10

Análisis de los datos

PROCESO DE INVESTIGACIÓN
Noveno paso

ANALIZAR LOS DATOS:

- Decidir qué pruebas estadísticas son apropiadas para analizar los datos, dependiendo de las hipótesis formuladas y los niveles de medición de las variables.
- Elaborar el programa de computadora para analizar los datos: utilizando un paquete estadístico o generando un programa propio.
- Correr el programa.
- Obtener los análisis requeridos.
- Interpretar los análisis.

OBJETIVOS

Que el alumno:

1) Comprenda el concepto de prueba estadística.
2) Comprenda que no se aplican las pruebas estadísticas simplemente por aplicarlas, sino que se aplican con un sentido y justificación.
3) Conozca las principales pruebas estadísticas desarrolladas para las ciencias sociales, así como sus aplicaciones, situaciones en las que se utiliza cada una y formas de interpretarlas.
4) Comprenda los procedimientos para analizar los datos.
5) Analice la inter-relación entre distintas pruebas estadísticas.
6) Aprenda a diferenciar entre estadística paramétrica y estadística no paramétrica.

SÍNTESIS

El capítulo presenta los procedimientos generales para efectuar análisis estadístico por computadora. Asimismo, se comentan, analizan y ejemplifican la pruebas y análisis estadísticos más utilizados en ciencias sociales; incluyendo estadísticas descriptivas, análisis paramétricos, no paramétricos y multivariados. En la mayoría de estos análisis el enfoque del capítulo se centra en los usos y la interpretación de la prueba más que en el procedimiento de calcular estadísticas, debido a que actualmente los análisis se hacen con ayuda de la computadora y no manualmente, muy pocas veces es necesario que el investigador haga sus cálculos a mano basándose en las fórmulas disponibles.

Hoy día, las fórmulas ayudan a entender los conceptos estadísticos pero no a calcular estadísticas. El capítulo también proporciona una introducción general a los análisis multivariados.

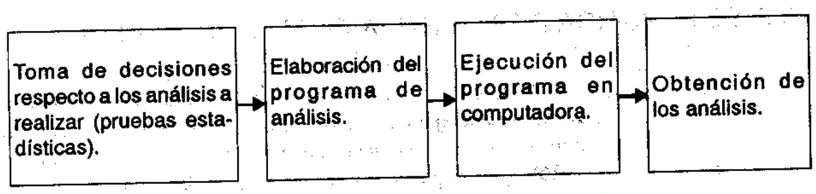
10.1. ¿QUÉ PROCEDIMIENTO SE SIGUE PARA ANALIZAR LOS DATOS?

Una vez que los datos han sido codificados y transferidos a una matriz, así como guardados en un archivo, el investigador puede proceder a analizarlos.

En la actualidad el *análisis de los datos* se lleva a cabo *por computadora*. Prácticamente ya nadie lo hace de forma manual, especialmente si se tiene un volumen de datos considerable. Por otra parte, en prácticamente todas las instituciones de educación superior, centros de investigación, empresas y sindicatos se dispone de sistemas de cómputo para archivar y analizar datos. De esta suposición parte el presente capítulo. Es por ello que el *énfasis* se centra en la *interpretación de los métodos de análisis cuantitativo* y no en los procedimientos de cálculo de éstos.[48]

El análisis de los datos se efectúa sobre la *matriz de datos* utilizando un *programa de computadora*. El procedimiento de análisis se esquematiza en la figura 10.1.

FIGURA 10.1
PROCEDIMIENTO USUAL DE ANÁLISIS DE LOS DATOS



Veamos paso por paso el procedimiento mencionado.

[48] Aquellos lectores que deseen conocer los procedimientos de cálculo de los métodos de análisis cuantitativo se recomienda Wright (1979), Nie *et al.* (1975), Levin (1979), Downie y Heath (1973), Kerlinger y Pedhazur (1973) y los diferentes volúmenes de la serie "Quantitative Applications in the Social Sciences" publicados por Sage Publications, Inc. Además, cualquier libro de estadística social contiene dichos procedimientos de cálculo.

10.1. ¿QUÉ PROCEDIMIENTO SE SIGUE PARA ANALIZAR LOS DATOS?

Una vez que los datos han sido codificados y transferidos a una matriz, así como guardados en un archivo, el investigador puede proceder a analizarlos.

En la actualidad el *análisis de los datos* se lleva a cabo *por computadora.* Prácticamente ya nadie lo hace de forma manual, especialmente si se tiene un volumen de datos considerable. Por otra parte, en prácticamente todas las instituciones de educación superior, centros de investigación, empresas y sindicatos se dispone de sistemas de cómputo para archivar y analizar datos. De esta suposición parte el presente capítulo. Es por ello que el *énfasis* se centra en la *interpretación de los métodos de análisis cuantitativo* y no en los procedimientos de cálculo de éstos.[48]

El análisis de los datos se efectúa sobre la *matriz de datos* utilizando un *programa de computadora.* El procedimiento de análisis se esquematiza en la figura 10.1.

FIGURA 10.1
PROCEDIMIENTO USUAL DE ANÁLISIS DE LOS DATOS

Toma de decisiones respecto a los análisis a realizar (pruebas estadísticas).	→	Elaboración del programa de análisis.	→	Ejecución del programa en computadora.	→	Obtención de los análisis.

Veamos paso por paso el procedimiento mencionado.

[48] Aquellos lectores que deseen conocer los procedimientos de cálculo de los métodos de análisis cuantitativo se recomienda Wright (1979), Nie *et al.* (1975), Levin (1979), Downie y Heath (1973), Kerlinger y Pedhazur (1973) y los diferentes volúmenes de la serie "Quantitative Applications in the Social Sciences" publicados por Sage Publications, Inc. Además, cualquier libro de estadística social contiene dichos procedimientos de cálculo.

10.2. ¿QUÉ ANÁLISIS DE LOS DATOS PUEDEN EFECTUARSE?

Los análisis que vayamos a practicar a los datos dependen de tres factores:

a) El *nivel de medición* de las variables.
b) La manera como se hayan formulado las *hipótesis*.
c) El *interés del investigador*.

Por ejemplo, no es lo mismo los análisis que se le realizan a una variable nominal que a una por intervalos. Se sugiere al lector que recuerde los niveles de medición vistos en el capítulo anterior.

Usualmente el investigador busca, en primer término, describir sus datos y posteriormente efectuar análisis estadísticos para relacionar sus variables. Es decir, realiza análisis de *estadística descriptiva* para cada una de sus variables y luego describe la relación entre éstas. Los tipos o métodos de análisis son variados y se comentarán a continuación. Pero cabe señalar que el análisis no es indiscriminado, cada método tiene su razón de ser y un propósito específico, no deben hacerse más análisis de los necesarios. La estadística no es un fin en sí misma, es una herramienta para analizar los datos.

Los principales análisis que pueden efectuarse son:

— Estadística descriptiva para las variables, tomadas individualmente.
— Puntuaciones "Z".
— Razones y tasas.
— Cálculos y razonamientos de estadística inferencial.
— Pruebas paramétricas.
— Pruebas no paramétricas.
— Análisis multivariados.

A continuación hablaremos de estos distintos análisis.

10.3. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA CADA VARIABLE

La primera tarea es describir los datos, valores o puntuaciones obtenidas para cada variable. Por ejemplo, si aplicamos a 2 048 niños el cuestionario sobre los usos y gratificaciones que tiene la televisión para ellos (Fernández-Collado, Baptista y Elkes, 1986), ¿cómo pueden describirse estos datos? Describiendo la distribución de las puntuaciones o frecuencias.

10.3.1. ¿Qué es una distribución de frecuencias?

Una *distribución de frecuencias* es un conjunto de puntuaciones ordenadas en sus respectivas categorías. La tabla 10.1 muestra un ejemplo de una distribución de frecuencias.

TABLA 10.1

EJEMPLO DE UNA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

VARIABLE: CONDUCTOR PREFERIDO

Categorías	Códigos	Frecuencias
AMT	1	50
LEM	2	88
FGI	3	12
MML	4	3
TOTAL		153

A veces, las *categorías* de las distribuciones de frecuencias son tantas que es necesario resumirlas. Por ejemplo, examinemos detenidamente la distribución de la tabla 10.2.

TABLA 10.2

EJEMPLO DE UNA DISTRIBUCIÓN QUE NECESITA RESUMIRSE

VARIABLE: CALIFICACIÓN EN LA PRUEBA DE MOTIVACIÓN

CATEGORÍAS	FRECUENCIAS
48	1
55	2
56	3
57	5
58	7
60	1
61	1
62	2
63	3
64	2
65	1
66	1
68	1
69	1
73	2
74	1
75	4
76	3
78	2
80	4
82	2
83	1
84	1
86	5

CATEGORÍAS	FRECUENCIAS
87	2
89	1
90	3
92	1
TOTAL	63

Esta distribución podría resumirse o compendiarse como en la tabla 10.3.

TABLA 10.3

EJEMPLO DE UNA DISTRIBUCIÓN RESUMIDA

VARIABLE: CALIFICACIÓN EN LA PRUEBA DE MOTIVACIÓN

CATEGORÍAS	FRECUENCIAS
55 o menos	3
56-60	16
61-65	9
66-70	3
71-75	7
76-80	9
81-85	4
86-90	11
91-96	1
TOTAL	63

10.3.2. ¿Qué otros elementos contiene una distribución de frecuencias?

Las *distribuciones de frecuencias* pueden completarse agregando las *frecuencias relativas* y las *frecuencias acumuladas*. Las *frecuencias relativas son los porcentajes* de casos en cada categoría, y las frecuencias acumuladas son lo que se va acumulando en cada categoría, desde la más baja hasta la más alta. La tabla 10.4 muestra un ejemplo con las *frecuencias relativas y acumuladas*.

TABLA 10.4

EJEMPLO DE UNA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS CON TODOS SUS ELEMENTOS

VARIABLE: COOPERACIÓN DEL PERSONAL PARA EL PROYECTO DE CALIDAD DE LA EMPRESA

CATEGORÍAS	CÓDIGOS	FRECUENCIAS ABSOLUTAS	FRECUENCIAS RELATIVAS (PORCENTAJES)	FRECUENCIAS ACUMULADAS
— Sí se ha obtenido la cooperación	1	91	74.6%	91

CATEGORÍAS	CÓDIGOS	FRECUENCIAS ABSOLUTAS	FRECUENCIAS RELATIVAS (PORCENTAJES)	FRECUENCIAS ACUMULADAS
– No se ha obtenido la cooperación	2	5	4.1%	96
– No respondieron	3	26	21.3%	122
TOTAL		122	100.0%	

Las frecuencias acumuladas, como su nombre lo indica, constituyen lo que se acumula en cada categoría. En la categoría "sí se ha obtenido la cooperación" se han acumulado 91. En la categoría "no se ha obtenido la cooperación" se acumulan 96 (91 de la categoría anterior y 5 de la categoría en cuestión). En la última categoría siempre se acumula el total. Las *frecuencias acumuladas también pueden expresarse en porcentajes* (entonces lo que se va acumulando son porcentajes). En el ejemplo de la tabla 10.4 tendríamos, respectivamente:

CATEGORÍA	CÓDIGOS	FRECUENCIAS ACUMULADAS RELATIVAS (%)
— sí	1	74.6%
— no	2	78.7%
— no respondieron	3	100.0%

Las frecuencias relativas o porcentajes pueden calcularse así:

$$\text{Porcentaje} = \frac{n_c}{N_T}\ (100)$$

Donde n_c es el número de casos o frecuencias absolutas en la categoría y N_T es el total de casos. En el ejemplo de la tabla 10.4 tendríamos:

$$\text{Porcentaje}_1 = \frac{91}{122} = 74.59 = 74.6\%$$

$$\text{Porcentaje}_2 = \frac{5}{122} = 4.09 = 4.1\%$$

$$\text{Porcentaje}_3 = \frac{26}{122} = 21.31 = 21.3\%$$

Resultados que corresponden a los porcentajes de la tabla 10.4.

Al elaborar el reporte de resultados, una distribución puede presentarse con los elementos más informativos para el lector y la verbalización de los resultados o un comentario, tal como se muestra en la tabla 10.5.

TABLA 10.5

EJEMPLO DE UNA DISTRIBUCIÓN PARA PRESENTAR A UN USUARIO

¿SE HA OBTENIDO LA COOPERACIÓN DEL PERSONAL PARA EL PROYECTO DE CALIDAD?

Obtención	No. de organizaciones	Porcentajes
Sí	91	74.6
No	5	4.1
No respondieron	26	21.3
TOTAL	122	100.0

COMENTARIO: Prácticamente tres cuartas partes de las organizaciones sí han obtenido la cooperación del personal. Llama la atención que poco más de una quinta parte no quiso comprometerse con su respuesta. Las organizaciones que no han logrado la cooperación del personal mencionaron como factores al ausentismo, rechazo al cambio y conformismo.

En la tabla 10.5 pudieron haberse incluido solamente los porcentajes y eliminarse las frecuencias.

En los comentarios de las distribuciones de frecuencias pueden utilizarse frases tales como "la mitad de los entrevistados prefiere la marca X" (con un 50%), "poco menos de la mitad" de la población mencionó que votarán por el candidato X (por ejemplo, con un 48.7%), "casi la tercera parte..." (por ejemplo, con un 32.8%), "cuatro de cada diez señoras..." (40%), "solamente uno de cada diez..." (10%), "la enorme mayoría..." (96.7%), etcétera.

10.3.3. ¿De qué otra manera pueden presentarse las distribuciones de frecuencias?

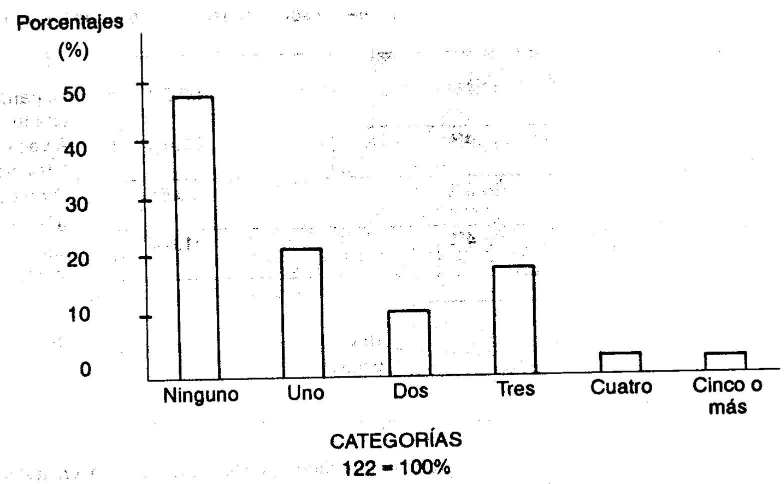
Las distribuciones de frecuencias, especialmente cuando utilizamos las frecuencias relativas, pueden presentarse en forma de histogramas o gráficas de otro tipo. Algunos ejemplos se presentan en la figura 10.2.

FIGURA 10.2

EJEMPLOS DE GRÁFICAS PARA PRESENTAR DISTRIBUCIONES

HISTOGRAMAS

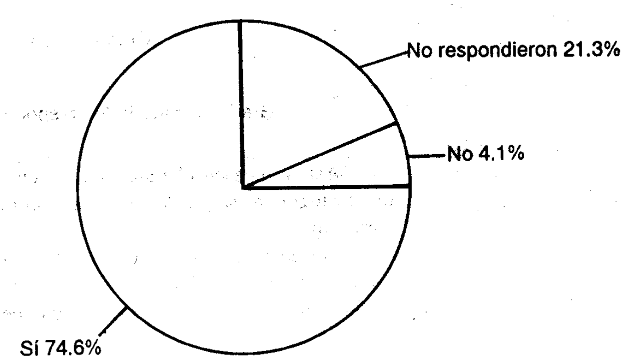
Cursos, seminarios o talleres sobre calidad y áreas relacionadas en que han participado los niveles directivos y gerenciales (122 = 100%).



Es casi la mitad de las empresas (48.4%), los niveles directivos y gerenciales no han participado en cursos, talleres o seminarios sobre calidad y áreas relacionadas.

GRÁFICAS CIRCULARES

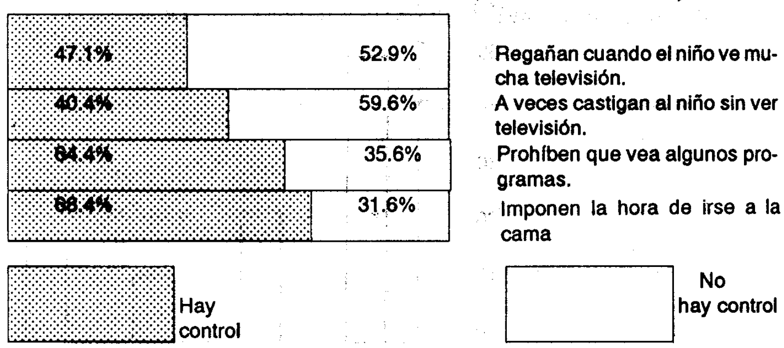
Cooperación de todo el personal (o la mayoría) para el proyecto de calidad (122 = 100%).



Prácticamente tres cuartas partes de las empresas han obtenido la cooperación de todo el personal (o la mayoría) para el proyecto de calidad de la empresa. Pero llama la atención que poco más de una quinta parte no quiso comprometerse con su respuesta. Los cinco motivos de no cooperación con dicho proyecto fueron: ausentismo, falta de interés, rechazo al cambio, falta de concientización y conformismo.

OTROS TIPOS DE GRÁFICAS

Control paterno sobre el uso que los niños hacen de la televisión



Las gráficas circulares pueden trazarse con un transportador y mediante la fórmula:

$$\text{Grados necesarios para graficar la categoría} = \frac{\text{Porcentaje de la categoría} \times 360}{100}$$

Con el ejemplo de la tabla 10.5, tendríamos:

$$\text{Grados categoría "sí"} = \frac{74.6 \times 360}{100} = 268.56^{\circ}$$

$$\text{Grados categoría "no"} = \frac{4.1 \times 360}{100} = 14.76^{\circ}$$

$$\text{Grados categoría "no respondieron"} = \frac{21.3 \times 360}{100} = 76.68^{\circ}$$

Así, vemos en el transportador cuántos grados corresponden y graficamos. Los histogramas se pueden elaborar con regla y transformando a nuestra escala los porcentajes.

Sin embargo, hoy en día se dispone de una gran variedad de programas y paquetes de computadora que elaboran cualquier tipo de gráfica, incluso a colores y utilizando efectos de movimientos y tercera dimensión.

10.3.4. Las distribuciones de frecuencias también se pueden graficar como polígonos de frecuencias

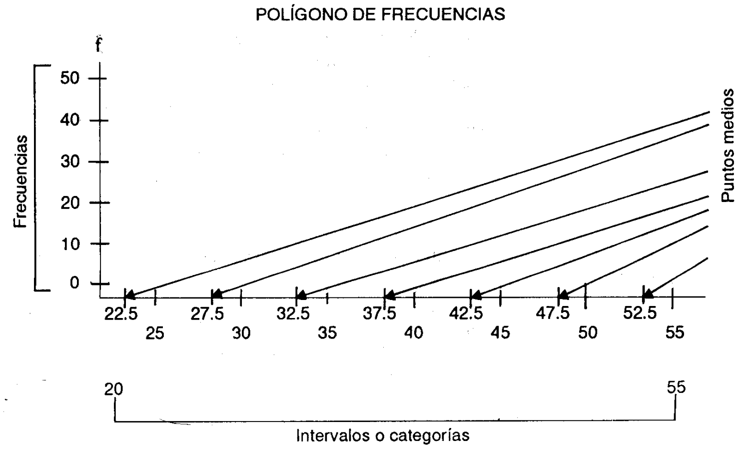
Los polígonos de frecuencias relacionan las puntuaciones con sus respectivas frecuencias. Es propio de un nivel de medición por intervalos. La forma de construir un polígono de frecuencias es la siguiente:

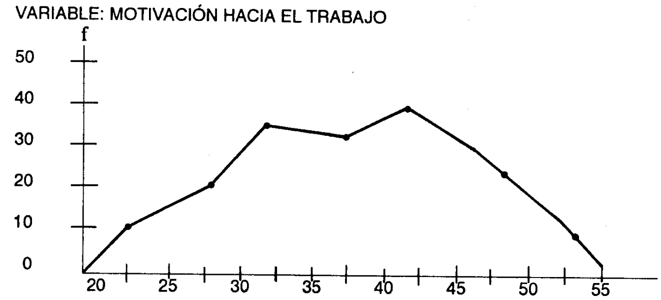
a) En el eje horizontal (X), se colocan las categorías o intervalos.
b) En el eje vertical (Y), se colocan las frecuencias, dependiendo de cuál es el mayor número posible de frecuencias.
c) Se determinan los puntos medios de cada categoría o intervalo. Por ejemplo, si los intervalos fueran 25-29, 30-34, 35-39, etc.; los puntos medios serían 27, 32, 37, etc.
d) Se ve cuántas frecuencias tiene cada categoría y se traza un punto en la intersección de las frecuencias y los puntos medios de las categorías o intervalos.
e) Se unen los puntos trazados en las intersecciones.

Un ejemplo de la elaboración de un polígono de frecuencias se muestra en la figura 10.3.

FIGURA 10.3

EJEMPLO DE LA ELABORACIÓN DE UN POLÍGONO DE FRECUENCIAS





El polígono de frecuencias obedece a la siguiente distribución:

Categorías/ intervalos	Frecuencias absolutas
20-24.9	10
25-29.9	20
30-34.9	35
35-39.9	33
40-44.9	36
45-49.9	27
50-54.9	8
TOTAL	169

Los polígonos de frecuencia representan curvas útiles para describir los datos, más adelante se hablará de ello.

