**p15**

CHAPTER 1 INTRODUCTION TO BIOSTATISTICS

**CHAPTER OVERVIEW**

This chapter is intended to provide an overview of the basic statistical concepts used throughout the textbook. A course in statistics requires the student to learn many new terms and concepts. This chapter lays the foundation necessary for understanding basic statistical terms and concepts and the role that statisticians play in promoting scientific discovery and wisdom.

Este capítulo ofrece una visión general de los conceptos estadísticos básicos utilizados en el libro de texto. Un curso de estadística requiere que el estudiante aprenda muchos términos y conceptos nuevos. Este capítulo sienta las bases necesarias para comprender los términos y conceptos estadísticos básicos y el papel que desempeñan los estadísticos en la promoción del descubrimiento y la sabiduría científica.

**TOPICS**

1.1 INTRODUCTION

1.2 SOME BASIC CONCEPTS  
   
1.3 MEASUREMENT AND MEASUREMENT SCALES  
   
1.4 SAMPLING AND STATISTICAL INFERENCE  
   
1.5 THE SCIENTIFIC METHOD AND THE DESIGN OF EXPERIMENTS  
   
1.6 COMPUTERS AND BIOSTATISTICAL ANALYSIS  
   
1.7 SUMMARY

**LEARNING OUTCOMES**

After studying this chapter, the student will

Después de estudiar este capítulo, el estudiante podrá:

1. understand the basic concepts and terminology of biostatistics, including the various kinds of variables, measurement, and measurement scales.

Comprender los conceptos básicos y la terminología de la bioestadística, incluidos los distintos tipos de variables, mediciones y escalas de medición.

1. be able to select a simple random sample and other scientific samples from a population of subjects.

ser capaz de seleccionar una muestra aleatoria simple y otras muestras científicas de una población de sujetos.

1. understand the processes involved in the scientific method and the design of experiments.

comprender los procesos involucrados en el método científico y el diseño de experimentos.

1. appreciate the advantages of using computers in the statistical analysis of data generated by studies and experiments conducted by researchers in the health sciences.

Valorar las ventajas del uso de computadoras en el análisis estadístico de los datos generados por estudios y experimentos realizados por investigadores en las ciencias de la salud.

**1.1 INTRODUCTION**

We are frequently reminded of the fact that we are living in the information age. Appropriately, then, this book is about information—how it is obtained, how it is analyzed, and how it is interpreted. The information about which we are concerned we call data, and the data are available to us in the form of numbers.

Con frecuencia recordamos que vivimos en la era de la información. Por lo tanto, este libro trata sobre la información: cómo se obtiene, cómo se analiza y cómo se interpreta. La información que nos interesa la llamamos datos, y estos datos están disponibles en forma de números.

The objectives of this book are twofold: (1) to teach the student to organize and summarize data, and (2) to teach the student how to reach decisions about a large body of data by examining only a small part of it. The concepts and methods necessary for achieving the first objective are presented under the heading of descriptive statistics, and the second objective is reached through the study of what is called inferential statistics. This chapter discusses descriptive statistics. Chapters 2 through 5 discuss topics that form the foundation of statistical inference, and most of the remainder of the book deals with inferential statistics.

Los objetivos de este libro son dos: (1) enseñar al estudiante a organizar y resumir datos, y (2) enseñarle a tomar decisiones sobre un gran volumen de datos examinando solo una pequeña parte. Los conceptos y métodos necesarios para lograr el primer objetivo se presentan bajo el título de estadística descriptiva, y el segundo se alcanza mediante el estudio de la llamada estadística inferencial. Este capítulo trata sobre la estadística descriptiva. Los capítulos 2 a 5 abordan temas que constituyen la base de la inferencia estadística, y la mayor parte del resto del libro trata sobre estadística inferencial.

Because this volume is designed for persons preparing for or already pursuing a career in the health field, the illustrative material and exercises reflect the problems and activities that these persons are likely to encounter in the performance of their duties.

Dado que este volumen está diseñado para personas que se preparan o que ya están siguiendo una carrera en el campo de la salud, el material ilustrativo y los ejercicios reflejan los problemas y actividades que estas personas probablemente encontrarán en el desempeño de sus funciones.

**1.2 SOME BASIC CONCEPTS**

Like all fields of learning, statistics has its own vocabulary. Some of the words and phrases encountered in the study of statistics will be new to those not previously exposed to the subject. Other terms, though appearing to be familiar, may have specialized meanings that are different from the meanings that we are accustomed to associating with these terms. The following are some terms that we will use extensively in this book.

Como todas las áreas de estudio, la estadística tiene su propio vocabulario. Algunas palabras y frases que se encuentran en el estudio de la estadística resultarán nuevas para quienes no estén familiarizados con el tema. Otros términos, aunque parezcan familiares, pueden tener significados específicos, diferentes de los que solemos asociar con ellos. A continuación, se presentan algunos términos que utilizaremos ampliamente en este libro.

**Data** The raw material of statistics is data. For our purposes we may define data as numbers. The two kinds of numbers that we use in statistics are numbers that result from the taking—in the usual sense of the term—of a measurement, and those that result from the process of counting. For example, when a nurse weighs a patient or takes a patient’s temperature, a measurement, consisting of a number such as 150 pounds or 100 degrees Fahrenheit, is obtained. Quite a different type of number is obtained when a hospital administrator counts the number of patients—perhaps 20—discharged from the hospital on a given day. Each of the three numbers is a datum, and the three taken together are data.

Datos La materia prima de la estadística son los datos. Para nuestros propósitos, podemos definir los datos como números. Los dos tipos de números que utilizamos en estadística son los números que resultan de la toma —en el sentido habitual del término— de una medición, y los que resultan del proceso de conteo. Por ejemplo, cuando una enfermera pesa a un paciente o le toma la temperatura, se obtiene una medición, que consiste en un número como 150 libras o 100 grados Fahrenheit. Un tipo de número muy diferente se obtiene cuando un administrador de hospital cuenta el número de pacientes —quizás 20— dados de alta del hospital en un día determinado. Cada uno de los tres números es un dato, y los tres tomados en conjunto son datos.

**Statistics** The meaning of statistics is implicit in the previous section. More concretely, however, we may say that statistics is a field of study concerned with (1) the collection, organization, summarization, and analysis of data; and (2) the drawing of inferences about a body of data when only a part of the data is observed.

Estadística. El significado de la estadística está implícito en la sección anterior. Sin embargo, más concretamente, podemos decir que la estadística es un campo de estudio que se ocupa de (1) la recopilación, organización, resumen y análisis de datos; y (2) la extracción de inferencias sobre un conjunto de datos cuando solo se observa una parte de ellos.

The person who performs these statistical activities must be prepared to interpret and to communicate the results to someone else as the situation demands. Simply put, we may say that data are numbers, numbers contain information, and the purpose of statistics is to investigate and evaluate the nature and meaning of this information.

La persona que realiza estas actividades estadísticas debe estar preparada para interpretar y comunicar los resultados a otras personas según lo requiera la situación. En pocas palabras, podemos decir que los datos son números, que los números contienen información y que el propósito de la estadística es investigar y evaluar la naturaleza y el significado de esta información.

