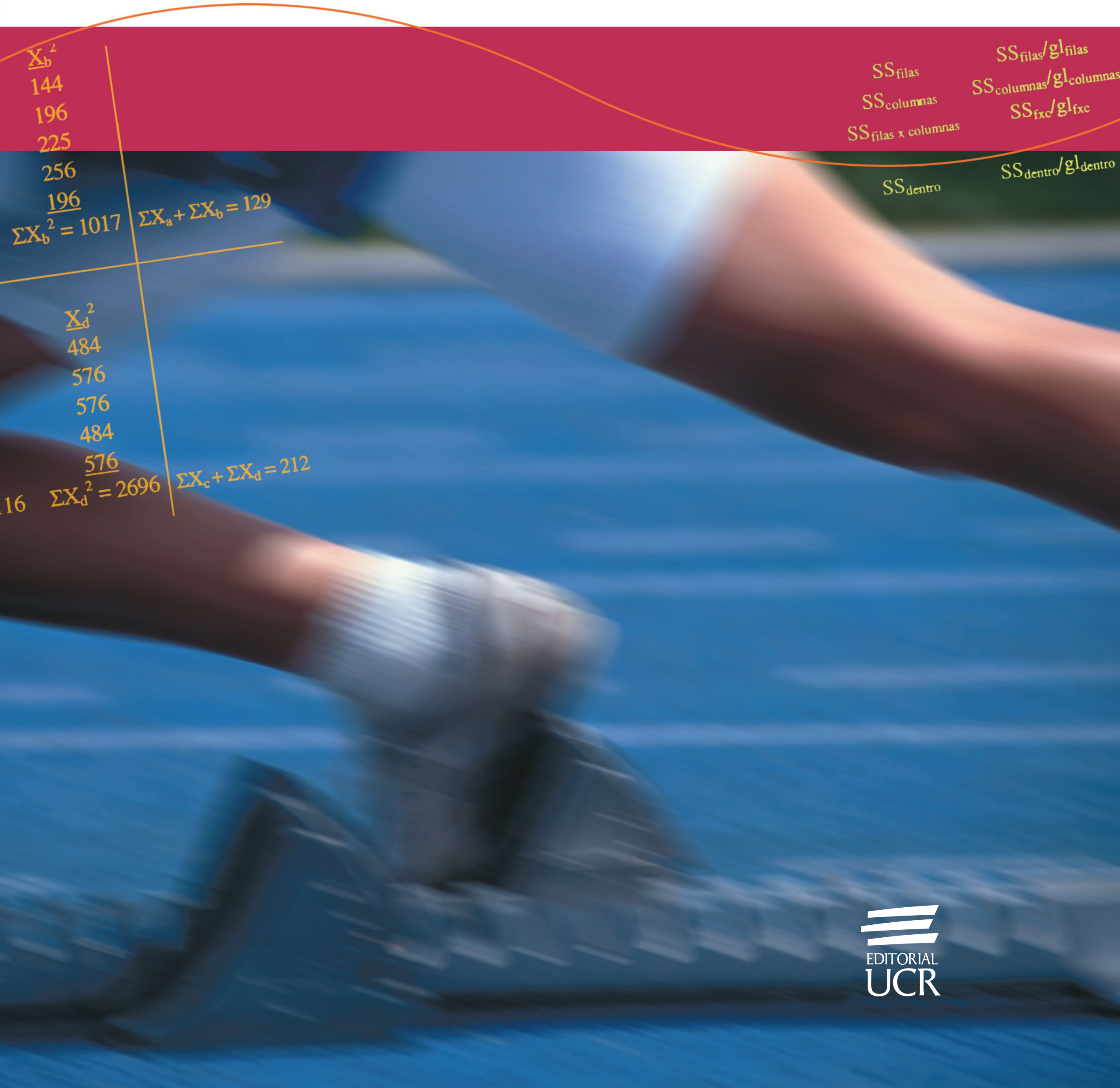
Estadística

para ciencias del movimiento humano

José Moncada Jiménez



EDITORIAL UCR

Estadística

para ciencias del movimiento humano

José Moncada Jiménez

EDITORIAL UCR

612.760.727
M737e Moncada Jiménez, José
Estadística para ciencias del movimiento humano / José Moncada Jiménez. – Primera edición digital. – San José, Costa Rica : Editorial UCR, 2021.
1 recurso en línea (viii, 201 páginas) : ilustraciones en blanco y negro, gráficos en blanco y negro, archivo de texto, PDF, 3.5 MB.

ISBN 978-9968-02-004-6

1. MECÁNICA HUMANA - MÉTODOS ESTADÍSTICOS. 2. EDUCACIÓN FÍSICA - MÉTODOS ESTADÍSTICOS. I. Título.

CIP/3716
CC.SIBDI.UCR

Las opciones de resaltado del texto, anotaciones o comentarios dependerán de la aplicación y dispositivo en que se realice la lectura de este libro digital.

Edición aprobada por la Comisión Editorial de la Universidad de Costa Rica
Primera edición impresa: 2005.
Segunda reimpresión: 2018.
Primera edición digital (PDF): 2021.

Editorial UCR es miembro del Sistema Editorial Universitario Centroamericano (SEDUCA), perteneciente al Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA).

Diseño de portada: *Juan Carlos Fallas Z.*
Realización del PDF: *Everlyn Sanabria R.* • Control de calidad de la versión digital: *Elisa Giacomin V.*

Algunas imágenes empleadas en esta edición fueron tomadas, con la debida autorización, del paquete estadístico SPSS, versión 8.0 para Windows.
Agradecemos la colaboración de la empresa SN Negocios S.A., distribuidora de dicho paquete en Costa Rica.
Dejamos constancia de que el autor de este libro no es empleado, ni agente de la empresa distribuidora del paquete SPSS.

Edición digital de la Editorial Universidad de Costa Rica. Fecha de creación: setiembre, 2021
Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. San José, Costa Rica.

Apdo. 11501-2060 • Tel.: 2511 5310 • Fax: 2511 5257 • administracion.siedin@ucr.ac.cr • www.editorial.ucr.ac.cr

Índice

Capítulo 1

Capítulo 2

Capítulo 3

Capítulo 4

CAPÍTULO 1

Pasos preliminares

Previo al análisis de los datos, es necesario recordar algunas ideas importantes. El ser humano se caracteriza por una constante búsqueda del conocimiento; sin embargo, este puede adquirirse de diversas maneras, por ejemplo, a través de la experiencia, de la autoridad, del razonamiento deductivo, del razonamiento inductivo y, a través del método científico.

Se puede afirmar que la experiencia es la forma más común de adquirir conocimiento. Esta se caracteriza porque puede transmitirse de generación en generación. A pesar de ello, una de sus debilidades es que dos personas pueden obtener y reportar diferentes conocimientos aun habiendo vivido la misma experiencia. De este modo, se puede decir que el conocimiento adquirido a través de la experiencia es subjetivo y no debería generalizarse.

