

## Esenciales de la Estadística: Un Acercamiento Descriptivo

### *(Essentials of Statistics: A Descriptive Approach)*

**Badii, M.H. & A. Guillen\***

**Resumen.** En este trabajo se describen de forma breve y simple las bases fundamentales de la estadística. Se menciona el origen de esta rama de la ciencia y la necesidad de la comprensión de la misma. Se pone un particular énfasis sobre la colección, análisis, síntesis, los métodos estadísticos, las fases de la estadística y el aspecto inferencial de la misma.

**Palabras claves.** Análisis-síntesis, diseño de experimentos, estadística, inferencia, muestreo.

**Abstract.** Simple fundamental basics of statistics are briefly described. The historical origin and the necessity to understand statistics are noted. An especial emphasis is placed upon some aspects such as collection, analysis, synthesis, statistical phases and decision making in dealing with statistics.

**Keywords.** Analysis-synthesis, experimental design, inference, sampling, statistics.

### **Introducción**

La estadística es la ciencia que se trata de *verificar la validez probabilística* de cualquier fenómeno, concepto, proceso, evento o objeto en el espacio y el tiempo. Por tanto, si aceptamos que *el lenguaje universal es la matemática*, debemos también por la misma lógica acordar que *el idioma de la ciencia es la estadística*. La palabra *statistik* proviene de la palabra italiana *statista* que fue utilizada por primera vez por Gottfried Achenwall (1719-1772), un profesor de Marlborough y de Göttingen, y el Dr. E. A. W. Zimmerman introdujo el término *estadística* a Inglaterra. Su uso fue popularizado por sir John Sinclair en su obra *Statistical Account of Scotland* (1791-1799). Sin embargo, mucho antes del siglo XVIII, la gente utilizaba y registraba datos.

La estadística gubernamental oficial es tan vieja como la historia registrada. El viejo testamento contiene varios informes sobre levantamiento de censos. Los Gobiernos de los antiguos Babilonia, Persia, Egipto y Roma reunieron registros detallados sobre la población y recursos. En la edad media, los gobiernos empezaron a registrar la propiedad de la tierra. En el año 762 de nuestra era, Carlomagono pidió la descripción detallada de las propiedades de la Iglesia. A principio del siglo IX terminó la enumeración estadística de los servicios que había en los feudos. Por el año 1806, Guillermo el Conquistador ordenó que se escribiera el *Domesday Book*, un registro de la propiedad, extensión y valor de las tierras de Inglaterra. Este trabajo fue el primer resumen estadístico de Inglaterra. Durante el siglo XVI los

gobiernos inglés y francés empezaron a registrar el número de muertos por el brote de peste, el número de bautismos, defunciones y matrimonios.

La historia del desarrollo de la teoría estadística y su práctica es larga. Sólo hemos empezado a nombrar las personas que hicieron contribuciones significativas al campo. Más adelante encontraremos a otros cuyos nombres están relacionados con leyes y métodos específicos. Mucha gente ha contribuido al estudio de la estadística con refinamientos a innovaciones que, en conjunto, constituyen la base teórica de lo que se va a estudiar en esta obra (Badii & Castillo, 2007, 2009).

El propósito de este trabajo es la identificación de la naturaleza de la estadística, sus objetivos y cómo desempeña un papel importante en las ciencias, en la industria y, finalmente, en nuestra vida cotidiana. En esta investigación describiremos los objetivos de la ciencia estadística. En especial, se identificarán los tipos de problemas que la metodología estadística puede resolver y después explicaremos cómo se puede utilizar éste medio valioso para contestar algunas preguntas de la práctica.

### **La necesidad de la comprensión**

Un banco ha aprendido de la experiencia que existen cuatro factores que influyen en gran medida en la determinación de si un cliente pagará a tiempo el préstamo que se le hizo o si se va a convertir en moroso. Tales factores son:

- El número de años que tenga viviendo en la dirección actual.
- Una antigüedad en su trabajo.
- El hecho de si el cliente es dueño o no de la casa que habita.
- El hecho de que el cliente tenga una cuenta de cheques o de ahorros en el mismo banco.

Desafortunadamente, el banco no conoce el efecto individual que tiene cada uno de tales factores sobre el resultado del préstamo. Sin embargo, posee archivos de computadora con información sobre los clientes y tiene conocimiento, también del resultado de cada préstamo. Una persona física solicita un préstamo vive hace 4 años en su dirección actual, es dueña de la casa, sólo tiene una antigüedad de 3 meses en su trabajo actual y no es cliente del banco. Mediante el uso de estadística, el banco puede calcular la probabilidad de que esta persona pague su préstamo si éste se le otorga. En este ejemplo la estadística es la probabilidad de que la persona pague a tiempo el préstamo. En el planteamiento de diferentes tipos de problemas, cada persona utiliza la palabra de manera correcta. Todos ellos recurren a la estadística para auxiliarse en la *toma decisiones*.

En cierta ocasión, de acuerdo con Levin & Rubin (1996), Benjamin Disraeli hizo la siguiente aseveración: "Existen tres tipos de mentiras, las mentiras ordinarias, las grandes mentiras y las mentiras estadísticas". Este juicio, tremendamente severo, respecto a la estadística, que fue hecha ya hace varios años, se ha vuelto una descripción bastante acertada de muchos de los fracasos estadísticos que encontramos en la vida diaria.

### Significado de los datos

La estadística como campo de estudio, es el arte y la ciencia de dar sentido a los datos numéricos. La décadas de los ochenta y noventa fueron testigo de la creciente toma de conciencia de que el pensamiento estadístico es una de las claves para el desarrollo de la ciencia. Cuando un grupo de investigadores tiene que decidir cómo elaborar un nuevo producto alimenticio, puede guiarse por sus propios gustos e intuición u obtener datos tomados de una encuesta acerca de las preferencias de los consumidores. Cuando los gerentes de personal desean consultar a un asesor en inversiones, lo pueden elegir siguiendo la moda o tomando en consideración los datos relativos a la trayectoria de los candidatos. Obtener y utilizar datos en forma inteligente resuelve muchos problemas. El pensamiento estadístico es indispensable para todos los investigadores, tanto al tratar con las operaciones cotidianas como al buscar oportunidades para mejorar. El pensamiento estadístico abarca los siguientes conceptos:

- Cómo recabar datos provechosamente.
- Cómo dar a los datos en bruto una forma comprensible.
- Cómo utilizar los conceptos de la teoría de la probabilidad para entenderlos.
- Cómo inferir y hacer predicciones con base en la siempre limitada información disponible.
- Cómo utilizar las computadoras modernas en el proceso.

### Colectar y ordenar datos

Hay que conocer y comprender desde el comienzo los siguientes conceptos:

- **Data:** Hechos numéricos sobre cualquier cosa.
- **Información:** Poner los datos en el contexto de interés.
- **Conocimiento:** Proporcionar significado de la información.
- **Sabiduría:** Búsqueda de la propiedad, esencia, relación causa-efecto de los conocimientos.

Los datos son colecciones de cualquier cantidad de observaciones relacionadas. Una colección de datos se conoce como *conjunto de datos*, y una sola observación es *un*

*punto de datos.* Para ser útiles, los datos se deben recopilar y poner a nuestra disposición. La simple decisión de medir y recopilar los datos relevantes es el comienzo indispensable para usarlos en la solución de problemas. En la recopilación de datos el primer paso consiste *en determinar lo que se quiere medir.* A menudo, las variables más fáciles de medir no son las más relevantes para resolver un problema. Por ejemplo, a un productor de plantas de orquídea le gustaría saber cuál es la demanda mensual que tiene la planta. Sería relativamente fácil registrar cada mes las órdenes de compra de dicho producto, pero no es lo mismo que la demanda de los consumidores. Se debe recalcar que puede suceder que algunos clientes quieran comprar la planta pero no la encuentren en existencia cuando van a los viveros. Sería mejor obtener información no sólo sobre las órdenes de compra, sino también sobre las existencias en los viveros. Precisar un poco el problema ayuda a determinar los datos que se deben reunir y cuáles son las variables importantes, no las más fáciles de medir.

*La segunda decisión tiene que ver con la forma en que se obtiene la información.* Con frecuencia los datos pueden recopilar en el trabajo; si se establece algún plan, la información acerca de la producción de plantas (por ejemplo) se puede registrar y hacer accesible como parte de la operación cotidiana. Otras veces, los datos se deben buscar deliberadamente.

*Un paso importante en la obtención de datos es el muestreo.* Un grupo de estudiantes dedicados a la investigación sobre la dinámica de dengue que examina la incidencia de la enfermedad en diferentes comunidades de una ciudad no puede, en realidad, entrevistar a todos los habitantes de la ciudad, y por tanto, inevitablemente, los datos se obtienen de una muestra limitada de éstos.