**Sources of Data** The performance of statistical activities is motivated by the need to answer a question. For example, clinicians may want answers to questions regarding the relative merits of competing treatment procedures. Administrators may want answers to questions regarding such areas of concern as employee morale or facility utilization. When we determine that the appropriate approach to seeking an answer to a question will require the use of statistics, we begin to search for suitable data to serve as the raw material for our investigation. Such data are usually available from one or more of the following sources:

Fuentes de datos. La realización de actividades estadísticas está motivada por la necesidad de responder a una pregunta. Por ejemplo, los profesionales clínicos pueden querer respuestas a preguntas sobre los méritos relativos de los procedimientos de tratamiento en competencia. Los administradores pueden querer respuestas a preguntas sobre áreas de preocupación como la moral de los empleados o la utilización de las instalaciones. Cuando determinamos que el enfoque adecuado para buscar una respuesta a una pregunta requiere el uso de la estadística, comenzamos a buscar datos adecuados que sirvan como materia prima para nuestra investigación. Estos datos suelen estar disponibles en una o más de las siguientes fuentes:

1. Routinely kept records. It is difficult to imagine any type of organization that does not keep records of day-to-day transactions of its activities. Hospital medical records, for example, contain immense amounts of information on patients, while hospital accounting records contain a wealth of data on the facility’s business activities. When the need for data arises, we should look for them first among routinely kept records.

Registros rutinarios. Es difícil imaginar una organización que no mantenga registros de las transacciones diarias de sus actividades. Los historiales médicos hospitalarios, por ejemplo, contienen una gran cantidad de información sobre los pacientes, mientras que los registros contables hospitalarios contienen una gran cantidad de datos sobre las actividades comerciales del centro. Cuando surja la necesidad de datos, debemos buscarlos primero entre los registros rutinarios.

1. Surveys. If the data needed to answer a question are not available from routinely kept records, the logical source may be a survey. Suppose, for example, that the administrator of a clinic wishes to obtain information regarding the mode of transportation used by patients to visit the clinic. If admission forms do not contain a question on mode of transportation, we may conduct a survey among patients to obtain this information.

Encuestas. Si los datos necesarios para responder una pregunta no están disponibles en los registros rutinarios, la fuente lógica podría ser una encuesta. Supongamos, por ejemplo, que el administrador de una clínica desea obtener información sobre el medio de transporte que utilizan los pacientes para acudir a la clínica. Si los formularios de admisión no contienen una pregunta sobre el medio de transporte, podemos realizar una encuesta entre los pacientes para obtener esta información.

1. Experiments. Frequently the data needed to answer a question are available only as the result of an experiment. A nurse may wish to know which of several strategies is best for maximizing patient compliance. The nurse might conduct an experiment in which the different strategies of motivating compliance are tried with different patients. Subsequent evaluation of the responses to the different strategies might enable the nurse to decide which is most effective.

Experimentos. Con frecuencia, los datos necesarios para responder a una pregunta solo están disponibles como resultado de un experimento. Una enfermera podría desear saber cuál de varias estrategias es la mejor para maximizar la adherencia del paciente. Podría realizar un experimento en el que se prueben las diferentes estrategias para motivar la adherencia con distintos pacientes. La evaluación posterior de las respuestas a las diferentes estrategias podría permitirle decidir cuál es la más eficaz.

1. External sources. The data needed to answer a question may already exist in the form of published reports, commercially available data banks, or the research literature. In other words, we may find that someone else has already asked the same question, and the answer obtained may be applicable to our present situation.
2. Fuentes externas. Los datos necesarios para responder a una pregunta pueden ya existir en forma de informes publicados, bancos de datos comerciales o literatura de investigación. En otras palabras, podríamos encontrar que alguien más ya se ha planteado la misma pregunta, y la respuesta obtenida podría ser aplicable a nuestra situación actual.

**Biostatistics** The tools of statistics are employed in many fields—business, education, psychology, agriculture, and economics, to mention only a few. When the data analyzed are derived from the biological sciences and medicine, we use the term biostatistics to distinguish this particular application of statistical tools and concepts. This area of application is the concern of this book.

**Variable** If, as we observe a characteristic, we find that it takes on different values in different persons, places, or things, we label the characteristic a variable. We do this for the simple reason that the characteristic is not the same when observed in different possessors of it. Some examples of variables include diastolic blood pressure, heart rate, the heights of adult males, the weights of preschool children, and the ages of patients seen in a dental clinic.

Variable. Si, al observar una característica, observamos que adquiere valores diferentes en distintas personas, lugares o cosas, la denominamos variable. Esto se hace por la sencilla razón de que la característica no es la misma cuando se observa en diferentes personas que la poseen. Algunos ejemplos de variables incluyen la presión arterial diastólica, la frecuencia cardíaca, la estatura de los hombres adultos, el peso de los niños en edad preescolar y la edad de los pacientes atendidos en una clínica dental.

**Quantitative Variables** A quantitative variable is one that can be measured in the usual sense. We can, for example, obtain measurements on the heights of adult males, the weights of preschool children, and the ages of patients seen in a dental clinic. These are examples of quantitative variables. Measurements made on quantitative variables convey information regarding amount.

Variables cuantitativas. Una variable cuantitativa es aquella que puede medirse en el sentido habitual. Por ejemplo, podemos obtener mediciones de la estatura de hombres adultos, el peso de niños en edad preescolar y la edad de los pacientes atendidos en una clínica dental. Estos son ejemplos de variables cuantitativas. Las mediciones realizadas sobre variables cuantitativas transmiten información sobre la cantidad.

**Qualitative Variables** Some characteristics are not capable of being measured in the sense that height, weight, and age are measured. Many characteristics can be categorized only, as, for example, when an ill person is given a medical diagnosis, a person is designated as belonging to an ethnic group, or a person, place, or object is said to possess or not to possess some characteristic of interest. In such cases measuring consists of categorizing. We refer to variables of this kind as qualitative variables. Measurements made on qualitative variables convey information regarding attribute.

Variables cualitativas. Algunas características no se pueden medir como la altura, el peso y la edad. Muchas características solo se pueden categorizar; por ejemplo, cuando se diagnostica a una persona enferma, se la designa como perteneciente a un grupo étnico, o se dice que una persona, un lugar o un objeto posee o no alguna característica de interés. En tales casos, medir consiste en categorizar. Nos referimos a este tipo de variables como variables cualitativas. Las mediciones realizadas sobre variables cualitativas transmiten información sobre los atributos.

Although, in the case of qualitative variables, measurement in the usual sense of the word is not achieved, we can count the number of persons, places, or things belonging to various categories. A hospital administrator, for example, can count the number of patients admitted during a day under each of the various admitting diagnoses. These counts, or frequencies as they are called, are the numbers that we manipulate when our analysis involves qualitative variables.

Aunque, en el caso de las variables cualitativas, no se logra la medición en el sentido habitual del término, podemos contar el número de personas, lugares o cosas pertenecientes a diversas categorías. Un administrador de hospital, por ejemplo, puede contar el número de pacientes ingresados ​​durante un día con cada uno de los diversos diagnósticos de ingreso. Estos recuentos, o frecuencias como se les llama, son los números que manipulamos cuando nuestro análisis involucra variables cualitativas.

**Random Variable** Whenever we determine the height, weight, or age of an individual, the result is frequently referred to as a value of the respective variable. When the values obtained arise as a result of chance factors, so that they cannot be exactly predicted in advance, the variable is called a random variable. An example of a random variable is adult height. When a child is born, we cannot predict exactly his or her height at maturity. Attained adult height is the result of numerous genetic and environ- mental factors. Values resulting from measurement procedures are often referred to as observations or measurements.

Variable aleatoria. Siempre que determinamos la altura, el peso o la edad de un individuo, el resultado se denomina frecuentemente valor de la variable respectiva. Cuando los valores obtenidos surgen como resultado de factores aleatorios, de modo que no pueden predecirse con exactitud de antemano, la variable se denomina variable aleatoria. Un ejemplo de variable aleatoria es la altura adulta. Cuando un niño nace, no podemos predecir con exactitud su altura en la madurez. La altura adulta alcanzada es el resultado de numerosos factores genéticos y ambientales. Los valores resultantes de los procedimientos de medición a menudo se denominan observaciones o mediciones.