La autoridad es otra forma para adquirir conocimientos. En la antigüedad, las personas acudían a los sumos sacerdotes, reyes, sabios y filósofos para adquirirlos. De manera similar, hoy los estudiantes acuden a sus profesores para preguntarles acerca de un tema en especial; al hacer esto, los estudiantes adquieren conocimientos a través de un experto o autoridad en la materia. Por ejemplo, existen atletas que acuden a entrenadores de renombre mundial para solicitarles un consejo para mejorar su rendimiento deportivo. Quien pide el consejo está aceptando "a ciegas" lo que la autoridad diga. El inconveniente con esta forma para adquirir conocimientos es que la persona asume como verdadera cualquier aseveración y no existen cuestionamientos de ninguna índole; no obstante, una persona escéptica podría pensar "¿de dónde adquirió el entrenador sus conocimientos?" El problema con esta forma de adquirir conocimientos es que los expertos pueden equivocarse; además, sus aseveraciones pueden estar sesgadas con respecto a un tema y a menudo únicamente emiten juicios personales.

Una tercera forma de adquirir conocimientos es a través del razonamiento deductivo. Este se caracteriza porque los planteamientos se formulan de lo general a lo específico; es decir, del todo a las partes. Los planteamientos se construyen por medio de silogismos, los cuales son constructos sintácticos que contienen una premisa mayor, una premisa menor y una conclusión. Es necesario empezar con premisas verdaderas para llegar a conclusiones verdaderas. Este tipo de razonamiento es muy útil para elaborar el marco teórico de un estudio o una revisión de literatura.

Otra forma de adquirir conocimientos es el razonamiento inductivo, el cual se plantea de lo específico a lo general; es decir, de las partes hacia el todo. Fue Sir Francis Bacon quien observaba los fenómenos naturales y luego generalizaba. Para Bacon existían dos tipos de inducciones: perfecta e imperfecta. Para realizar una inducción perfecta se requiere observar toda la población; mientras que para realizar una inducción imperfecta únicamente se requiere observar una muestra o una parte de esa población, esta última es más usada, y es de aquí de donde proviene el concepto de muestreo y de estadística inferencial.

Finalmente, pero no menos importante, se encuentra el método científico. Este también es conocido como el método inductivo deductivo, es reconocido como la forma más aceptable para generalizar los conocimientos. Charles Darwin fue su propulsor con la famosa *Teoría de la Evolución y el Origen de las Especies*. Durante sus estudios, se formularon hipótesis, las cuales se aceptaban o se rechazaban. Para establecer conclusiones, primero se debía seguir una serie de "pasos":

- definición del problema
- formulación de hipótesis
- recopilación y análisis de datos (ya aquí se empieza a hablar de análisis estadísticos)
- confirmación o rechazo de la hipótesis

Desde entonces, el método científico ha sido utilizado como una forma objetiva y reproducible para adquirir conocimientos. Así, se sabe que entre los fines investigativos está la generación del conocimiento. Pero, es a través del método científico que se puede llegar a generalizar adecuadamente el conocimiento obtenido para el provecho de los seres humanos.

De esta manera, cada día aparece un mayor número de investigaciones en el área de las ciencias del movimiento humano, que no solo pretenden brindar nuevos conocimientos a diversos grupos de la sociedad, sino también erradicar de una vez por todas, aquellas creencias obsoletas que han perjudicado a muchas personas.

Nivel de medición de las variables

Para que una investigación sea exitosa y se pueda aplicar un adecuado análisis estadístico, el investigador debe ser capaz de reconocer y dominar las variables y el nivel de medición de estas. Para ello, los autores han definido el nivel de medición de las variables de dos maneras generales: categóricas y continuas. Las variables categóricas o discretas, pueden medirse a nivel de una escala nominal y ordinal. La escala nominal es el nivel de medición más simple. Los ejemplos clásicos de variables categóricas nominales incluyen el sexo (género), el cual posee dos niveles de medición (mujer, hombre). Estos niveles de medición son mutuamente excluyentes, es decir, no se puede pertenecer a varios niveles. Otro ejemplo es el estado civil, la zona geográfica de proveniencia, el color de los ojos y otras características. Las variables nominales pueden servir para agrupar atletas en categorías específicas, por ejemplo, principiantes, intermedios y avanzados. Con los valores que se asignan a las categorías de una escala nominal no se pueden realizar operaciones matemáticas; es decir, no es apropiado obtener un promedio al usar los valores de una escala nominal (Hyllegard, Mood, y Morrow, 1996).

De acuerdo con Yaremko, Harari, Harrison, y Lynn (1982), una escala ordinal es una escala de medición que carece de un punto cero absoluto y que posee distancias distintas entre los valores de la escala. Para Yaremko *et al.* (1982), únicamente pueden establecerse relaciones transitivas cuando se usan estas escalas. La temperatura ambiental o la tabla de posiciones de los equipos que participan en un campeonato son ejemplos de escalas ordinales. Para Hyllegard *et al.* (1996), las escalas ordinales añaden un segundo nivel de información que no se encuentra presente en una escala nominal, lo cual es una clasificación ordenada entre los puntajes.

Por otra parte, las variables continuas pueden medirse a un nivel de intervalo y de razones (o relaciones). Una escala de medición de intervalos es una escala que no posee un cero absoluto, pero que sí posee distancias idénticas entre los valores de la escala (Yaremko *et al.*, 1982). El ejemplo clásico es la escala de temperatura Celsius, en la cual el punto de congelación del agua es cero, valor arbitrariamente seleccionado. Para Hyllegard *et al.* (1996), muchos de las pruebas de habilidad motora y destrezas motrices están diseñadas en una escala de intervalos. Por ejemplo, si un estudiante obtiene 30 puntos en una prueba de destreza de baloncesto, y otro estudiante obtiene 60 puntos en la misma prueba, se podría concluir que el segundo estudiante fue más diestro y que obtuvo 30 puntos más que el primer estudiante. Sin embargo, no se puede afirmar que el segundo estudiante es el doble de diestro que el primero debido a que el puntaje cero (0) de la escala no significa que exista una ausencia total de la destreza del baloncesto.

Finalmente, la escala de medición de razón o relación, es una escala que posee un punto cero definido de forma no arbitraria (cero real), y unidades de igual tamaño (Yaremko *et al.*, 1982). Esta escala si permite realizar comparaciones significativas respecto a proporciones, por ejemplo, establecer que "A" es el doble del tamaño que "B". Ejemplos clásicos de esta escala de medición son el peso, la talla, volumen, distancia y tiempo. Todo tipo de operación matemática puede realizarse con los datos medidos con este tipo de escala.

El diseño de la investigación

Cuando se ha definido el problema de investigación y se conoce la cantidad y nivel de medición de las variables de estudio, a menudo el investigador debe pensar si lo que desea realizar es establecer comparaciones, relaciones o predicciones de eventos. El diseño de la investigación se encarga de aproximarse al problema de estudio de la manera más apropiada. Por ello, se recomienda consultar los textos de Kerlinger (1986) y Pedhazur y Pedhazur-Schmelkin (1991).