*Otra forma de recopilar datos es la experimentación.* Los experimentos diseñados son un factor clave en la tendencia actual para mejorar la calidad de los productos y de los procesos, y no se limitan al laboratorio. En otras palabras, prácticamente, se puede experimentar con todos productos o proceso que sea parte de una investigación científica y tecnológica.

### **Síntesis de los datos**

Los datos en bruto, las largas listas de números, no son de mucha utilidad por si solo. Se les debe *sintetizar o resumir de manera que se les pueda entender y utilizar.* Lo más importante y lo primero que hay que hacer para resumir los datos es presentarlos en forma de tabular o de manera gráfica. Algunas gráficas y diagramas relativamente simples pueden hacer obvios algunos aspectos sumamente importantes de los datos. El siguiente paso al analizar los datos consiste, por lo general, en *el determinar*

*estimaciones o el encontrar un valor en ciertos sentido típico o promedio.* La mayoría de las personas, tengan o no una preparación en estadística, tienen una idea razonable de lo que significa la palabra “*promedio*”. No obstante, incluso una noción tan simple requiere de alguna consideración. Por ejemplo, la media de las alturas de una especie animal difiere de la mediana de las mismas alturas. Medio y mediana son conceptos diferentes del “*promedio*”. Es más, puede que el promedio no sea el estadístico más importante de una variable. En estadística la idea de *variabilidad* o *dispersión* es por lo menos tan importante como la de *promedio*. De hecho, entender la variabilidad puede ser el beneficio más importante que uno recibe del estudio de la estadística.

Un último paso al resumir los datos consiste en *determinar cualquiera formas o patrones que éstos presenten.* Queremos buscar las “*asimetrías*” en ellos y los valores “*atípicos*”; valores poco usuales, “*rarezas*” que difieren considerablemente de la mayoría de los datos. La *asimetría* puede distorsionar los estadísticos que resumen los datos. Por ejemplo, un diagrama que presente la riqueza faunística en comunidades de zonas áridas, no será simétrico; la mayor parte de las comunidades tendrá un valor muy pequeño, otros tendrán valores moderadamente grandes y puede existir algunos que cuentan con valores grandes. Si no tomamos esto en cuenta y sólo consideramos el promedio de la riqueza, nuestra apreciación será errónea. Los valores *atípicos* también distorsionan los promedios. Es más, los valores atípicos pueden indicar casos peculiares.

Las síntesis de datos pueden ayudar a los investigadores de tomar decisiones a hacer suposiciones bien pensadas acerca de las *causas* y, por tanto, de los *efectos* probables de ciertas características en situaciones determinadas. Antes de depositar nuestra confianza en cualquier conjunto de datos interpretados, ya vengan éstos de una computadora o no, debemos probarlo mediante las siguientes preguntas:

- ¿De dónde vienen los datos? ¿La fuente es parcial?, es decir, ¿Es posible que haya un interés en proporcionar datos que conduzcan a una cierta conclusión más que otras?
- ¿Los datos comprueban o contradicen otras evidencias que se poseen?
- ¿Hace falta alguna evidencia cuya ausencia podría ocasionar que se llegue a una conclusión diferente?
- ¿Cuántas observaciones se tienen? ¿Representan a todos los grupos que se desea estudiar?
- ¿La conclusión es lógica? ¿Se ha llegado a conclusiones que nuestros datos no confirman?
- ¿Vale la pena usar los datos o debemos esperarlos y recabar más información antes de actuar?

## **Búsqueda de un patrón significativo en los datos**

Existen muchas formas de organizar los datos. Podemos sólo coleccionarlos y mantenerlos en orden; o si las observaciones están hechas con números, entonces podemos hacer una lista de los puntos de datos de menor a mayor según su valor numérico. Pero si los datos son trabajadores especializados de una construcción; o los distintos tipos de automóviles que ensamblan todos los fabricantes; o los diferentes colores de suéteres fabricados por una empresa dada, debemos organizarlos de manera distinta. Necesitaremos presentar los puntos de datos en orden alfabético o mediante algún principio de organización. Una forma común de organizar los datos consiste en dividirlos en categorías o clases parecidas y luego contar el número de observaciones que quedan dentro de cada categoría. Este método produce una *distribución de frecuencias*.

El objetivo de organizar los datos es permitirnos ver rápidamente algunas de las características de los datos que hemos recogido. Buscamos cosas como el *alcance* (los valores mayor y menor), *patrones* evidentes, el *promedio*, es decir, alrededor de qué valores tienden a agruparse los datos, qué valores aparecen con más frecuencia (la *moda*), etc. Cuanta más información de este tipo podamos obtener de nuestra muestra, mejor será el entendimiento de la población de la cual proviene, y mejor será nuestra toma de decisiones.

## **Fases de la estadística**

La estadística es un área de la ciencia que se ocupa del diseño de experimentos o de métodos de muestreo, del análisis de datos y de obtener inferencias acerca de una población de mediciones a partir de la información contenida en una muestra, en resumen, esta ciencia se encarga de las nociones y validaciones probabilísticas. La estadística se ocupa del desarrollo y aplicación de procedimientos para el diseño, el análisis y la realización de inferencias que darán la mejor información a un costo mínimo. También se puede definir la estadística como una herramienta aplicada a la descripción de conjunto de datos para resolver problemas mediante el análisis de datos, extraer información de un gran cúmulo de datos, la estadística además estudia la estructura de la disciplina de los "métodos estadísticos y de sus características históricas".

La estadística es una rama de las matemáticas aplicada para los profesionales. La estadística aplicada con frecuencia recurre a la intuición, la aritmética, y al álgebra elemental. Los científicos aplican diferentes técnicas estadísticas a virtualmente todas las ramas de la ciencia. Estas técnicas son tan diversas que los estadísticos, por lo

general, las dividen en dos grandes categorías: *estadística descriptiva* y *estadística inferencial*.

La *estadística descriptiva* dedicada a llevar registros ordenados de datos del estado, sirve como una herramienta o instrumento para tabular, representar, describir o resumir una serie de datos o elementos que pueden ser cuantitativos o cualitativos (el procesamiento de un conglomerado de datos mediante el muestreo representativo). Por ejemplo, un profesor desea calcular la calificación promedio de un grupo de la materia de la administración. Como la estadística describe el desempeño del grupo pero no hace ninguna generalización acerca de los diferentes grupos, podemos decir que el profesor está utilizando *estadística descriptiva*.

Supongamos ahora que el profesor decide de utilizar el promedio de calificación obtenido por uno de sus grupos para estimar la calificación promedio de las diez unidades del mismo curso de la administración. El proceso de estimación de tal promedio sería un problema concerniente a la *estadística inferencial*. Los estadísticos se refirieren también a esta rama como *inferencia estadística*. Obviamente, cualquier conclusión a la que llegue el profesor sobre diez unidades del curso estará basada en una generalización que va más allá de los datos del grupo original de la materia, y éste puede no ser completamente válida, de modo que el profesor debe establecer cual será la probabilidad de que la inferencia sea cierta.

De manera similar, la inferencia estadística implica generalizaciones y afirmaciones con respecto a la *probabilidad* de su validez. Con base a este ejemplo se puede definir que la *estadística inferencial* como un cuerpo uniforme de técnicas esta diseñada para resolver otro tipo de problemas tentativa de inferir propiedades de grandes números de datos mediante el análisis de muestreo de muy difícil solución por la mente humana no educada matemáticamente, y sirve para dar información de la que se puede sacar conclusiones acerca de un grupo grande de elementos mediante el análisis de muestreo.

La *estadística inferencial* esta basada fundamentalmente, sobre las *nociones de las probabilidades y diseños experimentales* que ambos se relacionan esencialmente en la comprensión de la teoría de probabilidades.

Los métodos y las técnicas de la inferencia estadística se pueden utilizar también en una rama de la estadística que se conoce como *teoría de decisiones*. El conocimiento de teoría de decisiones es muy útil para los científicos, ya que se le usa para tomar decisiones en condiciones de incertidumbre, cuando por ejemplo, un fabricante de aparatos de sonido no puede especificar precisamente la demanda de sus productos o

cuando en una escuela se deben asignar grupos y crear horarios sin tener el conocimiento preciso del número de estudiantes que entrarán al primer grado.

### **Diseños de experimentos y métodos estadísticos**

El segundo elemento de un problema estadístico es la decisión de *cómo se seleccionará la muestra*. Este elemento, llamado *diseño del experimento o procedimiento de muestreo*, es significativo porque los datos cuestan dinero y tiempo. Un buen diseño de muestreo puede reducir, a veces, los costos de la recopilación de datos hasta en una décima parte, o hasta un centésimo del costo de otro tipo de diseño muestral (Badii et al., 2007).