**Discrete Random** Variable Variables may be characterized further as to whether they are discrete or continuous. Since mathematically rigorous definitions of discrete and continuous variables are beyond the level of this book, we offer, instead, nonrigorous definitions and give an example of each.

Variable aleatoria discreta. Las variables pueden caracterizarse con mayor precisión según sean discretas o continuas. Dado que las definiciones matemáticamente rigurosas de variables discretas y continuas exceden el alcance de este libro, ofrecemos, en su lugar, definiciones no rigurosas y damos un ejemplo de cada una.

A discrete variable is characterized by gaps or interruptions in the values that it can assume. These gaps or interruptions indicate the absence of values between particular values that the variable can assume. Some examples illustrate the point. The number of daily admissions to a general hospital is a discrete random variable since the number of admissions each day must be represented by a whole number, such as 0, 1, 2, or 3. The number of admissions on a given day cannot be a number such as 1.5, 2.997, or 3.333. The number of decayed, missing, or filled teeth per child in an elementary school is another example of a discrete variable.

Una variable discreta se caracteriza por lagunas o interrupciones en los valores que puede asumir. Estas lagunas o interrupciones indican la ausencia de valores entre valores particulares que la variable puede asumir. Algunos ejemplos ilustran este punto. El número de ingresos diarios en un hospital general es una variable aleatoria discreta, ya que el número de ingresos diarios debe representarse con un número entero, como 0, 1, 2 o 3. El número de ingresos en un día determinado no puede ser un número como 1,5, 2,997 o 3,333. El número de dientes cariados, perdidos o empastados por niño en una escuela primaria es otro ejemplo de una variable discreta.

**Continuous Random Variable** A continuous random variable does not possess the gaps or interruptions characteristic of a discrete random variable. A continuous random variable can assume any value within a specified relevant interval of values assumed by the variable. Examples of continuous variables include the various measurements that can be made on individuals such as height, weight, and skull circumference. No matter how close together the observed heights of two people, for example, we can, theoretically, find another person whose height falls somewhere in between.

Variable aleatoria continua. Una variable aleatoria continua no presenta los vacíos ni interrupciones característicos de una variable aleatoria discreta. Una variable aleatoria continua puede asumir cualquier valor dentro de un intervalo relevante específico de valores que asume. Ejemplos de variables continuas incluyen las diversas mediciones que se pueden realizar en individuos, como la altura, el peso y la circunferencia craneal. Por muy próximas que sean las alturas observadas de dos personas, por ejemplo, teóricamente podemos encontrar otra persona cuya altura se encuentre en un punto intermedio.

Because of the limitations of available measuring instruments, however, observa- tions on variables that are inherently continuous are recorded as if they were discrete. Height, for example, is usually recorded to the nearest one-quarter, one-half, or whole inch, whereas, with a perfect measuring device, such a measurement could be made as precise as desired.

Sin embargo, debido a las limitaciones de los instrumentos de medición disponibles, las observaciones de variables inherentemente continuas se registran como si fueran discretas. La altura, por ejemplo, suele registrarse con una precisión de un cuarto, media pulgada o pulgada entera, mientras que, con un dispositivo de medición perfecto, dicha medición podría ser tan precisa como se desee.

**Population** The average person thinks of a population as a collection of entities, usually people. A population or collection of entities may, however, consist of animals, machines, places, or cells. For our purposes, we define a population of entities as the largest collection of entities for which we have an interest at a particular time. If we take a measurement of some variable on each of the entities in a population, we generate a population of values of that variable. We may, therefore, define a population of values as the largest collection of values of a random variable for which we have an interest at a particular time. If, for example, we are interested in the weights of all the children enrolled in a certain county elementary school system, our population consists of all these weights. If our interest lies only in the weights of first-grade students in the system, we have a different population—weights of first-grade students enrolled in the school system. Hence, populations are determined or defined by our sphere of interest. Populations may be finite or infinite. If a population of values consists of a fixed number of these values, the population is said to be finite. If, on the other hand, a population consists of an endless succession of values, the population is an infinite one.

Población. La persona promedio considera una población como un conjunto de entidades, generalmente personas. Sin embargo, una población o conjunto de entidades puede consistir en animales, máquinas, lugares o células. Para nuestros propósitos, definimos una población de entidades como el conjunto más grande de entidades que nos interesan en un momento dado. Si medimos una variable en cada una de las entidades de una población, generamos una población de valores de esa variable. Por lo tanto, podemos definir una población de valores como el conjunto más grande de valores de una variable aleatoria que nos interesa en un momento dado. Si, por ejemplo, nos interesan los pesos de todos los niños matriculados en un sistema escolar primario de un condado determinado, nuestra población consta de todos estos pesos. Si nuestro interés se centra únicamente en los pesos de los alumnos de primer grado del sistema, tenemos una población diferente: los pesos de los alumnos de primer grado matriculados en el sistema escolar. Por lo tanto, las poblaciones están determinadas o definidas por nuestro ámbito de interés. Las poblaciones pueden ser finitas o infinitas. Si una población de valores consta de un número fijo de estos valores, se dice que la población es finita. Si, por el contrario, una población consiste en una sucesión infinita de valores, la población es infinita.

**Sample** A sample may be defined simply as a part of a population. Suppose our population consists of the weights of all the elementary school children enrolled in a certain county school system. If we collect for analysis the weights of only a fraction of these children, we have only a part of our population of weights, that is, we have a sample.

Muestra. Una muestra puede definirse simplemente como una parte de una población. Supongamos que nuestra población está compuesta por los pesos de todos los niños de primaria matriculados en un sistema escolar del condado. Si recopilamos para el análisis los pesos de solo una fracción de estos niños, solo tenemos una parte de nuestra población de pesos; es decir, tenemos una muestra.

**1.3 MEASUREMENT AND MEASUREMENT SCALES**

In the preceding discussion we used the word measurement several times in its usual sense, and presumably the reader clearly understood the intended meaning. The word measure- ment, however, may be given a more scientific definition. In fact, there is a whole body of scientific literature devoted to the subject of measurement. Part of this literature is concerned also with the nature of the numbers that result from measurements. Authorities on the subject of measurement speak of measurement scales that result in the categoriza- tion of measurements according to their nature. In this section we define measurement and the four resulting measurement scales. A more detailed discussion of the subject is to be found in the writings of Stevens (1,2).

En la discusión anterior, usamos la palabra medición varias veces en su sentido habitual, y presumiblemente el lector entendió claramente el significado pretendido. Sin embargo, la palabra medición puede tener una definición más científica. De hecho, existe todo un cuerpo de literatura científica dedicada al tema de la medición. Parte de esta literatura también se ocupa de la naturaleza de los números que resultan de las mediciones. Las autoridades en el tema de la medición hablan de escalas de medición que resultan en la categorización de las mediciones según su naturaleza. En esta sección definimos la medición y las cuatro escalas de medición resultantes. Una discusión más detallada del tema se puede encontrar en los escritos de Stevens (1,2).

**Measurement** This may be defined as the assignment of numbers to objects or events according to a set of rules. The various measurement scales result from the fact that measurement may be carried out under different sets of rules.

Medición. Esto puede definirse como la asignación de números a objetos o eventos según un conjunto de reglas. Las diversas escalas de medición resultan del hecho de que la medición puede realizarse bajo diferentes conjuntos de reglas.

**The Nominal Scale** The lowest measurement scale is the nominal scale. As the name implies it consists of “naming” observations or classifying them into various mutually exclusive and collectively exhaustive categories. The practice of using numbers to distinguish among the various medical diagnoses constitutes measurement on a nominal scale. Other examples include such dichotomies as male–female, well–sick, under 65 years of age–65 and over, child–adult, and married–not married.