En resumen, *para cada una de las variables* de la investigación *se obtiene su distribución de frecuencias* y de ser posible, ésta se grafica y se traza su *polígono de frecuencias* correspondiente.

Pero además del polígono de frecuencias deben calcularse las *medidas de tendencia central* y de *variabilidad ó dispersión.*

10.3.5. ¿Cuáles son las medidas de tendencia central?

Las *medidas de tendencia central* son puntos en una distribución, los valores medios o centrales de ésta y nos ayudan a ubicarla dentro de la escala de medición. Las principales medidas de tendencia central son tres: *moda, mediana* y *media. El nivel de medición de la variable determina cuál es la medida de tendencia central apropiada.*

La *moda* es la categoría o puntuación que ocurre con mayor frecuencia. En la tabla 10.5, la moda es "1" (sí se ha obtenido la cooperación). *Se utiliza con cualquier nivel de medición.*

La *mediana* es el valor que divide a la distribución por la mitad. Esto es, la mitad de los casos caen por debajo de la mediana y la otra mitad se ubica por encima de la mediana. La mediana refleja la posición intermedia de la distribución. Por ejemplo, si los datos obtenidos fueran:

24 31 35 35 38 43 45 50 57

la mediana es 38, porque deja cuatro casos por encima (43, 45, 50 y 57) y cuatro casos por debajo (35, 35, 31 y 24). Parte a la distribución en dos mitades. En general, para descubrir el caso o puntuación que constituye la mediana de una distribución, simplemente se aplica la fórmula: $\frac{N+1}{2}$. Si tenemos 9 casos, $\frac{9+1}{2} = 5$, entonces buscamos el quinto valor y éste es la mediana. En el ejemplo anterior es 38. Obsérvese que la mediana es el valor observado que se localiza a la mitad de la distribución, no el valor 5. La fórmula no nos proporciona directamente el valor de la mediana, sino el número de caso en donde está la mediana.

La mediana es una medida de tendencia central propia de los niveles de medición ordinal, por intervalos y de razón. No tiene sentido con variables nominales, porque en este nivel no hay jerarquías, no hay noción de encima o debajo. También, la mediana es particularmente útil cuando hay valores extremos en la distribución. No es sensible a éstos. Si tuviéramos los siguientes datos:

24 31 35 35 38 43 45 50 <u>248</u>

La mediana sigue siendo 38.

Para ejemplificar la interpretación de la mediana, se incluye un artículo al respecto en la figura 10.4.[49]

La media es la medida de tendencia central más utilizada y puede definirse como el promedio aritmético de una distribución. Se simboliza como: $\overline{X}$, y es la suma de todos los valores dividida por el número de casos. *Es una medida solamente aplicable a mediciones por intervalos o de razón.* Carece de sentido por variables medidas en un nivel nominal u ordinal. Su fórmula es:

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_k}{N}$$

Por ejemplo, si tuviéramos las siguientes puntuaciones:

8 7 6 4 3 2 6 9 8

la media sería igual a:

$$\overline{X} = \frac{8+7+6+4+3+2+6+9+8}{9} = 5.88$$

[49] Leguizamo (1987).

La fórmula simplificada de la media es:

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{N}$$

El símbolo "Σ" indica que debe efectuarse una sumatoria, "X" es el símbolo de una puntuación y "N" es el número total de casos o puntuaciones. En nuestro ejemplo:

$$\bar{X} = \frac{53}{9} = 5.88$$

La media sí es sensible a valores extremos. Si tuviéramos las siguientes puntuaciones:

8 7 6 4 3 2 6 9 20

la media sería:

$$\bar{X} = \frac{65}{9} = 7.22$$

10.3.6. Cálculo de la media o promedio

Cuando se tienen los datos agrupados en intervalos, en una distribución de frecuencias, la media se calcula así:

1. Encontrar el punto medio de cada intervalo:

Intervalos	Puntos medios	Frecuencias
13–15	14	3
10–12	11	4
7–9	8	9
4–6	5	2
1–3	2	1

2. Multiplicar cada punto medio por las frecuencias que le corresponden:

Intervalos	X = Puntos medios	Frecuencia (f)	fx
13–15	14	3	42
10–12	11	4	44
7–9	8	9	72
4–6	5	2	10
1–3	2	1	2
		N = 19	Σfx = 170

Σf_X es la sumatoria de la última columna, que corresponde a los puntos medios multiplicados por sus respectivas frecuencias ($14 \times 3 = 42$ y así sucesivamente).

3. Aplicar la siguiente fórmula, para el cálculo de la media con datos agrupados de una distribución de frecuencias:

$$\bar{X} = \frac{\sum fX}{N}$$

En nuestro ejemplo tenemos:

$$\bar{X} = \frac{170}{19} = 8.95$$

FIGURA 10.4

EJEMPLO DE INTERPRETACION DE LA MEDIANA

¿Qué edad tiene? Si teme contestar no se preocupe, los perfiles de edad difieren de un país a otro.

En base al informe anual sobre "El estado de la población mundial" que dio a conocer las Naciones Unidas, la población mundial llegó en 1987 a los cinco mil millones de habitantes.

El documento señala que la edad media mundial es de 23 años, lo que significa que la mitad de los habitantes del globo terrestre sobrepasa a esta mediana y el otro medio es más joven.

Sin embargo, la mediana de edad de la población mundial se modificará con los años y de acuerdo a las estadísticas recabadas por la ONU la edad central será de 27 años para el año 2000; y de 31 años en el año 2025. Buena noticia para el actual ciudadano global medio, porque parece ser que se encuentra en la situación de envejecer más lentamente que los demás.

Cabe señalar que la mediana varía de un lugar a otro, en los países en desarrollo la mediana de edad es de 21 años, mientras que en los países industrializados es de 33. *Sucede también que en los países pobres la mediana se mantiene más joven pero* al mismo tiempo la esperanza de vida es baja. Para ilustrarlo con un ejemplo, en Kenya la edad promedio de vida es de sólo 54 años de vida, en comparación con Estados Unidos que es de 75 años.

El informe destaca que los jóvenes y ancianos se consideran un grupo dependiente, esto significa que son consumidores más que productores de riqueza, y dependen para su sustento de la población eminentemente activa, la cual se encuentra entre los 15 y 64 años de edad.

Este factor predomina en los países industrializados, los jóvenes y ancianos requieren en gran medida de los servicios gubernamentales que se mantienen con la paga de la población trabajadora. El primer grupo lo necesita durante el trayecto de su escolaridad en tanto que los segundos tienen derecho a pensiones estatales y a una asistencia médica las más de las veces prolongadas. Así por ejemplo, en países como Francia, el gasto público de salud anual por persona es de 694 dólares en tanto que en Filipinas es de seis dólares.

En Inglaterra las tasas de natalidad son casi nulas, su población envejece y esto puede traer consecuencias económicas serias. Debido al encanecimiento de su población, como sucede en la gran mayoría de los países europeos, se topan con la difícil situación de atender la fuerte demanda de servicios de salud.

El cuadro de los países pobres aún no queda claro, ya que ni los jóvenes ni los ancianos llegan a depender fuertemente de sus gobiernos porque atiende una mínima parte de los servicios sociales requeridos. Así tenemos que, los niños de esta parte del mundo asisten a la escuela, además de trabajar en las calles para ayudar a su familia al pago de sus útiles escolares; en las tribus de Indonesia las abuelas se dedican a las tareas domésticas mientras el resto de la familia trabaja en el campo.

Vemos entonces que la dependencia adopta formas distintas según el tipo de población. Hoy en día se calcula que la tasa de dependencia global es de 65 por cada 100 adultos. Y nuevamente encontramos diferencias marcadas de la relación de dependencia en los países ricos y pobres: en los primeros es de 50 por cada 100 adultos y en los segundos es de 70 dependientes por cada 100 adultos.

De la información que arrojan las estadísticas de población mundial se deduce que los "perfiles de edad" son cruciales para cualquier gobierno en lo que se refieren al rubro de gasto público, porque como hemos visto, los países conformados de gente joven requieren de mayor inversión en salud y educación para población infantil y juvenil. Por el contrario, para los conglomerados de ancianos, el gobierno tendrá que destinar dinero para las pensiones y los servicios de salud de larga duración.

El informe mundial de población concluye diciendo que la calidad de los servicios de salud, educación y condiciones de vivienda mejorarían notablemente si las tasas de la población dependiente fueran menos elevadas.

10.3.7. ¿Cuáles son las medidas de la variabilidad?

Las *medidas de la variabilidad* nos *indican la dispersión de los datos en la escala de medición*, responden a la pregunta: ¿en dónde están diseminadas las puntuaciones o valores obtenidos? Las medidas de tendencia central son valores en una distribución y las medidas de la variabilidad son intervalos, designan distancias o un número de unidades en la escala de medición. Las medidas de la variabilidad más utilizadas son el *rango*, la *desviación estándar* y la *varianza*.

El *rango* es la diferencia entre la puntuación mayor y la puntuación menor, indica el número de unidades en la escala de medición necesario para incluir los valores máximo y mínimo. Se calcula así: $X_M - X_m$ (puntuación mayor menos puntuación menor). También suele denominársele "recorrido". Si tenemos los siguientes valores:

17 18 20 20 24 28 28 30 33

El rango será: 33–17 = 16.

Cuanto *más grande* sea el *rango*, *mayor* será la *dispersión de los datos* de una distribución.

La *desviación estándar* es el promedio de desviación de las puntuaciones con respecto a la media. Esta medida es expresada en las unidades originales de medición de la distribución. Se interpreta en relación a la media. Cuanto mayor es la dispersión de los datos alrededor de la media, mayor es la desviación estándar. Se simboliza como: "s" o la letra minúscula griega sigma (σ) y su fórmula esencial es:

10.3.8

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma (X-\overline{X})^2}{N}}$$

Esto es, la desviación de cada puntuación respecto a la media es elevada al cuadrado, se suman todas las desviaciones cuadradas, se divide entre el número total de puntuaciones y a esta división se le saca raíz cuadrada.

10.3.8. Procedimientos para calcular la desviación estándar

El procedimiento para calcularla es el siguiente:

1. Se ordenan las puntuaciones. Por ejemplo:
   variable: Calificación en Estadística Social

X (puntuaciones)
9
7
6
6
5
4
3

2. Se calcula la media:

$$\overline{X} = \frac{9+7+6+6+5+4+3}{7} = 5.71$$

3. Se determina la desviación de cada puntuación con respecto a la media:

X	$X-\overline{X}$
9	3.29
7	1.29
6	0.29
6	0.29
5	—0.71
4	—1.71
3	—2.71
$\sum X = 40$	

4. Se eleva al cuadrado cada desviación y se obtiene la sumatoria de las desviaciones elevadas al cuadrado o $\Sigma (X-\overline{X})^2$.

X	$(X-\bar{X})^2$
9	10.82
7	1.66
6	0.08
6	0.08
5	0.50
4	2.92
3	7.34
$\Sigma X = 40$	$\Sigma(X-\bar{X})^2 = 23.40$

5. Se aplica la fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{23.40}{7}} = \sqrt{3.34}$$

$$s = 1.83$$

Cuando se tienen los datos agrupados en una distribución de frecuencias, se procede así:

1. Encontrar el punto medio de cada intervalo y determinar la media de la distribución (con la fórmula para datos agrupados):

Intervalos	Puntos medios	Frecuencias	f x
13—15	14	3	42
10—12	11	4	44
7—9	8	9	72
4—6	5	2	10
1—3	2	1	2
$\bar{X} = \frac{\sum fX}{N} = \frac{170}{19} = 8.95$		$N = 19$	$f_X = 170$

2. Elevar la media al cuadrado:

$$\bar{X}^2 = (8.95)^2 = 80.1$$

3. Multiplicar la columna f_x por los puntos medios y obtener una columna que llamaremos f_x^2, así como obtener la sumatoria de esta última columna:

Intervalos	Puntos medios	f_x	f_x^2
13—15	14	42	588
10—12	11	44	484
7—9	8	72	576
4—6	5	10	50
1—3	2	2	4
			$\sum fX^2 = 1\ 702$

Obsérvese que cada valor de la última columna (f_x^2) se obtiene multiplicando un punto medio por su respectivo valor en la columna "f_x".

4. Aplicar la siguiente fórmula para la desviación estándar con datos agrupados en una distribución de frecuencias:[50]

$$s = \sqrt{\frac{\sum fX^2}{N} - \overline{X}^2}$$

$$s = \sqrt{\frac{1\,702}{19} - 80.1}$$

$$s = \sqrt{89.58 - 80.1}$$

$$s = \sqrt{9.48}$$

$$s = 3.08$$

La desviación estándar se interpreta como "cuánto se desvía — en promedio— de la media un conjunto de puntuaciones".

Supongamos que un investigador obtuvo para su muestra una media de ingreso familiar de $800,000 (ochocientos mil pesos) y una desviación estándar de $100,000 (cien mil pesos). La interpretación es que los ingresos familiares de la muestra se desvían —en promedio— respecto a la media en cien mil pesos.

La desviación estándar sólo se utiliza en variables medidas por intervalos o de razón.

10.3.9. La varianza

La varianza es la desviación estándar elevada al cuadrado y se simboliza como: s^2. Es un concepto estadístico sumamente importante, ya que muchas de las pruebas cuantitativas se fundamentan en él. Diversos métodos estadísticos parten de la descomposición de la varianza. Sin embargo, para fines descriptivos se utiliza preferentemente la desviación estándar.

10.3.10. ¿Cómo se interpretan las medidas de tendencia central y de la variabilidad?

Cabe destacar que al describir nuestros datos, interpretamos las medidas de tendencia central y de la variabilidad en conjunto, no aisladamente. Tomamos en cuenta a todas las medidas. Para interpretarlas, lo primero que hacemos es tomar en cuenta el rango potencial de la escala. Supongamos que aplicamos una escala de actitudes del tipo Likert para medir la "actitud hacia el Presidente" de una nación (digamos que la escala tuviera 18 items y sus resultados fueran promediados). El rango potencial es de 1 a 5:

1	2	3	4	5
(actitud totalmente desfavorable)				(actitud totalmente favorable)

[50] Levin (1979, p. 70).

Si obtuviéramos los siguientes resultados:

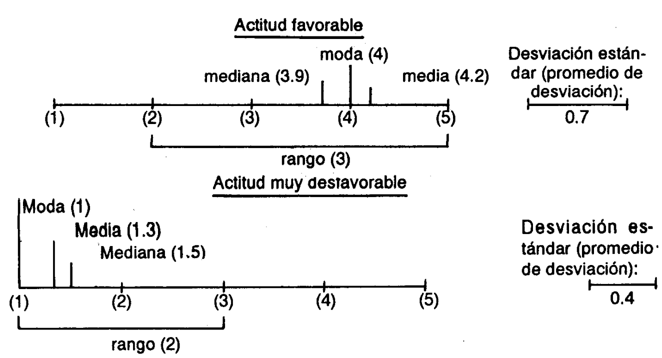
Variable: actitud hacia el Presidente
Moda: 4.0
Mediana: 3.9
Media ($\overline{X}$): 4.2
Desviación estándar: 0.7
Puntuación más alta observada (máximo): 5.0
Puntuación más baja observada (mínimo): 2.0
Rango: 3

Podríamos hacer la siguiente interpretación descriptiva: la actitud hacia el Presidente es favorable. La categoría que más se repitió fue 4 (favorable). El 50% de los sujetos está por encima del valor 3.9 y el restante 50% se sitúa por debajo de este valor. En promedio, los sujetos se ubican en 4.2 (favorable). Asimismo, se desvían de 4.2 —en promedio— 0.7 unidades de la escala. Ninguna persona calificó al Presidente de manera desfavorable (no hay "1"). Las puntuaciones tienden a ubicarse en valores medios o elevados.

En cambio, si los resultados fueran:

Variable: actitud hacia el Presidente
Moda: 1
Mediana: 1.5
Media ($\overline{X}$): 1.3
Desviación estándar: 0.4
Varianza: 0.16
Máximo: 3.0
Mínimo: 1.0
Rango: 2.0

FIGURA 10.5
EJEMPLO DE INTERPRETACIÓN GRÁFICA DE LAS ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS



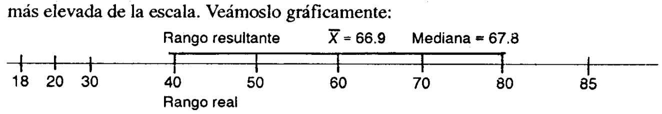
10.3.

La interpretación es que la actitud hacia el Presidente es muy desfavorable. En la figura 10.5 vemos gráficamente la comparación de resultados.

La variabilidad también es menor en el caso de la actitud muy desfavorable (los datos se encuentran menos dispersos).

En la tabla 10.6 (véase la pág. siguiente) se presenta otro ejemplo de interpretación con una prueba de motivación intrínseca aplicada a 60 sujetos de un experimento (Hernández-Sampieri y Cortés, 1982). La escala tiene 17 ítems (con cinco opciones cada uno, 1 a 5) y mide la motivación intrínseca al ejecutar una tarea.

El nivel de motivación intrínseca exhibido por los sujetos tiende a ser elevado tal y como lo indican los resultados de la escala. El rango real de la escala iba de 17 a 85. El rango resultante para esta investigación varió de 40 a 81. Es por lo tanto evidente que, los sujetos se inclinaron hacia valores elevados en la medida de motivación intrínseca. Además, la media de los participantes es de 66.9 y la mediana de 67.8, lo cual confirma la tendencia de la muestra hacia valores altos en la escala. A pesar de que la dispersión de las puntuaciones de los sujetos es alta (la desviación estándar es igual a 9.1 y el rango es de 41), esta dispersión se manifiesta en el área más elevada de la escala. Veámoslo gráficamente:



Escala de motivación intrínseca (datos ordinales, supuestos como datos en nivel de intervalo).

Es decir, aunque las puntuaciones varían de 40 a 81 y la desviación estándar es de 9.1 (la media sobre la cual gravita "s" es de 66.9), esta variación se da en la parte de los valores más altos de la escala. En resumen, la tarea resultó intrínsecamente motivante para la mayoría de los sujetos, sólo que para algunos resultó sumamente motivante; para otros, relativamente motivante, y para los demás, medianamente motivante. Siendo la tendencia general hacia valores altos (observamos la columna de frecuencias acumuladas y notamos que el 80% obtuvo puntuaciones superiores a 60). Ahora bien, ¿qué significa un alto nivel de motivación intrínseca exhibido con respecto a una tarea? Significa que la tarea fue percibida como atractiva, interesante, divertida, categorizada como una experiencia agradable. Asimismo, implica que los sujetos al estar ejecutándola, derivaron de ella, sentimientos de satisfacción, goce y realización personal. Generalmente, quien se encuentra intrínsecamente motivado hacia una labor, la habrá de disfrutar, ya que obtendrá de la labor per se, recompensas internas tales como sentimientos de logro y autorrealización. Además de ser absorbido por el desarrollo de la tarea, y al tener un buen desempeño, la opinión de sí mismo mejorará o se verá reforzada.

10.3.11. ¿Hay alguna otra estadística descriptiva?

Sí, *la asimetría y la curtosis.* Los polígonos de frecuencia suelen representarse como *curvas* (ver figura 10.6) para que puedan analizarse en términos de probabilidad y

TABLA 10.6

EJEMPLO DE INTERPRETACIÓN DE UNA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

VARIABLE: MOTIVACIÓN INTRÍNSECA
¿Qué grado de motivación intrínseca exhibieron los sujetos?

Número de ítems = 17				
Valores registrados en la escala de motivación intrínseca	Frecuencias absolutas	Frecuencias relativas (%)	Frecuencias ajustadas (%)	Frecuencias acumuladas (%)
40	1	1.7	1.7	1.7
44	1	1.7	1.7	3.3
48	1	1.7	1.7	5.0
51	1	1.7	1.7	6.7
52	2	3.3	3.3	10.0
56	2	3.3	3.3	13.3
58	1	1.7	1.7	15.0
59	1	1.7	1.7	16.7
60	2	3.3	3.3	20.0
61	4	6.7	6.7	26.7
63	2	3.3	3.3	30.0
64	2	3.3	3.3	33.3
65	3	5.0	5.0	38.3
66	2	3.3	3.3	41.7
67	4	6.7	6.7	48.3
68	3	5.0	5.0	53.3
69	1	1.7	1.7	55.0
70	4	6.7	6.7	61.7
71	3	5.0	5.0	66.7
72	4	6.7	6.7	73.3
73	3	5.0	5.0	78.3
74	2	3.3	3.3	81.7
75	1	1.7	1.7	83.3
76	1	1.7	1.7	85.0
77	2	3.3	3.3	88.3
78	1	1.7	1.7	90.0
79	2	3.3	3.3	93.3
80	2	3.3	3.3	96.7
81	2	3.3	3.3	100.0
Total	60	100.0	100.0	

Media = 66.883	E.E. = 1.176	Mediana = 67.833
Moda = 61.000	s = 9.112	Varianza = 83.020
Curtosis = .587	Asimetría = –.775	Rango = 41.000
Mínimo = 40.000	Máximo = 81.000	Sumatoria = 4013.000

visualizar su grado de dispersión. De hecho, en realidad son curvas. Dos elementos son esenciales para estas curvas o polígonos de frecuencias: la asimetría y la curtosis.

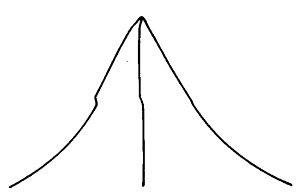
La asimetría es una estadística necesaria para conocer qué tanto nuestra distribución se parece a una distribución teórica llamada "*curva normal*" (la cual es representada en la figura 10.6) y constituye un indicador del lado de la curva donde se agrupan las frecuencias. Si es cero (asimetría = 0), la curva o distribución es simétrica. Cuando es positiva quiere decir que hay más valores agrupados hacia la izquierda de la curva (por debajo de la media). Cuando es negativa significa que los valores tienden a agruparse hacia la derecha de la curva (por encima de la media).