Una vez que se conoce el diseño de la investigación, se puede tener una idea más clara del tipo de análisis que se deberá realizar con cada variable dependiente. Para ello, en la tablas siguientes se presenta un esquema de decisión que puede ayudar al investigador a seleccionar el análisis apropiado al tomar en cuenta el nivel de medición de las variables y el tipo de asociación, comparación y otros aspectos que pretende realizar para responder a su problema de estudio.

Esquema para la selección de algunos análisis estadísticos:

Tabla 1. 1.
Propósito: Establecer si existen diferencias entre promedios

Número y tipo de variable dependiente (Y)	Variable independiente (X)	Número de niveles o grupos de X	Tipos de X	Técnica estadística
1 de tipo nominal	→ 1 ó más	→ 2	→ No pareadas	→ Chi Cuadrado (χ^2)
			→ Pareadas	→ McNemar
		→ Más de 2	→ No pareadas	→ Chi Cuadrado (χ^2)
			→ Pareadas	→ Q de Cochran
1 de tipo ordinal	→ 1	→ 2	→ No pareadas	→ U de Mann-Whitney
			→ Pareadas	→ Pares Dependientes de Wilcoxon
		→ Más de 2	→ No pareadas	→ Análisis de Varianza de Kruskal-Wallis
			→ Pareadas	→ Análisis de Varianza de Friedman
1 de tipo intervalo o razón	→ 1	→ 2	→ No pareadas	→ *t-student* para muestras independientes (grupos independientes)
			→ Pareadas	→ *t-student* para muestras pareadas (grupos dependientes)
		→ Más de 2	→ No pareadas	→ Análisis de varianza (ANOVA) de 1 vía (grupos independientes) y análisis *post hoc* correspondiente
			→ Pareadas	→ ANOVA de medidas repetidas de 1 vía
	→ 1 o más de tipo intervalo o razón, ó 1 ó más de tipo nominal	→ Más de 2	→ No pareadas y pareadas	→ Análisis de covarianza (ANCOVA)

Tabla 1. 2.
Propósito: Estudiar si existen interacciones entre variables

Número y tipo de variable dependiente (Y)	Variable independiente (X)	Número de niveles o grupos de X	Tipos de X	Técnica estadística
1 de tipo intervalo o razón	→ 2 ó más	→ 2 ó más	→ No pareadas	→ ANOVA de 2 vías (factorial) para grupos independientes
			→ Pareadas	→ ANOVA factorial de medidas repetidas
			→ Mixta	→ ANOVA factorial mixta
2 ó más de tipo intervalo o razón	→ 1 o más intervalo, razón, o nominal	→ 2 ó más	→ No pareadas	→ ANOVA multivariada (MANOVA)
			→ Pareadas	→ MANOVA factorial de medidas repetidas
			→ Mixta	→ MANOVA factorial mixta
				→ Análisis multivariado de covarianza (MANCOVA)

Tabla 1. 3.
Propósito: Establecer modelos de predicción

Variable dependiente (Y)	Nivel de medición de la variable dependiente (Y)	Número de variables independientes (X)	Nivel de medición de X	Técnica estadística
1	→ Intervalo o razón	→ 1	→ Intervalo o razón	→ Regresión bivariada
		→ 2 ó más	→ Intervalo o razón	→ Regresión múltiple
			→ Nominal	→ Regresión Probit o Logit
			→ Mixta	→ Regresión con variables Dummy
	→ Nominal u ordinal	→ 1, 2 ó más	→ Nominal, ordinal	→ Regresión logística
1 ó más	→ Nominal	→ 2 ó más	→ Intervalo o razón	→ Análisis de la Función Discriminante

Tabla 1. 4.
Propósito: Determinar si existen asociaciones entre variables

Nivel más básico de todas las variables	Número de variables	Técnica estadística
Nominal	→ 2	→ Coeficiente Phi
	→ 2 ó más	→ Mantel-Haenszel o V de Cramer
Ordinal	→ 2	→ Spearman Rho, Kendall Tau
	→ Más de 2	→ Correlación parcial de Kendall, Kendall tau-W
Intervalo o razón	→ 2	→ *r* de Pearson
	→ Más de 2	→ Correlación parcial, correlación múltiple
Ordinal y nominal	→ 1 de cada 1	→ Correlación de rangos o punto biserial

Tabla 1. 5.
Propósito: Estudiar si existen interrelaciones entre grupos de variables

Propósito		Técnica estadística
Reducir un amplio número de variables "X" en un número limitado de dimensiones/grupos	→	Análisis de factores, Path Analysis, Relaciones estructurales lineales (LISREL)
Reducir un amplio número de "X" objetos/sujetos en un número limitado de dimensiones/grupos	→	Análisis de conglomerados (Cluster Analysis)
Relacionar 2 ó más variables dependientes medidas al nivel de intervalo o razón, con 2 ó más variables independientes medidas al nivel de intervalo o razón.	→	Correlación canónica

Debido a que a través de este texto se utilizarán algunos símbolos con los cuales normalmente el estudiante no está familiarizado, en el anexo 1 se presenta el abecedario griego. Los símbolos allí expuestos se usan ampliamente en los libros de estadística elemental y avanzada; muchos de ellos pueden tener significados diferentes de acuerdo con el contexto y la técnica estadística que se utilice.

CAPÍTULO 2

Estadísticas paramétricas

Para que un procedimiento estadístico sea paramétrico, se supone que es requisito que la población considerada posea por lo menos una distribución aproximadamente normal y que el nivel de medición de los datos sea de intervalo o razón. Los procedimientos de la estadística inferencial, como las pruebas de hipótesis y estimaciones intervalos de confianza, requieren de muestras probabilísticas. Entre las pruebas paramétricas se encuentra la prueba *t-student*, el análisis de varianza (ANOVA), y el análisis de regresión.

Pruebas de hipótesis

Las pruebas de hipótesis permiten determinar la significancia estadística de los datos recopilados. En otras palabras, se puede saber si los resultados obtenidos fueron producto del azar o del tratamiento experimental aplicado por el investigador. La naturaleza de la dirección de las hipótesis es importante; sin embargo, en este texto se utilizarán hipótesis no direccionales (de dos colas). Para una discusión más detallada acerca de este tema se recomienda consultar el texto de Kerlinger (1986) y Barrientos Valerio (1999 a,b).

El nivel de significancia juega un papel importante en las pruebas de hipótesis, pues permite establecer, a priori, el grado de error que el investigador está dispuesto a aceptar. El nivel de significancia especifica qué tanto riesgo se quiere correr para que las conclusiones sean erróneas (Lin, Burt, y Vaughn, 1976). El nivel de significancia se refiere a una diminuta parte de los extremos o colas de una distribución muestral. Si el valor que se busca se ubica dentro de esa zona, entonces se concluye que no es posible que el evento ocurra debido al azar, por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y; por consiguiente, se acepta la hipótesis alternativa (H_1).