*Diseños del experimento* es la tercera rama de los *métodos estadísticos* desarrollada para determinar y confirmar relaciones causales entre las variables en estudio, mediante la utilización de métodos apropiados de análisis de datos para extraer la información deseada a partir de ellos, no importa cuanta información contengan acerca de la cuestión práctica. La causa es lo que interesa a los investigadores y a los científicos como conceptos administrativos, finanzas, economías que son importantes en el diseño estadístico para el estudio de dichas relaciones.

El cuarto elemento de un problema estadístico es el *uso de los datos muestrales para formular una inferencia acerca de la población*. Para dicha inferencia pueden utilizarse muchos procedimientos para hacer una estimación o tomar una decisión respecto a alguna característica de una población o para predecir el valor de algún elemento de la misma.

El elemento final de un problema estadístico identifica lo que es probablemente la contribución más importante de la estadística a la confiabilidad de las inferencias para su realización. En resumen, un problema estadístico consta de lo siguiente:

- Una *definición clara del objetivo del experimento y de la población del interés*.
- El *diseño del experimento* o del *procedimiento de muestreo*.
- La *colección y el análisis de los datos*.
- El procedimiento para formular *inferencias acerca de la población* con base en la información muestral.
- La obtención de una medida de la *bondad o confiabilidad de la inferencia*.

Cabe mencionar que los pasos en la resolución de un problema estadístico son secuenciales; es decir, se tiene que identificar primero la población de interés y planear cómo se reunirán los datos antes de poder recopilarlos y analizarlos. Todas

estas operaciones tienen que proceder a la última meta, la realización de inferencias acerca de la población basada en la información contenida en la muestra.

### **Estadística aplicada e inferencial**

La estadística es un área de la ciencia que se ocupa de la extracción de información a partir de datos numéricos y su uso en las inferencias acerca de una población de la cual se obtienen los datos. En algunos aspectos el estadístico cuantifica la información y estudia varios diseños y procedimientos de muestreo, buscando el procedimiento que conduzca una cantidad especificada de información en un caso dado a un costo mínimo. Por lo tanto, una gran contribución de la estadística reside en el diseño de los experimentos y encuestas, reduciendo así el costo y su tamaño. La segunda gran contribución es la realización de las propias inferencias. El estadístico estudia varios procedimientos inferenciales, buscando el mejor proceso estimador o para la toma de decisiones en un caso dado. Más importante aún, el estadístico proporciona información acerca de la bondad del procedimiento inferencial. Cuando se predice, convendría saber algo respecto al error de la predicción. Si tomamos una decisión, se desea conocer la probabilidad de que tal decisión sea correcta. Los sistemas humanos internos de predicción y toma de decisiones no proporcionan respuestas inmediatas a estas preguntas tan importantes. Se puede evaluarlas solamente mediante observación sobre un periodo largo de tiempo. Por lo contrario, los procedimientos estadísticos sí dan respuestas a estas preguntas. De esta manera, La estadística permite obtener inferencias a partir de los datos muestrales y evaluar la exactitud de dichas inferencias; esta información será muy útil al tomar decisiones en campo de los negocios o la administración.

### **Inferir de los datos**

En términos generales, es difícil obtener una infinidad de datos sobre un proceso de producción. Al usar los datos, un gerente ha de inferir algunas características de la población subyacente o del proceso industrial basándose en la limitada información con que cuenta. Nunca podremos estar seguros de que la inferencia es absolutamente correcta. Por consiguiente, quienes utilizan los datos deberán considerar que casi siempre hay un cierto grado de incertidumbre.

La teoría estadística se vale de los resultados de la probabilidad para determinar la incertidumbre o grado de error probable de una inferencia. Por ejemplo, se puede llevar a cabo un proceso de producción de 1000 tarjetas para la computadora, bajo ciertas condiciones, y encontrar la proporción de tarjetas que necesitan ser reelaboradas, digamos el 18%. ¿Cuál es el grado de error probable de esta estimación? ¿Es el 1%? ¿Es el 10%? Si se duplica la muestra a 2000 tarjetas, ¿se reduce el grado de

error probable a la mitad? Para contestar a estas preguntas necesitamos recurrir a la teoría de la inferencia estadística.

## **Definiciones estadísticas esenciales**

De manera breve se definen algunos puntos de suma relevancia con respecto al uso de la estadística en la investigación científica (Badii et al., 2004, Badii & Castillo, 2007).

- 1. Método.** Un serie de pasos para obtener un fin.
- 2. Técnica.** Un conjunto de acciones realizadas en base al conocimiento para generar objetos, programas, formularios, etc. De una manera más simple la técnica significa un procedimiento para obtener un objetivo práctico.
- 3. Práctica.** Se trata de una técnica o un método repetitivo que por consecuencia convierte a la persona como un experto de la técnica o método practicado.
- 4. Investigación.** Un estudio organizado y sistematizado que basado en la experimentación genera un nuevo descubrimiento o verifica la validez de los descubrimientos anteriores.
- 5. Experimento.** Un procedimiento que basado en el control de las condiciones permite verificar (apoyar, rechazar o modificar) una hipótesis. Un experimento puede ser considerado como una pregunta que detectará nuevos hechos, confirmará los resultados de ensayos anteriores y dará recomendaciones de aplicación práctica (Badii et al., 2004).
- 6. Unidad experimental.** La unidad material del experimento al cual se aplica el experimento.
- 7. Control de las condiciones.** Se trata de controlar aquellas condiciones externos a las unidades experimentales que pueden ocasionar variación o ruido en los resultados del experimento.
- 8. Tratamiento.** La condición específica del experimento bajo del cual está sujeto la unidad experimental. Es una de las formas que (en cantidad y calidad) el factor a estudiar toma durante el experimento. Por ejemplo, si el factor a estudiar es la cantidad de fósforo, cada una de las dosis de fósforo aplicados durante el experimento es un tratamiento. Los tratamientos a estudiar durante un experimento pueden ser una combinación de varios factores simples: si quiere estudiarse la

cantidad de proteína y energía digestible requeridos para la engorda de corderos, se puede considerar tratamientos simples como 14% de proteína en la dieta y 2.4 mili calorías de energía digestible por kg de alimento. Otro ejemplo sería que el productor de detergentes puede establecer como tratamiento el tipo de agua (dura o suave), la temperatura del agua, la duración de lavado, la marca y tipo de lavadora. En estudios sociológicos y psicológicos, los tratamientos se pueden referir a edad, sexo, grado de educación, religión y otros (Badii & Castillo, 2007).

**9. Testigo (control).** Es un tratamiento que se compara. Si a varios grupos de alumnos se les administran una nueva técnica de enseñanza, pero no a un grupo testigo (control), el análisis estadístico dará información acerca del aumento del aprendizaje de los estudiantes que recibieron la técnica nueva comparados con los que no la recibieron.

**10. Repetición.** Cuando en un experimento se tiene un conjunto de tratamientos para poder estimar el error experimental, es necesario que dichos tratamientos aparezcan más de una vez en el experimento, para así aumentar la precisión de éste, controlar el error experimental y disminuir la desviación estándar de la media. Por tanto, repetición es el número de veces que un tratamiento aparece en el experimento (Padrón Corral, 1996, Badii et al., 2004, Badii & Castillo, 2007).

**11. Variable.** Una característica medible de la unidad experimental. No todas las características de las unidades experimentales se pueden medir con la misma variable y por ende, hay varias escalas de variables.

**11.1 Escala nominal.** Se trata de nombrar las unidades experimentales y sirve para ver si dos unidades experimentales son iguales o no.

**11.2 Escala ordinal.** Se trata de organizar las unidades experimentales en orden de magnitud, entonces, aquí no solamente se define si existe igualdad entre las unidades experimentales, sino también, qué relación en término de magnitud tienen la una con la otra.

**11.3 Escala razón.** Esta escala se utiliza cuando existen dos rasgos siguientes. **1.** Entre dos valores adyacentes de la variable hay una distancia constante, **2.** Existe un cero verdadero. Un ejemplo de la escala razón sería el número de las hojas de una planta o el número de los descendientes de un organismo.