La curtosis es un indicador de lo plana o "picuda" que es una curva. Cuando es cero (curtosis = 0), significa que se trata de una "*curva normal*". Si es positiva, quiere decir que la curva o distribución o polígono es más "picuda" o levantada. Si es negativa, quiere decir que es más plana.

La asimetría y la curtosis requieren mínimo de un nivel de medición por intervalos. En la figura 10.6 se muestran ejemplos de curvas con su interpretación.

FIGURA 10.6

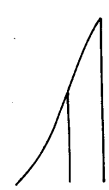
EJEMPLOS DE CURVAS O DISTRIBUCIONES Y SU INTERPRETACIÓN



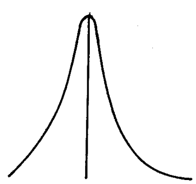
Distribución simétrica (asimetría = 0), con curtosis positiva y una desviación estándar y varianza medias.

Distribución con asimetría positiva, curtosis positiva y desviación estándar y varianza mayores.

Distribución con asimetría positiva, curtosis negativa y desviación estándar y varianza considerables.



Distribución con asimetría negativa, curtosis positiva y desviación estándar y varianza menores.



Distribución simétrica, curtosis positiva y desviación estándar y varianza bajas.

Curva normal, curtosis = 0, asimetría = 0 y desviación estándar y varianza promedios.

10.3.12. ¿Cómo se traducen las estadísticas descriptivas al inglés?

Algunos programas y paquetes estadísticos para computadora pueden realizar el cálculo de las estadísticas descriptivas y los resultados aparecen junto al nombre respectivo de éstas —muchas veces en inglés—. A continuación se indican las diferentes estadísticas y su equivalente en inglés.

Estadística	Equivalente en inglés
— Moda	— Mode
— Mediana	— Median
— Media	— Mean
— Desviación estándar	—Standard deviation
— Varianza	— Variance
— Máximo	— Maximum
— Mínimo	— Minimum
— Rango	— Range
— Asimetría	— Skewness
— Curtosis	— Kurtosis

10.3.13. Nota final

Debe recordarse que en una investigación se obtiene una distribución de frecuencias para cada variable y se calculan las estadísticas descriptivas para cada variable: se calculan las que se necesiten de acuerdo con los propósitos de la investigación.

10.4. PUNTUACIONES "Z"

Las puntuaciones "z" son transformaciones que se pueden hacer a los valores o puntuaciones obtenidas, con el propósito de analizar su distancia respecto a la media, en unidades de desviación estándar. *Una puntuación "z" nos indica la dirección y grado en que un valor individual obtenido se aleja de la media, en una escala de unidades de desviación estándar.* Tal y como mencionan Nie *et al.* (1975), las puntuaciones "z" *son* el *método* más comúnmente utilizado *para estandarizar la escala de una variable medida en un nivel por intervalos.*

Su fórmula es:

$$z = \frac{X - \bar{X}}{s}$$

Donde debemos recordar que *"X" es la puntuación* o valor a transformar; $\bar{X}$ *"es la media* de la distribución" y "s" *la desviación estándar* de ésta. El resultado "z" es la puntuación transformada a unidades de desviación estándar.

Supongamos que en una distribución de frecuencias obtuvimos una media de 60 y una desviación estándar de 10, y deseamos comparar a una puntuación de "50" con el resto de la distribución. Entonces, transformamos esta puntuación o valor en una puntuación "z". Tenemos que:

$$X = 50$$

$$\bar{X} = 60$$

$$s = 10$$

La puntuación "z" correspondiente a un valor de "50" es:

$$z = \frac{50 - 60}{10} = -1.00$$

Podemos decir que el valor "50" está localizado a una desviación estándar por debajo de la media de la distribución (el valor "30" está a tres desviaciones estándar por debajo de la media).

El *estandarizar los valores nos puede permitir comparar puntuaciones de dos distribuciones diferentes* (la forma de medición es la misma, pero se trata de distribuciones distintas). Por ejemplo, podemos comparar una distribución obtenida en una preprueba con otra obtenida en una postprueba (en un contexto experimental). Supongamos que se trata de un estímulo que incrementa la productividad. Un trabajador obtuvo en la preprueba una productividad de 130 (la media grupal fue de 122.5 y la desviación estándar de 10). Y en la postprueba obtuvo 135 (la media del grupo fue de 140 y la desviación estándar de 9.8). ¿Mejoró la productividad del trabajador? Aparentemente la mejoría no es considerable. Sin transformar las dos calificaciones en puntuaciones "z" no podemos asegurarlo porque los valores no pertenecen a la misma distribución. Entonces transformamos ambos valores a puntuaciones "z", los transformamos a una escala común, donde la comparación es válida. El valor de 130 en productividad es en términos de unidades de desviación estándar igual a:

$$Z = \frac{130 - 122.5}{10.0} = 0.75$$

Y el valor de 135 corresponde a una puntuación "z" de:

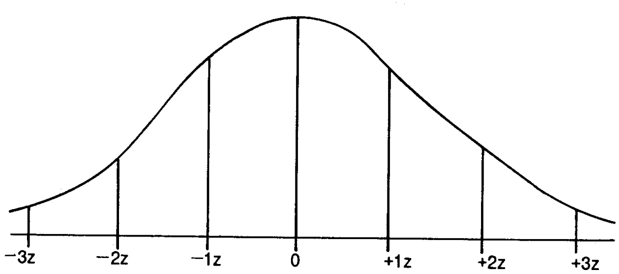
$$Z = \frac{135 - 140}{9.8} = -0.51$$

Como podemos observar, en términos absolutos 135 es una mejor puntuación que 130, pero no en términos relativos (en relación a sus respectivas distribuciones).

La distribución de puntuaciones "z" no cambia la forma de la distribución original, pero sí modifica las unidades originales a "unidades de desviación estándar" (Wright, 1979). La distribución de puntuaciones "z" tiene una media de 0 (cero) y una desviación estándar de 1 (uno). La figura 10.7 muestra a la distribución de puntuaciones "z".

FIGURA 10.7

DISTRIBUCIÓN DE PUNTUACIONES "z"



Las puntuaciones "z" también sirven para comparar mediciones de distintas pruebas o escalas aplicadas a los mismos sujetos (los valores obtenidos en cada escala se transforman a puntuaciones "z" y se comparan). No debe olvidarse que en la fórmula se trata de la media y la desviación estándar que corresponde al valor a transformar (de su misma distribución). También, las puntuaciones "z" sirven para analizar distancias entre puntuaciones de una misma distribución y áreas de la curva que abarcan estas distancias o sopesar el desempeño de un grupo de sujetos en varias pruebas.

Las puntuaciones "z" son un elemento descriptivo adicional que podemos agregar para analizar nuestros datos.

10.5. RAZONES Y TASAS

Una razón es la relación entre dos categorías. Por ejemplo:

Categorías	Frecuencias absolutas
Masculino	60
Femenino	30

La razón de hombres a mujeres es de $\frac{60}{30} = 2$. Es decir, por cada dos hombres hay una mujer.

Una tasa es la relación entre el número de casos, frecuencias o eventos de una categoría y el número total de observaciones, multiplicada por un múltiplo de 10, generalmente 100 o 1 000. La fórmula es:

$$\text{Tasa} = \frac{\text{Número de eventos durante un periodo}}{\text{Número total de eventos posibles}} \times 100 \text{ o } 1\,000$$

$$\text{Ejemplo: } \frac{\text{Número de nacidos vivos en la ciudad}}{\text{Número de habitantes en la ciudad}} \times 1\,000$$

$$\text{Tasa de nacidos vivos en Tingüindín: } \frac{10\,000}{300\,000} \times 1\,000 = 33.33$$

Es decir, hay 33.33 nacidos vivos por cada 1 000 habitantes en Tingüindín.

10.6. ESTADÍSTICA INFERENCIAL: DE LA MUESTRA A LA POBLACIÓN

10.6.1. ¿Para qué es útil la estadística inferencial?

Frecuentemente, el propósito de la investigación va más allá de describir las distribuciones de las variables: se pretende generalizar los resultados obtenidos en la muestra a la población o universo.[51] *Los datos casi siempre son recolectados de una muestra y sus resultados estadísticos se denominan "estadígrafos"*, la media o la desviación estándar de la distribución de una muestra son estadígrafos. *A las estadísticas de la población o universo se les conoce como "parámetros"*. Los parámetros no son calculados, porque no se recolectan datos de toda la población, pero pueden ser inferidos de los estadígrafos, de ahí el nombre de "*estadística inferencial*". El procedimiento de esta naturaleza de la estadística se esquematiza en la figura 10.8.

La inferencia de los parámetros se lleva a cabo mediante técnicas estadísticas apropiadas para ello. Estas técnicas se explicarán más adelante.

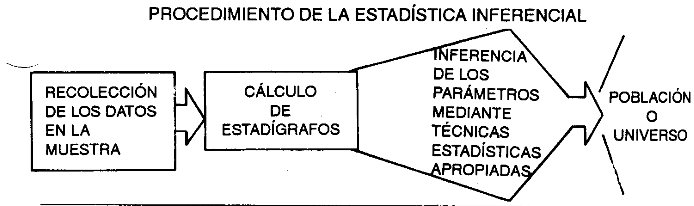
La estadística inferencial puede ser utilizada para dos procedimientos (Wiersma, 1986, p. 335):

a) *Probar hipótesis.*
b) *Estimar parámetros.*

[51] Los conceptos de muestra y población fueron explicados en el capítulo ocho.

FIGURA 10.8

PROCEDIMIENTO DE LA ESTADÍSTICA INFERENCIAL



10.6.2. ¿En qué consiste la prueba de hipótesis?

Una *hipótesis* en el contexto de la estadística inferencial es una proposición respecto a uno o varios parámetros, y lo que el investigador hace a través de la prueba de hipótesis es determinar si la hipótesis es consistente con los datos obtenidos en la muestra (Wiersma, 1986). Si la hipótesis es consistente con los datos, ésta es retenida como un valor aceptable del parámetro. Si la hipótesis no es consistente con los datos, se rechaza ésta (pero los datos no son descartados) (Wiersma, 1986). Para comprender lo que es la prueba de hipótesis en la estadística inferencial es necesario revisar el concepto de distribución muestral[52] y nivel de significancia.

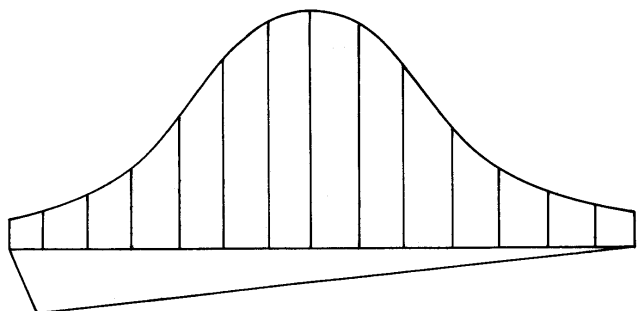
10.6.3. ¿Qué es una distribución muestral?

Una *distribución muestral* consiste en un conjunto de valores sobre una estadística calculada de todas las muestras posibles de un determinado tamaño (Wiersma, 1986, p. 337). Las distribuciones muestrales de medias son —probablemente— las más conocidas. Expliquemos este concepto con un ejemplo. Supongamos que nuestro universo o población son los automovilistas de una ciudad y deseamos averiguar cuánto tiempo pasan diariamente "al volante". De este universo podría extraerse una muestra representativa. Vamos a suponer que el tamaño adecuado de muestra es de quinientos doce automovilistas ($n = 512$). Del mismo universo se podrían extraer diferentes muestras, cada una con 512 personas. Teóricamente, incluso podría hacerlo al azar una vez, dos, tres, cuatro y las veces que fuera necesario hasta agotar todas las muestras posibles de 512 automovilistas de esa ciudad (todos los sujetos serían seleccionados en varias muestras). En cada muestra se podría obtener una media del tiempo que pasan los automovilistas manejando. Tendríamos pues, una gran cantidad de medias, tantas como las muestras extraídas ($\overline{X}_1, \overline{X}_2, \overline{X}_3, \overline{X}_4, \overline{X}_5 ..., \overline{X}_k$). Y con estas medias podríamos elaborar una distribución de medias. Habría muestras que —en promedio— pasan más tiempo "al volante" que otras. Este concepto se representa en la figura 10.9.

[52] Distribución muestral y distribución de una muestra son conceptos diferentes, esta última es resultado del análisis de los datos de nuestra investigación.

FIGURA 10.9

DISTRIBUCIÓN MUESTRAL DE MEDIAS



Son medias ($\bar{X}$), no se trata de puntuaciones. Cada media representaría a una muestra.

Si calculáramos la media de todas las medias de las muestras, obtendríamos el valor de la media poblacional.

Desde luego, muy rara vez se obtiene la *distribución muestral* (la distribución de las medias de todas las muestras posibles). Es más bien un concepto teórico definido por la Estadística para los investigadores. Lo que éstos comúnmente hacen es extraer una sola muestra.

En el ejemplo de los automovilistas, sólo una de las líneas verticales de la distribución muestral presentada en la figura 10.9 es la media obtenida para la única muestra seleccionada de 512 personas. Y la pregunta es, ¿nuestra media está cerca de la media de la distribución muestral? (o lo que es igual: ¿la media de la muestra está cercana a la media de la distribución muestral?), debido a que si está cerca podremos tener una estimación precisa de la media poblacional (el parámetro poblacional es prácticamente el mismo que el de la distribución muestral). Esto se expresa en el *teorema central del límite*, el cual se explicó en el capítulo de muestreo. Recordando que éste dice que: "Si una población (no necesariamente normal) tiene de media m y de desviación estándar σ (s), la distribución de las medias en el muestreo aleatorio realizado en esta población tiende, al aumentar n, a una distribución normal de media m y desviación estándar $\sigma/\sqrt{n}$, donde 'n' es el tamaño de muestra".

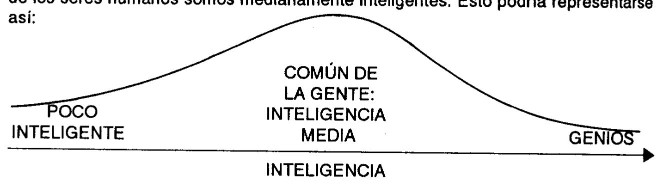
El teorema especifica que la distribución muestral tiene una media igual a la de la población, una varianza igual a la varianza de la población dividida por el tamaño de muestra (su desviación estándar es $\sigma/\sqrt{n}$), y se distribuye normalmente (Wiersma, 1986, p. 337). σ es un parámetro normalmente desconocido, pero puede ser estimado por la desviación estándar de la muestra.

El concepto de *distribución normal* es importante otra vez y se ofrece una breve explicación en la figura 10.10.

FIGURA 10.10

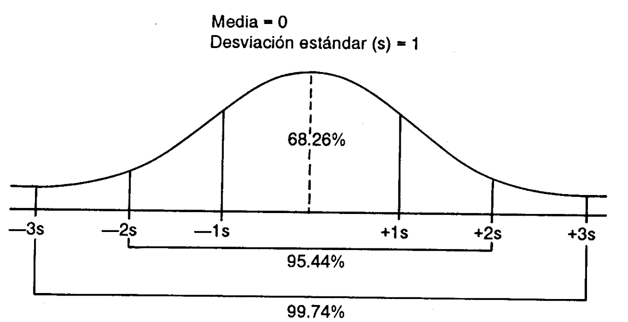
CONCEPTO DE CURVA O DISTRIBUCIÓN NORMAL

Una gran cantidad de los fenómenos del comportamiento humano se manifiestan de la siguiente forma: la mayoría de las puntuaciones se concentran al centro de la distribución y en los extremos encontramos sólo algunas puntuaciones. Por ejemplo, la inteligencia: hay pocas personas sumamente inteligentes (genios), pero también hay pocas personas con muy baja inteligencia (v.g., retardados mentales). La mayoría de los seres humanos somos medianamente inteligentes. Esto podría representarse así:



10.6.4

Debido a ello, se creó un modelo de probabilidad llamado curva normal o distribución normal. Como todo modelo es una distribución teórica que difícilmente se presenta en la realidad tal cual, pero sí se presentan aproximaciones a éste. La curva normal tiene la siguiente configuración:



El 68.26% del área de la curva normal es cubierta entre —1s y +1s, el 95.44% del área de esta curva es cubierta entre —2s y +2s y el 99.74% se cubre con —3s y +3s.

Las principales características de la distribución normal son:

1) Es *unimodal*, una sola moda.
2) La *asimetría es cero*. La mitad de la curva es exactamente igual a la otra mitad. La distancia entre la media y +3s es la misma que la distancia entre la media y –3s.
3) *Es una función* particular entre desviaciones con respecto a la media de una distribución y la probabilidad de que éstas ocurran.

¿Y con qué porcentaje tiene confianza el investigador para generalizar?, ¿para suponer que tal cercanía es real y no debida a un error de muestreo? *Existen dos niveles convenidos en ciencias sociales*:

a) *El nivel de significancia del .05*, el cual implica que el investigador tiene 95% de seguridad para generalizar sin equivocarse, y sólo un 5% en contra. En términos de probabilidad, 0.95 y .05 respectivamente, ambos suman la unidad.
b) *El nivel de significancia del .01*, el cual implica que el investigador tiene un 99% en su favor para generalizar sin temor y un 1% en contra (0.99 y 0.01=1.00).

A veces el nivel de significancia puede ser todavía más exigente y confiable (v.g., 0.001, 0.00001, 0.00000001). Pero lo mínimo es el .05, no se acepta un nivel de .06 (94% a favor de la generalización confiable). Porque se busca hacer ciencia, no intuición.

El nivel de significancia es un valor de certeza que fija el investigador "a priori". De certeza respecto a no equivocarse. Sobre este punto volveremos más adelante.

10.6.5. ¿Cómo se relacionan la distribución muestral y el nivel de significancia?

El nivel de significancia se expresa en términos de probabilidad (.05 y .01) y la distribución muestral también se expresa como probabilidad (el área total de ésta como 1.00). Pues bien, para ver si tenemos o no confianza al generalizar acudimos a la distribución muestral, probabilidad apropiada para la investigación social. El nivel de significancia lo tomamos como un área bajo la distribución muestral, tal y como se muestra en la figura 10.11, dependiendo de si elegimos un nivel del .05 o del .01.

Así, el nivel de significancia representa áreas de riesgo o confianza en la distribución muestral.

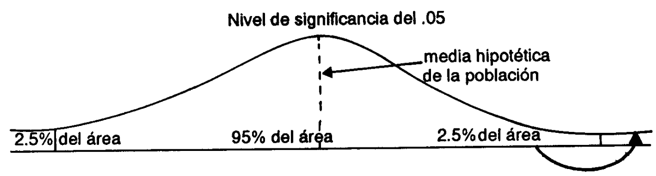
10.6.6. Una vez que se ha definido el nivel de significancia, ¿qué hacemos para ver si nuestra hipótesis sobre la media poblacional es aceptada o rechazada?

Antes de estudiar el *procedimiento* es necesario hacer las siguientes consideraciones:

a) Recordar que la distribución muestral es una distribución normal de puntuaciones "z", la base de la curva son puntuaciones "z" o unidades de desviación estándar.
b) Las puntuaciones "z" son distancias que indican áreas bajo la distribución normal. En este caso áreas de probabilidad.
c) El área de riesgo es tomada como el área de rechazo de la hipótesis y el área de confianza es tomada como el área de aceptación de la hipótesis.

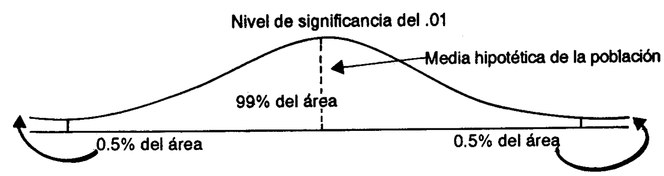
FIGURA 10.11

NIVELES DE SIGNIFICANCIA EN LA DISTRIBUCIÓN MUESTRAL



Notas: 1) podemos expresarlo en proporciones (0.025, 0.95 y 0.025, respectivamente) o porcentajes como está en la gráfica.

2) 95% representa el área de confianza y 2.5% representa el área de riesgo (2.5% + 2.5% = 5%). 2.5% en cada extremo, porque en nuestra estimación de la media poblacional podemos pasarnos hacia valores más altos o bajos.



99% de confianza y 1% de riesgo

d) Se habla de una hipótesis acerca del parámetro (en este caso, media poblacional).

Partiendo de estas consideraciones *el procedimiento es*:

1. Sobre bases firmes (revisión de la literatura e información disponible), establecer una hipótesis acerca del parámetro poblacional.

   Por ejemplo: "El promedio de horas diarias que se exponen los niños de la ciudad de Celaya en fin de semana es de 3.0."

2. Definir el nivel de significancia. Por ejemplo, $\alpha = .05$.
3. Recolectar los datos en una muestra representativa. Vamos a suponer que obtuvimos una media de 2.9 horas y una desviación estándar de 1.2 horas, la muestra incluyó 312 niños.
4. Estimar la desviación estándar de la distribución muestral de la media, utilizando la siguiente fórmula:

$$S_{\bar{X}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Donde "$S_{\bar{X}}$" es la desviación estándar de la distribución muestral de la media, "s" representa la desviación estándar de la muestra y "n" el tamaño de la muestra.