La escala nominal. La escala de medición más baja es la escala nominal. Como su nombre lo indica, consiste en nombrar las observaciones o clasificarlas en diversas categorías mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivas. La práctica de usar números para distinguir entre los diversos diagnósticos médicos constituye una medición en una escala nominal. Otros ejemplos incluyen dicotomías como hombre-mujer, sano-enfermo, menor de 65 años-mayor de 65 años, niño-adulto, y casado-soltero.

**The Ordinal Scale** Whenever observations are not only different from category to category but can be ranked according to some criterion, they are said to be measured on an ordinal scale. Convalescing patients may be characterized as unimproved, improved, and much improved. Individuals may be classified according to socioeconomic status as low, medium, or high. The intelligence of children may be above average, average, or below average. In each of these examples the members of any one category are all considered equal, but the members of one category are considered lower, worse, or smaller than those in another category, which in turn bears a similar relationship to another category.

La escala ordinal. Siempre que las observaciones no solo difieren entre categorías, sino que también pueden clasificarse según algún criterio, se dice que se miden en una escala ordinal. Los pacientes convalecientes pueden clasificarse como no mejorados, mejorados o muy mejorados. Los individuos pueden clasificarse según su nivel socioeconómico como bajo, medio o alto. La inteligencia de los niños puede ser superior al promedio, promedio o inferior al promedio. En cada uno de estos ejemplos, los miembros de cualquier categoría se consideran iguales, pero los miembros de una categoría se consideran inferiores, peores o más pequeños que los de otra categoría, que a su vez guarda una relación similar con otra categoría.

For example, a much improved patient is in better health than one classified as improved, while a patient who has improved is in better condition than one who has not improved. It is usually impossible to infer that the difference between members of one category and the next adjacent category is equal to the difference between members of that category and the members of the next category adjacent to it. The degree of improvement between unimproved and improved is probably not the same as that between improved and much improved. The implication is that if a finer breakdown were made resulting in more categories, these, too, could be ordered in a similar manner. The function of numbers assigned to ordinal data is to order (or rank) the observations from lowest to highest and, hence, the term ordinal.

Por ejemplo, un paciente con mucha mejoría tiene mejor salud que uno clasificado como mejorado, mientras que un paciente que ha mejorado tiene mejor condición que uno que no ha mejorado. Generalmente es imposible inferir que la diferencia entre los miembros de una categoría y la siguiente categoría adyacente es igual a la diferencia entre los miembros de esa categoría y los miembros de la siguiente categoría adyacente a ella. El grado de mejoría entre no mejorado y mejorado probablemente no sea el mismo que entre mejorado y muy mejorado. La implicación es que si se hiciera un desglose más fino que resultara en más categorías, estas también podrían ordenarse de manera similar. La función de los números asignados a los datos ordinales es ordenar (o jerarquizar) las observaciones de menor a mayor y, de ahí el término ordinal.

**The Interval Scale** The interval scale is a more sophisticated scale than the nominal or ordinal in that with this scale not only is it possible to order measurements, but also the distance between any two measurements is known. We know, say, that the difference between a measurement of 20 and a measurement of 30 is equal to the difference between measurements of 30 and 40. The ability to do this implies the use of a unit distance and a zero point, both of which are arbitrary. The selected zero point is not necessarily a true zero in that it does not have to indicate a total absence of the quantity being measured. Perhaps the best example of an interval scale is provided by the way in which temperature is usually measured (degrees Fahrenheit or Celsius). The unit of measurement is the degree, and the point of comparison is the arbitrarily chosen “zero degrees,” which does not indicate a lack of heat. The interval scale unlike the nominal and ordinal scales is a truly quantitative scale.

La escala de intervalo La escala de intervalo es una escala más sofisticada que la nominal u ordinal en que con esta escala no solo es posible ordenar mediciones, sino que también se conoce la distancia entre dos mediciones cualesquiera. Sabemos, digamos, que la diferencia entre una medición de 20 y una medición de 30 es igual a la diferencia entre mediciones de 30 y 40. La capacidad de hacer esto implica el uso de una unidad de distancia y un punto cero, ambos arbitrarios. El punto cero seleccionado no es necesariamente un cero verdadero en el sentido de que no tiene que indicar una ausencia total de la cantidad que se está midiendo. Quizás el mejor ejemplo de una escala de intervalo lo proporciona la forma en que generalmente se mide la temperatura (grados Fahrenheit o Celsius). La unidad de medida es el grado, y el punto de comparación es el “cero grados” elegido arbitrariamente, que no indica falta de calor. La escala de intervalo, a diferencia de las escalas nominal y ordinal, es una escala verdaderamente cuantitativa.

**The Ratio Scale** The highest level of measurement is the ratio scale. This scale is characterized by the fact that equality of ratios as well as equality of intervals may be determined. Fundamental to the ratio scale is a true zero point. The measurement of such familiar traits as height, weight, and length makes use of the ratio scale.

La escala de razón. El nivel más alto de medición es la escala de razón. Esta escala se caracteriza por permitir determinar la igualdad de razones, así como la igualdad de intervalos. Un punto cero verdadero es fundamental para la escala de razón. La medición de características tan comunes como la altura, el peso y la longitud utiliza la escala de razón.

**1.4 SAMPLING AND STATISTICAL INFERENCE**

As noted earlier, one of the purposes of this book is to teach the concepts of statistical inference, which we may define as follows:

**DEFINITION**

**Statistical inference is the procedure by which we reach a conclusion about a population on the basis of the information contained in a sample that has been drawn from that population.**

La inferencia estadística es el procedimiento mediante el cual llegamos a una conclusión sobre una población sobre la base de la información contenida en una muestra extraída de esa población.

There are many kinds of samples that may be drawn from a population. Not every kind of sample, however, can be used as a basis for making valid inferences about a population. In general, in order to make a valid inference about a population, we need a scientific sample from the population. There are also many kinds of scientific samples that may be drawn from a population. The simplest of these is the simple random sample. In this section we define a simple random sample and show you how to draw one from a population.

Existen muchos tipos de muestras que pueden extraerse de una población. Sin embargo, no todas las muestras pueden utilizarse como base para realizar inferencias válidas sobre una población. En general, para realizar una inferencia válida sobre una población, necesitamos una muestra científica de la misma. También existen muchos tipos de muestras científicas que pueden extraerse de una población. La más simple de estas es la muestra aleatoria simple. En esta sección, definimos una muestra aleatoria simple y mostramos cómo extraerla de una población.

If we use the letter N to designate the size of a finite population and the letter n to designate the size of a sample, we may define a simple random sample as follows:

**DEFINITION**

**If a sample of size n is drawn from a population of size N in such a way that every possible sample of size n has the same chance of being selected, the sample is called a simple random sample.**

Si se extrae una muestra de tamaño n de una población de tamaño N de tal manera que cada muestra posible de tamaño n tiene la misma probabilidad de ser seleccionada, la muestra se denomina muestra aleatoria simple.

The mechanics of drawing a sample to satisfy the definition of a simple random sample is called simple random sampling.

We will demonstrate the procedure of simple random sampling shortly, but first let us consider the problem of whether to sample with replacement or without replacement. When sampling with replacement is employed, every member of the population is available at each draw. For example, suppose that we are drawing a sample from a population of former hospital patients as part of a study of length of stay. Let us assume that the sampling involves selecting from the shelves in the medical records department a sample of charts of discharged patients. In sampling with replacement we would proceed as follows: select a chart to be in the sample, record the length of stay, and return the chart to the shelf. The chart is back in the “population” and may be drawn again on some subsequent draw, in which case the length of stay will again be recorded. In sampling without replacement, we would not return a drawn chart to the shelf after recording the length of stay, but would lay it aside until the entire sample is drawn. Following this procedure, a given chart could appear in the sample only once. As a rule, in practice, sampling is always done without replacement. The significance and consequences of this will be explained later, but first let us see how one goes about selecting a simple random sample. To ensure true randomness of selection, we will need to follow some objective procedure. We certainly will want to avoid using our own judgment to decide which members of the population constitute a random sample. The following example illustrates one method of selecting a simple random sample from a population.