**11.4 Escala intervalo.** En comparación con la escala anterior, en esta escala existen los siguientes rasgos. **1.** Entre dos valores adyacentes de la variable

hay una distancia constante. **2.** No existe un cero verdadero. Un ejemplo de la escala razón sería la hora (el cero es la 12 de media noche seleccionada en base a un convenio) o la temperatura en grados Celsius, en donde el cero está basado en el congelamiento del agua que también su origen está en base a un convenio. Cabe mencionar que se puede usar la escala nominal u ordinal en lugar de las dos escalas de razón o intervalo, sin embargo, al hacer esto, se pierde información ya que las dos primeras escalas miden las variables en forma más aproximada en lugar de manera precisa. Cada uno de las dos escalas de razón e intervalo pueden presentarse en las dos formas siguientes.

**11.5 Escala discreta.** En este caso, entre dos valores adyacentes de la variable solamente puede ocurrir un solo valor íntegro, un ejemplo sería el caso de los dedos del hombre, el número de las plantas, etc.

**11.6 Escala continua.** En este caso, entre dos valores adyacentes de la variable puede ocurrir un infinito número de valores, un ejemplo sería el caso de la altura o el peso de los objetos. Aquí lo que determina la cantidad de los valores posibles será la precisión del instrumento que se utiliza para la medición de la variable.

**12. Población.** Un conjunto *total* de las observaciones o mediciones o individuos que uno desea estudiar.

**13. Muestra.** Es un segmento (por definición pequeño) tomada de la población basado en ciertos criterios, para poder representar la población.

**14. Parámetro.** Es la variable de la población.

**15. Estimación o estadística.** Es la variable de la muestra.

**16. Rasgos de una buena estimación. 1.** No tener *sesgo*, donde el sesgo significa la diferencia entre el parámetro y la estimación. **2.** Tener alto grado de *precisión*, donde la precisión indica el grado de la similitud o la cercanía entre varias estimaciones derivadas de diferentes muestras tomadas de la misma población. La precisión se mide por medio de la varianza o desviación estándar o el error estándar de la muestra. **3.** Poseer alto nivel de *exactitud*, donde la exactitud significa la diferencia estandarizada entre una observación y el parámetro y se la mide por medio del cuadrado medio del término de residual o error experimental.

**17. Estimador.** Una expresión matemática que nos permite cuantificar la estimación.

**18. Modelo.** Es un conjunto de supuestos acerca del proceso que se está estudiando. Un modelo es una abstracción del mundo real. Se usa el modelo para reflejar y por ende predecir el mundo y se mide el poder de un modelo en base al grado de la cercanía con lo manifiesto en el mundo real.

**19. Error experimental.** Dos unidades experimentales en el mundo natural o social (seres vivos, conceptos sociales, psicológicos, etc.) nunca son exactamente (100%) lo mismos. Esta diferencia se debe a dos factores: **a.** elementos genéticos, y **b.** elementos ambientales. Aún cuando estas unidades sean dos hermanos gemelos siempre surge diferencia debido al factor ambiental. A esta diferencia innata que existe entre las unidades experimentales se le denominan el error experimental o la variabilidad desconocida.

**20. Tipos de errores.** Existen dos tipos de errores. **a.** Error tipo **I** ( $\alpha$ ) que significa el rechazar una hipótesis correcta. **b.** Error tipo **II** ( $\beta$ ) significa apoyar una hipótesis falsa. Cuando se efectúa una prueba de hipótesis, puede acontecer uno de los siguientes errores (Badii et al., 2004).

Decisión	Hipótesis	
	Cierto	Falso
Rechazar	C1 tipo I ( $\alpha$ ) Error	C2 No error (poder estadístico)
Aceptar	C3 No error (intervalo de confianza)	C4 Error tipo II ( $\beta$ )

Es lógico pensar que si se encuentra en la segundo (C2) o en la tercera (C3) celda estará en lo correcto, pero si se está en la primera (C1) o la cuarta (C4) celda estará en error. Al caso 1 comúnmente se le conoce como Error tipo I, y la probabilidad de su ocurrencia, denotada por  $\alpha$ , generalmente es fijada por el investigador, en base a su experiencia o a los antecedentes que existan al respecto en su investigación. El caso 4 o Error tipo II, cuya probabilidad es denotada por  $\beta$  no puede fijarse directamente por el investigador, pero puede reducirla disminuyendo el llamado error experimental al evitar manejos inadecuados y diferentes entre las unidades experimentales, además de que dicho error  $\beta$  está en función del tamaño de la muestra y del valor de  $\alpha$ , para cada juego de hipótesis que se deseen probar. A la probabilidad de encontrarse en la tercera celda de los cuatro, se le denomina *confianza de la prueba*, y es igual a  $1 - \alpha$ , y a la probabilidad de estar en la segundo celda se le conoce como la potencia o el *poder de la prueba*, y es igual a  $1 - \beta$  y que normalmente, se fija a 0.10. En toda prueba se puede y se debe fijar de antemano la

confianza que se exige, antes de ver los datos, para no tener prejuicio. Los niveles convencionalmente más utilizados de confianza son el 0.95 y 0.99, aunque en realidad no debe de tomarse esto como una regla fija y necesaria, ya que el investigador debe estar siempre libre de presiones y utilizar mejor su criterio, su experiencia personal y la experiencia de otros investigadores que hayan llevado a cabo trabajos relacionados con el área específica de investigación (Badii et al., 2004).

**21. Diseño experimental (D. Exp.).** Es un esquema para realizar un experimento. Los objetivos de un diseño experimental son los siguientes. **1.** Verificar si la diferencia entre los tratamientos es una diferencia verdadera o se debe a un proceso al azar, **2.** Establecer tendencias entre las variables. D. Exp. es el procedimiento que se sigue para asignar los tratamientos a las unidades experimentales. En un método aleatorio (asignación al azar), se asigna el tratamiento a cada unidad experimental mediante un sorteo o por medio de una tabla de números aleatorios (Badii et al., 2007a). Existen diferentes tipos de diseños experimentales basado en algunas características. En la Tabla 1 se mencionan dos tipos clásicos de diseños experimentales.

**22. Rasgos universales del diseño experimental.** **1.** La selección aleatoria de las unidades experimentales. Esto evita el sesgo del muestreo. **2.** El número de las repeticiones: Esto permite la cuantificación del error experimental. **3.** El control local de las condiciones. Esto ayuda a la reducción del error experimental. Cabe mencionar que todos los diseños experimentales deben poseer estos tres rasgos.

**23. Bloque.** Es un conjunto de unidades experimentales lo más homogéneas posibles, en el cual aparecen todos los tratamientos una sola vez; dicho bloque se debe colocar perpendicular al gradiente para tratar de minimizar el error existente y descubierta (Morris, 1999, Badii et al., 2007a).

**24. Ciencia estadística.** Se trata de evaluar la validez probabilística de los eventos, sujetos, procesos o fenómenos. Para poder realizar esta misión, la ciencia estadística consta de dos etapas. **1.** La estadística descriptiva (deductiva): se trata de: **a.** coleccionar o muestrear datos, **b.** organizar los datos de una forma por ejemplo, ascendente o descendente, y **c.** presentar los datos en tablas, figuras, etc. Hasta este punto todo lo que hace la estadística es describir o deducir el mundo bajo estudio. **2.** La estadística inferencial (inductiva): incluye: **a.** análisis (hacer estimación) y validación de los resultados, **b.** interpretación de los resultados, es decir, dar significado real a los datos analizados, y **c.** publicar los resultados (Badii et al., 2004). Es obvio que esta etapa de la ciencia de estadística nos lleva hacia la toma de decisión y conclusiones o inducción.

Tabla 1. Diseños experimentales de uso común (Badii et al., 2004).