En el ejemplo:

$$S_{\bar{X}} = \frac{1.2}{\sqrt{312}}$$

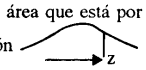
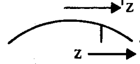
$$S_{\bar{X}} = 0.0679$$

5. Transformar la media de la muestra en una puntuación "z", en el contexto de la distribución muestral. Con una variación de la fórmula ya conocida para obtener puntuaciones "z":

$$z = \frac{X - \bar{X}}{S\bar{X}}$$

Donde "X" es la media de la muestra (recordemos que la distribución muestral es de medias y no de puntuaciones). "$\bar{X}$" es la media hipotetizada de la distribución muestral (parámetro poblacional). "$S\bar{X}$" es la desviación estándar de la distribución muestral de medias. Así tenemos:

$$z = \frac{2.9 - 3.0}{0.0679} = -1.47$$ 10.6.7

6. En la *tabla de áreas bajo la curva normal* (apéndice cinco, tabla uno), buscar aquella puntuación "z" que deje al 2.5% por encima de ella, que es 1.96. En la tabla uno se presenta la distribución de puntuaciones "z", sólo la mitad, pues debemos recordar que es una distribución simétrica y se aplica igual para ambos lados de la media. Así se incluye en los textos de estadística social. Se busca el 2.5% porque la tabla sólo abarca la mitad de la distribución y el riesgo que estamos afrontando es del 5% (2.5% del extremo de cada lado). La tabla contiene cuatro columnas: la primera, indica puntuaciones "z", la segunda, expresa la distancia de la puntuación "z" a la media, la tercera, el área que está por debajo de esa puntuación desde el comienzo de la distribución  y la cuarta, el área que está por encima de esa puntuación . Las áreas están expresadas en proporciones. Lo que buscamos es una puntuación "z" que deje por encima un área de .0250 ó 2.5% (la buscamos en la cuarta columna de la tabla), esta puntuación "z" es 1.96. Siempre que nuestro nivel de significancia es .05 tomamos la puntuación "z" 1.96.
7. Comparo la media de mi muestra transformada a puntuación "z" con el valor 1.96, si es menor acepto la hipótesis y si es mayor la rechazo. Veamos en el ejemplo:

Media de la muestra transformada a "z"	Nivel de significancia del .05
1.47	±1.96

Decisión: Acepto la hipótesis a un nivel de significancia del .05 (95% a mi favor y 5% de riesgo de cometer un error).

Si la media obtenida,
al transformarse en "z"
hubiera sido: 3.25,

7.46 o un valor mayor ⟶ Rechazo la hipótesis

Por ejemplo:

Media de la muestra = 2.0
Desviación estándar de la muestra = 0.65

$n = 700$

$S_{\bar{x}} = 0.0246$

$Z = 40.65$

La media, está situada a más de 40 desviaciones estándar de la media, se localiza en la zona crítica (más allá de 1.96 desviaciones estándar) rechazo la hipótesis.

10.6.7. ¿Por qué es importante otro concepto: el intervalo de confianza?

Se ha hablado de la distribución muestral por lo que respecta a la prueba de hipótesis, pero otro procedimiento de la estadística inferencial es construir un *intervalo* donde se localiza un parámetro (Wiersma, 1986, p. 340). Por ejemplo, en lugar de pretender probar una hipótesis acerca de la media poblacional, puede buscarse obtener un intervalo donde se ubique dicha media. Esto requiere un nivel de confianza, al igual que en la prueba de hipótesis inferenciales. El nivel de confianza es al intervalo de confianza lo que el nivel de significancia es a la prueba de hipótesis. Es decir, el nivel de confianza es una probabilidad definida de que un parámetro se va a ubicar en un determinado intervalo. Los niveles de confianza utilizados más comúnmente en la investigación social son 0.95 y 0.99. Su sentido es el del 0.95, quiere decir que tenemos 95% en favor de que el parámetro se localice en el intervalo estimado, contra un 5% de elegir un intervalo equivocado. El nivel del 0.99 señala un 99% de probabilidad de seleccionar el intervalo adecuado. Estos niveles de confianza (lo mismo que los niveles de significancia) se expresan en unidades de desviación estándar. Una vez más se acude a la distribución muestral, concretamente a la tabla de áreas bajo la curva normal (apéndice cinco, tabla uno), y se selecciona la puntuación "z" correspondiente al nivel de confianza seleccionada. Una vez hecho esto, se aplica la siguiente fórmula:

Intervalo de confianza = estadígrafo ± (Puntuación "z" que expresa el nivel de confianza elegido) (Desviación estándar de la distribución muestral correspondiente.)

Donde el estadígrafo es la estadística calculada en la muestra, la puntuación "z" es 1.96 con un nivel de .95 y 2.58 con un nivel de .99 y el error estándar depende del estadígrafo en cuestión. Veámoslo con el ejemplo de la media en el caso de la exposición diaria a la televisión —en fin de semana— por parte de los niños de Celaya:

Media = 2.9 horas

s = 1.2 horas

$S_{\bar{x}}$ = 0.0679

(desviación estándar de la distribución muestral de la media).

Nivel de confianza	= .95 (z = 1.96)
Intervalo de confianza	= 2.9 ± (1.96) (0.0679)
	= 2.9 ± (0.133)
Intervalo de confianza:	La media poblacional está entre 2.767 y 3.033 horas, con un 95% de probabilidades de no cometer error.

10.6.8. ¿Se pueden cometer errores al realizar estadística inferencial?

Nunca podemos estar completamente seguros de nuestra estimación. Trabajamos con altos niveles de confianza o seguridad y —aunque el riesgo es mínimo— podría cometerse un error. *Los resultados posibles al probar hipótesis pueden ser*:

1) Aceptar una hipótesis verdadera (decisión *correcta*).
2) Rechazar una hipótesis falsa (decisión *correcta*).
3) Aceptar una hipótesis falsa (*error* conocido como del *Tipo II o beta*).
4) Rechazar una hipótesis verdadera (*error* conocido como de *Tipo I o error alfa*).

Ambos tipos de error son indeseables y puede *reducirse la posibilidad* de que se presenten mediante:

a) *Muestras representativas probabilísticas.*
b) *Inspección cuidadosa de los datos.*
c) *Selección de las pruebas estadísticas apropiadas.*
d) *Mayor conocimiento de la población.*

10.7. ANÁLISIS PARAMÉTRICOS

Hay dos tipos de análisis que pueden realizarse: los *análisis paramétricos* y los *no paramétricos*. Cada tipo posee sus características y presuposiciones que lo sustentan y la elección del investigador sobre qué clase de análisis efectuar depende de estas presuposiciones. Asimismo, cabe destacar que en una misma investigación pueden llevarse a cabo análisis paramétricos para algunas hipótesis y variables, y análisis no paramétricos para otras.

10.7.1. ¿Cuáles son los presupuestos o presuposiciones de la estadística paramétrica?

Para realizar *análisis paramétricos debe* partirse de los siguientes supuestos:

1) *La distribución poblacional de la variable dependiente es normal*: el universo tiene una distribución normal.
2) El *nivel de medición* de la variable dependiente es *por intervalos o razón.*
3) Cuando *dos o más poblaciones son estudiadas*, éstas *tienen una varianza homogénea*: las poblaciones en cuestión tienen una dispersión similar en sus distribuciones (Wiersma, 1986, p. 344).

10.7.2. ¿Cuáles son los métodos o pruebas estadísticas paramétricas más utilizadas?

Las *pruebas estadísticas paramétricas más utilizadas son:*

— Coeficiente de correlación de Pearson y la regresión lineal.
— Prueba "t".
— Prueba de contraste de la diferencia de proporciones.
— Análisis de varianza unidireccional (ANOVA Oneway).
— Análisis de varianza factorial (ANOVA).
— Análisis de covarianza (ANCOVA).

10.7.3. ¿Qué es el coeficiente de correlación de Pearson?

Definición:	Es una prueba estadística para analizar la relación entre dos variables medidas en un nivel por intervalos o de razón.
Se simboliza:	r
Hipótesis a probar:	Correlacional, del tipo de "A mayor X, mayor Y", "A mayor X, menor Y", "Altos valores en X están asociados con altos

valores en Y", "Altos valores en X se asocian con bajos valores de Y".

Variables involucradas: Dos. La prueba en sí no considera a una como independiente y a otra como dependiente, ya que no se trata de una prueba que evalúa la causalidad. La noción de causa —efecto (independiente-dependiente)— se puede establecer teóricamente, pero la prueba no considera dicha causalidad.

El coeficiente de correlación de Pearson se calcula a partir de las puntuaciones obtenidas en una muestra en dos variables. Se relacionan las puntuaciones obtenidas de una variable con las puntuaciones obtenidas de otra variable, en los mismos sujetos.

Nivel de medición de las variables: Intervalos o razón.

Interpretación: El coeficiente r de Pearson *puede variar de —1.00 a +1.00* donde:

—1.00 = *correlación negátiva perfecta* ("A mayor X, menor Y" de manera proporcional. Es decir, cada vez que X aumenta una unidad, Y disminuye siempre una cantidad constante). Esto también se aplica a "a menor X, mayor Y".
—0.90 = Correlación negativa muy fuerte.
—0.75 = Correlación negativa considerable.
—0.50 = Correlación negativa media.
—0.10 = Correlación negativa débil.
0.00 = No existe correlación alguna entre las variables.
+0.10 = Correlación positiva débil.
+0.50 = Correlación positiva media.
+0.75 = Correlación positiva considerable.
+0.90 = Correlación positiva muy fuerte.
+1.00 = *Correlación positiva perfecta.*
("A mayor X, mayor Y" o "a menor X, menor Y" de manera proporcional. Cada vez que X aumenta, Y aumenta siempre una cantidad constante).

El *signo indica la dirección de la correlación* (positiva o negativa) y el *valor numérico, la magnitud de la correlación.*

Los principales programas de análisis estadístico en computadora reportan si el coeficiente es o no significativo, de la siguiente manera:

s = 0.001 significancia

0.7831 valor de coeficiente

Si "s" es menor del valor .05, se dice que el coeficiente es *significativo* al nivel del .05 (95% de confianza en que la correlación sea verdadera y 5% de probabilidad de error). Si "s" es menor a .01, el coeficiente es *significativo* al nivel del .01 (99% de confianza de que la correlación sea verdadera y 1% de probabilidad de error).

Consideraciones: Cuando el coeficiente r de Pearson se eleva al cuadrado (r^2), el resultado indica la *varianza de factores comunes*. Esto es, el porcentaje de la variación de una variable debido a la variación de la otra variable y viceversa.

Por ejemplo: La correlación entre "productividad" y "asistencia al trabajo" es de 0.80.

$$r = 0.80$$

$$r^2 = 0.64$$

"La productividad" contribuye a o explica el 64% de la variación de "la asistencia al trabajo". "La asistencia al trabajo" explica el 64% de "la productividad".

En los artículos de revistas científicas o textos, se suele indicar la significancia así:

$$0.48^{*}$$

$$p < .05$$

Quiere decir que el coeficiente es significativo al nivel del .05. La probabilidad de error es menor del 5%. Si $p < .01$, el coeficiente es significativo al nivel de .01. También suele señalarse con asteriscos, de la siguiente manera:

	X
Y	.11
Z	.62**
X	.47*
W	.09

*p < .05

**p < .01

Siendo X, Y, Z y W variables.

EJEMPLOS

Hi:	"A mayor motivación intrínseca, mayor puntualidad"
Resultado:	r = .721 s = 0.0001
Interpretación:	Se acepta la hipótesis de investigación al nivel del .01. La correlación entre la motivación intrínseca y la productividad es considerable.
Hi:	"A mayor ingreso, mayor motivación intrínseca".
Resultado:	r = .214 s = 0.081
Interpretación:	Se acepta la hipótesis nula. El coeficiente no es significativo: 0.081 es mayor que 0.05 y recordemos que 05 es el nivel mínimo para aceptar la hipótesis.
Nota precautoria:	Recuérdese lo referente a correlaciones espúreas que se comentó en el capítulo de tipos de estudio.

10.7.4. ¿Qué es la regresión lineal?

Definición: Es un modelo matemático para estimar el efecto de una variable sobre otra. Está asociado con el coeficiente r de Pearson.

Hipótesis a probar: Correlacionales y causales.

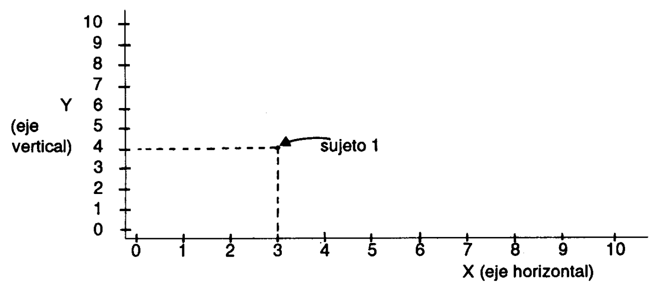
Variables involucradas: Dos. Una se considera como independiente y otra como dependiente. Pero para poder hacerlo debe tenerse un sólido sustento teórico.

Nivel de medición de las variables: Intervalos o razón.

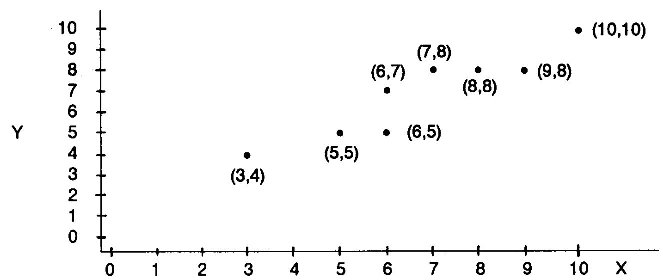
Procedimiento e interpretación: La regresión lineal se determina en base al *diagrama de dispersión*. Éste consiste en una gráfica donde se relacionan las puntuaciones de una muestra en dos variables. Veámoslo con un ejemplo sencillo de 8 casos. Una variable es la calificación en filosofía y la otra variable es la calificación en estadística, ambas medidas hipotéticamente de 0 a 10.

	PUNTUACIONES	
SUJETOS	FILOSOFÍA (X)	ESTADÍSTICA (Y)
1	3	4
2	8	8
3	9	8
4	6	5
5	10	10
6	7	8
7	6	7
8	5	5

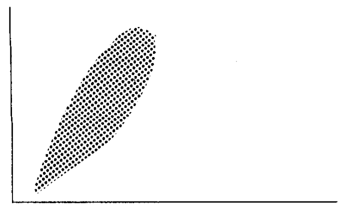
El *diagrama de dispersión* se construye graficando cada par de puntuaciones en un espacio o plano bidimensional. Sujeto "1" tuvo 3 en X y 4 en Y:



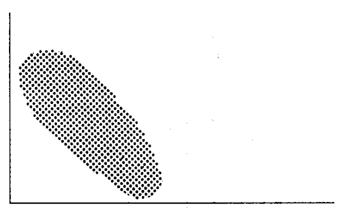
Así, se grafican todos los pares:



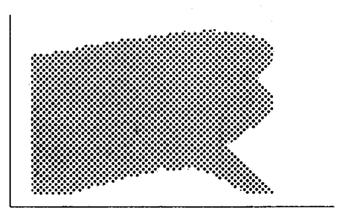
Los *diagramas de dispersión* son una manera de visualizar gráficamente una correlación. Por ejemplo:



Correlación positiva muy fuerte: la tendencia es ascendente, altas puntuaciones en X, altas puntuaciones en Y.



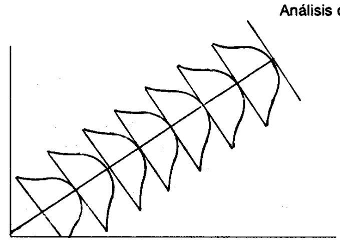
Correlación negativa considerable



Ausencia de correlación

Así, cada punto representa un caso y es resultado de la intersección de las puntuaciones en ambas variables.

El diagrama de dispersión puede ser resumido a una línea (producto de las medias de las puntuaciones).



Conociendo la línea y la tendencia, podemos predecir los valores de una variable conociendo los de la otra variable.

Esta línea se expresa mediante la *ecuación de regresión lineal*:

$$Y = a + bX$$

Donde "Y" es un *valor de la variable dependiente* que se desea predecir, "a" es la *ordenada* en el origen y "b" la *pendiente* o inclinación.

Los programas y paquetes de análisis estadístico por computadora que incluyen la *regresión lineal* proporcionan los datos de "a" y "b".

"a" o "*intercept*" y "b" o "*slope*".

Para predecir un valor de "Y" se sustituyen los valores correspondientes en la ecuación.

EJEMPLO:

a (intercept) = 1.2
b (slope) = 0.8

Entonces podemos hacer la predicción: ¿a un valor de 7 en filosofía qué valor en estadística le corresponde?

$$Y = \underbrace{1.2}_{\text{"a"}} + \underbrace{(0.8)}_{\text{"b"}} \underbrace{(7)}_{\text{"X"}}$$

$$Y = 6.8$$

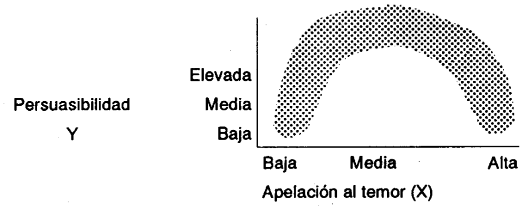
Predecimos que a un valor de 7 en X, le corresponderá un valor de 6.8 en Y.

Consideraciones: La *regresión lineal* es útil con relaciones lineales, no con *relaciones curvilineales* de los tipos que se muestran en la figura 10.12.

FIGURA 10.12

EJEMPLOS DE RELACIONES CURVILINEALES

Las *relaciones curvilineales* son aquellas en las cuales la tendencia varía: primero es ascendente y luego descendente o viceversa. Por ejemplo: Se ha demostrado que una estrategia persuasiva con niveles altos de apelación al temor por ejemplo, como un comercial televisivo muy dramático, provocan una baja persuasibilidad, lo mismo que una estrategia persuasiva con niveles muy bajos de apelación al temor. La estrategia persuasiva más adecuada es la que utiliza niveles medios de apelación al temor. Esta relación es curvilineal, se representaría así:



Otras gráficas de *relaciones curvilineales* serían:

EJEMPLO DE LA REGRESIÓN LINEAL

Hi: "La autonomía laboral es una variable para predecir la motivación intrínseca en el trabajo. Ambas variables están relacionadas".
Las dos variables fueron medidas en una escala por intervalos de 1 a 5.

Resultado: a (intercept) = 0.42
b (slope) = 0.65

Interpretación: Cuando X (autonomía) es 1, la predicción estimada de Y es 1.07; cuando X es 2, la predicción estimada de Y es 1.72; cuando X es 3, Y será 2.37; cuando X es 4, Y será 3.02; y cuando X es 5, Y será 3.67.

$$Y = a + bX$$
$$1.07 = 0.42 + 0.65\ (1)$$
$$1.72 = 0.42 + 0.65\ (2)$$
$$2.37 = 0.42 + 0.65\ (3)$$
$$3.02 = 0.42 + 0.65\ (4)$$
$$3.67 = 0.42 + 0.65\ (5)$$

10.7.5. ¿Qué es la prueba "t"?

Definición: Es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias.

Se simboliza: t

Hipótesis a probar: De diferencia entre dos grupos. La hipótesis de investigación propone que los grupos difieren significativamente entre sí y la hipótesis nula propone que los grupos no difieren significativamente.

Variable involucrada: La comparación se realiza sobre una variable. Si hay diferentes variables, se efectuarán varias pruebas "t" (una por cada variable). Aunque la razón que motiva la creación de los grupos puede ser una variable independiente. Por ejemplo: un experimento con dos grupos, uno al cual se le aplica el estímulo experimental y el otro grupo el de control.

Nivel de medición de la variable: Intervalos o razón.

Interpretación: El valor "t" se obtiene en muestras grandes mediante la fórmula:

$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}}$$

Donde $\overline{X}_1$ es la media de un grupo, $\overline{X}_2$ es la media del otro grupo, S_1^2 es la desviación estándar del primer grupo elevada al cuadrado, N_1 es el tamaño del primer grupo, S_2^2 es la desviación estándar del segundo grupo elevada al cuadrado y N_2 es el tamaño del segundo grupo. En realidad, el denominador es el *error estándar de la distribución muestral de la diferencia entre medias.*

Para saber si el valor "t" es significativo, se aplica la fórmula y se calculan los *grados de libertad.* La prueba "t" se basa en una distribución muestral o poblacional de diferencia de medias conocida como la distribución "t" de Student. Esta distribución es identificada por los *grados de libertad*, los cuales *constituyen el número de* *maneras como los datos pueden variar libremente*. Son determinantes, ya que nos indican qué valor debemos esperar de "t" dependiendo del tamaño de los grupos que se comparan. *Entre mayor número de grados de libertad se tengan, la distribución "t" de Student se acerca más a ser una distribución normal* y —usualmente— si los grados de libertad exceden los 120, la distribución normal es utilizada como una aproximación adecuada de la distribución "t" de Student (Wiersma, 1986). Los *grados de libertad* se calculan así:

$$gl = (N_1 + N_2) - 2$$

N_1 y N_2 son el tamaño de los grupos que se comparan.

Una vez calculados el valor "t" y los grados de libertad, se elige el *nivel de significancia* y se compara el valor obtenido contra el valor que le correspondería en la tabla dos del apéndice cinco (*tabla de la distribución "t" de Student*). Si nuestro valor calculado es igual o mayor al que aparece en la tabla, se acepta la hipótesis de investigación. Pero si nuestro valor calculado es menor al que aparece en dicha tabla, se acepta la hipótesis nula.

En la tabla se busca el valor con el cual vamos a comparar el que hemos calculado, basándonos en el nivel de confianza elegido (0.05 o 0.01) y los grados de libertad. La tabla contiene como columnas los niveles de confianza y como renglones los grados de libertad. Los niveles de confianza adquieren el significado del que se ha hablado (el .05 significa un 95% de que los grupos en realidad difieran significativamente entre sí y un 5% de posibilidad de error).