**EXAMPLE 1.4.1**

Gold et al. (A-1) studied the effectiveness on smoking cessation of bupropion SR, a nicotine patch, or both, when co-administered with cognitive-behavioral therapy. Consec- utive consenting patients assigned themselves to one of the three treatments. For illustrative purposes, let us consider all these subjects to be a population of size N = 189. We wish to select a simple random sample of size 10 from this population whose ages are shown in Table 1.4.1.

Gold et al. (A-1) estudiaron la eficacia de bupropión SR, un parche de nicotina o ambos para dejar de fumar, al administrarse conjuntamente con terapia cognitivo-conductual. Pacientes consecutivos que dieron su consentimiento se asignaron a uno de los tres tratamientos. A modo de ejemplo, consideremos a todos estos sujetos como una población de tamaño N = 189. Deseamos seleccionar una muestra aleatoria simple de tamaño 10 de esta población, cuyas edades se muestran en la Tabla 1.4.1.

**TABLE 1.4.1 Ages of 189 Subjects Who Participated in a Study on Smoking Cessation**

The preceding discussion of random sampling is presented because of the important role that the sampling process plays in designing research studies and experiments. The methodology and concepts employed in sampling processes will be described in more detail in Section 1.5.

La discusión anterior sobre el muestreo aleatorio se presenta debido a la importancia que este proceso desempeña en el diseño de estudios y experimentos de investigación. La metodología y los conceptos empleados en los procesos de muestreo se describirán con más detalle en la Sección 1.5.

**DEFINITION**

**A research study is a scientific study of a phenomenon of interest. Research studies involve designing sampling protocols, collecting and analyzing data, and providing valid conclusions based on the results of the analyses.**

Un estudio de investigación es un estudio científico de un fenómeno de interés. Los estudios de investigación implican el diseño de protocolos de muestreo, la recopilación y el análisis de datos, y la generación de conclusiones válidas basadas en los resultados de los análisis.

**DEFINITION**

Experiments are a special type of research study in which observations are made after specific manipulations of conditions have been carried out; they provide the foundation for scientific research.

Los experimentos son un tipo especial de estudio de investigación en el que se realizan observaciones después de haber llevado a cabo manipulaciones específicas de las condiciones; proporcionan la base para la investigación científica.

Despite the tremendous importance of random sampling in the design of research studies and experiments, there are some occasions when random sampling may not be the most appropriate method to use. Consequently, other sampling methods must be consid- ered. The intention here is not to provide a comprehensive review of sampling methods, but rather to acquaint the student with two additional sampling methods that are employed in the health sciences, systematic sampling and stratified random sampling. Interested readers are referred to the books by Thompson (3) and Levy and Lemeshow (4) for detailed overviews of various sampling methods and explanations of how sample statistics are calculated when these methods are applied in research studies and experiments.

A pesar de la enorme importancia del muestreo aleatorio en el diseño de estudios y experimentos de investigación, existen ocasiones en las que el muestreo aleatorio puede no ser el método más apropiado. Por consiguiente, se deben considerar otros métodos de muestreo. El objetivo de este trabajo no es proporcionar una revisión exhaustiva de los métodos de muestreo, sino familiarizar al estudiante con dos métodos de muestreo adicionales que se emplean en las ciencias de la salud: el muestreo sistemático y el muestreo aleatorio estratificado. Los lectores interesados ​​pueden consultar los libros de Thompson (3) y Levy y Lemeshow (4) para obtener descripciones detalladas de diversos métodos de muestreo y explicaciones sobre cómo se calculan las estadísticas muestrales cuando estos métodos se aplican en estudios y experimentos de investigación.

**Systematic Sampling** A sampling method that is widely used in healthcare research is the systematic sample. Medical records, which contain raw data used in healthcare research, are generally stored in a file system or on a computer and hence are easy to select in a systematic way. Using systematic sampling methodology, a researcher calculates the total number of records needed for the study or experiment at hand. A random numbers table is then employed to select a starting point in the file system. The record located at this starting point is called record x. A second number, determined by the number of records desired, is selected to define the sampling interval (call this interval k). Consequently, the data set would consist of records x, x þ k, x þ 2k, x þ 3k, and so on, until the necessary number of records are obtained.

Muestreo sistemático. Un método de muestreo ampliamente utilizado en la investigación sanitaria es el muestreo sistemático. Los registros médicos, que contienen datos brutos utilizados en la investigación sanitaria, generalmente se almacenan en un sistema de archivos o en una computadora y, por lo tanto, son fáciles de seleccionar de forma sistemática. Utilizando la metodología de muestreo sistemático, un investigador calcula el número total de registros necesarios para el estudio o experimento en cuestión. Luego, se emplea una tabla de números aleatorios para seleccionar un punto de partida en el sistema de archivos. El registro ubicado en este punto de partida se denomina registro x. Se selecciona un segundo número, determinado por el número de registros deseados, para definir el intervalo de muestreo (denominado intervalo k). En consecuencia, el conjunto de datos constaría de los registros x, x þ k, x þ 2k, x þ 3k, y así sucesivamente, hasta obtener el número necesario de registros.

**EXAMPLE 1.4.2**

Continuing with the study of Gold et al. (A-1) illustrated in the previous example, imagine that we wanted a systematic sample of 10 subjects from those listed in Table 1.4.1.

**Stratified Random** Sampling A common situation that may be encountered in a population under study is one in which the sample units occur together in a grouped fashion. On occasion, when the sample units are not inherently grouped, it may be possible and desirable to group them for sampling purposes. In other words, it may be desirable to partition a population of interest into groups, or strata, in which the sample units within a particular stratum are more similar to each other than they are to the sample units that compose the other strata. After the population is stratified, it is customary to take a random sample independently from each stratum. This technique is called stratified random sampling. The resulting sample is called a stratified random sample. Although the benefits of stratified random sampling may not be readily observable, it is most often the case that random samples taken within a stratum will have much less variability than a random sample taken across all strata. This is true because sample units within each stratum tend to have characteristics that are similar.

Muestreo aleatorio estratificado Una situación común que se puede encontrar en una población en estudio es aquella en la que las unidades de muestra se presentan juntas de forma agrupada. En ocasiones, cuando las unidades de muestra no están agrupadas de forma inherente, puede ser posible y deseable agruparlas para fines de muestreo. En otras palabras, puede ser deseable dividir una población de interés en grupos o estratos, en los que las unidades de muestra dentro de un estrato en particular sean más similares entre sí que a las unidades de muestra que componen los otros estratos. Después de estratificar la población, se acostumbra a tomar una muestra aleatoria independientemente de cada estrato. Esta técnica se denomina muestreo aleatorio estratificado. La muestra resultante se denomina muestra aleatoria estratificada. Aunque los beneficios del muestreo aleatorio estratificado pueden no ser fácilmente observables, lo más frecuente es que las muestras aleatorias tomadas dentro de un estrato tengan mucha menos variabilidad que una muestra aleatoria tomada en todos los estratos. Esto es cierto porque las unidades de muestra dentro de cada estrato tienden a tener características similares.

**EXAMPLE 1.4.3**

Hospital trauma centers are given ratings depending on their capabilities to treat various traumas. In this system, a level 1 trauma center is the highest level of available trauma care and a level 4 trauma center is the lowest level of available trauma care. Imagine that we are interested in estimating the survival rate of trauma victims treated at hospitals within a large metropolitan area. Suppose that the metropolitan area has a level 1, a level 2, and a level 3 trauma center. We wish to take samples of patients from these trauma centers in such a way that the total sample size is 30.