Nombre del diseño	Rasgos	Ventajas	Eficiencia
<i>Diseño Completamente al azar</i> (Badii et al., 2007b)	Un factor y cero gradiente de variabilidad	1. fácil de diseñar 2. fácil de analizar 3. diferentes # de repeticiones 4. máximo g.l. para el error	100%
<i>Diseño de Bloques al azar</i> (Badii et al., 2007a)	Un factor y un gradiente de variabilidad	1. reduce la varianza de error 2. fácil de analizar 3. más flexibilidad 4. más precisión	167%
<i>Diseño de Cuadro Latino</i> (Badii et al., 2007a)	Un factor y 2 gradientes de variabilidad	1. reduce la varianza de error 2. fácil de analizar 3. más flexibilidad 4. más precisión	222%
(a) <i>Diseño factorial</i> : asignación al azar de unidades experimentales  (b) <i>Parcelas divididas</i> : sin asignación al azar de las unidades experimentales (Badii et al., 2007a)	Más de un factor y diferentes niveles para cada factor	1. más económico 2. medir las interacciones	288%
<b>Diseños multivariados (alto número de variables, Badii et al., 2004)</b>			
1. <i>Análisis de Componentes Principales</i>		1. Provee ordenación y el perfil jerárquica	
2. <i>Análisis Factor</i>		1. Reducir el número de las variables para el análisis	
3. <i>Análisis Discriminante</i> (Badii et al., 2007d)		1. Agrupar en base a la diferencia  2. Más riguroso con los supuestos de la normalidad	
4. <i>Análisis Cluster</i> (Badii et al., 2007c)		1. Agrupar en base a la similitud  2. Más robusto con los supuestos de la normalidad	
5. <i>LISREL</i> (LINEAR Structured RELationship) (Rositas et al., 2007), <i>EQ</i> , <i>AMOS</i> , <i>PLS Graph</i> , <i>SMART PLS</i>		1. Busca linealizar las interrelaciones entre las variables 2. Intercambia las variables independientes a las dependientes y vice versa	
6. <i>Correlación Canónica</i>		1. Interrelación entre gran número de variables	

**24.1 Estadística descriptiva (deductiva):** La estadística descriptiva analiza cualquier tratamiento de datos numéricos que encierre generalizaciones; además, agrupa todas aquellas técnicas asociadas con el tratamiento o procesamiento de conjuntos de datos y su objetivo es caracterizar conjuntos de datos numéricos para poner de manifiesto las propiedades de estos conjuntos lo cual se puede lograr de forma gráfica o analítica. La estadística descriptiva se ocupa de recoger, ordenar y clasificar los datos de interés mediante su obtención y análisis en una muestra de la población

considerada. La primera operación consiste en la compilación de datos, que supone la realización de observaciones y mediciones o, en ciertos casos, de encuestas. Una vez recogidos, los datos deben ser elaborados, de tal modo que sea cómodo trabajar con ellos (Badii et al., 2004). Sin embargo, para entender la estadística descriptiva es necesario conocer algunos términos y conceptos básicos relacionados con esta rama de la ciencia estadística.

**24.2. Población.** Es cualquier grupo completo, ya sea de personas, animales o cosas. Es la totalidad de elementos o cosas bajo consideración. La población se refiere a un grupo finito de elementos. Elementos de una población: son las unidades individuales que constituyen o conforman una población.

**24.3. Muestra.** Es una porción de la población que se selecciona para fines de análisis, siempre debe de ser representativa de la población (Badii et al., 2000a).

**24.4. Parámetro.** Es una medida de resumen que se calcula con el propósito de describir alguna característica de la población.

**24.5. Estadísticas o estimaciones.** Son medidas de resumen que se calculan con el propósito de describir algunas características de una muestra (Ostle, 1986, Badii et al., 2004).

**25. Datos estadísticos.** Los datos estadísticos han sido generalmente usados por los gobiernos organizados como forma de ayudar a la toma de decisiones en la administración del estado. Los datos estadísticos son concisos, específicos y capaces de ser analizados objetivamente por diferentes procedimientos. En función de sus características, los datos se clasifican en cuantitativos y cualitativos; siendo los cuantitativos la base fundamental de estudio de la estadística. El uso de la computadora ha hecho posible que los gobiernos, las empresas y otras organizaciones almacenen y procesen grandes cantidades de datos.

Se obtienen mediante un proceso que incluye la observación de conceptos, como, calificaciones de exámenes, ingresos anuales de una ciudad, temperatura diaria durante todo el año de una comunidad, velocidad de circulación de los vehículos por una autopista, etc. Estos conceptos reciben el nombre de variables, ya que producen una serie de valores que tienden a mostrar cierto grado de variabilidad, al realizarse un conjunto de mediciones de manera sucesiva (Spiegel, 1991, Badii et al., 2004). A continuación se presentan diferentes tipos de datos estadísticos.

**25.1. Datos de características cuantitativas.** Son aquellos que se pueden expresar numéricamente y se obtienen a través de mediciones y conteos. Un dato cuantitativo se puede encontrar en cualquier disciplina; psicología, contabilidad, economía, publicidad, etc. Los datos de características cuantitativas se clasifican de siguiente manera.

**Variables continuas.** Es cuando los datos estadísticos se generan a través de un proceso de medición se dice que estos son datos continuos; son aquellas que aceptan valores en cualquier punto fraccionario de un determinado intervalo, o sea, que aceptan fraccionamiento en un determinado intervalo.

**Variables discretas.** Se generan a través de un proceso de conteo. Son aquellas que no aceptan valores en puntos fraccionarios dentro de un determinado intervalo.

**25.2. Datos de características cualitativas.** Los datos de características cualitativas son aquellos que no se pueden expresar numéricamente. Estos datos se deben convertir a valores numéricos antes de que se trabaje con ellos. Los datos de características cualitativas se clasifican de la siguiente forma.

**Datos nominales.** Comprenden categorías, como el sexo, carrera de estudio, material de los pisos, calificaciones, etc. Las características mencionadas no son numéricas por su naturaleza, pero cuando se aplican, ya sea en una población o una muestra, es posible asignar a cada elemento una categoría y contar el número que corresponde a cada elemento. De esta manera estas características se convierten en numéricas.

**Datos jerarquizados.** Es un tipo de datos de características cualitativas que se refiere a las evaluaciones subjetivas cuando los conceptos se jerarquizan según la preferencia o logro. Las posiciones de una competencia de atletismo se jerarquizan en primer lugar, segundo lugar, tercer lugar, etc. Tanto los datos nominales como los jerarquizados, que por su naturaleza no son numéricas, se convierten en datos discretos (Badii y Castillo, 2007, Infante Gil y Zárate de Lara 2000).

**26. Distribución de frecuencias.** Cuando se dispone de una gran masa o cantidad de datos a veces resulta muy difícil responder a ciertos cuestionarios que sobre una

determinada variable se nos hagan. Existe una forma en estadística de organizar las informaciones que nos permite responder a este y otros cuestionamientos. A esta forma de organizar las informaciones se le llama distribución de frecuencias y consiste en el ordenamiento de los datos a través de clases y frecuencias. Cuando los datos se presentan en una distribución de frecuencias se les denomina datos agrupados. Cuando todos los datos observados de una variable se enumeran en forma desorganizada le vamos a denominar datos no agrupados.

**26.1. Frecuencia simple.** Al construir una distribución de frecuencias, se tienen diferentes intervalos de valores que denominaremos clases. Se define frecuencia simple de clase al número de veces que se repite cada clase. Se le identifica como  $f_i$ , donde (f) se lee como frecuencia, e (i) define el orden de las clases.

**26.2. Frecuencia relativa simple.** Es la suma total de las frecuencias simple de clase le llamamos  $n$ ; cuando cada valor de la frecuencia simple de clase se divide entre el total de casos u observaciones a este cociente le denominamos frecuencia relativa simple. La suma de la frecuencia relativa simple siempre será igual a la unidad. Se identifica la frecuencia relativa simple como  $f_r$ .

**26.3. Frecuencia acumulada.** La suma de la frecuencia simple de clase es denominada como frecuencia acumulada. Al calcular la frecuencia acumulada en una distribución de frecuencia acumulada de la primera clase será igual a la frecuencia simple de la misma clase. La segunda acumulada es igual a la primera acumulada más la frecuencia simple de la segunda clase. El valor de la última frecuencia acumulada es igual al total de datos. La frecuencia acumulada se identifica como  $F_i$ .

**26.4 Frecuencia relativa acumulada.** Es el cociente que se obtiene al dividir cada frecuencia acumulada entre el total de observaciones o la suma sucesiva de la frecuencia relativa simple.

**26.5. Rango.** En una distribución u ordenamiento de datos existe una diversidad de valores que varían de menor a mayor y viceversa. Se denomina recorrido o rango a la diferencia existente entre el valor máximo observado y el mínimo en una distribución u ordenamiento.

**26.6. Intervalo de clase.** Una clase está definida por un límite inferior y un límite superior. A la diferencia entre el límite superior y el límite inferior de

una clase se la llama intervalo de clase. Este indica el recorrido o rango de los valores incluidos en una clase.

**26.7. Punto medio de clase.** Para fines de análisis de datos, los valores de las clases se representan a través del punto medio de clase o marca de clase. El punto medio de clase se define como la semisuma de los límites de clase. El punto medio de clase se identifica como  $X_i$ , donde  $X_i = \frac{1}{2}$  (límite superior + límite inferior). En lo referente al punto medio de cada clase, este es usado para representar mediante un solo valor el recorrido de cada clase y sirve además para los fines de análisis estadísticos de los datos. Es importante señalar con relación a la construcción de una distribución de frecuencias que el lector o usuario tenía plena libertad en la elección del intervalo de clase, en función de la naturaleza de los datos y su conveniencia técnica (Infante Gil y Zárate de Lara, 2000).