Cuanto mayor sea el valor "t" calculado respecto al valor de la tabla y menor sea la posibilidad de error, mayor será la certeza en los resultados.

Cuando el valor "t" se calcula utilizando un paquete estadístico para computadora, la significancia se proporciona como parte de los resultados y ésta debe ser menor a .05 o .01 dependiendo del nivel de confianza seleccionado.

Consideraciones: La prueba "t" puede utilizarse para comparar los resultados de una preprueba con los resultados de una postprueba en un contexto experimental. Se comparan las medias y las varianzas del grupo en dos momentos diferentes:

$\bar{X}_1 \times \bar{X}_2$ O bien para comparar las prepruebas o postpruebas de dos grupos que participan en un experimento:

X $\bar{X}_1$

"t"

$\bar{X}_2$ O son las postpruebas

EJEMPLOS

Hi: "Los jóvenes le atribuyen mayor importancia al atractivo físico en sus relaciones heterosexuales que las jóvenes."

Ho: "Los jóvenes no le atribuyen más importancia al atractivo físico en sus relaciones heterosexuales que las jóvenes."

La variable atractivo físico fue medida a través de una prueba estandarizada y el nivel de medición es por intervalos. La escala varía de 0 a 18.

La hipótesis se somete a prueba con los estudiantes de clase media de dos universidades de la ciudad de Monterrey, México.

N_1 (hombres) = 128
N_2 (mujeres) = 119

Resultados:

$\overline{X}_1$ (hombres) = 15
$\overline{X}_2$ (mujeres) = 12
S_1 (hombres) = 4
S_2 (mujeres) = 3

$$t = \frac{15 - 12}{\sqrt{\frac{(4)^2}{128} + \frac{(3)^2}{119}}}$$

$t = 6.698$
$Gl = (128 + 119) - 2$
$Gl = 245$

Al acudir a la tabla de la distribución "t" de Student (apéndice cinco, tabla dos), buscamos los grados de libertad correspondientes y elegimos en la columna de "gl", el renglón "α", que se selecciona siempre que se tiene más de 200 grados de libertad. La tabla contiene los siguientes valores:

Gl	.05	.01
α (mayor de 200)	1.645	2.326

Nuestro valor calculado de "t" es 6.698, resulta superior al valor de la tabla en un nivel de confianza de .05 (6.698 > 1.645). Entonces, la conclusión es que aceptamos la hipótesis de investigación y rechazamos la nula. Incluso, el valor "t" calculado es superior en un nivel de confianza del .01 (6.698 > 2.326).

Comentario: Efectivamente, en el contexto de la investigación, los jóvenes le atribuyen más importancia al atractivo físico en sus relaciones heterosexuales que las jóvenes.

Si tuviéramos 60 grados de libertad y un valor "t" igual a 1.87, al comparar este valor con los de la tabla obtendríamos:

GL	.05	.01
60	1.6707	2.390

El valor "t" calculado es menor a los valores de la tabla. Se *rechaza la hipótesis de investigación y se acepta la hipótesis nula.*

10.7.6. ¿Qué es la prueba de diferencia de proporciones?

Definición: Es una prueba estadística para analizar si dos proporciones difieren significativamente entre sí.

Hipótesis a probar: De diferencia de proporciones en dos grupos.

Variable involucrada: La comparación se realiza sobre una variable. Si hay varias, se efectuará una prueba de diferencia de proporciones por variable.

Nivel de medición de la variable: Intervalos o razón, expresados en proporciones o porcentajes.

Procedimiento e interpretación: Se obtienen las proporciones de los grupos. Se aplica la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{P_1 - P_2}{\sqrt{\frac{P_1\,q_1}{N_1} + \frac{P_2\,q_2}{N_2}}}$$

$$q_1 = 1 - P_1$$
$$q_2 = 1 - P_2$$

La puntuación "z" resultante se compara con la puntuación "z" de la distribución de puntuaciones "z" (normal) que corresponda al nivel de confianza elegido. El valor calculado de "z" (resultante de aplicar la fórmula) debe ser igual o mayor que el valor de la tabla de áreas bajo la curva normal correspondiente (tabla uno, apéndice cinco). Si es igual o mayor, se acepta la hipótesis de investigación. Si es menor, se rechaza.

EJEMPLO

Hi: "El porcentaje de liberales en la Ciudad Arualm es mayor que en Linderbuck"

% de liberales en Arualm	% de liberales en Linderbuck
55%	48%
$N_1 = 410$	$N_2 = 301$

Los porcentajes se transforman en proporciones y se calculan q_1 y q_2:

Arualm	Linderbuck
$P_1 = 0.55$	$P_2 = 0.48$
$N_1 = 410$	$N_2 = 301$
$q_1 = 1 - .55 = 0.45$	$q_2 = 1 - .48 = 0.52$

$\alpha = .05 = 1.96$ z (puntuación "z" que como se ha explicado anteriormente corresponde al nivel alfa del .05).

$$Z = \frac{0.55 - 0.48}{\sqrt{\frac{(.55)(.45)}{410} + \frac{(.48)(.52)}{301}}} = 1.56$$

Como la "z" calculada es menor a 1.96 (nivel alfa expresado en una puntuación "z"), aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la de investigación.

10.7.7. ¿Qué es el análisis de varianza unidireccional? (oneway)

Definición: Es una prueba estadística para analizar si más de dos grupos difieren significativamente entre sí en cuanto a sus medias y varianzas. *La prueba "t"* es utilizada para *dos grupos* y el *análisis de varianza unidireccional* se usa para *tres, cuatro o más grupos*. Y aunque con dos grupos, el análisis de varianza unidireccional se puede utilizar, no es una práctica común.

Hipótesis a probar: De diferencia entre más de dos grupos. La hipótesis de investigación propone que los grupos difieren significativamente entre sí y la hipótesis nula propone que los grupos no difieren significativamente.

Variables involucradas: Una variable independiente y una variable dependiente.

Nivel de medición de las variables: La variable independiente es categórica y la dependiente es por intervalos o razón.

El que la variable independiente sea categórica significa que se pueden formar grupos diferentes. Puede ser una variable nominal, ordinal, por intervalos o de razón (pero en estos últimos dos casos la variable debe reducirse a categorías).

Por ejemplo:

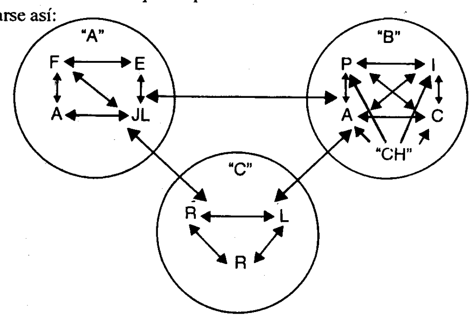
— Religión.

— Nivel socioeconómico (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo).

— Antigüedad en la empresa (de 0 a 1 año, más de un año a cinco años, más de cinco años a diez, más de diez años a 20 y más de 20 años).

Interpretación: El *análisis de varianza unidireccional* produce un valor conocido como "*F*" o *razón* "*F*", que se basa en una distribución muestral, conocida como la *distribución F,* que es otro miembro de la familia de distribuciones muestrales. La *razón "F"* compara las variaciones en las puntuaciones debidas a dos diferentes fuentes: variaciones entre los grupos que se comparan y variaciones dentro de los grupos.

Si los grupos difieren realmente entre sí sus puntuaciones variarán más de lo que puedan variar las puntuaciones entre los integrantes de un mismo grupo. Veámoslo con un ejemplo cotidiano. Si tenemos tres familias "A", "B" y "C". La familia "A" está integrada por Felipe, Angélica, Elena y José Luis. La familia "B" está compuesta por Chester, Pilar, Iñigo, Alonso y Carlos. Y la familia "C" está integrada por Rodrigo, Laura y Roberto. ¿Qué esperamos? Pues esperamos que los integrantes de una familia se parezcan más entre sí de lo que se parecen a los miembros de otra familia. Esto podría graficarse así:



Es decir, esperamos *homogeneidad* intrafamilias y *heterogeneidad* interfamilias.

¿Qué sucedería si los miembros de las familias se parecieran más a los integrantes de las otras familias que a los de la suya propia? Quiere decir que no hay diferencia entre los grupos (en el ejemplo, familias).

Esta misma lógica se aplica a la *razón "F"*, la cual nos indica si las diferencias entre los grupos son mayores que las diferencias intragrupos (dentro de éstos). Estas diferencias son medidas en términos de varianza. La *varianza* es una medida de dispersión o variabilidad alrededor de la media y es calculada en términos de desviaciones elevadas al cuadrado. Recuérdese que la *desviación estándar* es un promedio de desviaciones respecto a la media $(X-\overline{X})$ y la *varianza es un promedio de desviaciones respecto a la media elevadas al cuadrado* $(X-\overline{X})^2$. La varianza por eso se simboliza como "S^2" y su *fórmula* es $\sum(X-\overline{X})^2/N$. Consecuentemente la *razón "F"*, que es una razón de varianzas, se expresa así:

$$F = \frac{\text{Media cuadrática entre los grupos}}{\text{Media cuadrática dentro de los grupos}}$$

En donde *media cuadrática* implica un promedio de varianzas elevadas al cuadrado. La *media cuadrática entre los grupos* se obtiene calculando la media de las puntuaciones de todos los grupos (media total), después se obtiene la desviación de la media de cada grupo respecto a la media total y se eleva al cuadrado cada una de estas desviaciones, después se suman. Finalmente se sopesa el número de individuos en cada grupo y la *media cuadrática* se obtiene en base a los *grados de libertad intergrupales* (no se calcula en base al número de puntuaciones). La *media cuadrática dentro de los grupos* se calcula obteniendo primero la desviación de cada puntuación respecto a la media de su grupo, posteriormente esta fuente de variación se suma y combina para obtener una medida de la *varianza intragrupal* para todas las observaciones, tomando en cuenta los grados de libertad totales (Wright, 1979).

Las fórmulas de la media cuadrática son:

$$\text{Media cuadrática entre grupos} = \frac{\text{Suma de cuadrados entre grupos}}{\text{Grados de libertad entre grupos}}$$

Los grados de libertad entre grupos = K — 1 (donde K es el número de grupos).

$$\text{Media cuadrática } \textit{dentro} \text{ de los grupos} = \frac{\text{Suma de cuadrados intra-grupos}}{\text{Grados de libertad intra-grupos}}$$

Los *grados de libertad intra-grupos* = N — K (N es el tamaño de la muestra, la suma de los individuos de todos los grupos y K recordemos que es el número de grupos).

Para el procedimiento de cálculo manual de la *razón "F"* se recomiendan Levin (1979) o cualquier texto de estadística social.

Pues bien, *cuando "F" resulta significativa esto quiere decir que los grupos difieren significativamente entre sí. Es decir, se acepta la hipótesis de investigación y se rechaza la hipótesis nula.*

Cuando se efectúa el *análisis de varianza* por medio de un programa para computadora o se utiliza un paquete estadístico, se genera una tabla de resultados con los elementos de la tabla 10.7.

TABLA 10.7

EJEMPLO DE LOS ELEMENTOS PARA INTERPRETAR UN ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL REALIZADO A TRAVÉS DE UN PAQUETE ESTADÍSTICO PARA COMPUTADORA

Fuente de variación (source)	Sumas de cuadrados (sums of squares)	Grados de libertad (degrees of freedom)	Medias cuadráticas (mean squares)	Razón "F" (F-ratio)	Significancia de "F" (F prob.)
Entre grupos (between groups)	SS entre	Gl entre	SS entre/Gl entre	$\frac{\text{M C entre}}{\text{M C intra}}$	α
Intra grupos (within groups)	SS intra	Gl intra	SS intra/Gl intra		
Total	SS entre + SS intra	Gl entre + Gl intra			

El *valor* α (*alfa*) o probabilidad a elegir es una vez más .05 o .01. Si es menor del .05 es significativo a este nivel y si es menor del .01 es significativo también a este nivel. Cuando el programa o paquete estadístico no incluye la significancia se acude a la *tabla tres del apéndice cinco* (*tabla de la distribución "F"*). Esta tabla contiene una lista de razones significativas —razones "F"— que debemos obtener para poder aceptar la hipótesis de investigación en los niveles de confianza de .05 y .01. Al igual que en caso de la razón "t" el valor exacto de "F" que debemos obtener depende de sus grados de libertad asociados. Por lo tanto, la utilización de la tabla se inicia buscando los dos *valores gl*, los *grados de libertad entre los grupos y los grados de libertad intragrupos.* Los grados de libertad entre grupos se indican en la parte superior de la página, mientras que los grados de libertad intra-grupos se han colocado al lado izquierdo de la tabla. El cuerpo de la tabla de la distribución "F" presenta *razones "F"* significativas a los *niveles de confianza de .05 y .01.*

Si "F" = 1.12
Gl entre = 2
Gl intra = 60

Este *valor "F"* se compara con el valor que aparece en la tabla de la distribución "F", que es 3.15, y como *el valor "F"* calculado es menor al de dicha tabla, rechazaríamos la hipótesis de investigación y aceptaríamos la hipótesis nula. Para que el *valor "F"* calculado sea significativo debe ser igual o mayor al de la tabla.

EJEMPLO

Hi: "Los niños que se expongan a contenidos de elevada violencia televisiva exhibirán una conducta más agresiva en sus juegos, respecto a los niños que se expongan a contenidos de mediana o baja violencia televisada".

Ho: "Los niños que se expongan a contenidos de elevada violencia televisiva no exhibirán una conducta más agresiva en sus juegos, respecto a los niños que se expongan a contenidos de mediana o baja violencia televisada".

La variable independiente es el grado de exposición a la violencia televisada y la variable dependiente es la agresividad exhibida en los juegos, medida por el número de conductas agresivas observadas (intervalos).

Para probar la hipótesis se diseña un experimento con tres grupos:

G_1 X_1 (elevada violencia)	0	número de actos agresivos
G_2 X_2 (mediana violencia)	0	
G_3 X_3 (baja violencia)	0	
G_4 — (conducta prosocial)	0	

En cada grupo hay 25 niños.

TABLA 10.8

EJEMPLO HIPOTÉTICO DE RESULTADOS DE LA TABLA 10.7

Fuente de variación	Sumas de cuadrados	Grados de libertad	Medias cuadráticas	Razón "F"	Significancia de "F"
Entre grupos	150.18	3	50.06		
Intra grupos	857.64	96	8.93	5.6	0.001
Total	1 007.82	99			

La *razón "F" resultó significativa: se acepta la hipótesis de investigación*. La diferencia entre las medias de los grupos es significativa, el contenido altamente violento tiene un efecto sobre la conducta agresiva de los niños en sus juegos. El estímulo experimental tuvo un efecto. Esto se corrobora comparando las medias de las postpruebas de los cuatro grupos. Porque el análisis de varianza unidireccional solamente nos señala si la diferencia entre las medias y las distribuciones de los grupos es o no significativa, pero no nos indica en favor de qué grupos lo es, esto puede hacerse comparando las medias y las distribuciones de los grupos. Y si adicionalmente queremos comparar cada par de medias ($\bar{X}_1$ con $\bar{X}_2$, $\bar{X}_1$ con $\bar{X}_3$, $\bar{X}_2$ con $\bar{X}_3$, etc.) y determinar exactamente dónde están las diferencias significativas, podemos aplicar un contraste a posteriori, calculando una prueba "t" para cada par de medias o bien, a través de algunas estadísticas que suelen ser parte de los análisis efectuados mediante paquetes estadísticos para computadoras. Estas estadísticas se incluyen en la figura 10.13.

FIGURA 10.13

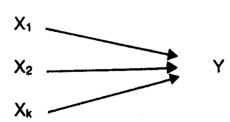
ESTADÍSTICAS PARA CONTRASTES A POSTERIORI EN EL ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL REALIZADO A TRAVÉS DEL PAQUETE ESTADÍSTICO MÁS CONOCIDO EN LATINOAMÉRICA: SPSS[53]

Nombre	Abreviatura	Nivel de confianza en que se utiliza
– Diferencia significativa mínima	LSD	Cualquier nivel
– La prueba de Duncan de múltiples rangos	DUNCAN	.10, .05, .01
– Student-Newman-Kenls	SNK	.05
– Procedimiento alternativo de Tukey	TUKEYB	.05
– Diferencia significativa honesta	TUKEY (o DSH en algunos paquetes en español)	.05
– LSD modificado	LSDMOD	Cualquier nivel
– Procedimiento de Scheffe	SCHEFFE	Cualquier nivel

10.7.8 ¿Qué es el análisis factorial de varianza? (ANOVA) (análisis de varianza de k-direcciones)

Definición: Es una prueba estadística para evaluar el efecto de dos o más variables independientes sobre una variable dependiente.

Responde a esquemas del tipo:



Constituye una extensión del análisis de varianza unidireccional, solamente que incluye más de una variable indepen-

[53] Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales, el cual se comentará cuando se hable de paquetes estadísticos.

diente. Evalúa los efectos por separado de cada variable independiente y los efectos conjuntos de dos o más variables independientes.

Variables involucradas: Dos o más variables independientes y una dependiente.

Nivel de medición de las variables: La variable dependiente (criterio) debe estar medida en un nivel por intervalos o razón, y las variables independientes (factores) pueden estar en cualquier nivel de medición, pero expresadas de manera categórica.

INTERPRETACIÓN Y EJEMPLO

Hi: "La similitud en valores, la atracción física y el grado de retroalimentación positiva son factores que inciden en la satisfacción sobre la relación en parejas de novios cuyas edades oscilan entre los 24 y los 32 años."

El ANOVA efectuado mediante un paquete estadístico para computadora produce los siguientes elementos básicos:

- *Fuente de la variación* (source of variation). Que es el factor que origina variación en la variable dependiente. Si una fuente no origina variación en la dependiente, no tiene efectos.
- *Efectos principales* (main effects). Es el efecto de cada variable independiente por separado, no está contaminado del efecto de otras variables independientes ni de error. La suma de todos los efectos principales suele proporcionarse.
- *Interacciones de dos direcciones* (2-way interactions). Representa el efecto conjunto de dos variables independientes, aislado de los demás posibles efectos de las variables independientes (individuales o en conjuntos). La suma de los efectos de todas estas interacciones suele proporcionarse.
- *Interacciones de tres direcciones* (3-way interactions). Constituye el efecto conjunto de tres variables independientes, aislado de otros efectos. La suma de los efectos de todas estas interacciones suele proporcionarse.
- Puede haber efecto de K-direcciones, dependiendo del número de variables independientes.

En nuestro ejemplo, tenemos los resultados que se muestran en la tabla 10.9.

Como podemos ver en la tabla 10.9, la similitud, la atracción y la retroalimentación tienen un efecto significativo sobre la satisfacción en la relación. Respecto a los efectos de dos variables independientes conjuntas, sólo la similitud y la atracción tienen un efecto, y hay un efecto conjunto de las tres variables independientes. La hipótesis de investigación se acepta y la nula se rechaza. Asimismo, se recuerda al lector que en el capítulo 6 sobre diseños experimentales (en el apartado sobre diseños factoriales) se explica la noción de interacción entre variables independientes. Y cabe agregar que el ANOVA es un método estadístico propio para los diseños experimentales factoriales.

TABLA 10.9

EJEMPLO DE RESULTADOS EN EL ANOVA

VARIABLE DEPENDIENTE: SATISFACCIÓN EN LA RELACIÓN

Fuente de variación (source of variation)	Suma de cuadrados (sums of squares)	Grados de libertad (degrees of freedom)	Medias cuadráticas (mean squares)	Razón "F"	Significancia de "F"
– Efectos principales (main effects)	—	—	—	22.51	0.001**
SIMILITUD	—	—	—	31.18	0.001**
ATRACCIÓN	—	—	—	21.02	0.001**
RETROALIMENTACIÓN	—	—	—	11.84	0.004**
– Interacción de dos direcciones (2-way interactions)	—	—	—	7.65	0.010**
SIMILITUD ATRACCIÓN	—	—	—	4.32	0.040*
SIMILITUD RETROALIMENTACIÓN	—	—	—	2.18	0.110
ATRACCIÓN RETROALIMENTACIÓN	—	—	—	1.56	0.190
– Interacción de tres direcciones (3-way interactions)	—	—	—	8.01	0.020*
SIMILITUD ATRACCIÓN	—	—	—	8.01	0.020*
RETROALIMENTACIÓN	—	—	—		
– Residual	—	—	—		
– Total	—	—	—		

NOTA: A los estudiantes que se inician en el ANOVA, normalmente les interesa saber si las razones "F" resultaron o no significativas, por ello sólo se incluyen estos valores. Y para quien se inicia en este análisis los autores recomiendan concentrarse en ello y evitar confusiones. Desde luego, el investigador experimentado acostumbra estudiar todos los valores.

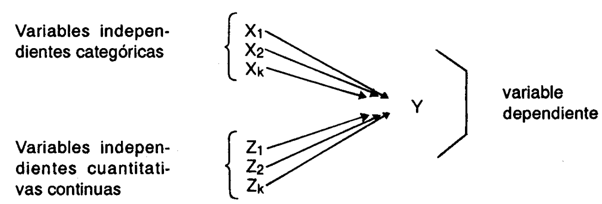
** – Razón "F" significativa al nivel del .01 (p < .01)
* – Razón "F" significativa al nivel del .05 (p < .05)

10.7.9. ¿Qué es el análisis de covarianza?

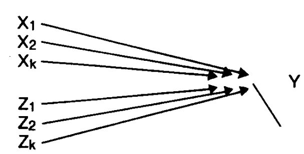
Definición: Es una prueba estadística que analiza la relación entre una variable dependiente y dos o más independientes, removiendo y controlando el efecto de al menos una de estas independientes.