Los centros de traumatología hospitalarios reciben calificaciones según su capacidad para tratar diversos tipos de trauma. En este sistema, un centro de traumatología de nivel 1 representa el nivel más alto de atención traumatológica disponible, y un centro de traumatología de nivel 4, el nivel más bajo. Imaginemos que nos interesa estimar la tasa de supervivencia de las víctimas de traumatología atendidas en hospitales de una gran área metropolitana. Supongamos que el área metropolitana cuenta con un centro de traumatología de nivel 1, uno de nivel 2 y uno de nivel 3. Deseamos tomar muestras de pacientes de estos centros de traumatología de tal manera que el tamaño total de la muestra sea de 30.

It should be noted that two slight modifications of the stratified sampling technique are frequently employed. To illustrate, consider again the trauma center example. In the first place, a systematic sample of patient files could have been selected from each trauma center (stratum). Such a sample is called a stratified systematic sample.

Cabe señalar que con frecuencia se emplean dos pequeñas modificaciones de la técnica de muestreo estratificado. Para ilustrarlo, considere nuevamente el ejemplo del centro de traumatología. En primer lugar, se podría haber seleccionado una muestra sistemática de expedientes de pacientes de cada centro de traumatología (estrato). Dicha muestra se denomina muestra sistemática estratificada.

The second modification of stratified sampling involves selecting the sample from a given stratum in such a way that the number of sample units selected from that stratum is proportional to the size of the population of that stratum. Suppose, in our trauma center example that the level 1 trauma center treated 100 patients and the level 2 and level 3 trauma centers treated only 10 each. In that case, selecting a random sample of 10 from each trauma center overrepresents the trauma centers with smaller patient loads. To avoid this problem, we adjust the size of the sample taken from a stratum so that it is proportional to the size of the stratum’s population. This type of sampling is called stratified sampling proportional to size. The within-stratum samples can be either random or systematic as described above.

La segunda modificación del muestreo estratificado implica seleccionar la muestra de un estrato determinado de tal manera que el número de unidades de muestra seleccionadas de ese estrato sea proporcional al tamaño de la población de dicho estrato. Supongamos, en nuestro ejemplo del centro de traumatología, que el centro de traumatología de nivel 1 atendió a 100 pacientes y los centros de traumatología de nivel 2 y nivel 3 atendieron solo a 10 cada uno. En ese caso, seleccionar una muestra aleatoria de 10 de cada centro de traumatología sobrerrepresenta a los centros de traumatología con menor carga de pacientes. Para evitar este problema, ajustamos el tamaño de la muestra tomada de un estrato para que sea proporcional al tamaño de la población del estrato. Este tipo de muestreo se denomina muestreo estratificado proporcional al tamaño. Las muestras intraestrato pueden ser aleatorias o sistemáticas, como se describió anteriormente.

**EXERCISES**

1.4.1 Using the table of random numbers, select a new random starting point, and draw another simple random sample of size 10 from the data in Table 1.4.1. Record the ages of the subjects in this new sample. Save your data for future use. What is the variable of interest in this exercise? What measurement scale was used to obtain the measurements?  
   
1.4.2 Select another simple random sample of size 10 from the population represented in Table 1.4.1. Compare the subjects in this sample with those in the sample drawn in Exercise 1.4.1. Are there any subjects who showed up in both samples? How many? Compare the ages of the subjects in the two samples. How many ages in the first sample were duplicated in the second sample?  
   
1.4.3 Using the table of random numbers, select a random sample and a systematic sample, each of size 15, from the data in Table 1.4.1. Visually compare the distributions of the two samples. Do they appear similar? Which appears to be the best representation of the data?  
   
1.4.4 Construct an example where it would be appropriate to use stratified sampling. Discuss how you would use stratified random sampling and stratified sampling proportional to size with this example. Which do you think would best represent the population that you described in your example? Why?

**1.5 THE SCIENTIFIC METHOD AND THE DESIGN OF EXPERIMENTS**

Data analyses using a broad range of statistical methods play a significant role in scientific studies. The previous section highlighted the importance of obtaining samples in a scientific manner. Appropriate sampling techniques enhance the likelihood that the results of statistical analyses of a data set will provide valid and scientifically defensible results. Because of the importance of the proper collection of data to support scientific discovery, it is necessary to consider the foundation of such discovery—the scientific method—and to explore the role of statistics in the context of this method.

Los análisis de datos que utilizan una amplia gama de métodos estadísticos desempeñan un papel fundamental en los estudios científicos. La sección anterior destacó la importancia de obtener muestras de forma científica. Las técnicas de muestreo adecuadas aumentan la probabilidad de que los resultados de los análisis estadísticos de un conjunto de datos proporcionen resultados válidos y científicamente defendibles. Dada la importancia de la correcta recopilación de datos para sustentar el descubrimiento científico, es necesario considerar el fundamento de dicho descubrimiento —el método científico— y explorar el papel de la estadística en el contexto de este método.

**DEFINITION**

**The scientific method is a process by which scientific information is collected, analyzed, and reported in order to produce unbiased and replicable results in an effort to provide an accurate representation of observable phenomena.**

El método científico es un proceso mediante el cual se recopila, analiza y divulga información científica con el fin de producir resultados imparciales y replicables en un esfuerzo por proporcionar una representación precisa de los fenómenos observables.

The scientific method is recognized universally as the only truly acceptable way to produce new scientific understanding of the world around us. It is based on an empirical approach, in that decisions and outcomes are based on data. There are several key elements associated with the scientific method, and the concepts and techniques of statistics play a prominent role in all these elements.

El método científico es reconocido universalmente como la única forma verdaderamente aceptable de generar una nueva comprensión científica del mundo que nos rodea. Se basa en un enfoque empírico, en el que las decisiones y los resultados se basan en datos. Existen varios elementos clave asociados al método científico, y los conceptos y técnicas de la estadística desempeñan un papel fundamental en todos ellos.

**Making an Observation** First, an observation is made of a phenomenon or a group of phenomena. This observation leads to the formulation of questions or uncer- tainties that can be answered in a scientifically rigorous way. For example, it is readily observable that regular exercise reduces body weight in many people. It is also readily observable that changing diet may have a similar effect. In this case there are two observable phenomena, regular exercise and diet change, that have the same endpoint. The nature of this endpoint can be determined by use of the scientific method.

Realizar una observación. Primero, se observa un fenómeno o un grupo de fenómenos. Esta observación lleva a la formulación de preguntas o incertidumbres que pueden responderse con rigor científico. Por ejemplo, es fácil observar que el ejercicio regular reduce el peso corporal en muchas personas. También es fácil observar que un cambio en la dieta puede tener un efecto similar. En este caso, hay dos fenómenos observables, el ejercicio regular y el cambio en la dieta, que tienen el mismo resultado. La naturaleza de este resultado puede determinarse mediante el uso del método científico.

**Formulating a Hypothesis** In the second step of the scientific method a hypothesis is formulated to explain the observation and to make quantitative predictions of new observations. Often hypotheses are generated as a result of extensive background research and literature reviews. The objective is to produce hypotheses that are scientifically sound. Hypotheses may be stated as either research hypotheses or statistical hypotheses. Explicit definitions of these terms are given in Chapter 7, which discusses the science of testing hypotheses. Suffice it to say for now that a research hypothesis from the weight-loss example would be a statement such as, “Exercise appears to reduce body weight.”