Al nivel de significancia se le denomina alfa (α). Valores $\alpha = 0.05$, ó 5%, son los más utilizados en las ciencias sociales. Así, $\alpha = 0.05$ significa que 95 de cada 100 veces, el valor que se obtenga reflejará el valor verdadero de la población, y que 5 veces de 100 no lo reflejará (habrá un error). Si α es muy alto, por ejemplo en el valor $\alpha = 0.10$, o en $\alpha = 0.20$, hay mayores probabilidades de rechazar H_0 y cometer un error de tipo I. Este error consiste en rechazar una H_0 que es verdadera. Por el contrario, si α es muy bajo, como $\alpha = 0.001$, ó $\alpha = 0.01$, hay mayores posibilidades de cometer un error de tipo II, el cual consiste en aceptar una H_0 que es falsa. En el error de tipo II, llamado beta (β) no se encuentran diferencias, cuando si las hay.

Correlación

El coeficiente de correlación se utiliza para expresar la extensión o grado en el cual pares de variables o conjuntos de variables varían de modo concomitante (Barrientos-Valerio, 1999 a,b). De acuerdo con Kerlinger (1986), existen vanas medidas de relaciones, como por ejemplo el conocido coeficiente de correlación producto momento (*r*), el coeficiente de correlación por orden de rangos o jerarquías (rho, ρ), la medida de distancia (*D*), el coeficiente de contingencia (*C*), y el coeficiente de correlación múltiple (*R*).

El coeficiente de correlación indica la fuerza (magnitud) y la dirección de la relación entre las variables. Generalmente, el valor del coeficiente de correlación varía en el rango de – 1.0 hasta + 1.0, pasando por 0. El valor $r = -1.0$ indica una perfecta relación inversa entre las variables; el valor $r = +1.0$ indica una perfecta relación directa entre las variables; y finalmente, $r = 0$, indica que no existe una relación discernible entre las variables.

Correlación producto momento de Pearson

De acuerdo con Sprinthall (1987), durante la segunda mitad del siglo XIX, el matemático inglés Karl Pearson se mostró impresionado con el hecho de que las personas variaran tan ampliamente en variables como el peso, la estatura, o el tiempo de reacción. Para ese entonces, Pearson era discípulo de Sir Francis Galton, considerado el padre del concepto de las diferencias individuales. Pearson pensó que sería muy útil que las características de los seres humanos pudieran expresarse en términos relativos en lugar de expresarse en términos de medición absolutos. Fue así como desarrolló el coeficiente de correlación conocido como la *r* de Pearson. Este coeficiente de correlación es una denominación numérica para describir la relación entre dos o más variables, aunque también puede usarse para hacer predicciones.

Cuando se ha tomado una muestra aleatoria de una población, se podría determinar si la asociación obtenida entre una variable "X" y una variable "Y" existe en la población y no se debe solamente al error de muestreo o al azar. Para comprobar la significancia de una medida de asociación, usualmente se plantea una hipótesis nula de que no existe correlación en la población:

H_0: $r = 0$
H_1: $r \neq 0$

En donde H_0 es la hipótesis nula, la cual indica que no existe relación entre las variables, es decir, que la relación ocurre al azar. Por su parte H_1, es la hipótesis alternativa o alterna, la cual indica que existe una relación natural verdadera. Por ejemplo, se desea saber si en un grupo de adultos mayores existe una relación entre el número de horas por semana dedicadas a la práctica de actividades físicas y el grado de flexibilidad de la cintura. Para ello, se recopilan los siguientes puntajes (tabla 2):

Tabla 2.
Puntajes brutos para calcular el coeficiente de correlación de Pearson

Participantes (N = 6)	**Número de horas (X)**	**Flexibilidad en cm (Y)**	**X^2**	**Y^2**	**X·Y**
1. Álvaro	2	8	4	64	16
2. Bernal	3	8	9	64	24
3. Carlos	5	10	25	100	50
4. Diego	6	12	36	144	72
5. Efraín	7	13	49	169	91
6. Fernando	9	15	81	225	135
Σ =	32	66	204	766	388

En la tabla anterior el símbolo Σ se refiere a la sumatoria de los puntajes. Ahora, para calcular el coeficiente de correlación producto momento de Pearson, se deben realizar las siguientes operaciones:

Paso 1. Obtener los promedios de "X" y "Y"

$\bar{x}_X = \Sigma X / N$ $\qquad$ $\bar{x}_Y = \Sigma Y / N$

$\bar{x}_X = 32 / 6$ $\qquad$ $\bar{x}_Y = 66 / 6$

$\bar{x}_X = 5.33$ $\qquad$ $\bar{x}_Y = 11$

Paso 2. Obtener las desviaciones estándares de "X" y "Y"

$DS_X = \sqrt{(\Sigma X^2 / N) - \bar{x}_X^2}$

$DS_X = \sqrt{(204 / 6) - 5.33^2}$

$DS_X = \sqrt{34 - 28.41}$

$DS_X = \sqrt{5.59}$

$DS_X = 2.36$

$DS_Y = \sqrt{(\Sigma Y^2 / N) - \bar{x}_Y^2}$

$DS_Y = \sqrt{(766 / 6) - 11^2}$

$DS_Y = \sqrt{127.67 - 121}$

$DS_Y = \sqrt{6.67}$

$DS_Y = 2.58$

Paso 3. Sustituir los valores en la fórmula de correlación

$r = [\Sigma X \cdot Y / N - (\bar{x}_X)(\bar{x}_Y)] / (DS_X)(DS_Y)$

$r = [388 / 6 - (5.33)(11)] / (2.36)(2.58)$

$r = [64.67 - 58.53] / 6.08$

$r = 6.04 / 6.08$

$r = 0.99$

El valor obtenido al resolver la fórmula de correlación $r = 0.99$ se compara con el valor crítico de $r_{vc} = 0.81$ (g.l. = 4, $\alpha = 0.05$) (anexo 2). La toma de decisión es muy simple:

Si $r > r_{vc}$, entonces se rechaza H_0, es decir, se acepta H_1.
Si $r < r_{vc}$, entonces se mantiene H_0.

Paso 4. Interpretación del coeficiente de correlación

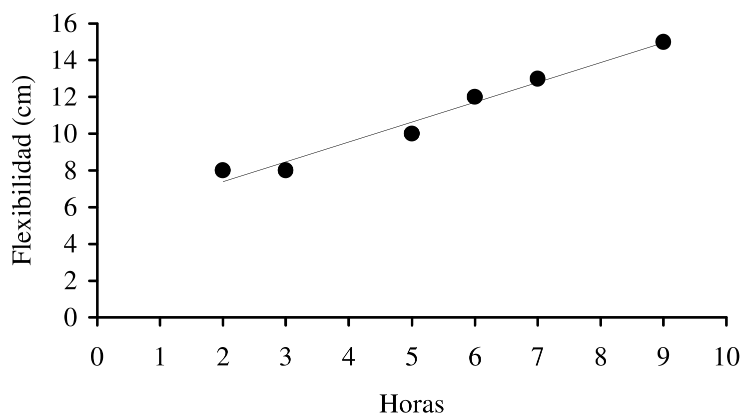
Aunque existen diversas opiniones acerca de la interpretación de los coeficientes de correlación, Safrit (1986), recomienda los siguientes estándares (tabla 2.1.):

