



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Material del curso "Recursos metodológicos y estadísticos para la docencia e investigación"

Manuel Miguel Ramos Álvarez

Índice

MATERIAL I "MODELO DE ANÁLISIS"

1.	Modelo general de análisis estadístico aplicado.....	2
1.1.	Modelo de etapas basado en los principios de Modelización Lineal y de comprensión inductiva.....	2
1.1.1.	Introducción a la modelización estadística.....	2
1.1.2.	El esquema de análisis propuesto	3
1.1.3.	Especificación e identificación del modelo.....	4
1.1.4.	Estimación de los parámetros del modelo	6
1.1.5.	Evaluación del modelo	8
1.1.6.	Resumen del modelo	13
1.1.7.	Interpretación del modelo	17
1.2.	Variantes del Modelo general en función del tipo de diseño de investigación	18
1.3.	Aplicaciones en diferentes ámbitos de investigación.....	20
1.3.1.	Aplicaciones en Ciencias Experimentales.....	21
1.3.2.	Aplicaciones en Ciencias Comportamentales, Salud, Psicología, educativa y ámbito social. 22	22
1.3.3.	Aplicaciones en Ciencias de la Actividad física y la Salud.....	23
1.3.4.	La formalización de los diferentes tipos de aplicaciones	25
1.4.	Lecturas recomendadas.....	26
1.5.	Ejemplo de prácticas.....	27

1. Modelo general de análisis estadístico aplicado

1.1. Modelo de etapas basado en los principios de Modelización Lineal y de comprensión inductiva

1.1.1. Introducción a la modelización estadística

- En general, ha habido una dispersión importante en cuanto a las técnicas de análisis disponibles. Actualmente, se tiende a **la integración de los diferentes análisis dentro de un marco común**, el Modelo Lineal General y el Modelo Lineal Generalizado en el que se asume como principio nuclear la regresión lineal multivariada.
- Nos basaremos en el **“esquema de trabajo basado en la Modelización Estadística”** de Ramos, Catena y Trujillo (2004), que se basa en dicha perspectiva. Como un esquema general de análisis que sirva para organizar todas las acciones y decisiones propias del análisis de los datos y la extracción de sus implicaciones.
- Cuando se realiza una investigación, se parte de un **Objetivo-Hipótesis** que se establece en términos de variables.
 - Una **variable** es el conjunto de valores numéricos -el tipo de símbolo o sistema formal más utilizado- atribuidos a las modalidades de un atributo a través del proceso de **medición**, pero de tal manera que los símbolos asignados deben representar las relaciones percibidas entre los atributos de los objetos. Surge de la **operativización de los constructos**, es decir al convertir en observables los conceptos o ideas de carácter más abstracto, ambiguo o vago.

Ejemplo:

Consideremos una investigación basada en trabajos sobre la prevención de trastornos cardiovasculares a partir de la forma física (i.e. Ortega et al., 2005). Se midió a un conjunto amplio de adolescentes españoles en un conjunto de indicadores sobre su condición física, de donde se concluyó que la fuerza física y la capacidad aeróbica constituyen marcadores importantes de salud cardiovascular. El objetivo de nuestro estudio es determinar si efectivamente factores como la capacidad aeróbica están relacionados con la probabilidad de sufrir trastornos coronarios. Los datos, ficticios, de 20 pacientes de esta investigación son sobre Capacidad aeróbica medida como el $VO_2\text{máx}$ -consumo máximo de oxígeno- y extensión cardíaca medida en las imágenes de un escáner (0 es mínima y 100 es máxima).

Variables:

- Capacidad aeróbica medida como el consumo máximo de oxígeno.
- Extensión cardíaca medida en las imágenes de un escáner

- Suelen aparecer dos tipos de variables y un modelo entre ambas:
 - La variable que se mide en los individuos, o variable a explicar.
 - La variable que explicaría los cambios o variable predictora y que se introduce en un **Modelo** explicativo.