**27. Presentación de los datos.** La presentación de datos estadísticos constituye en sus diferentes modalidades uno de los aspectos de más uso en la estadística Descriptiva. Por ejemplo, se puede visualizar a través de los diferentes medios escritos y televisivos de comunicación masiva la presentación de los datos estadísticos sobre el comportamiento de las principales variables económicas y sociales, nacionales e internacionales. Existen tres formas diferentes de presentar los datos estadísticos.

**27.1. Presentación escrita.** Esta forma de presentación de informaciones se usa cuando una serie de datos incluye pocos valores, por lo cual resulta más apropiada la palabra escrita como forma de escribir el comportamiento de los datos; mediante la forma escrita, se resalta la importancia de las informaciones principales.

**27.2. Presentación en los cuadros o tablas.** Cuando los datos estadísticos se presentan a través de un conjunto de filas y de columnas que responden a un ordenamiento lógico; es de gran peso e importancia para el uso y para el usuario ya que constituye la forma más exacta de presentar las informaciones. Una tabla consta de varias partes, las principales son las siguientes.

**a. Título.** Es la parte más importante del cuadro y sirve para describir todo el contenido de este.

**b. Sub-títulos.** Son los diferentes encabezados que se colocan en la parte superior de cada columna.

**c. Columna matriz.** Es la columna principal del cuadro.

**d. Texto.** El texto contiene todas las informaciones numéricas que aparecen en la tabla.

**e. Referencia (fuente).** La fuente de los datos contenidos en la tabla indica la procedencia de estos.

**27.3. Presentación gráfica.** Proporciona al lector o usuario mayor rapidez en la comprensión de los datos, una gráfica es una expresión artística usada para representar un conjunto de datos. De acuerdo al tipo de variable que vamos a representar, las principales gráficas son las siguientes:

**a. Histograma.** Es un conjunto de barras o rectángulos unidos uno de otro, en razón de que lo utilizamos para representar variables continuas.

**b. Polígono de frecuencias (la curva).** Esta gráfica se usa para representar los datos continuos y para indicar los puntos medios de clase en una distribución de frecuencias.

**c. Gráfica de barras.** Es un conjunto de rectángulos o barras separadas una de la otra, en razón de que se usa para representar variables discretas; las barras deben ser de igual base o ancho y separadas a igual distancia. Pueden disponerse en forma vertical y horizontal.

**d. Gráfica lineal.** Son usadas principalmente para representar datos clasificados por cantidad o tiempo; o sea, se usan para representar series de tiempo o cronológicas.

**e. Gráfica de barra 100% y gráfica circular.** Se usan especialmente para representar las partes en que se divide una cantidad total.

**f. Ojiva.** Esta gráfica consiste en la representación de las frecuencias acumuladas de una distribución de frecuencias. Puede construirse de dos maneras diferentes; sobre la base “menor que” o sobre la base “mayor que”. Puede determinar el valor de la mediana de la distribución (Infante Gil y Zárate de Lara, 2000).

**28. Medidas de tendencia central.** Un promedio es un valor típico o representativo de un conjunto de datos. Como tales valores suelen situarse hacia el centro del conjunto de datos ordenados por magnitud, los promedios se conocen como medidas de tendencia central.

**28.1. Media Aritmética simple ( $m$ ).** Es la medida de tendencia central más común, y se define como un conjunto de  $n$  números  $x_1, x_2, \dots, x_n$  y se denota por  $m$ ,  $n$  es el tamaño del conjunto de datos. Se la define por:

$$m = \sum X_i / n$$

Por ejemplo la media aritmética de 1, 2, 3, es 2.

**28.2. Media Aritmética Ponderada ( $m_p$ ).** Es cuando los números de un conjunto de datos ( $x_1, x_2, \dots, x_k$ ) son asociados con ciertos factores como  $w_1, w_2, \dots, w_j$  y se calcula como siguiente.

$$m_p = (\sum X_i W_j) / \sum W_j$$

**28.3. Media geométrica ( $m_g$ ).** Se usa para estimar el promedio de la tasa del cambio de cualquier ítem. Su ecuación es,  $m_g = (\prod X_i)^{1/n}$ , donde  $m_g$  es la media geométrica,  $X_i$  es el “íesima” valor de la variable  $n$  es el tamaño de la muestra, y  $\prod$  es el producto de los valores de  $X_i$ .

**28.4. Media armónica ( $m_a$ ).** Tiene el mismo uso que la media geométrica, y su ecuación es,  $m_a = 1 / \sum (1/X_i) / n$ , donde,  $m_a$  es la media armónica,  $X_i$  es el “íesima” valor de la variable y  $n$  es el tamaño de la medida.

**28.5. Mediana ( $M_d$ ).** Es la medida central (punto central) de un conjunto de números ordenados y se calcula como sigue. **1.** Para un conjunto de números impares:  $M_d = X_{(n+1)/2}$ . **2.** Para datos pares:  $M_d = \{X_{i(n/2)} + X_{i(n/2) + 1}\}$ .

**28.6. Moda ( $M_o$ ).** Es el valor que ocurre con mayor frecuencia de un conjunto de números (datos no agrupados). La moda puede no existir o ser única en caso de existir (Foroughbakhch & Badii, 2005).

**29. Medidas de dispersión, distribución o variabilidad.** La dispersión o variación de los datos intenta dar una idea de que tan espaciados se encuentran éstos. Ejemplos son: rango, varianza, desviación típica o estándar, coeficiente de variación, variación relativa o el grado de confiabilidad y la precisión.

**29.1. Rango (R).** Es una estimación cruda de la dispersión y se cuantifica por medio de la siguiente ecuación,  $R = \text{valor máximo} - \text{valor mínimo}$ .

**29.2. Varianza ( $V=S^2=\sigma^2$ ).** La varianza muestra el grado de homogeneidad o heterogeneidad de una población o muestras provenientes de ella. Muestra que tan dispersos están los datos de la media (a mayor dispersión o varianza de los datos, menor será el grado de homogeneidad). Si es de la población se representa por  $\sigma^2$  (Sigma) y si es de la muestra  $S^2$ . Se la calcula como sigue:  $V = \sigma^2 = S^2 = SC/gl = [\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2/n] / (n - 1)$ , donde  $(\sum X_i)^2/n = \text{Factor de Corrección (FC)}$ .

**29.3. Desviación estándar ( $V=S=\sigma$ ).** La desviación estándar o típica está íntimamente relacionada con la varianza y representa la raíz cuadrada de la misma, y se expresa como  $S$  o  $DS$  (para la muestra) y  $\sigma$  para la población. Los datos que resultan del cálculo de la varianza están en valores al cuadrado y por esto se usan la raíz cuadrada de la varianza para quitar este efecto de cuadrado. Se la calcula como sigue:

$$DS = S = \sigma = V^{-1/2}$$

**29.4. Error estándar ( $EE$ ).** Se utiliza cuando se tiene que comparar el grado de dispersión entre dos o más muestras.  $EE = (V/n)^{-1/2}$ , donde,  $V$  es la varianza y  $n$  es el tamaño de la muestra.

**29.5. Coeficiente de variación ( $CV$ ).** Se expresa como porcentaje, por lo que el CV es una dispersión relativa (%). Se puede usarlo para comparar dispersiones que son diferentes uno de otro por la categoría o por la magnitud diferencial muy marcada. Se lo calcula así (Spiegel, 1991):

$$CV = \sigma / m$$

**29.6. Variación relativa (VR).** Se usa para cuantificar el grado de la confiabilidad

de una muestra.  $VR = EE/m$ , donde  $EE$  es el error estándar y  $m$  es la media. Además, se mide la precisión ( $P$ ) de la muestra vía la siguiente fórmula,  $P = 1 - VR$ .

**30. Estadística Inferencial (Inductiva).** Desde el momento en que hacemos generalizaciones, predicciones, estimados o generalmente, decisiones en relación con la incertidumbre estamos en el dominio de la estadística inductiva, y en ella se agrupan aquellas técnicas que permiten la toma de decisiones mediante las conclusiones a que se arriben cuando se analizan características numéricas del fenómeno en estudio. Ya sea porque se dispone de información incompleta, o debido a la variabilidad presente en la naturaleza, es frecuente que arribemos a conclusiones por medio del método inductivo, en el cual las mismas son inciertas. El conjunto de técnicas que nos permiten hacer inducciones en las que el grado de incertidumbre es cuantificable, integran la rama de la estadística conocida como Inferencia estadística o estadística inductiva (Snedecor & Cochran. 1981, Badii et al., 2004, Badii & Castillo, 2007).