Perspectivas o usos: Wildt y Ahtola (1978, pp. 8-9) destacan tres perspectivas para el análisis de covarianza:

A) *Perspectiva experimental.* Se aplica a aquellas situaciones en que el interés del investigador se centra en las diferencias observadas en la variable dependiente a través de las categorías de la variable independiente (o variables independientes). Pero el experimentador asume que hay otras variables independientes cuantitativas que contaminan la relación y cuya influencia debe ser controlada. Es decir, se tiene el siguiente esquema:



Y el investigador únicamente se interesa por conocer la relación entre las variables independientes categóricas y la variable dependiente. Deseando remover y controlar el efecto de las variables independientes cuantitativas no categóricas. Es decir, desea tener un esquema así:



El objetivo es "purificar" la relación entre las independientes categóricas y la dependiente, controlando el efecto de las independientes no categóricas o continuas.

Ejemplos de variables independientes categóricas serían: sexo (masculino, femenino), inteligencia (alta, media, baja), ingreso (menos de 1 salario mínimo, 2 a 4 salarios mínimos, 5 a 10 salarios mínimos, 11 o más salarios mínimos). Los niveles de medición nominal y ordinal son categóricos en sí mismos, y los niveles de intervalos y razón deben de transformarse en categorías más discretas. Estos últimos son en sí: cuantitativos, continuos y de categorías múltiples-continuas. Por ejemplo, el ingreso en su estado natural varía de la categoría 0 hasta la categoría $(K)^k$, puede haber millones de categorías.

Variable categórica — unas cuantas categorías o un rango medio.
Variable continua — muchas categorías (a veces una infinidad).

A dichas variables independientes cuantitativas continuas, cuya influencia se remueve y controla, se les denomina "covariables". Una covariable es incluida en el análisis para remover su efecto sobre la variable dependiente e incrementar el conocimiento de la relación entre las variables independientes categóricas y la dependiente, aumentando la precisión del análisis.

En esta perspectiva, el *análisis de covarianza* puede ser concebido —primero— como un ajuste en la variable dependiente respecto a diferencias en la covariable o covariables y —posteriormente— como una evaluación de la relación entre las variables independientes categóricas y los valores ajustados de la variable dependiente (Wildt y Ahtola, 1978).

B) Perspectiva de interés por la covariable. Esta perspectiva es ejemplificada por aquellas instancias en las cuales el interés principal se centra en analizar la relación entre la variable dependiente y la covariable (variable cuantitativa continua) o covariables. Aquí el enfoque es distinto, la influencia que se remueve es la de las variables independientes categóricas. .Primero se controla el efecto —en este caso contaminante— de estas variables y después se analiza el efecto "purificado" de la(s) covariable(s).

C) Perspectiva de regresión. En esta tercera perspectiva, tanto las variables independientes categóricas como las covariables resultan de interés para el investigador, quien puede desear examinar el efecto de cada variable indepediente (covariables y no covariables, todas) y después ajustar o corregir los efectos de las demás variables independientes.

En cualquier caso, el *análisis de covarianza remueve influencias no deseadas sobre la variable dependiente*. Se puede utilizar en *contextos experimentales y no* *experimentales.* Wildt y Ahtola (1978, p. 13) definen algunos usos del análisis de covarianza:

1) *Incrementar la precisión en experimentos* con asignación al azar.
2) *Remover influencias extrañas o contaminantes* que pueden resultar cuando las pruebas y/o individuos no pueden ser asignados al azar a las diferentes condiciones experimentales (grupos de un experimento).
3) *Remover efectos de variables que confundan* o distorsionen la interpretación de resultados en estudios no experimentales.

Nivel de medición de las variables: La *variable dependiente* siempre está *medida por intervalos o razón* y las *variables independientes* pueden estar *medidas en cualquier nivel.* Aunque las *covariables* deben *medirse* en un *nivel de intervalos o razón.*

Interpretación: Dependiendo de cada caso específico, el análisis de covarianza efectuado mediante un paquete estadístico para computadora produce una tabla de resultados muy parecida a la del análisis de varianza. Los elementos más comunes de la tabla son:

Fuente de variación (source of variation)	Sumas de cuadrados y productos cruzados (sum of squares y cross products)	Sumas de cuadrados ajustados (adjusted sum of squares)	Grados de libertad (Degrees of freedom)	Medias cuadráticas ajustadas (adjusted mean square)	Razón "F" (F-ratio)	Significancia (F prob.)

La *razón "F"* es, al igual que en el análisis de varianza, una razón de varianzas. El razonamiento estadístico es el mismo y "F" se interpreta igual, incluso se utiliza la misma tabla de la distribución "F" —tabla tres, apéndice cinco—. Solamente que las inferencias y conclusiones se hacen tomando en cuenta que las medias de la variable dependiente a través de las categorías de la(s) variable (s) independiente(s) han sido ajustadas, removiendo el efecto de la covariable.

EJEMPLO

Hi: "Los trabajadores que reciban retroalimentación verbal sobre el desempeño de parte de su supervisor, mantendrán un nivel mayor de productividad que los trabajadores que reciban retroalimentación sobre el desempeño por escrito y que los trabajadores que no reciban ningún tipo de retroalimentación".

$$\text{Hi: } \bar{X}_1 > \bar{X}_2 \text{ — } \bar{X}_3$$

(verbal) (por escrito) (ausencia)

El investigador plantea un diseño experimental para intentar probar su hipótesis. Sin embargo, no puede asignar aleatoriamente a los trabajadores a los tres grupos del experimento. El diseño sería con grupos intactos (cuasiexperimental) y se podría esquematizar:

G_1	X_1	X_1
G_2	X_2	X_2
G_3	—	X_3

Asimismo, el investigador sabe que hay un factor que puede contaminar los resultados (actuar como fuente de invalidación interna): la motivación. Diferencias iniciales en motivación pueden invalidar el estudio. Como no hay asignación al azar no se puede saber si los resultados se ven influidos por dicho factor. Entonces, el experimentador decide remover y controlar el efecto de la motivación sobre la productividad, para así conocer los efectos de la variable independiente: tipo de retroalimentación. La motivación se convierte en covariable.

El esquema es:

Retroalimentación (variable independiente categórica) $\longrightarrow$ Productividad (variable dependiente)

Motivación (covariable)

Cabe destacar que, para poder introducir a una *covariable* en el análisis, ésta debe ser medida preferiblemente antes del inicio del experimento.

Lo que el *análisis de covarianza* hace es "quitar" a la variabilidad de la dependiente lo que se debe a la *covariable. Ajusta la varianza de la variable dependiente* en *las categorías de la independiente*, basándose en la covariable. En el ejemplo, ajusta la varianza de la productividad debida a la motivación, en las categorías experimentales (tratamientos o grupos). El ajuste se realiza sobre la base de la correlación entre la covariable y la dependiente. Esto se muestra esquemáticamente en la figura 10.14.

FIGURA 10.14

EJEMPLO DE UN DISEÑO DE INVESTIGACIÓN QUE UTILIZA EL ANÁLISIS DE COVARIANZA COMO INSTRUMENTO PARA AJUSTAR DIFERENCIAS EN MOTIVACIÓN ENTRE LOS GRUPOS

	Covariable	Variable independiente	Variable dependiente
	Calificación en motivación	Tipo de retroalimentación	Puntuaciones en productividad ajustadas por la covariable
G_1	0	X_1	0
G_2	0	X_2	0
G_3	0	—	0

La correlación entre la calificación en motivación y las puntuaciones en productividad es la base para el ajuste.

Una vez realizado el *análisis de covarianza*, se evalúa si "F" es o no significativa. Cuando *"F" resulta significativa se acepta la hipótesis de investigación.*

Si el resultado fuera:

$G_1 = 35$
$G_2 = 36$
$G_3 = 38$
$Gl\ entre = K-1 = 3-1 = \boxed{2}$
$Gl\ intra = N-K = \boxed{109}$
$F = 1.70$

Comparamos con el valor de la tabla que al .05 es igual a 3.07: nuestra razón "F" 1.70 es menor a este valor.

Por lo tanto, rechazamos la hipótesis de investigación y aceptamos la hipótesis nula. Esto se contrasta con las medias ajustadas de los grupos que proporcione el análisis de covarianza (no las medias obtenidas en el experimento por cada grupo, sino las ajustadas en base a la covariable).

10.8. ANÁLISIS NO PARAMÉTRICOS

10.8.1. ¿Cuáles son las presuposiciones de la estadística no paramétrica?

Para realizar análisis no paramétricos debe partirse de las siguientes consideraciones:

1) La mayoría de *estos análisis no requieren de presupuestos acerca de la forma de la distribución poblacional.* Aceptan distribuciones no normales.
2) Las *variables no necesariamente deben de estar medidas en un nivel por intervalos o de razón*, pueden analizarse datos nominales u ordinales. De hecho, si se quieren aplicar análisis no paramétricos a datos por intervalos o razón, éstos deben de ser resumidos a categorías discretas (a unas cuantas). Las variables deben ser categóricas.

10.8.2. ¿Cuáles son los métodos o pruebas estadísticas no paramétricas más utilizadas?

Las *pruebas no paramétricas más utilizadas* son:

1) La Ji cuadrada o χ^2.
2) Los coeficientes de correlación e independencia para tabulaciones cruzadas.
3) Los coeficientes de correlación por rangos ordenados de Spearman y Kendall.

10.8.3. ¿Qué es la Ji cuadrada o Chi cuadrada?

Definición: Es una prueba estadística para evaluar hipótesis acerca de la relación entre dos variables categóricas.

Se simboliza: χ^2.

Hipótesis a probar: Correlacionales.

Variables involucradas: Dos. La prueba Ji-cuadrada no considera relaciones causales.

Nivel de medición de las variables: Nominal u ordinal (o intervalos o razón reducidas a ordinales).

Procedimiento: La *Ji-cuadrada* se calcula a través de una *tabla de contingencia o tabulación cruzada*, que es una tabla de dos dimensiones y cada dimensión contiene una variable. A su vez, cada variable se subdivide en dos o más categorías.

Un ejemplo de una tabla de contingencia se presenta en la figura 10.15.

FIGURA 10.15

EJEMPLO DE UNA TABLA DE CONTINGENCIA

		VOTO	
		CANDIDATO "A"	CANDIDATO "B"
SEXO	MASCULINO		
	FEMENINO		

Dos variables: voto y sexo. Cada variable con dos categorías o niveles.

La figura 10.15 demuestra el concepto de *tabla de contingencia* o tabulación cruzada. Las variables aparecen señaladas a los lados de la tabla, cada una con sus dos categorías. Se dice que se trata de una tabla 2×2, donde cada dígito significa una variable y el valor de éste indica el número de categorías de la variable[54]:

[54] Un concepto similar fue expuesto al hablar de diseños factoriales en el capítulo seis sobre experimentos, solamente que en aquellos casos se hablaba de dos o más variables y las celdas o recuadros incluían promedios de la variable dependiente. Aquí se está especificando que se trata únicamente de dos variables y las celdas contienen frecuencias.

2	X	2
↑		↑
Una variable con dos categorías		Otra variable con dos categorías

Un ejemplo de una tabla de contingencia 2 × 3 se muestra en la tabla 10.10.

TABLA 10.10

EJEMPLO DE UNA TABLA DE CONTINGENCIA 2 X 3 CON LAS FRECUENCIAS OBSERVADAS INCLUIDAS

		ZONA DEL DISTRITO ELECTORAL		TOTAL
		NORTE	SUR	
IDENTIFICACIÓN POLÍTICA	PARTIDO DERECHISTA	180	100	280
	PARTIDO DEL CENTRO	190	280	470
	PARTIDO IZQUIERDISTA	170	120	290
	TOTAL	540	500	1 040

En la tabla de contingencia se anotan las *frecuencias observadas* en la muestra de la investigación, tal y como ocurre en la tabla 10.10.

Posteriormente, se calculan las *frecuencias esperadas* para cada celda. En esencia, la *Ji cuadrada* es una *comparación* entre la "*tabla de frecuencias observadas*" y la denominada "*tabla de frecuencias esperadas*", la cual constituye la tabla que esperaríamos encontrar si las variables fueran estadísticamente independientes o no estuvieran relacionadas (Wright, 1979). La *Ji cuadrada* es una prueba que parte del supuesto de "no relación entre variables" y el investigador evalúa si en su caso esto es cierto o no, analizando si sus frecuencias observadas son diferentes de lo que pudiera esperarse en caso de ausencia de correlación. La lógica es así: "Si no hay relación entre las variables, debe de tenerse una tabla así (la de las frecuencias esperadas). Si hay relación, la tabla que obtengamos como resultado en nuestra investigación debe ser muy diferente respecto a la tabla de frecuencias esperadas".

La frecuencia esperada de cada celda, casilla o recuadro, se calcula mediante la siguiente *fórmula aplicada a la tabla de frecuencias observadas.*

$$fe = \frac{\text{(Total o marginal de renglón) (total o marginal de columna)}}{N}$$

Donde "N" es el número total de frecuencias observadas.

Para la primera celda (zona norte y partido derechista) la frecuencia esperada sería:

$$fe = \frac{(280)(540)}{1\ 040} = 145.4$$

Veamos de dónde salieron los números:

		280 total de renglón
540		1 040 N

Total de columna

Para el ejemplo de la tabla 10.10, la tabla de frecuencias esperadas sería la de la tabla 10.11.

TABLA 10.11

TABLA DE FRECUENCIAS ESPERADAS PARA LA TABLA 10.10.

145.4	134.6	280
244.0	226.0	470
150.6	139.4	290
540	500	1 040

Una vez obtenidas las frecuencias esperadas, se aplica la siguiente *fórmula de Ji cuadrada*:

$$\chi^2 = \sum \frac{(0 - E)^2}{E}$$

Donde: "Σ" implica sumatoria.

"0" es la frecuencia observada en cada celda.

"E" es la frecuencia esperada en cada celda.

Es decir, se calcula para cada celda la diferencia entre la frecuencia observada y la esperada, esta diferencia se eleva al cuadrado y se divide entre la frecuencia esperada. Finalmente se suman estos resultados y la sumatoria es el valor de χ^2 obtenida.

Otra manera de calcular χ^2 es mediante la tabla 10.12.

TABLA 10.12

PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR LA JI CUADRADA (χ^2)

Celda	O	E	O-E	$(O-E)^2$	$\frac{(O-E)^2}{E}$
Zona norte/partido derechista	180	145.4	34.6	1 197.16	8.23
Zona norte/partido centro	190	244.4	-54.4	2 959.36	12.11
Zona norte/partido izquierdista	170	150.6	19.4	376.36	2.50
Zona sur/partido derechista	100	134.6	-34.6	1 197.16	8.89
Zona sur/partido centro	280	226.0	54.0	2 916.00	12.90
Zona sur/partido izquierdista	120	139.4	-19.4	376.36	2.70
					$\chi^2 = 47.33$

El valor de χ^2 para los valores observados es de 47.33.

Interpretación: Al igual que "t" y "F", la *Ji cuadrada* proviene de una distribución muestral, denominada distribución χ^2, y los resultados obtenidos en la muestra están identificados por los grados de libertad. Esto es, para saber si un valor de χ^2 es o no significativo, debemos calcular los grados de libertad. Éstos se obtienen mediante la siguiente fórmula:

$$Gl = (r-1)(c-1)$$

En donde "r" es el número de renglones de la tabla de contingencia y "c" el número de columnas. En nuestro caso:

$$Gl = (3-1)(2-1) = 2$$

Y acudimos con los grados de libertad que nos corresponden a la tabla cuatro del apéndice cinco (*Distribución de Ji-cuadrada*), eligiendo nuestro nivel de confianza (.05 o .01). Si nuestro valor calculado de χ^2 es igual o superior al de la tabla, decimos que las variables están relacionadas (χ^2 fue significativa). En el ejemplo, el valor que requerimos empatar o superar al nivel del .05 es 5.991. El valor de χ^2 calculado por nosotros es de 47.33, que es muy superior al de la tabla: χ^2 resulta significativa.

EJEMPLO

Hi: "Los tres canales de televisión a nivel nacional difieren en la cantidad de programas prosociales, neutrales y antisociales que difunden". "Hay relación entre la variable 'Canal de televisión nacional' y la variable 'emisión de programas prosociales, neutrales y antisociales' ".

FIGURA 10.16

TABLA DE CONTINGENCIA CORRESPONDIENTE AL EJEMPLO

Esquema:

	Canal 24	Canal 32	Canal 56
Programas prosociales			
Programas neutrales			
Programas antisociales			

Resultados:

$\chi^2 = 7.95$

Gl = 4

Para que χ^2 sea significativa al .01, con cuatro grados de libertad, se necesita un valor mínimo de 13.277 y para que sea significativa al .05, se necesita un valor mínimo de 9.488. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de investigación y se acepta la nula. No hay relación entre las variables.

COMENTARIO:

Cuando al calcular χ^2 se utiliza un paquete estadístico para computadora, el resultado de χ^2 se proporciona junto con su significancia, si ésta es menor al .05 o al .01, se acepta la hipótesis de investigación.

10.8.4. ¿Qué son los coeficientes de correlación e independencia para tabulaciones cruzadas?

Además de la χ^2, existen *otros coeficientes* para evaluar si las variables incluidas en la tabla de contingencia o tabulación cruzada están correlacionadas. A continuación, se mencionan algunos de estos coeficientes. No en todas se utilizan frecuencias.

Coeficiente:	Para tablas de contingencia:	Nivel de medición de las variables (ambas)	Interpretación:
—*Phi* (ø)	2 × 2	nominal	Varía de 0 a +1, donde "cero" implica ausencia de correlación entre las variables y "más uno" significa que las variables están correlacionadas de manera perfecta.
— *Coeficiente de contingencia* ø o C de *Pearson* (*C*)	Cualquier tamaño	nominal	Su valor mínimo es 0 (ausencia de correlación), pero su valor máximo depende del tamaño de la tabla de contingencia. Con tablas 2×2 varía de 0 a .707. Si se trata de tablas 3 × 3 varía de 0 a 0.816.
— *V de Cramer* (V)	Mayores de 2 × 2	nominal	Es un ajuste a Phi en tablas mayores a 2×2. Varía de 0 a +1 con variables nominales ("cero" es nula correlación y "más uno" representa una correlación perfecta).
— *Lambda* (λb)	Cualquier tamaño	nominal	Se utiliza con variables nominales y varía de 0 a +1 (+1 significa que puede predecirse sin error a la variable dependiente definida en la tabla, sobre la base de la independiente).
— *Gamma* (r)	Cualquier tamaño	ordinal	Varía de —1 a +1 (—1 es una relación negativa perfecta y +1 una relación positiva perfecta).
— *Tau-b de Kendall* (Tau-b)	Cualquier tamaño, pero más apropiado para tablas con igual número de renglones y columnas	ordinal	Varía de —1 a +1.
— *D de Somers*	Cualquier tamaño	ordinal	Varía de —1 a +1.

— *Eta*	Cualquier tamaño	variable independiente nominal y dependiente por intervalos o razón. Aquí no se calculan frecuencias en la tabla, sino medias.	Es un indicador de qué tan disimilares son las medias en la variable dependiente dentro de las categorías de la independiente. Si son idénticas eta es igual a 0. Cuando son muy diferentes y las varianzas dentro de las categorías de la independiente son pequeñas, eta puede incrementarse hasta 1 (Nie *et. al.,* 1975).

10.8.5. ¿Qué otra utilización tienen las tablas de contingencia?

Las *tablas de contingencia,* además de servir para el cálculo de la χ^2 y otros coeficientes, *son útiles para describir conjuntamente a dos o más variables.* Esto se efectúa convirtiendo las frecuencias observadas en frecuencias relativas o porcentajes. En una tabulación cruzada puede haber tres tipos de porcentajes respecto a cada celda:

A) *Porcentaje en relación al total de frecuencias observadas* (N).
B) *Porcentaje en relación al total marginal de la columna.*
C) *Porcentaje en relación al total marginal del renglón.*

Veamos con un ejemplo hipotético de una tabla 2 × 2 con las variables sexo y preferencia por un conductor. Las frecuencias observadas serían:

		sexo		
		masculino	femenino	
preferencia por el conductor	A	25	25	50
	B	40	10	50
		65	35	100

las celdas podrían representarse como:

a	c
b	d

Tomemos el caso de "a" (celda superior izquierda). La celda "a" (25 frecuencias observadas) con respecto al total (N = 100) representa el 25%. En relación al total marginal de columna (cuyo total es 65), representa el 38.46% y respecto al total marginal de renglón (cuyo total es 50), significa el 50%. Esto puede expresarse así:

	Frecuencias observadas		
	25		
En relación a N	25.00%		
En relación a "a + b"	38.46%	c	a + c = 50
En relación a "a + c"	50.00%		
	b	d	b+d
	a + b = 65	c + d	100 = N

Así procedemos con cada categoría como ocurre en la tabla 10.13.

TABLA 10.13

EJEMPLO DE UNA TABLA DE CONTINGENCIA PARA DESCRIBIR CONJUNTAMENTE DOS VARIABLES

Preferencia por el conductor	SEXO Masculino	Femenino	
A	25 25.0% 38.5% 50.0%	25 25.0% 71.4% 50.0%	50
B	40 40.0% 61.5% 80.0%	10 10.0% 28.6% 20.0%	50
	65	35	100

COMENTARIO: Una cuarta parte de la muestra está constituida por hombres que prefieren al conductor "A", el 10.0% son mujeres que prefieren al conductor "B". Más del 60% (61.5%) de los hombres prefieren a "B", etcétera.

Debe observarse que estas *frecuencias relativas* se basan en las *frecuencias observadas*, pero no tienen nada que ver con frecuencias esperadas (estas últimas son frecuencias absolutas). La tabulación cruzada para describir conjuntamente variables y la tabulación cruzada para calcular estadísticas de correlación se basan en los mismos datos iniciales pero representan funciones muy distintas.