Tabla 2.1.
Interpretación del coeficiente de correlación (Safrit, 1986)

r	Estándar
± 0.80 a ± 1.00	Alto (± 1.0, perfecto)
± 0.60 a ± 0.79	Moderadamente alto
± 0.40 a ± 0.59	Moderado
± 0.20 a ± 0.39	Bajo
± 0.00 a ± 0.19	No existe relación

En el ejemplo anterior, se podría afirmar que existe una correlación alta, casi perfecta (r = .99) y significativa ($p < 0.05$), entre el número de horas por semana que un adulto mayor realiza actividad física y el grado de flexibilidad de la cintura. Esta relación podría estudiarse visualmente en el gráfico 2.1. En él se muestran seis puntos, cada uno de ellos corresponde a un sujeto y sus valores en el eje "X" (número de horas) y el eje "Y" (flexibilidad). Si todos los puntos se hubiesen localizado sobre la línea de mejor ajuste, el coeficiente de correlación hubiera sido perfecto (r = 1.0). De esta manera se podría decir que si al graficar una correlación los puntos están muy cercanos a la línea de mejor ajuste, los valores de la correlación serían altos; mientras que si los puntos se alejan de la línea de mejor ajuste, los valores del coeficiente de correlación serían bajos.

Gráfico 2.1.
Diagrama de dispersión



Para Safrit (1986), también existe otra manera de interpretar el coeficiente de correlación, la cual se llama coeficiente de determinación, aquí se calcula al elevar al cuadrado el coeficiente de correlación (r^2). De esta manera se obtiene el porcentaje de varianza que comparten las variables de estudio.

Para el ejemplo, se tiene un $r_{XY}^2 = 98$; es decir, las variables cantidad de horas semanales de actividad física y flexibilidad de la cadera comparten un 98% de la varianza. El resto, es decir, el 2% corresponde a varianza de error. Esta varianza incluye errores sistemáticos en la aplicación de las pruebas, errores de observación y recolección de datos atribuibles, por ejemplo, a los investigadores y a los instrumentos de medición.

Pruebas *t-student*

La prueba *t-student* se deriva de las distribuciones *t* (Hinkle, Wiersma, y Jurs, 1994). Las distribuciones *t* son una familia de distribuciones simétricas con forma de campana (distribución normal). La forma de estas distribuciones cambia conforme cambia el tamaño de la muestra.

Las pruebas *t-student* se pueden usar para comparar diferencias entre los promedios de dos grupos u observaciones (independientes), o para comparar los promedios de dos observaciones (pareadas o apareadas) realizadas a una misma persona. Requisitos de las pruebas *t-student*:

1. Las muestras deben seleccionarse aleatoriamente.
2. La variable dependiente debe estar lo más normalmente distribuida en la población.
3. Las desviaciones estándar de las dos muestras deben ser bastante similares.
4. Los valores de la variable dependiente deben ser medidos al nivel de intervalo o razón.

A continuación se presentan tres tipos de pruebas *t-student*, comúnmente utilizadas en las ciencias del movimiento humano.

Prueba t-student de una muestra contra la población

Se usa cuando se desea comparar estadísticamente el valor promedio de una muestra (n) que conozco (mi muestra), con el valor de una población (N) que todos conocemos o contra un valor estándar definido en la literatura científica. Se le conoce en inglés como *One-sample t-test* y es similar a una prueba *Z*. Algunos ejemplos en los que se podría utilizar esta técnica son los siguientes:

- Un educador desea saber si el promedio en las pruebas de salto vertical obtenido por sus alumnos es diferente al valor establecido por el Ministerio de Educación Pública (MEP).

- Un entrenador está interesado en determinar si el tiempo recorrido por sus atletas en una competencia de 100 metros es estadísticamente diferente de 9.5 segundos (e.g., 9.5 segundos es el tiempo promedio de los mejores corredores del mundo en dicha prueba).

- Un psicólogo deportivo desea saber si el coeficiente emocional de sus atletas es estadísticamente diferente de 7.5 (que sería el estándar, o valor conocido contra el cual lo desea comparar).

- Un fisiólogo del ejercicio desea saber si los valores de colesterol total de un grupo de personas que realizan ejercicio es diferente al valor normal esperado para un adulto (< 200 mg ·dl).

- Un educador desea saber si el promedio de notas de sus alumnos de quinto año en matemática fue diferente al del promedio nacional reportado por el MEP.

- Un investigador desea saber si la prevalencia de casos de cáncer de mama de una región específica del país es diferente a la del promedio nacional.

Las hipótesis se representarían simbólicamente de la siguiente manera:

H_0: μ = valor conocido
H_1: $\mu \neq$ valor conocido

Por otra parte, las hipótesis se podrían redactar de la siguiente manera:

> H_0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre el promedio de puntajes (de la variable dependiente "X") y el valor "Y" (valor conocido contra el que se desea comparar).
> H_1: Existen diferencias estadísticamente significativas entre el promedio de puntajes (de la variable dependiente "X") y el valor "Y" (valor conocido contra el que se desea comparar).

Por ejemplo, se toma un grupo de veinte (n = 20) futbolistas de primera división en Costa Rica y se les pide que ejecuten la prueba de carrera de 1609 metros. Un anotador mide el tiempo en que finalizan la prueba y se los reporta al entrenador. Ahora, el entrenador desea determinar si el puntaje grupal obtenido en la prueba es estadísticamente diferente al puntaje grupal reportado por la mayoría de los equipos de fútbol de la primera división en España, que es de 5.50 minutos). Los resultados de las pruebas de los 20 jugadores aparecen en la tabla 2.2.

Tabla 2.2.
Tiempo de carrera en la prueba de carrera de 1609 metros en futbolistas costarricenses

Jugador N°	Tiempo (min) X	X^2	Jugador N°	Tiempo (min) X	X^2
1	5.30	28.09	11	6.00	36.00
2	5.00	25.00	12	5.00	25.00
3	6.35	40.32	13	4.00	16.00
4	6.40	40.96	14	7.34	53.88
5	7.15	51.12	15	5.15	26.52
6	7.00	49.00	16	6.02	36.24
7	5.00	25.00	17	5.54	30.69
8	4.55	20.70	18	6.30	39.69
9	6.40	40.96	19	8.30	68.89
10	7.30	53.29	20	4.75	55.50

Paso 1. Escribir las hipótesis

Simbólicamente, la hipótesis nula y la hipótesis alternativa se representarían así:

H_0: $\mu = 5.50$
H_1: $\mu \neq 5.50$

Por otra parte, las hipótesis se redactarían así:

H_0: No existen diferencias significativas entre el promedio de puntajes obtenidos en la prueba de carrera de 1609 metros en un equipo de fútbol costarricense y el de los equipos españoles.
H_1: Existen diferencias significativas entre el promedio de puntajes obtenidos en la prueba de carrera de 1609 metros en un equipo de fútbol costarricense y el de los equipos españoles.

Paso 2. Se ejecutan los cálculos preliminares

Parte de los cálculos se observan en la tabla 2.2. Sin embargo, todavía hace falta calcular el promedio y la desviación estándar para el grupo de datos.