Al obtener el promedio de dos estudiantes en tres asignaturas, estamos en la estadística descriptiva, seguimos reglas aritméticas simples en el cálculo de los promedios, los cuales son verdaderamente descriptivos de los grupos de datos. Si ahora se concluye sobre la base de los promedios que un estudiante es mejor estamos haciendo una generalización, una referencia estadística y nos encontramos en el dominio de la estadística inductiva. La evaluación, el análisis el control cuidadoso de los riesgos que hay que tomar cuando hacemos tales generalizaciones (o decisiones) es una de las principales tareas de la estadística inductiva. La estadística inductiva se ocupa del problema de establecer previsiones y conclusiones generales relativas a una población a partir de los datos muestrales disponibles y del cálculo de probabilidades.

Un importante método de inferencia estadística es el análisis de varianza, mediante el cual se trata de establecer y comprobar conclusiones relativas a varias poblaciones normales por medio del análisis de la variación de los datos en un grupo y en conjunto.

El estudio de la eventual correlación entre variables aleatorias constituye el objeto del análisis de la covarianza, mientras que el análisis factorial estudia fenómenos en los que las variables aleatorias dependen de ciertos factores. Se utiliza entonces un modelo lineal que exprese las variables en función de los coeficientes de correlación de las variables (Steel & Torrie, 1986, Badii et al., 2007e).

**31. Pruebas de comparación de estimadores.** Estas pruebas son de tipo paramétrico, pues se basan en la comparación de valores de los estimadores de parámetros. Principalmente se refieren a los parámetros media y varianza, por lo que se pueden clasificar en las siguientes clases.

**31.1. Pruebas de comparación de medias.** En este caso, lo que se desea investigar es si los promedios de las muestras sometidas a diferentes métodos o tratamientos (distintos niveles de algún factor de variación), manifiestan diferencias significativas, es decir, si los intervalos de confianza de los valores paramétricos estimados no se traslapan. Cuando sólo se tienen dos niveles, lo común es realizar una prueba de  $t$ , y si se tienen más de dos tratamientos, realizar una prueba de  $F$ , mediante la técnica conocida como análisis de varianza (ANOVA), por lo que podemos clasificarlas de manera siguiente. **1.** Prueba de  $t$  para una muestra. **2.** Prueba de  $t$  para datos apareados o de comparación de dos muestras relacionadas. **3.** Prueba de  $t$  para comparar dos muestras independientes. **4.** Análisis de varianza para comparar más de dos muestras (Montgomery, 2001, Badii & Castillo, 2007).

**31.2. Pruebas de comparación de varianzas.** En algunas ocasiones puede presentarse el caso de necesitar comprobar la varianza de una población o si dos variables o dos poblaciones tienen la misma varianza, por lo que se procederá a muestrearlas, calcular sus estimadores y comprobar si estiman a un mismo valor paramétrico. Esto puede realizarse basándose en las distribuciones  $X^2$  y  $F$ . **1.** Prueba de  $X^2$  para la varianza de una muestra. **2.** Prueba de homogeneidad de varianzas (para la varianza de dos muestras). En todos los casos de prueba de hipótesis, como es lógico, el primer paso para efectuar el análisis de los datos será el planteamiento de las hipótesis a probar, en segundo lugar, fijar el nivel de error que se está dispuesto a tolerar, y para el caso de las pruebas paramétricas, definir el modelo estadístico y sus supuestas mínimas, posteriormente, ordenar los datos en tablas de concentración, efectuar los cálculos necesarios y concluir definiendo la hipótesis que se aceptará. Como nota adicional, conviene aclarar que cuando se tienen dos tratamientos, también se pueden analizar mediante un análisis de varianza, pero dicha prueba tiene la misma confianza que una prueba de  $t$ , y ésta es más sencilla, por lo que comúnmente sólo se utiliza para los datos en que se tengan experimentos con más de dos tratamientos (Montgomery, 2001, Foroughbakhch & Badii, 2005).

**32. Hipótesis.** Todas las pruebas están basadas en la nulidad de las diferencias, es decir que las diferencias se deben a la noción aleatoria, por lo que a esta posible hipótesis se le conoce como hipótesis nula, denotada por  $H_0$  y contra esta hipótesis

sólo existe una alternativa, es decir, que las diferencias no sean nulas (sino debido a la relación causa-efecto), por lo que siempre existirá otra hipótesis, la hipótesis alternativa, denotada por  $H_A$ , que será la alternativa a la  $H_0$ . Esta última puede definir el sentido de la diferencia o no definirlo, llamándoseles alternativas de un lado o de dos lados, respectivamente (Badii, 1989, Badii et al., 2000b, Rositas et al., 2006).

**33. Experimentación.** Así como existen en laboratorio pruebas in vivo y pruebas in vitro, en la investigación se puede pensar en pruebas de mera observación de la naturaleza, sin intervención modificadora del investigador, las cuales se pueden llevar a cabo mediante encuestas, que podrán ser más o menos complicadas, en función de las características propias de la población, de los recursos humanos, físicos y económicos y de los objetivos de las mismas; el otro tipo de pruebas es aquél en el que el investigador controla uno o más factores de variación con el objeto de observar el efecto gradual e inmediato en algunas de las características de la población, denominando a este tipo como experimentación. Dicha experimentación, en las ciencias naturales, sociales, psicológicas, es en la actualidad una de las normas básicas del progreso en la búsqueda de la verdad, y esencialmente se ocupa de la confrontación simultánea y bajo condiciones controladas, de dos o más tratamientos o niveles de uno o más factores de variación, llamándoseles a los experimentos con más de un factor, como experimentos factoriales, en los cuales la distribución o diseño de las unidades experimentales será más complicada. Ejemplos de factores de variación pueden ser las razas, los niveles económicos, los niveles de fertilización, los métodos de manejo, etc., en los cuales los tratamientos serán diferentes niveles de cada factor (Badii et al., 2004).

En toda prueba es indispensable tener claramente definidas a las unidades experimentales, las cuales serán las unidades sobre las cuales se efectuarán las mediciones, no siendo necesario que dichas unidades consten de un solo individuo, pues pueden ser parcelas, colonias en cajas petri, camadas, , grupos de gentes, etc. Una vez obtenidos los datos de un experimento, se someterán éstos a un análisis estadístico, basado en los conceptos de las leyes de probabilidades y de la teoría estadística, y tomando siempre en el modelo estadístico apropiado.

Independientemente de que al efectuar una prueba de hipótesis puede uno fijar el  $\alpha$  (error tipo I) que se desee, convencionalmente, se sigue la costumbre de marcar en la parte superior derecha de la estadística calculada una no significativa (NS) si ésta es menor que el valor teórico al 0.95 ( $\alpha = 0.05$ ) de confianza, con un asterisco si la calculada es mayor o igual a la teórica con  $\alpha = 0.05$ , y con dos asteriscos si supera al valor teórico al 0.99 de confianza ( $\alpha = 0.01$ ) (Hernández et al., 1998, Badii et al., 2007a).

**33.1. Etapas de un experimento.** Todo investigador tiene su lista propia de pasos que diseña cuando sigue un experimento. Sin embargo, un experimento diseñado estadísticamente consta de las siguientes etapas. 1. Enunciado del problema. 2. Formulación de hipótesis. 3. Sugerencia del método experimental y del diseño a emplear. 4. Tener acceso a un acervo bibliográfico de antecedentes que aseguren que el experimento proporcione la información requerida y en la extensión adecuada. 5. Considerar posibles resultados con los procedimientos estadísticos aplicados, para asegurar las condiciones necesarias para validar los procedimientos empleados. 6. Ejecutar el experimento. 7. Aplicar los procedimientos estadísticos a los datos resultantes del experimento. 8. Validar las conclusiones para la población de objetos o eventos. 9. Verificar la validez de la investigación completa, particularmente con otras investigaciones del mismo problema o similares (Badii et al., 2004).

**33.2. Rasgos de un tópico significativo para la investigación.** El grado de la significancia y relevancia del tópico para investigador depende en los siguientes factores. 1. Que sea un problema real. 2. Que sea difícil de solucionar. 3. Que llene vacíos relevantes en la teoría e incluso avanza la teoría. 4. Que produzca nuevos procedimientos. 5. Que genere resultados nuevos, importantes y no esperados. (Badii et al., 2004, Rositas et al., 2006).

**33.3. Identificación del tópico.** Para poder identificar los tópicos relevantes, el investigador debe considerar lo siguiente. 1. Revisar bien la literatura. 2. Seleccionar problemas relevantes. 3. Trabajar con colegas (Badii et al., 2004, Rositas et al., 2006).