10.8.6. ¿Qué son los coeficientes de correlación por rangos ordenados de Spearman y Kendall?

Los coeficientes *rho de Spearman*, simbolizado como rs, y tau de Kendall, simbolizado como t, son *medidas de correlación* para *variables* en un *nivel de medición ordinal*, de tal modo que los individuos u objetos de la muestra pueden ordenarse por rangos (jerarquías). Por ejemplo, supongamos que tenemos las variables "preferencia en el sabor" y "atractivo del envase", y pedimos a personas representativas del mercado que evalúen conjuntamente a 10 refrescos embotellados y los ordenen del 1 al 10 (donde "1" es la categoría o rango máximo en ambas variables). Y tuviéramos los siguientes resultados:

Refresco[55]	Variable 1 Preferencia en el sabor	Variable 2 Atractivo del envase
–Lory	1	2
–Caravana	2	5
–Mauna-Loa	3	1
–Recreo	4	3
–Carma	5	4
–Manzanol	6	6
–Cereza	7	8
–Pezcara	8	7
–Casa	9	10
–Manzanita	10	9

Para analizar los resultados, utilizaríamos los coeficientes "rs" y "t". Ahora bien, debe observarse que todos los sujetos u objetos deben jerarquizarse por rangos que contienen las propiedades de una escala ordinal (se ordenan de mayor a menor). Ambos coeficientes varían de — 1.0 (correlación negativa perfecta) a + 1.0 (correlación positiva perfecta). Se trata de estadísticas sumamente eficientes para datos ordinales. La diferencia entre ellos es explicada por Nic *et al.* (1975, p. 289) de la siguiente manera: El coeficiente de Kendall resulta un poco más significativo cuando los datos contienen un número considerable de rangos empatados. El coeficiente de Spearman —por otro lado—, parece ser una aproximación cercana al coeficiente r de Pearson, cuando los datos son continuos (v.g., no caracterizados por un número considerable de empates en cada rango).

10.9. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CONFIABILIDAD ALFA-CRONBACH

De acuerdo con Carmines y Zeller (1979, pp. 44-45) existen dos procedimientos para calcular *el coeficiente* α:

[55] Nombres ficticios.

1. *Sobre la base de la varianza de los ítems*, aplicando la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{N}{(N-1)\left[\frac{1-\sum s^2(Yi)}{s^2x}\right]}$$

Donde "N" es igual al número de ítems de la escala. "$\sum s^2$ (Yi)" es igual a la sumatoria de las varianzas de los ítems y $s^2 x$ es igual a la varianza de toda la escala.

2. *Sobre la base de la matriz de correlación de los ítems.* El procedimiento sería:

A) Se aplica la escala.
B) Se obtienen los resultados.
C) Se calculan los coeficientes de correlación r de Pearson entre todos los items (todos contra todos de par en par).
D) Se elabora la matriz de correlación con los coeficientes obtenidos. Por ejemplo:

ITEMS

	1	2	3	4
1	–	.451	.399	.585
2	ya fue calculado	–	.489	.501
3	ya fue calculado	ya fue calculado	–	.541
4	ya fue calculado	ya fue calculado	ya fue calculado	–

Los coeficientes que se mencionan como "ya fue calculado", se incluyen en la parte superior de las líneas horizontales (guiones). Es decir, cada coeficiente se incluye una sola vez y se excluyen los coeficientes entre las mismas puntuaciones (1 con 1, 2 con 2, 3 con 3 y 4 con 4).

E) Se calcula $\bar{p}$ (promedio de las correlaciones entre items):

$\bar{p} = \frac{\sum P}{NP}$ ("$\sum$p" es la sumatoria de las correlaciones y "NP" el número de correlaciones no repetidas o no excluidas).

$$\bar{p} = \frac{.451 + .399 + .585 + .489 + .501 + .541}{6}$$

$\bar{p} = 0.494$

F) Se aplica la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{N\bar{p}}{1 + \bar{p}\ (N-1)}$$

Donde "N" es el número de items y "$\bar{p}$" el promedio de las correlaciones entre items.

En el ejemplo:

$$\alpha = \frac{4(0.494)}{1 + 0.494(4\text{-}1)}$$

$$\alpha = \frac{1.98}{2.48}$$

$$\alpha = 0.798$$

α = 0.80 (cerrando)

Es un coeficiente aceptable

NOTA: Los procedimientos señalados incluyen varianza o correlación r de Pearson. Es decir, el nivel de medición de la variable es por intervalos o razón.

10.10. ANÁLISIS MULTIVARIADO

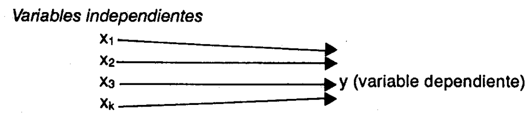
10.10.1. ¿Qué son los métodos de análisis multivariado?

Los *métodos de análisis multivariado* son aquellos en donde se analiza la relación entre *varias variables independientes y al menos una dependiente*. Son métodos más complejos que requieren del uso de computadoras para efectuar los cálculos necesarios y normalmente se enseñan a nivel de postgrado. A continuación se mencionan algunos de los principales métodos de análisis multivariado, sin profundizar en ellos, debido a que van más allá de los propósitos del libro.

10.10.2. ¿Qué es la regresión múltiple?

Es un método para analizar el efecto de dos o más variables independientes sobre una dependiente. Asimismo, es una extensión de la regresión lineal sólo que con un mayor número de variables independientes. Es decir, la *regresión múltiple* sirve para predecir el valor de una variable dependiente conociendo el valor y la influencia de las variables independientes incluidas en el análisis. Por ejemplo, si queremos conocer la influencia que ejercen las variables "satisfacción sobre los ingresos percibidos", "antigüedad en la empresa", "motivación intrínseca en el trabajo" y "percepción del crecimiento y desarrollo personal en el trabajo" sobre la variable "duración en la empresa", el modelo de regresión múltiple es el adecuado para aplicar a los datos obtenidos. Este método es útil para analizar esquemas del siguiente tipo:

10.1



La información básica que proporciona la regresión múltiple es el coeficiente de correlación múltiple (R), que señala la correlación entre la variable dependiente y todas las demás variables independientes tomadas en conjunto.

El coeficiente puede variar de 0 a 1.00 y entre mayor sea su valor significa que las variables independientes explican en mayor medida la variación de la variable dependiente o que son factores más efectivos para predecir el comportamiento de esta última. R^2 (el coeficiente de correlación múltiple elevado al cuadrado) nos indica el porcentaje de variación en la dependiente debida a las independientes.

Otra información relevante producida por el análisis de regresión múltiple son los valores "beta" (B) que indican el peso o influencia que tiene cada variable independiente sobre la dependiente. También se proporcionan coeficientes de correlación bivariados entre la dependiente y cada independiente.

Para poder predecir la variable dependiente se aplica la ecuación de regresión múltiple:

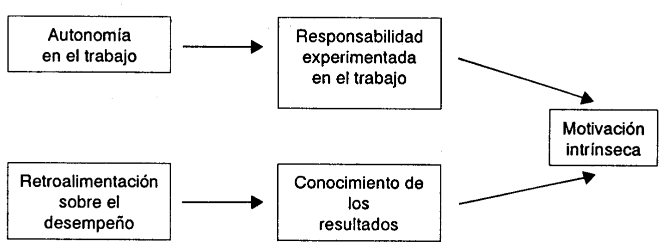
$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \ldots b_kx_k$$

Donde "a" es una constante de regresión para el conjunto de puntuaciones obtenidas, "b_1", "b_2", "b_3"...."b_k" son los valores o pesos de "beta" y "X_1", "X_2", "X_3" y...."X_k" son valores de las variables independientes que fija el investigador para hacer la predicción.

La variable dependiente debe estar medida en un nivel por intervalos o de razón.

10.10.3. ¿Qué es el análisis lineal de patrones o "path" análisis?

Es una técnica estadística multivariada para representar interrelaciones entre variables a partir de regresiones. Analiza la magnitud de la influencia de unas variables sobre otras, influencia directa e indirecta. Se trata de un modelo causal. Supongamos que tenemos el siguiente esquema causal y deseamos probarlo:

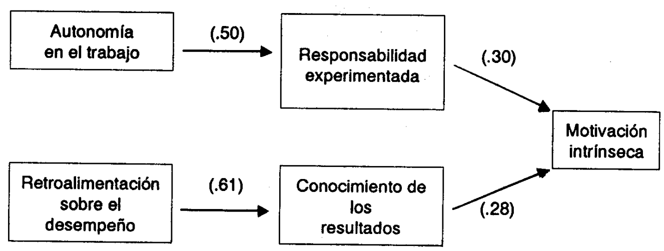


El *análisis "path"* es un método para someterlo a prueba. La información principal que proporciona son los *coeficientes "path"*, los cuales representan la fuerza de las relaciones entre las variables (son coeficientes de regresión estandarizados).

También proporciona información acerca de otras variables no incluidas (latentes) pero que están afectando las relaciones entre las variables analizadas. Cuantifica efectos. En la figura 10.17 se muestra un ejemplo hipotético para ilustrar este tipo de análisis.

FIGURA 10.17

EJEMPLO DE UN ANÁLISIS LINEAL "PATH"



COMENTARIO: Todas las variables tienen un efecto significativo.

Un *coeficiente "path"* entre más se acerque a cero menos *efecto* tiene.

10.10.4. ¿Qué es el análisis de factores?

Es un método estadístico multivariado para determinar el número y naturaleza de un grupo de *constructos* que están subyacentes en un conjunto de mediciones. Un *constructo* es un atributo para explicar un fenómeno (Wiersma, 1986). En este análisis se generan "variables artificiales" (denominadas factores) que representan constructos. Los *factores* son obtenidos de las variables originales y deben ser interpretados de acuerdo a éstas. Tal y como menciona Naghi (1984), es una técnica para explicar un fenómeno complejo en función de unas cuantas variables.

Un ejemplo del uso de esta técnica lo constituye una investigación realizada por Paniagua (1988) con la colaboración de los autores. El estudio pretendía analizar los factores que determinan la relación entre los vendedores y los compradores industriales de la Ciudad de México. Se midieron diversas variables entre las que destacan: coordinación (Coord.), conflicto (Confl.), frecuencia de la relación comprador-vendedor (frec.), reciprocidad económica en la relación (RF2), reciprocidad en el manejo de consideraciones administrativas (RF1) e importancia de la relación (monto de las operaciones) (Impor.). Los resultados se muestran en la tabla 10.14

TABLA 10.14

EJEMPLO DE ALGUNOS RESULTADOS EN UN ANÁLISIS DE FACTORES

MATRIZ DE PATRÓN FACTORIAL ELEGIDA

SUBMUESTRA "COMPRAS"

VARIABLE O COMPONENTE ESCALADO	ITEM	COMUNALIDAD	F I	F II	F III	F IV	F V	F VI	FACTOR EN QUE CARGA
Coord.	23	.66997	.84392	-.00895	-.11828	-.03405	.06502	-.27645	
	24	.46446	.71642	-.05609	-.01958	.07106	.00043	-.07127	F I
	25	.59113	.67853	-.11175	.02581	-.09507	-.02857	.14978	
	26	.63988	.74737	.04695	.13472	-.04837	.07117	.02225	
Confl.	47	.55724	-.05110	.62553	-.20945	-.05248	-.27963	-.06387	
	48	.59072	.06230	.65163	.17884	-.10916	.31061	.04245	F II
	49	.35530	-.05665	.55503	-.11163	-.12946	-.07981	-.17370	
	50	.54716	-.07908	.61007	.08675	.20431	-.24058	.14142	
Frec.	15	.46081	-.14748	-.06276	.63660	-.12476	-.06299	.13488	
	16	.44245	.03606	.08501	.62797	.00401	.11692	-.03968	F III
	18	.50307	-.05359	-.02787	.71169	.03786	-.10795	-.06775	
	19	.71311	.06664	.02881	.84213	.07161	-.16806	-.11058	
RF2	42	.46781	-.01380	-.18030	.09416	.63133	.17716	.06309	
	43	.50097	.10175	-.07970	-.16207	.64202	-.02808	-.18530	F IV
RF1	40	.72202	.01579	-.03548	.04181	-.18914	.77312	.14292	
	41	.48405	.15684	-.18489	-.06425	.01958	.58187	.19379	F V
Impor.	53	.31524	.02822	.02945	-.10069	.08605	.01579	.55431	
	54	.44550	-.04376	.08383	.01731	-.18396	.13956	.58137	F VI
	58	.53236	.26836	-.05219	.10026	-.11741	-.02893	.55080	
EIGENVALUE			5.36433	2.53081	2.47621	1.55248	1.23464	1.06932	
% VARIANZA EXPLICADA			37.7%	17.8%	17.4%	10.9%	8.7%	7.5%	T= 100.%

DELTA = .00

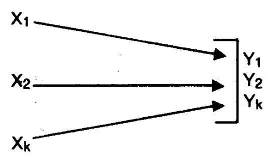
F I = Coordinación (explica el 37.7% de la varianza)
F II = Conflicto (explica el 17.8% de la varianza)
F III = Frecuencia (explica el 17.4% de la varianza)

F IV = Reciprocidad 2	(RF2)	(explica el 10.9% de la varianza)
F V = Reciprocidad 1	(RF1)	(explica el 8.7% de la varianza)
F VI = Importancia		(explica el 7.5% de la varianza)

Obsérvese que debajo de las columnas FI a FVI aparecen unos coeficientes que corresponden a los items de una escala. Si estos coeficientes son medios o elevados se dice que los items "cargan" o forman parte del factor correspondiente. Por ejemplo, los items 23, 24, 25 y 26 cargan en el primer factor (obtienen valores de .84392, .71642, .67853 y .74737, respectivamente) y no cargan en otros factores (tienen valores bajos). Así, descubrimos una estructura de seis factores en 19 items. Los *factores* reciben un nombre para saber qué constructos se encuentran subyacentes. El análisis de factores también proporciona la varianza explicada y puede explicarse gráficamente en las coordenadas X y Y. La técnica es compleja y debe conocerse muy bien. Es sumamente útil para la validez de constructo. Las variables deben de estar medidas en un nivel por intervalos o razón.

10.10.5. ¿Qué es el análisis multivariado de varianza (MANOVA)?

Es un modelo para analizar la relación entre dos o más *variables independientes* y dos o más *variables dependientes*. Es decir, es útil para *estructuras causales* del tipo:



Wiersma (1986, pp. 415-416) explica bastante bien este tipo de análisis:

Al incluir dos o más variables dependientes simultáneamente no se consideran las diferencias entre las medias en cada variable, sino diferencias en variables canónicas. El interés no es únicamente si los grupos definidos por las variables independientes difieren en las *variables canónicas*, sino la naturaleza de éstas. Una *variable canónica* es una variable artificial generada a partir de los datos. Representan *constructos* y están compuestas de variables reales —las variables dependientes— y éstas, deben ser descritas en términos de variables dependientes. Esto se efectúa a través de las cargas de los coeficientes de correlación entre una variable dependiente y una variable canónica. Si una carga entre la *variable canónica* y la dependiente es positiva y elevada, significa que altos valores en la dependiente están asociados con altos valores en la variable canónica. Por ejemplo, si una variable dependiente consiste en puntuaciones a una prueba sobre innovación y creatividad y estas puntuaciones se correlacionan considerablemente con una variable canónica, podemos inferir que la variable canónica representa un constructo que involucra a la creatividad.

En los cálculos que se hacen en el *MANOVA* se generan variables canónicas hasta que se encuentra que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre las categorías o grupos, o bien, hasta que se agotan los grados de libertad de la variable independiente (lo que ocurra primero). El número de variables canónicas no puede exceder el número de variables dependientes, pero es común que este número sea mayor que el número de *variables canónicas* estadísticamente significativas o los grados de libertad.

La hipótesis de investigación en el *MANOVA* postula que las medias en la variable dependiente de los grupos o categorías de la variable independiente difieren entre sí. La hipótesis nula postula que dichas medias serán iguales. Se calculan diversas estadísticas para evaluar ambas hipótesis, entre las que destacan la *prueba Wilks-lambda* y la ***T^2 de Hotelling***, si resultan significativas a un nivel de confianza se acepta la hipótesis de investigación de diferencia de medias. Esto indica que hay por lo menos una variable canónica significativa y se presentan diferencias entre los grupos de la variable independiente en esta variable canónica.

Los paquetes estadísticos para computadora que contienen el *MANOVA* suelen posicionar a los grupos de las variables independientes por puntuaciones discriminantes. Éstas son calculadas con una función discriminante que es una ecuación de regresión para un compuesto de variables dependientes. A cada grupo se le asigna una puntuación discriminante en cada variable canónica. Las puntuaciones discriminantes de una variable independiente serían cero (redondeando). Una puntuación discriminante positiva y elevada para un grupo, indica que éste se coloca por encima de los demás en la respectiva variable canónica. Y deben considerarse las cargas, las cuales pueden ser positivas o negativas. Cuando una variable dependiente tiene una carga fuerte (elevada) y negativa, aquellos grupos con puntuaciones discriminantes negativas "cargan" más fuerte en la contribución de la variable dependiente a la *variable canónica*. Las puntuaciones discriminantes son utilizadas para interpretar las separaciones de los grupos en las variables canónicas y las cargas se usan para evaluar y ligar los resultados a las variables dependientes (Wiersma 1986, p. 416). Un ejemplo hipotético de las cargas de los coeficientes de correlación entre las variables dependientes y las variables canónicas se muestra en la tabla 10.15 y un ejemplo hipotético de las *puntuaciones discriminantes* se muestra en la tabla 10.16.

TABLA 10.15

CARGAS DE LOS COEFICIENTES DE CORRELACIÓN
ENTRE LAS VARIABLES DEPENDIENTES Y LAS VARIABLES CANÓNICAS

Variable dependiente	*Variables canónicas* I (Motivación intrínseca)	II (Atribución de causalidad externa)	III (Desempeño laboral)
–Motivación intrínseca (Escala intrínseca del Inventario de características del trabajo).	.90	.05	.07

–Atribuciones internas	.86	-.07	-.09
–Sentimiento de éxito en el trabajo	.70	.08	.00
–Atribuciones externas	.03	.61	.12
–Productividad	-.12	.07	.74
–Eficiencia	.18	-.04	.48
–Calidad	.19	.13	.57

TABLA 10.16

PUNTUACIONES DISCRIMINANTES CON CUATRO GRUPOS EN TRES VARIABLES CANÓNICAS

Grupo	*Variables canónicas*		
	I	II	III
Ejecutivos	1.97	0.95	-1.69
Secretarias	-0.19	1.18	1.25
Empleados	1.40	-1.01	-0.49
Obreros	-3.18	-1.12	0.93

Como podemos observar en la tabla 10.16, se obtuvieron tres *constructos subyacentes* en las puntuaciones recolectadas de la muestra: motivación intrínseca, atribución de causalidad externa y desempeño laboral. Y vemos en la tabla 10.16 que los grupos están separados en las tres variables canónicas (los grupos difieren), particularmente en la primer variable canónica. Los ejecutivos obtienen la posición más elevada en esta primer variable canónica (motivación intrínseca) y los obreros, la posición más baja. Las variables dependientes enmarcadas en un recuadro en la primer variable canónica cargan en ella (tabla 10.15), consecuentemente los ejecutivos tienen las puntuaciones más altas en motivación intrínseca medida por la escala mencionada, atribuciones internas y sentimiento de éxito en el trabajo. Así se interpretan todas las variables canónicas y dependientes.

En el *MANOVA* se incluyen también *razones "F" y análisis univariados de varianza*. Algunos paquetes estadísticos para computadora incluyen una prueba denominada "*correlación canónica*" que es muy similar al *MANOVA*. Ésta es la máxima correlación que puede obtenerse entre los conjuntos de puntuaciones de las variables independientes y dependientes, dadas estas puntuaciones y las relaciones entre las variables independientes, entre las variables dependientes y entre los conjuntos de ambas (dependientes e independientes) (Kerlinger, 1979). Las variables en el

MANOVA y la correlación canónica asumen que las variables están medidas en un nivel por intervalos o razón. Esta correlación se interpreta como otras, pero el contexto de interpretación varía de acuerdo al número de variables involucradas.

10.10.6. ¿Hay otros métodos multivariados?

En la actualidad hay una variedad considerable de métodos multivariados de análisis, mismos que se han desarrollado con la evolución de la computadora. Los investigadores disponemos del ***análisis discriminante***, cuando las variables independientes son medidas por intervalos o razón y la dependiente es categórica. Este análisis sirve para predecir la pertenencia de un caso a una de las categorías de la variable dependiente sobre la base de varias independientes (dos o más). Se utiliza una ecuación de regresión, llamada "función discriminante". Por ejemplo, si queremos predecir el voto por dos partidos contendientes (variable dependiente nominal con dos categorías) sobre la base de cuatro variables independientes. Se aplica el análisis discriminante, resolviendo una ecuación de regresión y se obtienen las predicciones individuales. En el ejemplo, se tienen dos categorías (votar por "A" o votar por "B"); por lo tanto, los valores a predecir son 0 y 1 ("A" y "B", respectivamente). Si el sujeto obtiene una puntuación más cercana a cero, se predice que pertenece al grupo que votará por "A", si obtiene una puntuación más cercana a 1, se predice que pertenece al grupo que votará por "B". Además se obtiene una medida del grado de discriminación del modelo.

Por otra parte, se tienen —entre otros análisis multivariados—: el ***análisis de agrupamiento o conglomerados, escalamiento multidimensional, análisis de espacios pequeños, análisis de series cronológicas*** y elaboración de ***mapas multidimensionales.*** Para los cuales se requiere de bases sólidas en materia de estadística y matemáticas avanzadas.

