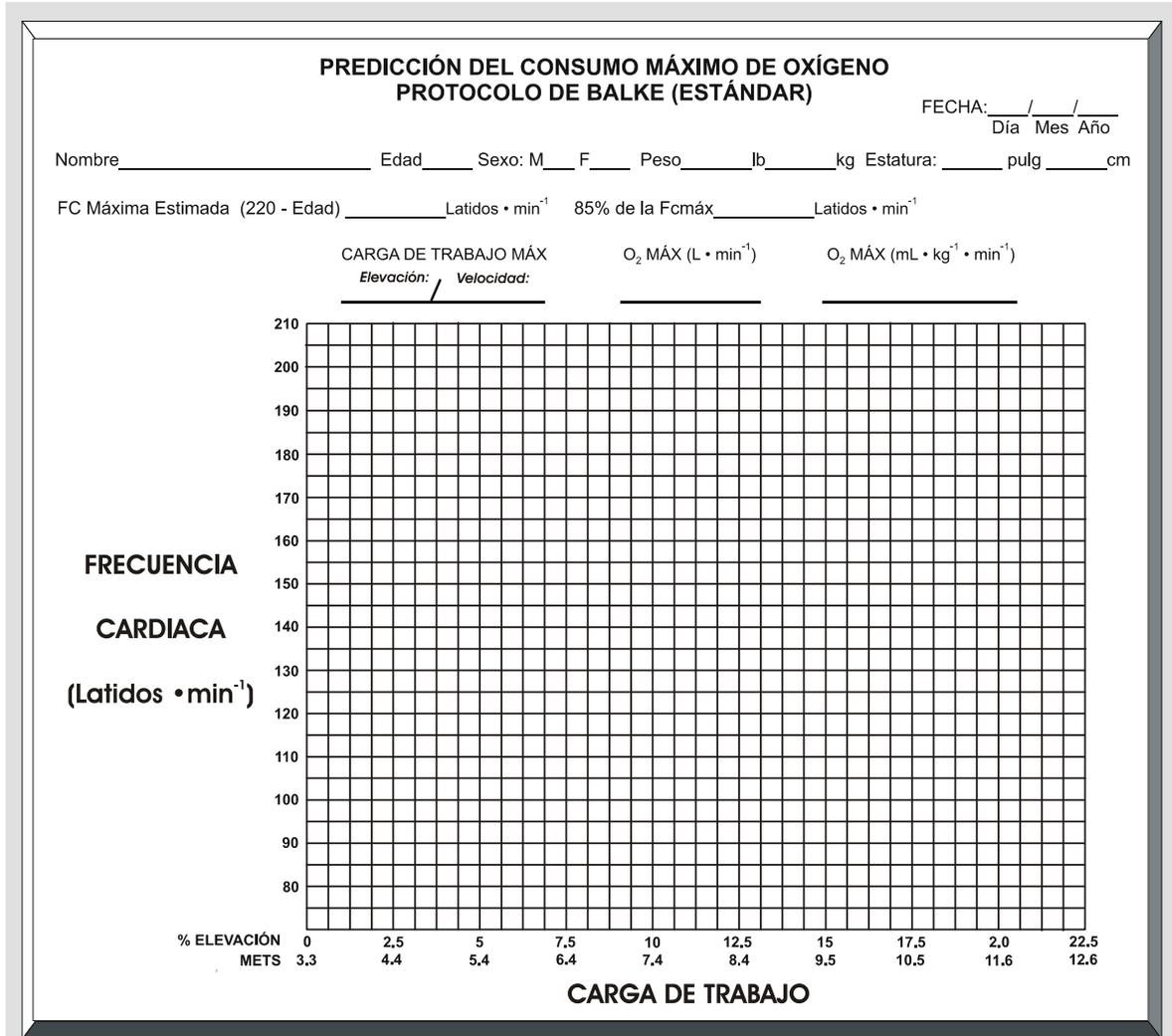


Figura LA-2: Estimación del MET Máximo basado en Valores de la Frecuencia Cardiaca, Carga de Trabajo y Tiempo de la Prueba. Modelo empleado para extrapolar datos de pruebas aeróbicas, de manera que se pueda determinar el consumo de oxígeno máximo.

REFERENCIAS

- Adams, G. M. (1998). *Exercise Physiology Laboratory Manual* (3ra. ed., pp. 8-11). Boston: WCB/McGraw-Hill Companies.
- American College of Sports Medicine. (2006). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (7ma. ed.). Baltimore: Lipincott Williams & Wilkins.
- Wasserman, K., Hansen, J. E., Sue, D. Y., & Whipp, B. J. (1987). *Principles of Exercise Testing and Interpretation*. Philadelphia: Lea & Febiger. 274 pp.
- Weber, K. T., & Janicki, J. S. (1986). *Cardiopulmonary Exercise Testing: Physiologic Principles and Clinical Applications*. Philadelphia: W.B. Saunders Company 1986. 378 pp.