$n = 20$
$\Sigma X = 121.55$
$\Sigma X^2 = 762.86$

$\bar{x} = \Sigma X / N$
$\bar{x} = 121.55 / 20$
$\bar{x} = 6.07$

$s^2 = \{\Sigma X^2 - [(\Sigma X)^2 / N]\} / N - 1$
$s^2 = \{762.86 - [(121.55)^2 / 20]\} / 20 - 1$
$s^2 = \{762.86 - [(14774.40 / 20]\} / 19$
$s^2 = \{762.86 - 738.72\} / 19$
$s^2 = 24.14 / 19$
$s^2 = 1.27$

$s = \sqrt{1.27}$
$s = 1.13$

Paso 3. Se establece la zona de rechazo de H_0

Pero antes, se deben obtener los grados de libertad:

g.l. = número de observaciones – 1
g.l. = 20 – 1
g.l. = 19

Posteriormente se establece el nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para una prueba de dos colas. Finalmente, se busca en la tabla de valores críticos para la prueba *t* (anexo 3). Allí se encuentra que $t_{vc} = \pm 2.09$.

Paso 4. Se resuelve la fórmula para la prueba t

$t = (\bar{x} - \mu) / s_{\bar{x}}$

En el ejemplo, el error estándar se calcula así:

$$s_{\bar{x}} = s / \sqrt{N}$$

$$s_{\bar{x}} = 1.13 / \sqrt{20}$$
$$s_{\bar{x}} = 1.13 / 4.47$$
$$s_{\bar{x}} = 0.25$$

Ahora, se puede obtener el valor de *t*:

$$t = (\bar{x} - \mu) / s_{\bar{x}}$$
$$t = (6.07 - 5.50) / 0.25$$
$$t = 0.57 / 0.25$$
$$t = 2.28$$

Paso 5. Se decide si se acepta o se rechaza H_0

La regla de decisión es simple. Si el valor $t > t_{vc}$, entonces se rechaza H_0. Por el contrario, si valor $t < t_{vc}$, se mantiene H_0. En el ejemplo, se tiene:

$t = 2.28$; y $t_{vc} = 2.09$, por lo tanto se rechaza H_0 y se acepta H_1

Paso 6. Se redacta una conclusión

Por medio de la prueba *t-student* de una muestra contra la población, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el promedio de los puntajes obtenidos en la prueba de carrera de 1609 metros de un equipo de fútbol costarricense ($\bar{x}$ = 6.07 minutos) y el de equipos españoles ($\bar{x}$ = 5.50 minutos). En promedio, los jugadores de los equipos españoles corren más rápido que los jugadores de los equipos costarricenses.

Prueba *t-student* para muestras independientes

Para realizar esta prueba es un requisito que las muestras sean independientes. El ejemplo clásico es comparar hombres y mujeres en algún atributo. Para realizar esta comparación se recurre a la prueba *t*-student para muestras o grupos independientes. Se asume que las dos muestran fueron elegidas aleatoriamente de la población; o que si se formaron dos grupos, la asignación de los sujetos a los grupos fue aleatoria. Por otra parte, se asume normalidad en las distribuciones de los puntajes (Sprinthall, 1987).

También se puede estudiar si la respuesta de la variable dependiente (lo que se mide) se debe a un efecto del tratamiento (o falta de tratamiento) y no a otros factores. A la vez, se puede determinar si las diferencias en los valores de la variable dependiente se deben a una característica específica de cada grupo. Por ejemplo:

- Se desea determinar si un medicamento es eficaz para aumentar el peso corporal. Se toma un grupo de personas con bajo peso. Se forman 2 grupos al azar en donde el grupo 1 es el grupo control y se le da un placebo; y al grupo 2 se le suministra el tratamiento.
- Se desea saber si existe diferencia en la fuerza muscular del bíceps braquial entre hombres y mujeres.

La hipótesis nula establece que los promedios de las dos muestras provienen de una misma población, y que por lo tanto cualquier diferencia se debe al azar. Simbólicamente, las hipótesis se representarían así:

H_0: $\mu_1 = \mu_2$
H_1: $\mu_1 \neq \mu_2$

Por ejemplo, se toma un equipo de baloncesto y se compara la potencia de piernas de los jugadores titulares y de los jugadores suplentes. Para ello, el entrenador aplica la prueba de salto vertical de Sargent (Safrit, 1986) y se anota la distancia alcanzada en centímetros (tabla 2.3.).

Tabla 2.3.
Puntajes de potencia de piernas de jugadores de baloncesto

	Titulares (n_1 = 6)		**Suplentes (n_2 = 6)**	
	Potencia (cm)		**Potencia (cm)**	
	X_1	**X_1^2**	**X_2**	**X_2^2**
	13	169	9	81
	11	121	7	49
	11	121	5	25
	10	100	2	4
	9	81	4	16
	8	64	2	4
Σ =	62	656	29	179

Paso 1. Escribir las hipótesis

Simbólicamente, la hipótesis nula y la hipótesis alternativa se representarían así:

H_0: $\mu_{\text{Titulares}} = \mu_{\text{Suplentes}}$
H_1: $\mu_{\text{Titulares}} \neq \mu_{\text{Suplentes}}$

Por otra parte, las hipótesis se redactarían así:

H_0: No existen diferencias significativas en los puntajes promedio de potencia entre los jugadores titulares y los jugadores suplentes.
H_1: Existen diferencias significativas en los puntajes promedio de potencia entre los jugadores titulares y los jugadores suplentes.

Paso 2. Se ejecutan los cálculos

Las sumatorias de los puntajes brutos y elevados al cuadrado se observan en la tabla 2.3. Sin embargo, todavía hace falta calcular el promedio y la desviación estándar para cada grupo:

Promedios

$\bar{x}_1 = \Sigma X / n_1$
$\bar{x}_1 = 62 / 6$
$\bar{x}_1 = 10.33$

$\bar{x}_2 = \Sigma X / n_2$
$\bar{x}_2 = 29 / 6$
$\bar{x}_2 = 4.83$

Desviaciones estándar

$s_1 = \sqrt{\{\Sigma X_1^2 - [(\Sigma X_1)^2 / n_1]\} / n_1 - 1}$

$s_1 = \sqrt{\{656 - [(62)^2 / 6]\} / 6 - 1}$

$s_1 = \sqrt{656 - 640] / 5}$

$s_1 = \sqrt{15.34 / 5}$

$s_1 = 1.75$

$s_2 = \sqrt{\{\Sigma X_2^2 - [(\Sigma X_2)^2 / n_2]\} / n_2 - 1}$

$s_2 = \sqrt{\{179 - [(29)^2 / 6]\} / 6 - 1}$

$s_2 = \sqrt{179 - 140.16 / 5}$

$s_2 = \sqrt{38.84 / 5}$

$s_2 = 2.79$

Ahora se debe obtener el error estándar del promedio para cada grupo:

$s_{\bar{x}_1} = s_1 / \sqrt{n_1}$

$s_{\bar{x}_1} = 1.75 / \sqrt{6}$

$s_{\bar{x}_1} = 1.75 / 2.45$

$s_{\bar{x}_1} = 0.71$

$s_{\bar{x}_2} = s_2 / \sqrt{n_2}$

$s_{\bar{x}_2} = 2.79 / \sqrt{6}$

$s_{\bar{x}_2} = 2.79 / 2.45$

$s_{\bar{x}_2} = 1.14$

Luego, se procede a calcular el error estimado de la diferencia entre ambos grupos combinados:

$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{s^2_{\bar{x}_1} + s^2_{\bar{x}_2}}$

$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{0.71^2 + 1.14^2}$

$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{0.50 + 1.30}$

$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{1.80}$

$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = 1.34$

Nota: se deben usar otras fórmulas cuando se trabaja con grupos integrados por diferente cantidad de sujetos.