Ejemplo:

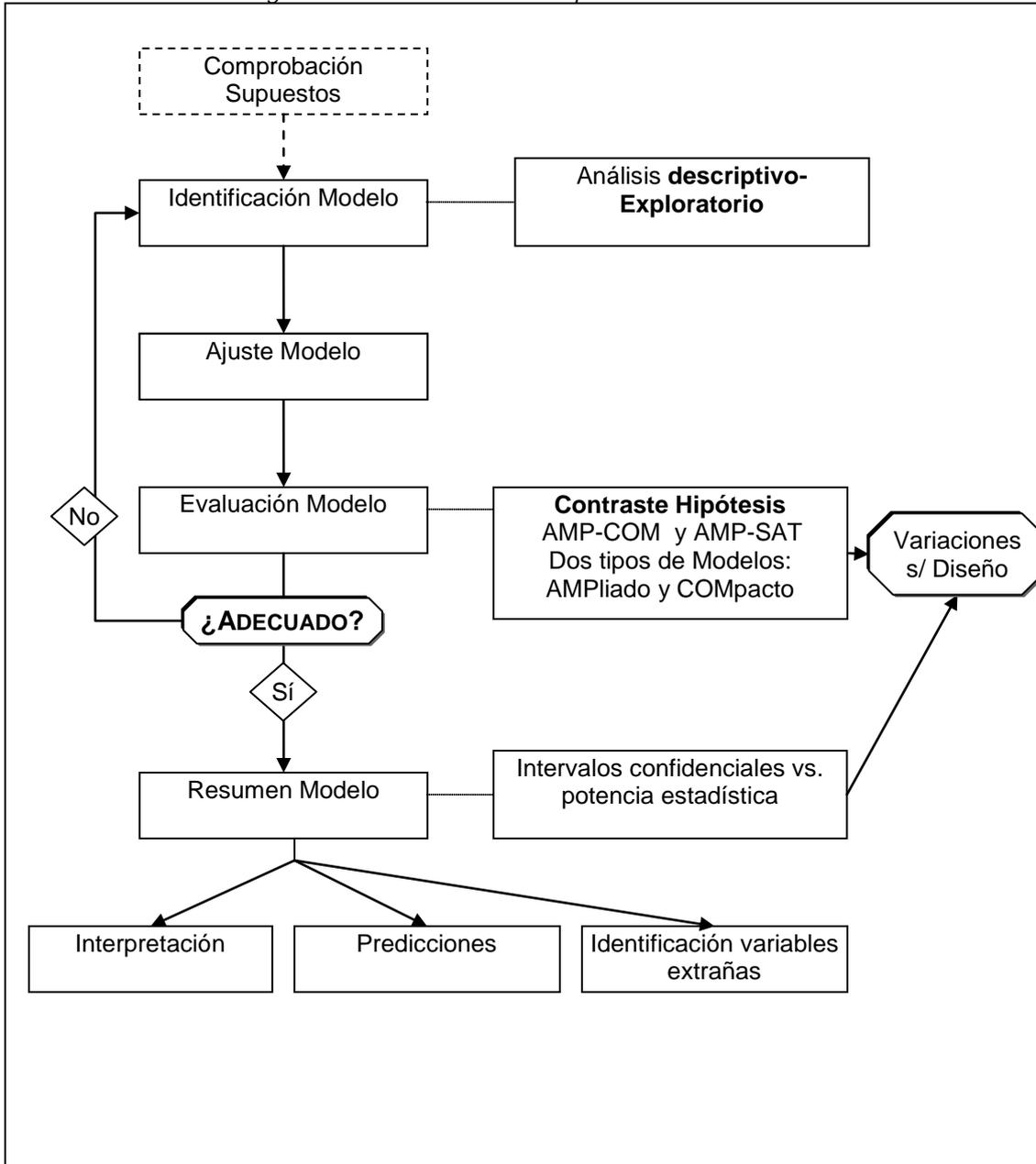
Tipos de Variables:

- Medida: Extensión cardíaca.
- Predictora: Capacidad aeróbica.
- Modelo: Los datos medidos se explican a partir de la Capacidad según una relación simple.

- Desde este punto de vista, el objetivo fundamental del análisis será evaluar en qué medida el modelo que incluye a los predictores es adecuado para explicar los datos observados.

1.1.2. El esquema de análisis propuesto

CUADRO 6.1: Esquema de trabajo basado en la perspectiva analítica de modelización
 Adaptado a partir de Ramos, M.M.; Catena, A. y Trujillo, H. (2004). *Manual de Métodos y Técnicas de Investigación en Ciencias Del Comportamiento*. Madrid: Biblioteca Nueva.