Formulación de una hipótesis En el segundo paso del método científico, se formula una hipótesis para explicar la observación y hacer predicciones cuantitativas de nuevas observaciones. A menudo, las hipótesis se generan como resultado de una extensa investigación de antecedentes y revisiones bibliográficas. El objetivo es producir hipótesis que sean científicamente sólidas. Las hipótesis pueden formularse como hipótesis de investigación o hipótesis estadísticas. Se dan definiciones explícitas de estos términos en el Capítulo 7, que analiza la ciencia de probar hipótesis. Baste decir por ahora que una hipótesis de investigación del ejemplo de pérdida de peso sería una afirmación como: "El ejercicio parece reducir el peso corporal".

There is certainly nothing incorrect about this conjecture, but it lacks a truly quantitative basis for testing. A statistical hypothesis may be stated using quantitative terminology as follows: “The average (mean) loss of body weight of people who exercise is greater than the average (mean) loss of body weight of people who do not exercise.” In this statement a quantitative measure, the “average” or “mean” value, is hypothesized to be greater in the sample of patients who exercise. The role of the statistician in this step of the scientific method is to state the hypothesis in a way that valid conclusions may be drawn and to interpret correctly the results of such conclusions.

Ciertamente, esta conjetura no tiene nada de incorrecto, pero carece de una base verdaderamente cuantitativa para su comprobación. Una hipótesis estadística puede formularse utilizando terminología cuantitativa de la siguiente manera: «La pérdida de peso corporal promedio (media) de las personas que hacen ejercicio es mayor que la de las personas que no lo hacen». En esta afirmación, se hipotetiza que una medida cuantitativa, el valor «promedio» o «media», es mayor en la muestra de pacientes que hacen ejercicio. La función del estadístico en esta etapa del método científico es formular la hipótesis de forma que se puedan extraer conclusiones válidas e interpretar correctamente los resultados de dichas conclusiones.

**Designing an Experiment** The third step of the scientific method involves designing an experiment that will yield the data necessary to validly test an appropriate statistical hypothesis. This step of the scientific method, like that of data analysis, requires the expertise of a statistician. Improperly designed experiments are the leading cause of invalid results and unjustified conclusions. Further, most studies that are challenged by experts are challenged on the basis of the appropriateness or inappropriateness of the study’s research design.

Diseño de un experimento. El tercer paso del método científico consiste en diseñar un experimento que genere los datos necesarios para probar válidamente una hipótesis estadística apropiada. Este paso del método científico, al igual que el del análisis de datos, requiere la experiencia de un estadístico. Los experimentos mal diseñados son la principal causa de resultados inválidos y conclusiones injustificadas. Además, la mayoría de los estudios que son cuestionados por expertos se basan en la pertinencia o inadecuación del diseño de investigación.

Those who properly design research experiments make every effort to ensure that the measurement of the phenomenon of interest is both accurate and precise. Accuracy refers to the correctness of a measurement. Precision, on the other hand, refers to the consistency of a measurement. It should be noted that in the social sciences, the term validity is sometimes used to mean accuracy and that reliability is sometimes used to mean precision. In the context of the weight-loss example given earlier, the scale used to measure the weight of study participants would be accurate if the measurement is validated using a scale that is properly calibrated. If, however, the scale is off by þ3 pounds, then each participant’s weight would be 3 pounds heavier; the measurements would be precise in that each would be wrong by þ3 pounds, but the measurements would not be accurate. Measurements that are inaccurate or imprecise may invalidate research findings.

Quienes diseñan adecuadamente experimentos de investigación se esfuerzan al máximo para garantizar que la medición del fenómeno de interés sea exacta y precisa. La exactitud se refiere a la exactitud de una medición. La precisión, por otro lado, se refiere a la consistencia de una medición. Cabe señalar que en las ciencias sociales, el término validez a veces se usa para significar exactitud y que confiabilidad a veces se usa para significar precisión. En el contexto del ejemplo de pérdida de peso dado anteriormente, la báscula utilizada para medir el peso de los participantes del estudio sería exacta si la medición se valida utilizando una báscula que esté correctamente calibrada. Sin embargo, si la báscula tiene un error de ¾3 libras, entonces el peso de cada participante sería 3 libras más pesado; las mediciones serían precisas en el sentido de que cada una tendría un error de ¾3 libras, pero las mediciones no serían exactas. Las mediciones inexactas o imprecisas pueden invalidar los hallazgos de la investigación.

The design of an experiment depends on the type of data that need to be collected to test a specific hypothesis. As discussed in Section 1.2, data may be collected or made available through a variety of means. For much scientific research, however, the standard for data collection is experimentation. A true experimental design is one in which study subjects are randomly assigned to an experimental group (or treatment group) and a control group that is not directly exposed to a treatment. Continuing the weight-loss example, a sample of 100 participants could be randomly assigned to two conditions using the methods of Section 1.4. A sample of 50 of the participants would be assigned to a specific exercise program and the remaining 50 would be monitored, but asked not to exercise for a specific period of time. At the end of this experiment the average (mean) weight losses of the two groups could be compared. The reason that experimental designs are desirable is that if all other potential factors are controlled, a cause–effect relationship may be tested; that is, all else being equal, we would be able to conclude or fail to conclude that the experimental group lost weight as a result of exercising.

El diseño de un experimento depende del tipo de datos que deben recopilarse para probar una hipótesis específica. Como se discutió en la Sección 1.2, los datos pueden recopilarse o ponerse a disposición a través de una variedad de medios. Sin embargo, para gran parte de la investigación científica, el estándar para la recopilación de datos es la experimentación. Un verdadero diseño experimental es aquel en el que los sujetos del estudio se asignan aleatoriamente a un grupo experimental (o grupo de tratamiento) y a un grupo de control que no está expuesto directamente a un tratamiento. Continuando con el ejemplo de la pérdida de peso, una muestra de 100 participantes podría asignarse aleatoriamente a dos condiciones utilizando los métodos de la Sección 1.4. Una muestra de 50 de los participantes se asignaría a un programa de ejercicios específico y los 50 restantes serían monitoreados, pero se les pediría que no hicieran ejercicio durante un período de tiempo específico. Al final de este experimento, se podrían comparar las pérdidas de peso promedio (media) de los dos grupos. La razón por la que los diseños experimentales son deseables es que si se controlan todos los demás factores potenciales, se puede probar una relación causa-efecto; Es decir, en igualdad de condiciones, podríamos concluir o no que el grupo experimental perdió peso como resultado del ejercicio.

The potential complexity of research designs requires statistical expertise, and Chapter 8 highlights some commonly used experimental designs. For a more in-depth discussion of research designs, the interested reader may wish to refer to texts by Kuehl (5), Keppel and Wickens (6), and Tabachnick and Fidell (7).

La potencial complejidad de los diseños de investigación requiere conocimientos estadísticos, y el capítulo 8 destaca algunos diseños experimentales de uso común. Para un análisis más profundo de los diseños de investigación, el lector interesado puede consultar los textos de Kuehl (5), Keppel y Wickens (6), y Tabachnick y Fidell (7).

**Conclusion** In the execution of a research study or experiment, one would hope to have collected the data necessary to draw conclusions, with some degree of confidence, about the hypotheses that were posed as part of the design. It is often the case that hypotheses need to be modified and retested with new data and a different design. Whatever the conclusions of the scientific process, however, results are rarely considered to be conclusive. That is, results need to be replicated, often a large number of times, before scientific credence is granted them.

Conclusión. Al realizar un estudio o experimento de investigación, se espera haber recopilado los datos necesarios para extraer conclusiones, con cierto grado de confianza, sobre las hipótesis planteadas como parte del diseño. A menudo, las hipótesis deben modificarse y volver a probarse con nuevos datos y un diseño diferente. Sin embargo, independientemente de las conclusiones del proceso científico, los resultados rara vez se consideran concluyentes. Es decir, los resultados deben replicarse, a menudo un gran número de veces, antes de que se les otorgue credibilidad científica.