Paso 3. Se establece la zona de rechazo de H_0

Pero antes, se deben obtener los grados de libertad:

g.l. = $(N_1 + N_2) - 2$
g.l. = $(6 + 6) - 2$
g.l. = 10

Luego, se establece el nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para una prueba de dos colas. Finalmente, se busca en la tabla de valores críticos para la prueba *t* (anexo 3). Allí se encuentra que $t_{vc} = \pm 2.22$.

Paso 4. Se resuelve la fórmula para la prueba t

$t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$
$t = (10.33 - 4.83) / 1.34$
$t = 5.50 / 1.34$
$t = 4.10$

Paso 5. Se decide si se acepta o se rechaza H_0

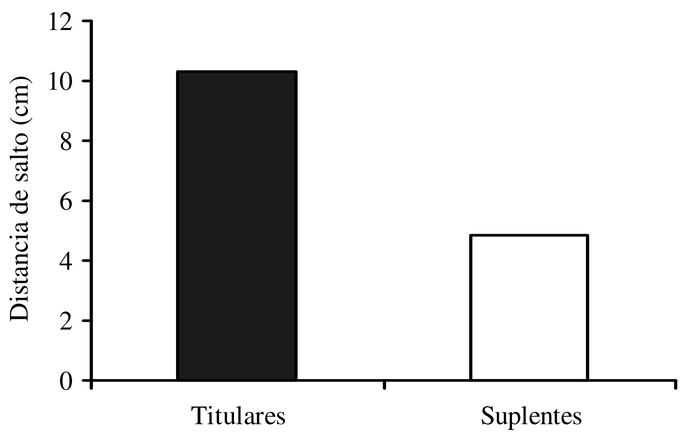
La regla de decisión es simple. Si el valor $t > t_{vc}$, entonces se rechaza H_0. Por el contrario, si el valor $t < t_{vc}$, se mantiene H_0. En el ejemplo, se tiene:

$t = 4.10$; y $t_{vc} = 2.22$, por lo tanto se rechaza H_0 y se acepta H_1.

Paso 6. Se redacta una conclusión

Por medio de una prueba *t-student* para grupos independientes, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el promedio de los puntajes obtenidos en la prueba de potencia de piernas entre los jugadores titulares y los jugadores suplentes. De acuerdo con el análisis se encontró que en promedio, los jugadores titulares saltan más alto ($\bar{x}$ = 10.33 ± 0.71 cm) que los jugadores suplentes ($\bar{x}$ = 4.83 ± 1.14 cm) (gráfico 2.2.).

Gráfico 2.2.
Diferencias en el salto alto en jugadores titulares y suplentes (p < 0.05)



Prueba *t-student* para mediciones repetidas

Para Spatz y Johnston (1989), esta técnica es muy útil para situaciones en que la misma persona ha sido medida en dos ocasiones (e.g., pre-test y post-test). Para analizar los datos se utiliza la prueba *t-student* para mediciones pareadas, apareadas, o dependientes, en la que se asume que los puntajes son dependientes o correlacionados (Sprinthall, 1987), pues pertenecen al mismo sujeto, quien fue medido en dos ocasiones distintas. Para la prueba *t-student* de medidas pareadas se asume normalidad en las distribuciones de puntajes.

Para Hinkle *et al.* (1994), este es un diseño poderoso pues el mismo sujeto sirve como su propio control. A través de este diseño, lo que se pretende es estudiar las variaciones "dentro del mismo individuo" (*within subjects*), en lugar de las diferencias entre todos los individuos (*between subjects*). Seguidamente se presentan algunos ejemplos:

- Se desea determinar si un entrenamiento con pesas es eficaz para aumentar el porcentaje de masa muscular. Se toma un grupo de personas y se les mide el porcentaje de masa muscular. Luego, se les somete a todos a un tratamiento (e.g., entrenamiento) de 5 semanas de duración; al final del cual se les mide nuevamente el porcentaje de masa muscular.
- Se desea estudiar el grado de ansiedad antes y después de una competencia. Para ello, un psicólogo deportivo aplica un cuestionario a varios atletas antes y después de correr la prueba del Maratón de Costa Rica. Nótese que el investigador utiliza únicamente a los mismos atletas que midió antes de la carrera.

Simbólicamente, las hipótesis se representarían así:

$$H_0: \mu_{\text{medición 1}} = \mu_{\text{medición 2}}$$
$$H_1: \mu_{\text{medición 1}} \neq \mu_{\text{medición 2}}$$

Por ejemplo, un investigador desea determinar si el consumo de creatina mejoraría el rendimiento de los ciclistas que participan en carreras en el velódromo del Parque de La Paz. Para ello, toma un grupo de ciclistas con condiciones similares y les pide que recorran 1000 metros lo más rápido posible. El investigador mide los tiempos (en minutos) de los ciclistas en la prueba y les asigna una dieta especial en la que deben consumir 20 gramos de creatina por día, durante 6 días. Una semana después, les pide que realicen la misma prueba y recolecta los tiempos de carrera (tabla 2.4):

Tabla 2.4.
Tiempos (minutos) obtenidos en la carrera de 1000 metros

Participante	Tiempo (minutos) Día 1 (X)	Día 2 (Y)	D	D^2
1	2.14	1.50	.64	.41
2	2.02	1.53	.49	.24
3	2.00	1.34	.66	.44
4	1.55	1.29	.26	.07
5	1.57	1.55	.02	.00
6	1.56	1.45	.11	.01
7	2.10	1.50	.60	.36
8	2.16	2.00	.16	.03
9	1.58	1.24	.34	.12
10	1.45	1.22	.23	.05
Σ =	18.13	14.62	3.51	1.72
$\bar{x}$ =	1.81	1.46		

Paso 1. Escribir las hipótesis

Simbólicamente, la hipótesis nula y la hipótesis alternativa se representarían así:

H_0: $\mu_{antes} = \mu_{después}$
H_1: $\mu_{antes} \neq \mu_{después}$

Por otra parte, las hipótesis se redactarían así:

H_0: No existen diferencias significativas en el promedio de tiempo en la carrera de 1000 metros antes y después de ingerir creatina.
H_1: Existen diferencias significativas en el promedio de tiempo en la carrera de 1000 metros antes y después de ingerir creatina.