10.11. ¿CÓMO SE LLEVAN A CABO LOS ANÁLISIS ESTADÍSTICOS?

Hoy día, los análisis estadísticos se llevan a cabo a través de ***programas para computadora***, utilizando ***paquetes estadísticos***. Estos paquetes son sistemas integrados de programas para computadora diseñados para el análisis de datos. Cada paquete tiene su propio formato, instrucciones, procedimientos y características. Para conocer un paquete es necesario consultar el manual respectivo. Los manuales de los paquetes más importantes han sido publicados y difundidos ampliamente. Y el procedimiento para analizar los datos es crear o desarrollar un programa basándonos en el manual. Este programa incluye el llamado de la matriz de datos y las pruebas estadísticas seleccionadas. Después se corre el programa y se obtienen los resultados, los cuales se interpretan. Los ***principales paquetes estadísticos*** conocidos hoy en día.

1. ***BMDP*** (Programa Biomédico Computarizado). Desarrollado por la Universidad de California de la ciudad de Los Ángeles. Es utilizable en máquinas IBM y otros

sistemas (CYBER, Honeywell, Univac, Xerox, etc.). Aunque está diseñado para el área biomédica, contiene una gran cantidad de análisis aplicables a ciencias sociales.

La referencia del manual es la siguiente:
Dixon, W. J. (1975). *BMDP biomedical computer programs.* Los Ángeles, California: UCLA.

2. *ESP* (Paquete econométrico de Software). Especialmente útil para análisis estadísticos de series cronológicas. Se puede tener en máquinas IBM, aunque hay adaptaciones a otras máquinas.

La referencia del manual es:
Cooper, J. P. y Curtis, G. A. (1976) *ESP: Econometric Software Package.* Chicago Illinois: Graduate School of Business, University of Chicago.

3. *OSIRIS* (Organized Set of Integrated Routines for Investigation with Statistics) (Conjunto organizado de rutinas integradas para la investigación con estadística). Desarrollado por el Instituto de Investigación Social de la Universidad de Michigan. Disponible en máquinas IBM y otras máquinas. El manual puede pedirse a dicho instituto.
4. *SAS* (Sistema de Análisis Estadístico). Desarrollado en la Universidad Estatal de Carolina del Norte y distribuido por SAS Institute, Inc. de Raleigh, Carolina del Norte. Es muy poderoso y su utilización se ha incrementado notablemente.

La referencia del manual es:
Barr, A. J; Goodnight, J. H.; Sall, J. R.; y Helwig, J. T. (1976). *SAS: Statistical Analysis System.* Raleigh, North Carolina: SAS Institute, INC.

5. *SPSS* (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales). Desarrollado en la Universidad de Chicago, es probablemente el más difundido en el mundo occidental (en Latinoamérica es tal vez el más utilizado). Disponible en muchos tipos de máquinas. Contiene todos los análisis estadísticos descritos en este capítulo. Además del paquete tradicional cuenta con una versión interactiva denominada *SPSS-X* que tiene mayor capacidad, variedad de análisis y es menos rígida, y una versión para la elaboración de gráficas (*SPSS Graphics*) con una versión para computadoras personales y microcomputadoras (*SPSS/PC*).

Las referencias de los manuales son:
Versión clásica
Nic, N. H.; Hull, C. H; Jenkins, J. G.; Steinbrenner, K.; y Bent, D. H. (1975). *SPSS: Statistical Package for the Social Sciences.* New York: McGraw-Hill

Adiciones a la versión clásica
Nic, N. H. (1981). *SPSS Update 7-9.* New York: McGraw-Hill *SPSS-X*
SPSS, Inc. (1988). *SPSS^X User's Guide.* Chicago, Illinois: SPSS, Inc.

Versión P/C

Norusis, M. J. (1984). *SPSS/PC for the IBM PC/XT.* Chicago, Illinois: SPSS, Inc.

Existen también algunos manuales de SPSS en español.

Los *elementos básicos de un programa en SPSS son:*
—Nombre del programa
—Nombre de la corrida
—Lista de las variables
—Medio de entrada de los datos (disco, otro archivo, cinta, etc.)
—Formato de las variables (posición, columnas que abarca, si es una variable numérica —intervalos o razón— o alfanumérica —nominal u ordinal—)
—Las pruebas estadísticas a realizar
—Indicaciones para el manejo de datos

En la figura 10.18 se presenta un ejemplo de programa que contiene los elementos básicos requeridos en SPSS. Desde luego, el ejemplo tiene como único objetivo demostrar lo sencillo de un programa, no explicar cómo programar en SPSS, esto escapa a los propósitos del libro. Se sugiere consultar el manual apropiado.

FIGURA 10.18

EJEMPLO DE UN PROGRAMA SENCILLO DE SPSS

```
 1 RUN NAME          CLIMALA
 2 FILE NAME         ECONDU
 3 VARIABLE LIST     AUTONUM, VARIEDAD, RETROAL,
 4                   MOTIVINT, NIVEL JER, PERTEN,
 5                   V7, V8, V9, V10, V11, V12, V13,
                     V14, V15, V16, V17, V18, V19,
                     V20, V21, V22, V23
 6 INPUT MEDIUM      CARD
 7 N OF CASES        16
 8 INPUT FORMAT      FIXED (23F1.0)
 9 MISSING VALUES    ALL(9)
10 VALUE LABELS      AUTONOM (0) NULA (1) MEDIA (2)
11                   ELEVADA/VARIEDAD (0) NULA (1)
12                   BAJA (2) MEDIA (3) ACEPTABLE
13                   (4) ELEVADA (5) TOTAL/RETROAL
14                   (0) INEXISTENTE (1) POCO FREC E
15                   IMPREC (2) REC FREC E IMPR (3)
16                   FREC PERO IMP(4) ELEVADA E
17                   IMP (5) MUY POCO F Y PREC (6)
18                   POCO F Y PREC (7) NO RESPONDIE-
19                   RON/V7 TO V21 (5) TOTALMENTE DE
                     ACUERDO
```

```
                                (4) DE ACUERDO (3) NI DE ACUERDO
                                NI EN DESACUERDO (2) EN DESACUER-
                                DO (1) TOTALMENTE EN DESACUERDO
                                (9) NO RESPONDIO
20 TASK NAME                    ESDESC
21 FREQUENCIES                  GENERAL = AUTONOM, VARIEDAD, RETRO-
                                AL, MOTIVINT, V16
22 OPTIONS                      3,8,9
23 STATISTICS                   ALL
24 READ INPUT DATA
25 0022011501400021912263O
26 00216020714000322122405
27 00820220714000338081420
28 00211020314000748111549
29 00530920153004054031680
30 00020120311600041111325
31 00815020111100021122602
32 13020120214000122022628
33 02042011170004304143000
34 00220414012060049111333
35 13018020242040049051320
36 00390020460000035151615
37 00216020114000238141205
38 14014020312070038032614
39 00811020611400032041202
40 02071101400052303264064
41 SAVE FILE
42 FINISH
```

Líneas:

1 ——▶ nombre de la corrida en computadora
2 ——▶ nombre del archivo del programa (programa)
3-5 ——▶ lista de las variables (nombres)
6 ——▶ medio de entrada de los datos
7 ——▶ número de casos
8 ——▶ formato de las variables (posición, formato y número de columnas de la matriz de datos que ocupan)
9 ——▶ valor de los casos perdidos
10-19 ——▶ valores de las categorías de las variables
20 ——▶ nombre de los análisis
21 ——▶ análisis a realizar: distribución de frecuencias en cinco variables
22 ——▶ opciones elegidas del análisis de frecuencias que ofrece SPSS
23 ——▶ estadísticas deseadas
24 ——▶ instrucción para que se lean los datos
25-40 ——▶ matriz de datos
41 ——▶ instrucción para que guarde este archivo del programa
42 ——▶ instrucción para indicar que ha concluido el programa

RESUMEN

1. El análisis de los datos se efectúa utilizando la matriz de datos, la cual está guardada en un archivo.
2. El tipo de análisis o pruebas estadísticas a realizar depende del nivel de medición de las variables, las hipótesis y el interés del investigador.
3. Los análisis estadísticos que pueden realizarse son: estadística descriptiva para cada variable (distribución de frecuencias, medidas de tendencia central y medidas de la variabilidad), la transformación a puntuaciones "z", razones y tasas, cálculos de estadística inferencial, pruebas paramétricas, pruebas no paramétricas y análisis multivariados.
4. Las distribuciones de frecuencias contienen las categorías, códigos, frecuencias absolutas (número de casos), frecuencias relativas (porcentajes) y frecuencias acumuladas (absolutas o relativas).
5. Las distribuciones de frecuencias (particularmente hablando de las frecuencias relativas) pueden presentarse gráficamente.
6. Una distribución de frecuencias puede representarse a través del polígono de frecuencias o curva de frecuencias.
7. Las medidas de tendencia central son la moda, mediana y media.
8. Las medidas de la variabilidad son el rango (diferencia entre el máximo y el mínimo), la desviación estándar y la varianza.
9. Otras estadísticas descriptivas de utilidad son las asimetría y la curtosis.
10. Las puntuaciones "z" son transformaciones de los valores obtenidos a unidades de desviación estándar.
11. Una razón es la relación entre dos categorías y una tasa es la relación entre el número de casos de una categoría y el número total de casos, multiplicada por un múltiplo de 10.
12. La estadística inferencial es para efectuar generalizaciones de la muestra a la población. Se utiliza para probar hipótesis y estimar parámetros. Asimismo, se basa en el concepto de distribución muestral.
13. La curva o distribución normal es un modelo teórico sumamente útil, su media es 0 (cero) y su desviacion estándar es uno (1).
14. El nivel de significancia y el intervalo de confianza son niveles de probabilidad de cometer un error o equivocarse en la prueba de hipótesis o la estimación de parámetros. Los niveles más comunes en ciencias sociales son los del .05 y .01.
15. Los análisis o pruebas estadísticas paramétricas más utilizadas son:

Prueba	Tipos de hipótesis
–Coeficiente de correlación de Pearson	Correlacional
–Regresión lineal	Correlacional/causal
–Prueba "t"	Diferencia de grupos
–Contraste de la diferencia de proporciones	Diferencia de grupos
–Análisis de varianza (ANOVA): unidireccional y factorial. Unidireccional con una variable independiente y factorial con dos o más variables independientes.	Diferencia de grupos/ causal
–Análisis de covarianza (ANCOVA)	Correlacional/causal

16. En todas las pruebas estadísticas paramétricas las variables están medidas en un nivel por intervalos o razón.
17. Los análisis o pruebas estadísticas no paramétricas más utilizadas son:

Prueba	Tipo de hipótesis
–Ji-cuadrada (χ^2)	Diferencia de grupos para establecer correlación.
–Coeficientes de correlación e independencia para tabulaciones cruzadas: Phi, C de Pearson, V de Cramer, Lambda, Gamma, Taub, D de Somers y Eta.	Correlacional
–Coeficientes Spearman y Kendall.	Correlacional

18. Las pruebas no paramétricas se utilizan con variables nominales u ordinales.
19. Los análisis multivariados más utilizados son:

Prueba	Variables involucradas y niveles de medición	Tipos de hipótesis
–Regresión múltiple	Una dependiente (intervalos o razón) y dos o más independientes (cualquier nivel de medición)	Correlacional/causal $X_1, X_2, X_k \rightarrow Y$
–Análisis lineal "path"	Varias, secuencia causal (cualquier nivel de medición)	Correlacional/causal $X \rightarrow W \rightarrow L$; $Y \rightarrow N$; $Z \rightarrow N \rightarrow H$; $N \rightarrow L$
–Análisis de factores	Varias (intervalos o razón)	Correlacional/causal $X_1 \rightarrow X_2 \rightarrow X_k$
–Análisis multivariado de varianza (MANOVA) y correlación canónica.	Varias independientes y varias dependientes (intervalos o razón)	$X_1, X_2, X_k \rightarrow Y_1, Y_2, Y_k$
–Análisis discriminante.	Varias independientes (intervalos o razón) y una dependiente (nominal u ordinal)	$X_1, X_2, X_k \rightarrow Y$

20. Los análisis estadísticos se llevan a cabo mediante programas para computadora, utilizando paquetes estadísticos.
21. Los paquetes estadísticos más conocidos son: BMDP, ESP, OSIRIS, SAS y SPSS. Estos paquetes se utilizan consultando el manual respectivo.

CONCEPTOS BÁSICOS

Análisis de los datos
Pruebas estadísticas
Métodos cuantitativos
Estadística
Estadística descriptiva
Distribución de frecuencias
Gráficas
Polígono de frecuencias

EJER

Curva de frecuencias
Medidas de tendencia central
Moda
Mediana
Media
Medidas de la variabilidad
Rango
Desviación estándar
Varianza
Asimetría
Curtosis
Puntuación "z"
Razón
Tasa
Estadística inferencial
Curva o distribución normal
Nivel de significancia
Intervalo de confianza
Estadística paramétrica
Coeficiente de correlación de Pearson
Regresión lineal
Prueba "t"
Contraste de diferencia de proporciones
Análisis de varianza
Análisis de covarianza
Estadística no paramétrica
Ji cuadrada
Tabulación cruzada
Coeficientes de correlación e independencia para tabulaciones cruzadas
Coeficiente de Spearman
Coeficiente de Kendall
Análisis multivariados
Regresión múltiple
Análisis lineal path
Análisis de factores
Análisis multivariado de varianza
Análisis discriminante
Paquetes estadísticos
Programa de computadora

EJERCICIOS

1. Construya una distribución de frecuencias hipotética con todos sus elementos e interprétela verbalmente.
2. Localice una investigación científica en ciencias sociales donde se reporte la estadística descriptiva de las variables y analice las propiedades de cada estadígrafo o información estadística proporcionada (distribución de frecuencias, medidas de tendencia central y medidas de la variabilidad).
3. Un investigador obtuvo en una muestra las siguientes frecuencias absolutas para la variable "actitud hacia el director de la escuela":

CATEGORÍA	FRECUENCIAS ABSOLUTAS
TOTALMENTE DESFAVORABLE	69
DESFAVORABLE	28
NI FAVORABLE, NI DESFAVORABLE	20
FAVORABLE	13
TOTALMENTE FAVORABLE	6

A. Calcule las frecuencias relativas o porcentajes.
B. Grafique las frecuencias relativas a través de un histograma (barras).
C. Verbalice los resultados respondiendo a la pregunta: ¿la actitud hacia el director de la escuela tiende a ser favorable o desfavorable?

4. Un investigador obtuvo en una muestra de trabajadores los siguientes resultados al medir el "orgullo por el trabajo realizado". La escala oscilaba entre 0 (nada de orgullo por el trabajo realizado) a 8 (orgullo total).
   Máximo = 5
   Mínimo = 0
   Media = 3.6
   Moda = 3.0
   Mediana = 3.2
   Desviación estándar = 0.6
   ¿Qué puede decirse en esta muestra acerca del orgullo por el trabajo realizado?
5. ¿Qué es una puntuación "z"?, ¿para qué es útil la estadística inferencial?, ¿qué es la distribución muestral?, ¿qué es la curva normal? y ¿qué son el nivel de significancia y el intervalo de confianza?
6. Relacione las columnas "A" y "B". En la columna "A" se presentan hipótesis y en la columna "B" pruebas estadísticas apropiadas para las hipótesis. Se trata de encontrar la prueba que corresponde a cada hipótesis. (Las respuestas se localizan en el apéndice cuatro.)

Columna "A"	*Columna "B"*
— Hi: "A mayor inteligencia, mayor capacidad de resolver problemas matemáticos" (medidas las variables por intervalos).	— Diferencia de proporciones.
— Hi: "Los niños de padres alcohólicos muestran una menor autoestima con respecto a los niños de padres no alcohólicos" (autoestima medida por intervalos).	— Ji cuadrada.
— Hi: "El porcentaje de delitos por asalto a mano armada en relación al total de crímenes cometidos, es mayor en la Ciudad de México que en Caracas."	— Spearman

BIBLIOG
SUGERI

— Hi: "El sexo está relacionado con la preferencia por telenovelas o espectáculos deportivos."	— Coeficiente de correlación de Pearson.
— Hi: "La intensidad del sabor de productos empacados de pescado, está relacionado con la preferencia por la marca" (sabor = sabor intenso, sabor medianamente intenso, sabor poco intenso, sabor muy poco intenso) (preferencia = rangos a 12 marcas).	— ANOVA unidireccional.
— Hi: "Se presentarán diferencias en cuanto al aprovechamiento entre un grupo expuesto a un método de enseñanza novedoso, un grupo que recibe instrucción mediante un método tradicional y un grupo de control que no se expone a ningún método."	— Prueba "t"

7. Un investigador obtuvo un valor "t" igual a 3.25, teniendo 63 grados de libertad y un nivel de confianza o significancia del .05, ¿aceptará su hipótesis de investigación? (respuesta en el apéndice cuatro).
8. Otro investigador obtuvo un valor de χ^2 (Ji cuadrada) de 6.12, teniendo 3 grados de libertad y un nivel alfa del .05, ¿aceptará su hipótesis de investigación? (respuesta en el apéndice cuatro).
9. Genere un ejemplo hipotético de una razón "F" significativa e interprétela.
10. Construya un ejemplo hipotético de una tabulación cruzada y utilícela para fines descriptivos.
11. Busque en artículos de investigación social en revistas científicas que contengan resultados de pruebas "t", "ANOVA", "ANCOVA" y χ^2 aplicadas y evalúe la interpretación de los autores.

BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA

Estadística paramétrica y no paramétrica:

CARMINES, E. G. y ZELLER, R. A. (1979). *Reliability and validity assessment*. Beverly Hills, California: Sage Publications, Inc. Serie "Quantitative Applications in the Social Sciences", volumen 17.

HENKEL, R. E. (1976). *Test of significance*. Beverly Hills, California: Sage Publications, Inc. Serie "Quantitative Applications in the Social Sciences", volumen 4.

HILDEBRAND, D. K.; LAING, J. D., y ROSENTHAL, H. (1977). *Analysis of ordinal data*. Beverly Hills, California, Sage Publications, Inc. Serie "Quantitative Applications in the Social Sciences", volumen 8.

IVERSEN, G. R. y NORPOTH, H. (1976). *Analysis of variance*. Beverly Hills, California: Sage Publications, Inc. Serie "Quantitative Applications in the Social Sciences" volumen 1.

LEVIN, J. (1979). *Fundamentos de Estadística en la Investigación Social*. México, D. F.: HARLA, S.A. de C.V.

REYNOLDS, H. T. (1977). *Analysis of nominal data*. Beverly Hills, California: Sage Publications, Inc. Serie "Quantitative Applications in the Social Sciences", vol. 7.

SIEGEL, S. (1982). *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta.* México, D. F.: Editorial Trillas.
WIERSMA (1986). *Research methods in education: an introduction.* Boston Mass.: Allyn and Bacon, Inc. Capítulo 12.
WILDT, A. R. y AHTOLA, O. T. (1978). *Analysis of covariance.* Beverly Hills, California: Sage Publications, Inc. Serie "Quantitative Applications in the Social Sciences", volumen 12.
WRIGHT, S. R. (1979). *Quantitative methods and statistics: A guide to social research.* Beverly Hills, California: Sage Publications, Inc.

Análisis multivariado:

BLALOCK, H. (1966). *Estadística social.* México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
KERLINGER, F. N. y PEDHAZUR, E. J. (1973). *Multiple regression in behavioral research.* New York, N.Y.: Holt, Rinehart and Winston, Inc.
KESSLER, R. C. y GREENBERG, D. F. (1981). *Linear panel analysis: models of quantitative change.* New York, N.Y.: Academic Press.
KIM, J.O. y MUELLER, Ch. (1978). *Introduction to factor analysis.* Beverly Hills, CA.: Sage Publications, Inc. Serie "Quantitative Applications in the Social Sciences", vol. 13.
KIM, J. O. y MUELLER, Ch. (1978). *Factor Analysis: statistical methods and practical issues.* Beverly Hills, CA.: Sage Publications, Inc. "Quantitative Applications in the Social Sciences", volumen 14.
KRUSKAL, J. P. y WISH, M. (1978). *Multidimensional scaling.* Beverly Hills, CA.: Sage publications, Inc. Serie "Quantitative Applications in the Social Sciences", volumen 11.
LEVINE, M. S. (1977). *Canonical analysis and factor comparison.* Beverly Hills, CA.: Sage Publications, Inc. Serie "Quantitative Applications in the Social Sciences" volumen 6.
MONGE, P. R. y CAPPELLA, J. N. (Eds.) (1980). *Multivariate techniques in human communication research.* New York, N.Y.: Academic Press.
NAGHI, M. N. (1984). *Metodología de la investigación en Administración, Contaduría y Economía.* México, D.F.: Ed. LIMUSA.
NIE, N. H.; HULL, C. H.; JENKINS, J. G.; STEINBRENNER, K., y BENT, D. H. (1975). *Statistical Package for the Social Sciences.* New York, N.Y.: McGraw-Hill.
PADUA, J. (1979). *Técnicas de investigación aplicadas a las ciencias sociales.* México, D.F.: El Colegio de México/Fondo de Cultura Económica. Capítulo IX.
QUIROZ, G. V. y FOURNIER, L. G. (1987). *SPSS: Enfoque aplicado.* México, D.F.: McGraw-Hill.
SCHWARTZMAN, S. (Comp.) (1977). *Técnicas avanzadas en ciencias sociales.* Buenos Aires, Argentina: Ediciones Nueva Visión SAIC.

EJEMPLO
La televisión y el niño

— Estadística descriptiva
— Pruebas de diferencia de medias: ANOVA (para comparar uso de medios) y prueba "t" para diferencias por sexo y entre semana y fin de semana
— Prueba de correlación r de Pearson (edad y uso de la televisión, etc.)

— Se utilizará el SPSS

11

Elab