**EXERCISES**

1.5.1 Using the example of weight loss as an endpoint, discuss how you would use the scientific method to test the observation that change in diet is related to weight loss. Include all of the steps, including the hypothesis to be tested and the design of your experiment.   
1.5.2 Continuing with Exercise 1.5.1, consider how you would use the scientific method to test the observation that both exercise and change in diet are related to weight loss. Include all of the steps, paying particular attention to how you might design the experiment and which hypotheses would be testable given your design.

**1.6 COMPUTERS AND BIOSTATISTICAL ANALYSIS**

The widespread use of computers has had a tremendous impact on health sciences research in general and biostatistical analysis in particular. The necessity to perform long and tedious arithmetic computations as part of the statistical analysis of data lives only in the memory of those researchers and practitioners whose careers antedate the so-called computer revolution. Computers can perform more calculations faster and far more accurately than can human technicians. The use of computers makes it possible for investigators to devote more time to the improvement of the quality of raw data and the interpretation of the results.

The current prevalence of microcomputers and the abundance of available statistical software programs have further revolutionized statistical computing. The reader in search of a statistical software package may wish to consult The American Statistician, a quarterly publication of the American Statistical Association. Statistical software packages are regularly reviewed and advertised in the periodical.

Computers currently on the market are equipped with random number generating capabilities. As an alternative to using printed tables of random numbers, investigators may use computers to generate the random numbers they need. Actually, the “random” numbers generated by most computers are in reality pseudorandom numbers because they are the result of a deterministic formula. However, as Fishman (8) points out, the numbers appear to serve satisfactorily for many practical purposes.

The usefulness of the computer in the health sciences is not limited to statistical analysis. The reader interested in learning more about the use of computers in the health sciences will find the books by Hersh (4), Johns (5), Miller et al. (6), and Saba and McCormick (7) helpful. Those who wish to derive maximum benefit from the Internet may wish to consult the books Physicians’ Guide to the Internet (13) and Computers in Nursing’s Nurses’ Guide to the Internet (14). Current developments in the use of computers in biology, medicine, and related fields are reported in several periodicals devoted to the subject. A few such periodicals are Computers in Biology and Medicine, Computers and Biomedical Research, International Journal of Bio-Medical Computing, Computer Methods and Programs in Biomedicine, Computer Applications in the Biosciences, and Computers in Nursing.

Computer printouts are used throughout this book to illustrate the use of computers in biostatistical analysis. The MINITAB, SPSS, R, and SAS® statistical software packages for the personal computer have been used for this purpose.

**1.7 SUMMARY**

In this chapter we introduced the reader to the basic concepts of statistics. We defined statistics as an area of study concerned with collecting and describing data and with making statistical inferences. We defined statistical inference as the procedure by which we reach a conclusion about a population on the basis of information contained in a sample drawn from that population. We learned that a basic type of sample that will allow us to make valid inferences is the simple random sample. We learned how to use a table of random numbers to draw a simple random sample from a population.

The reader is provided with the definitions of some basic terms, such as variable and sample, that are used in the study of statistics. We also discussed measurement and defined four measurement scales—nominal, ordinal, interval, and ratio. The reader is also introduced to the scientific method and the role of statistics and the statistician in this process.

Finally, we discussed the importance of computers in the performance of the activities involved in statistics.

**REVIEW QUESTIONS AND EXERCISES**

1. Explain what is meant by descriptive statistics.
2. Explain what is meant by inferential statistics.

REVIEW QUESTIONS AND EXERCISES 17

1. Define:  
    (a) Statistics  
      
   (c) Variable  
    (e) Qualitative variable (g) Population  
      
   (i) Infinite population (k) Discrete variable  
      
   (m) Simple random sample  
    (o) Sampling without replacement
2. Define the word measurement.

(b) Biostatistics

(d) Quantitative variable

(f) Random variable (h) Finite population

(j) Sample

(l) Continuous variable

(n) Sampling with replacement

1. List, describe, and compare the four measurement scales.
2. For each of the following variables, indicate whether it is quantitative or qualitative and specify the measurement scale that is employed when taking measurements on each:  
      
   (a) Class standing of the members of this class relative to each other (b) Admitting diagnosis of patients admitted to a mental health clinic (c) Weights of babies born in a hospital during a year  
    (d) Gender of babies born in a hospital during a year  
      
   (e) Range of motion of elbow joint of students enrolled in a university health sciences curriculum (f) Under-arm temperature of day-old infants born in a hospital
3. For each of the following situations, answer questions a through e: (a) What is the sample in the study?  
    (b) What is the population?  
    (c) What is the variable of interest?  
      
   (d) How many measurements were used in calculating the reported results? (e) What measurement scale was used?  
      
   Situation A. A study of 300 households in a small southern town revealed that 20 percent had at least one school-age child present.  
    Situation B. A study of 250 patients admitted to a hospital during the past year revealed that, on the average, the patients lived 15 miles from the hospital.
4. Consider the two situations given in Exercise 7. For Situation A describe how you would use a stratified random sample to collect the data. For Situation B describe how you would use systematic sampling of patient records to collect the data.

REFERENCES

Methodology References

1. S. S. STEVENS, “On the Theory of Scales of Measurement,” Science, 103 (1946), 677–680.
2. S. S. STEVENS, “Mathematics, Measurement and Psychophysics,” in S. S. Stevens (ed.), Handbook of Experimental  
      
   Psychology, Wiley, New York, 1951.
3. STEVEN K. THOMPSON, Sampling (2nd ed.), Wiley, New York, 2002.
4. PAUL S. LEVY and STANLEY LEMESHOW, Sampling of Populations: Methods and Applications (3rd ed.), Wiley,  
      
   New York, 1999.
5. ROBERT O. KUEHL, Statistical Principles of Research Design and Analysis (2nd ed.), Duxbury Press, Belmont, CA,  
      
   1999.
6. GEOFFREY KEPPEL and THOMAS D. WICKENS, Design and Analysis: A Researcher’s Handbook (4th ed.), Prentice  
      
   Hall, Upper Saddle River, NJ, 2004.
7. BARBARA G. TABACHNICK and LINDA S. FIDELL, Experimental Designs using ANOVA, Thomson, Belmont, CA, 2007.
8. GEORGE S. FISHMAN, Concepts and Methods in Discrete Event Digital Simulation, Wiley, New York, 1973.
9. WILLIAM R. HERSH, Information Retrieval: A Health Care Perspective, Springer, New York, 1996.
10. MERIDA L. JOHNS, Information Management for Health Professions, Delmar Publishers, Albany, NY, 1997.
11. MARVIN J. MILLER, KENRIC W. HAMMOND, and MATTHEW G. HILE (eds.), Mental Health Computing, Springer,  
       
    New York, 1996.
12. VIRGINIA K. SABA and KATHLEEN A. MCCORMICK, Essentials of Computers for Nurses, McGraw-Hill, New York,  
       
    1996.
13. LEE HANCOCK, Physicians’ Guide to the Internet, Lippincott Williams & Wilkins Publishers, Philadelphia, 1996.
14. LESLIE H. NICOLL and TEENA H. OUELLETTE, Computers in Nursing’s Nurses’ Guide to the Internet, 3rd ed.,  
       
    Lippincott Williams & Wilkins Publishers, Philadelphia, 2001.  
       
    Applications References

A-1. PAUL B. GOLD, ROBERT N. RUBEY, and RICHARD T. HARVEY, “Naturalistic, Self-Assignment Comparative Trial of Bupropion SR, a Nicotine Patch, or Both for Smoking Cessation Treatment in Primary Care,” American Journal on Addictions, 11 (2002), 315–331.