1.1.3. Especificación e identificación del modelo

- En términos operativos la cuestión fundamental de una investigación es la especificación de cómo se relacionan las dos variables implicadas, el predictor o variable independiente manipulada (X) y el criterio o variable dependiente que se mide (Y).
- La forma de esta relación vendrá especificada por la hipótesis de investigación y requiere la especificación de **parámetros**, que sintetizan las ideas principales del modelo.
- Dicha relación explicará los datos aunque no de una manera perfecta: parte de los cambios observados en el criterio no pueda ser explicada por el predictor, sino que se debe al error.

$$\text{DATOS} = \text{MODELO} + \text{ERROR}$$

$$Y = f(X) + E$$

- Usualmente una medida para valorar la adecuación de la hipótesis es el error (o residual): a mayor error, peor modelo y viceversa.
- Aproximación: ¿cuánto error es tolerable? La respuesta a esta pregunta no puede establecerse en términos absolutos sino relativos.
 - Se formula un modelo de partida, aunque sea muy básico, que se tomará como referencia, **Compacto o restringido (COM)** no incluye los parámetros críticos y será el modelo de referencia.
 - Y se compara con uno alternativo, el del investigador, **Ampliado o incrementado (AMP)** es el que incluye los parámetros que capturan las ideas mantenidas en la hipótesis.

Ejemplo:

$$\text{COM: } Y = \beta_0 + E$$

$$\text{AMP: } Y = \beta_0 + \beta_1 X + E$$

[ModGeneralAnalysis.xls](#)
Ver Hoja "ModLineal1"

- **El objetivo: construir modelos que sean una buena representación de los datos, haciendo el error tan pequeño como sea posible y de la manera más simple posible.**

Identificación del Modelo-II

Abrir fichero:
[ModGeneralAnálisis.xls](#)
 Ver Hoja "Datos"

En dicho fichero aparecen los datos de la investigación sobre condición física y salud cardiovascular.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2	Id.	Ex.Cardiaca	Aeróbica																		
3	1	100	30																		
4	2	98	31																		
5	3	90	32																		
6	4	67	37																		
7	5	50	40																		
8	6	40	45																		
9	7	30	46																		
10	8	60	35																		
11	9	90	30																		
12	10	96	31																		
13	11	100	30																		
14	12	90	32																		
15	13	50	38																		
16	14	100	28																		
17	15	70	37																		
18	16	45	40																		
19	17	80	32																		
20	18	86	35																		
21	19	90	31																		
22	20	75	38																		
23	Media	75,35	34,90																		
24	Desv.	22,48	5,11																		
25																					

Consideremos una investigación basada en trabajos sobre la prevención de trastornos cardiovasculares a partir de la forma física (i.e. Ortega et al., 2005). Se midió a un conjunto amplio de adolescentes españoles en un conjunto de indicadores sobre su condición física, de donde se concluyó que la fuerza física y la capacidad aeróbica constituyen marcadores importantes de salud cardiovascular. El objetivo de nuestro estudio es determinar si efectivamente factores como la capacidad aeróbica están relacionados con la probabilidad de sufrir trastornos coronarios. Los datos, ficticios, de 20 pacientes de esta investigación son sobre Capacidad aeróbica medida como el VO₂máx -consumo máximo de oxígeno- y extensión cardiaca medida en las imágenes de un escáner (0 es mínima y 100 es máxima).

Especificación e identificación del Modelo:
 Plantear un modelo compacto en el que asumiríamos que la extensión del trastorno coronario es la media global (75,35) frente a un modelo Ampliado que tiene en cuenta también la capacidad aeróbica:
 COM: $Y = \beta_0 + \text{ERROR} \Rightarrow \text{DATOS} = \text{MODELO COM} + \text{ERROR}$
 AMP: $Y = \beta_0 + \beta_1 \text{AEROB} + \text{ERROR} \Rightarrow \text{DATOS} = \text{MODELO AMP} + \text{ERROR}$

1.1.4. Estimación de los parámetros del modelo

- El segundo paso del proceso de modelización estadística consiste en estimar el valor de los parámetros a partir de los datos.
 - Mediante uno de tres métodos estadísticos que garantizan en términos generales las propiedades **deseables** de los estimadores (consistencia, carencia de sesgo, eficiencia y suficiencia), cuyo uso depende del contexto:
 - Máxima verosimilitud
 - Los momentos
 - Mínimos cuadrados (clásico).
 - Objetivo: encontrar unos valores de los parámetros que hagan lo más pequeña posible la diferencia entre las predicciones y los datos observados, o lo que es lo mismo, hacer **mínimo el error cuadrático para el conjunto de los datos**, lo cual se hace para cada tipo de modelo. Finalmente se divide por el número de grados de libertad asociados.
- Una vez estimados los parámetros, sólo queda ajustar el modelo, es decir realizar las predicciones del modelo para cada dato y calcular el error cuadrático global.