Paso 2. Se ejecutan los cálculos

Las sumatorias de los puntajes brutos y elevados al cuadrado se observan en la tabla 2.4. Ahora, se debe calcular el promedio y la desviación estándar:

Promedios:

$\bar{x}_X = \Sigma X / n$
$\bar{x}_X = 18.13 / 10$
$\bar{x}_X = 1.81$

$\bar{x}_Y = \Sigma Y / n$
$\bar{x}_Y = 14.62 / 10$
$\bar{x}_Y = 1.46$

Desviación estándar:

$s_D = \sqrt{[\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2 / N]\} / N - 1}$

$s_D = \sqrt{[1.72 - (3.51)^2 / 10]\} / 10 - 1}$

$s_D = \sqrt{[1.72 - 12.32 / 10]\} / 9}$

$s_D = \sqrt{1.72 - 1.23 / 9}$

$s_D = \sqrt{0.49 / 9}$

$s_D = \sqrt{0.05}$

$s_D = 0.22$

Ahora se obtiene D_p:

$D_p = s_D / \sqrt{N}$

$D_p = 0.22 / \sqrt{10}$

$D_p = 0.22 / 3.16$

$D_p = 0.07$

Paso 3. Se establece la zona de rechazo de H_0

Se deben obtener los grados de libertad:

g.l. = $N_1 - 1$
g.l. = 10 – 1
g.l. = 9

Seguidamente, se establece el nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para una prueba de dos colas. Finalmente, se busca en la tabla de valores críticos para la prueba *t* (anexo 3). Allí se encuentra que $t_{vc} = \pm 2.26$.

Paso 4. Se resuelve la fórmula para la prueba t

$t = (\bar{x}_X - \bar{x}_Y) / s_{Dp}$
$t = 1.81 - 1.46 / 0.07$
$t = 0.35 / 0.07$
$t = 5.0$

Paso 5: Se decide si se acepta o se rechaza H0

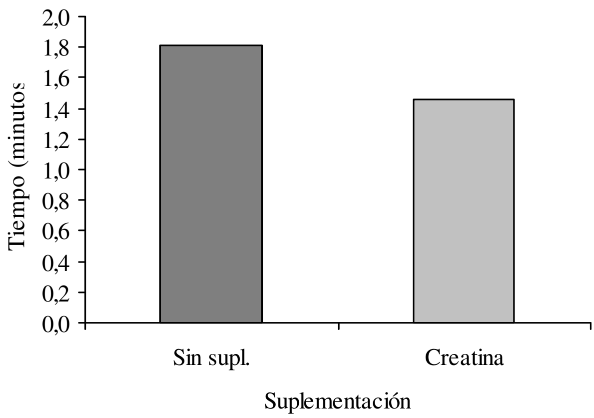
Si el valor $t > t_{vc}$, entonces se rechaza H_0; pero si $t < t_{vc}$, entonces se mantiene H_0. En el ejemplo, se tiene:

$t = 5.0$; y $t_{vc} = 2.26$, por lo tanto se rechaza H_0 y se acepta H_1.

Paso 6: Se redacta una conclusión

Por medio de una prueba *t-student* para observaciones pareadas, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el tiempo promedio de los ciclistas en la carrera de 1000 metros luego de ingerir la creatina. Los ciclistas recorrieron los 1000 metros más rápido ($\bar{x}$ = 1.46 minutos), luego de ingerir creatina comparado a cuando no la tomaron ($\bar{x}$ = 1.81 minutos) (gráfico 2.3.).

Gráfico 2.3.
Diferencias en el tiempo de carrera en ciclistas ($p < 0.05$)



¿Por qué no llevar a cabo múltiples pruebas *t-student* ?

Uno de los errores más frecuentes de algunos estudiantes, es pensar que es correcto realizar múltiples pruebas *t* para comparar más de dos grupos de puntajes. Una de las razones para no llevar a cabo pruebas *t-student* sucesivas es, por ejemplo, si se tuvieran 10 grupos, habría que realizar muchos cálculos, pues habría que comparar al grupo 1 con el grupo 2, al grupo 1 con el grupo 3, y así sucesivamente. Pero tal vez la razón más importante se relaciona con el error alfa (α) (Error tipo I: rechazar una H_0 que es verdadera). Si la H_0 se rechazara muchas veces, como sería el caso de realizar múltiples pruebas *t-student*, los errores alfa se combinarían y producirían un nivel alfa más elevado (inflado).

Por ello, como en el caso del análisis de varianza (ANOVA), es mejor tener una prueba que involucre múltiples comparaciones y permite establecer únicamente un nivel alfa. En otras palabras, es mejor establecer un nivel alfa (e.g., $\alpha = 0.05$) y tomar únicamente una decisión de rechazar la H_0 a ese preciso nivel de significancia. Por ejemplo, si se tuviera que comparar o realizar múltiples pruebas *t-student* para 3 grupos, entonces: p de $\alpha = 1 - (1 - \alpha)^d$, en donde d = número de decisiones o pruebas. Si, por ejemplo, se establece que el $\alpha = 0.05$ y se realizan 3 pruebas o comparaciones, entonces:

$$p \text{ de } 0.05 = 1 - (1 - 0.05)^3 = 1 - .95^3 = 1 - 0.86 = 0.14$$

En este ejemplo, 0.14 sería el verdadero nivel de significancia para rechazar H_0. Es por ello que a continuación se presenta el análisis de varianza (ANOVA), una técnica estadística que debe utilizarse cuando se desea comparar más de dos grupos y no se quiere "inflar" el nivel de significancia.

Acerca del autor

José Moncada Jiménez.

Magister Scientiae (M.Sc.) del programa de Ciencias del Movimiento con énfasis en Fisiología del Ejercicio. Springfield College, Massachusetts, USA. Su experiencia docente en la Escuela de Educación Física y Deportes, y en la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica, tanto en grado como en posgrado incluye los cursos:

- Estadística Básica e Intermedia
- Medición y Evaluación en Educación Física y Deportes
- Investigación en Ciencias Biomédicas
- Fisiología del Ejercicio
- Nutrición y Dietética
- Seminario de Fuerza, Potencia y Velocidad

En Costa Rica se ha desempeñado como asesor de tesis de estudiantes del Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica, y de la Universidad Nacional. Internacionalmente ha sido asesor de tesis en la Universidad Pedagógica Francisco Morazán de Honduras. En Sprinfield College, en Massachussets, USA, laboró como instructor y asistente en los cursos de "Medición y Evaluación en Educación Física", "Aplicaciones computadorizadas en el ambiente clínico", y "Estadística Básica y Métodos de Investigación", pertenecientes al Physical Education Department, Computer Science Department, y The Graduate School, respectivamente.

Este documento tiene como objetivo primordial presentar varias técnicas estadísticas utilizadas en el campo de la investigación del movimiento humano. Se presentan estadísticas de nivel intermedio, de manera detallada y didáctica, por alguien que no es estadístico, características que hacen amena la revisión de su contenido.

La forma ordenada como se presenta cada prueba, el detalle con que se realizan y la buena interpretación de esta, hacen de este un trabajo que servirá como documento de referencia y estudio para los estudiantes de métodos estadísticos, máxime que se hace una presentación y aplicación de un programa estadístico.

EDITORIAL UCR