**33.4. Reducir el grado de error en la investigación científica.** Aparte de la experiencia acumulada de los diferentes investigadores, se han generado varias pistas interesantes en cuanto a la investigación científica. La ciencia avanza a través de la colecta de datos y la comprobación de la validez de los mismos. En otras palabras, la maduración de la ciencia depende en la generación de las hipótesis e el intento de comprobar, es decir confirmar o refutar las mismas. Cabe mencionar que la hipótesis sin datos no es buena, y a la vez, generar datos y acumularlos sin ninguna referencia a una hipótesis es también pérdida de tiempo. Por tanto, hay que tomar datos del mundo real y testarlos. De manera resumida se puede señalar a ocho tips para la investigación. 1. No debe medir todo lo que se puede. 2. Buscar un problema y hacer al menos una pregunta. 3. Colectar datos que van a contestar a la pregunta, de esta manera se hace una buena relación con la estadística. 4. algunas preguntas no tienen respuesta todavía. 5. Nunca reportar una

estimación estadística sin alguna medida de error. **6.** Ser escéptico sobre resultados de las pruebas estadísticas en rechazar “ $H_0$ ” o la hipótesis nula. El mundo no es solamente blanco o negro, sino hay mucha sombra de gris. **7.** No confundir la diferencia estadística con la diferencia verdadera, es decir, un “ $H_0$ ” de *no diferencia* es irrelevante por ejemplo, en la ecología, esto se debe a los dos puntos siguientes. **7.1.** Si se trata de dos poblaciones o comunidades, cada población por el hecho de haber sido denominado o considerado como tal, es biológicamente y evolutivamente distinta de la otra. **7.2.** Demostrar una diferencia estadística en este caso, es irrelevante y evita las siguientes preguntas reales. **7.2.1.** ¿Qué tan diferente son las dos poblaciones o comunidades? **7.2.2.** ¿Esta diferencia es suficiente grande para tener una diferencia verdadera? **8.** Ingresar basura, egresar basura. Hay que tomar en cuenta que los modelos matemáticos y estadísticos e incluso la computadora son instrumentos de apoyo y todavía dependen de la inteligencia de nosotros para manejarlos, por tanto, de nosotros depende qué tipo de información vamos a poner al alcance de estas herramientas (Badii et al., 2004).

### ***El papel de la computadora***

El dar sentido a los datos se ha hecho mucho más fácil con el advenimiento de las computadoras modernas. Algunos métodos requieren tal volumen de cálculos que sería absolutamente imposible realizarlos sin ellas. Lo que tal vez más importante, las computadoras pueden hacer gráficas de los datos con sencillez y claridad. Todo método estadístico entraña hipótesis; con un programa adecuado para la computadora es posible comprobar lo razonable que son tales hipótesis. Las computadoras reducen el tedio en el análisis de los datos y permiten que éste sea más eficiente.

El hecho de que el análisis de datos se haga con una computadora no garantiza que éste sea un buen análisis. Los datos pueden ser muy sesgados o pueden haberse violado las hipótesis. La elección de métodos para analizar los datos puede no haber sido la adecuada. De acuerdo con Hildebrand & Lyman Ott (1998) es el ser humano quien decide qué datos utilizar, escoge los métodos de análisis, comprueba la hipótesis e interpreta los resultados razonablemente. Mientras la inteligencia artificial no haga avances considerables, la inteligencia humana seguirá siendo indispensable.

Hay literalmente cientos de paquetes de software estadístico para analizar los datos. Algunos, como SAS, SPSS, MINITAB, BMDP, etc. fueron adaptados a microcomputadoras. Para utilizar un paquete es necesario saber los pasos que permiten obtener los resultados particulares necesarios, dando entrada a los datos, asignarles nombres de modo que los resultados sean legibles, seleccionar las variables y

observaciones que desea utilizar en el análisis y llamar a la parte adecuada del programa que lleva acabo las tareas específicas que se quiere realizar.

## Conclusiones

Todo lo que ocurre en la vida a partir de que nace cualquier especie en el universo es (con la excepción de la muerte y el pago de impuesto tanto a la madre naturaleza y/o al padre del tiempo) probabilístico. Por tanto, la apreciación, el estudio y la comprensión de al menos las bases fundamentales de la ciencia de la estadística, lo cual se encarga de el determinar la validez probabilística de todas las cosas, es una necesidad imperativa para cualquier ciudadano universal, inteligente y responsable. Es con este objetivo que se dio a la tarea de escribir de forma simple y mencionar de manera breve un resumen de los conceptos esenciales e introductorios de la ciencia de la estadística.

## Referencias

- Badii, M.H. 1989. Ciencia y generación de hipótesis. Boletín de División General de Estudios de Postgrado, UANL. 3(31): 1-2.
- Badii, M.H. & J. Castillo. (eds.). 2007. Técnicas Cuantitativas en la Investigación. UANL, Monterrey.
- Badii, M.H. & J. Castillo. 2009. Muestreo Estadístico: Conceptos y Aplicaciones. UANL, Monterrey.
- Badii, M.H., J. Castillo, R. Rositas & G. Ponce. 2007a. Experimental designs. Pp. 335-348. In: M.H. Badii & J. Castillo (eds.). Técnicas Cuantitativas en la Investigación. UANL, Monterrey.
- Badii, M.H., J. Castillo, F. Gorjón & R. Foroughbakhch. 2007b. Completely randomized designs. Pp. 307-334. In: M.H. Badii & J. Castillo (eds.). Técnicas Cuantitativas en la Investigación. UANL, Monterrey.
- Badii, M.H., J. Castillo, K. Cortes & H. Quiroz. 2007c. Análisis de clusters. Pp. 15-36. In: M.H. Badii & J. Castillo (eds.). Técnicas Cuantitativas en la Investigación. UANL, Monterrey.
- Badii, M.H., J. Castillo, J.N. Barragán & A.E. Flores. 2007d. Análisis discriminante. Pp. 119-136. In: M.H. Badii & J. Castillo (eds.). Técnicas Cuantitativas en la Investigación. UANL, Monterrey.
- Badii, M.H., J. Castillo, J. Rositas & G. Alarcón. 2007e. Uso de un método de pronóstico en investigación. Pp. 137-155. In: M.H. Badii & J. Castillo (eds.). Técnicas Cuantitativas en la Investigación. UANL, Monterrey.
- Bancroft, T.A. 1968. Topics in intermediate statistical methods. Vol. 1. Iowa State University. Ames. Iowa, 129 pp.
- Box, G.E.P., W.G. Hunter, y J.S. Hunter, 1999. Estadística para investigadores. Editorial Reverté, S.A. 675 pp.
- Daniel, C. and F.S. Wood. 1980. Fitting equations to data. 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley, New York. 458 pp.
- Dixon, W.J. and F.J. Massey. 1960. Introduction to statistical analysis. 3<sup>rd</sup> ed. McGraw-Hill. New York 638 pp.
- Foroughbakhch, R. & M.H. Badii. 2005. Métodos Analíticos Estadísticos. UANL, Monterrey.
- Hernández R., C. Fernández & P. Baptista. 1998. Metodología de la Investigación. Editorial McGraw Hill Interamericana, S.A. de C.V., México.
- Hildebrand, D.K., y R. Lyman Ott, 1998. Estadística Aplicada a la Administración y a la Economía. Tercera Edición Addison Wesley Longman, 943 pp.

- Infante Gil, S. & G.P. Zárate. 2000. Diseños Experimentales. Editorial Trillas, México.
- Li, C.C. 1964. Introduction to experimental statistics. McGraw-Hill, New York. 460 pp.
- Montgomery, D.C. 2001. Design of Análisis of Experiments. 15<sup>th</sup> Edition, Wiley. New Cork.
- Morris, T.R. 1999. Experimental Design and analysis in Animal Sciences. CABI Publishing, London.
- Ostle, B. 1963. Statistics in research 2a ed. Iowa State Press, Ames, Iowa.
- Padrón Corral, E. 1996. Diseños Experimentales con Aplicaciones a la Agricultura y la Ganadería. Editorial Trillas, México.
- Tanur, J.M. 1978. Statistics: A Guide to the Unknown. 2a Ed. San Francisco Holden – Day.
- Wine, R.L. 1964. Statistics for Scientists and Engineers, Printice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J.
- 

**\*Acerca de los autores**

El Dr. Mohammad Badii es Profesor e Investigador de la Facultad de Administración y Contaduría Pública de la U. A. N. L. San Nicolás, N. L., México, 66450. [mhbadii@yahoo.com.mx](mailto:mhbadii@yahoo.com.mx)

La Dra. Amalia Guillen es egresada de la Facultad de Administración y Contaduría Pública de la U. A. N. L. San Nicolás, N. L., México, 66450. [a\\_guillen\\_g@hotmail.com](mailto:a_guillen_g@hotmail.com)