Estimación del Modelo-II

- Uno de los Modelos más sencillos y a la vez más importantes es el del tipo **lineal**, que a cambios del predictor (X) le corresponden cambios en la medida (Y), de manera consistente o uniforme.
 - Por ejemplo, la relación entre Peso y Estatura cabe esperar que sea lineal puesto que a mayores valores en estatura suelen corresponder mayores valores en peso.
- El Modelo Lineal puede ser positivo o negativo.
 - Positivo: a incrementos de X le corresponden incrementos de Y. Por ejemplo, Estatura-Peso.
 - Negativo: a incrementos de X le corresponden decrementos de Y. Por ejemplo, Capac. Aeoróbica –Trastorno Coronario.

[ModGeneralAnálisis.xls](#)
Ver Hoja "ModLineal1"

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2				PENDIENTE()→B ₁		INTERSECCION.EJE()→B ₀										
3		Pend	Corte		Parámetros Modelo Lineal											
4		-4,16	220,45													
5	Precis	-0,945		COEF.DE.CORREL()												
6																
7																
8																
9		X	Y	\hat{Y}_i	ErrCua											
10		30	100,00	95,72	18,30											
11		31	98,00	91,56	41,42											
12		32	90,00	87,41	6,72											
13		37	67,00	66,62	0,15											
14		40	50,00	54,15	17,19											
15		45	40,00	33,36	44,10											
16		46	30,00	29,20	0,64											
17		35	60,00	74,93	223,03											
18		30	90,00	95,72	32,74											
19		31	96,00	91,56	19,68											
20		30	100,00	95,72	18,30											
21		32	90,00	87,41	6,72											
22		38	50,00	62,46	155,29											
23		28	100,00	104,04	16,30											
24		37	70,00	66,62	11,43											
25		40	45,00	54,15	83,66											
26		32	80,00	87,41	54,86											
27		35	86,00	74,93	122,45											
28		31	90,00	91,56	2,45											
29	N	38	75,00	62,46	157,21											
30	20					1032,65										
31						SCe										
32						$\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$										
33																
34																
35																
36																
37																
38																
39																

La estimación de B₀ y B₁ se hace a través de las funciones INTERSECCION.EJE() y PENDIENTE(). En el ejemplo -4.16 y 220,45.

Una vez estimado el modelo, aplicamos su ecuación sobre cada valor del predictor y obtenemos las predicciones del mismo.

Finalmente calculamos la Suma Cuadrados Error.

Estimación del Modelo:

Plantear un modelo compacto en el que asumiríamos que la extensión del trastorno coronario es la media global (75,35) frente a un modelo Ampliado que tiene en cuenta también la capacidad aeróbica:

COM: $Y = \beta_0 + \text{ERROR} \Rightarrow Y = 75,35 + \text{ERROR}$

AMP: $Y = \beta_0 + \beta_1 \text{AEROB} + \text{ERROR} \Rightarrow Y = 220,45 + (-4,16)\text{AEROB} + \text{ERROR}$

1.1.5. Evaluación del modelo

- El tercer gran paso es evaluar el modelo de trabajo o Ampliado, luego **el objetivo** es decidir en qué medida el modelo podría ajustar estadísticamente a los datos.

A) El cálculo fundamental: RPE

- Este proceso es relativo, respecto de un modelo equivalente de tipo Compacto; según una perspectiva **condicional** que permite evaluar la pertinencia de los parámetros críticos, comparando el **Error** Asociado al modelo COM con el que se asocia al modelo AMP.

- Ahora podemos computar la reducción neta del error, o la reducción proporcional de AMP respecto de COM:

- Reducción neta de error:

$$SCR = SCE(COM) - SCE(AMP)$$

- Reducción proporcional de error:

$$RPE = \frac{SCE(COM) - SCE(AMP)}{SCE(COM)}$$

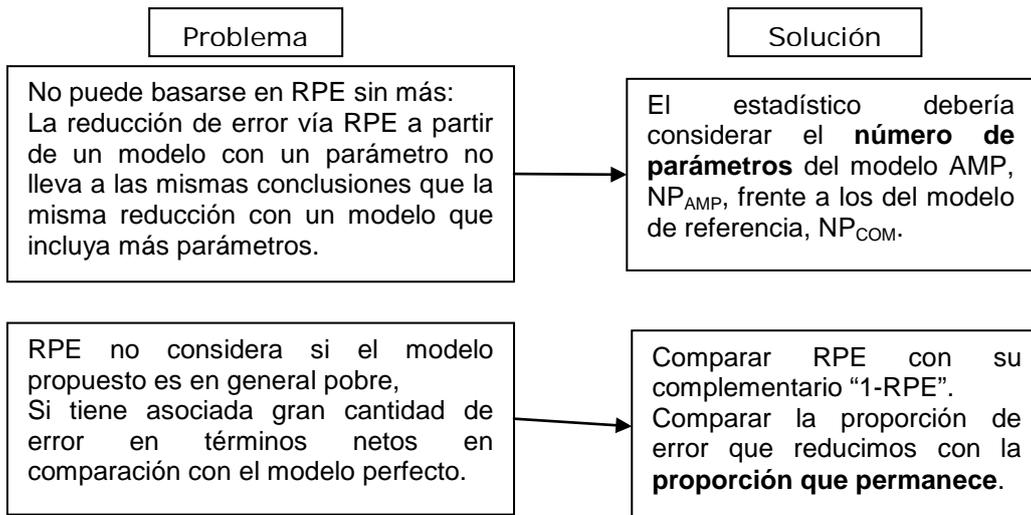
- **RPE** oscila entre 0 y 1, es semejante a una razón de correlación, η^2 .
- En resumen, los términos se relacionan según la siguiente ecuación:

$$\underbrace{SCE(COM)}_{\text{Error Original}} = \underbrace{SCR}_{\text{Reducción Error debida Modelo AMP}} + \underbrace{SCE(AMP)}_{\text{Error prevalece debido Modelo AMP}}$$

Evaluación del Modelo-II

B) El estadístico de contraste:

- Aún queda una cuestión por zanjar. ¿Cómo decidir si un porcentaje de reducción RPE (pongamos por caso un 40%) es suficientemente grande para justificar el parámetro adicional. Para ello se recurre a la estadística inferencial y especialmente **al Contraste de Hipótesis Estadísticas** de una Hipótesis Nula (los parámetros AMP vs. COM no aportan nada significativo) frente a una Alternativa (los parámetros AMP vs. COM sí aportan significativamente).
 - Lógica: Para confiar en el Modelo de trabajo, y por ende en los parámetros que éste incluye, tendríamos que obtener un valor suficientemente grande de Reducción del Error como para poder extrapolarlo desde nuestro estudio muestral hacia la población de referencia. Un valor que supere lo que se podría obtener por mero azar. Por ejemplo, poder afirmar en general que el Modelo de predicción de Trastorno Coronario a partir de la capacidad Aeróbica se mantiene en general en la población de las personas, y no exclusivamente en los que se han incluido en nuestro estudio particular con una muestra de los mismos.
 - Por un lado hipotetizamos que la RPE **no** es suficientemente grande como para extrapolarla a la población frente a la hipótesis contrapuesta de que el efecto sí es representativo. El primer tipo de Hipótesis se denomina **Nula** (H_0 en adelante) puesto que se pone en el peor de los casos para el investigador y asume que el Modelo de la investigación es nulo o inexistente, que no es real o confiable. En contraposición, la otra se denomina Hipótesis **alternativa** (H_1).



- El estadístico de contraste queda, pues, como:

$$F_k = \frac{RPE / (NP_{AMP} - NP_{COM})}{(1 - PRE) / (N - NP_{AMP})}$$

Sigue un modelo F: $F. \rightarrow F..$

La Proporción de lo que consigue nuestro modelo frente a lo que prevalece o lo que consigue nuestro Modelo frente al Error Típico: A mayor valor, más evidencia a favor del AMP en contra del modelo de referencia o COM; y viceversa.

Evaluación del Modelo-III

C) Una regla para adoptar decisiones de significación estadística:

- Y para adoptar decisiones se opera a partir de una regla de decisión probabilística:
 - Una vez que se conoce el comportamiento general del Estadístico de Contraste a través de su Modelo de distribución, podemos estimar la probabilidad asociada al valor del mismo, lo que se conoce como **Probabilidad de Significación estadística**. Los valores de gran magnitud en el Estadístico de Contraste llevan asociada una **baja probabilidad**, es decir a mayor valor de EC menos probable es el Modelo COM.
 - De esta forma podríamos traducir nuestros datos en una probabilidad pero esto no es suficiente pues sería deseable adoptar una **decisión última**.
 - Para ello se fija una probabilidad en un valor suficientemente pequeño (la comunidad científica suele favorecer un valor de 0,05 ó de 0,01) que sirva de punto de corte para la decisión, lo que se denomina el **nivel de significación alfa**.
 - Entonces se comparan ambas probabilidades:
 - Si la probabilidad exacta del estadístico de contraste es menor o igual que alfa entonces nos inclinamos hacia el **rechazo** de H_0 (contra H_0 /a favor de H_1), es decir admitimos que el Modelo AMP aporta de manera significativa.
 - En caso contrario, si la probabilidad exacta del estadístico de contraste es mayor que alfa entonces nos inclinamos hacia el **no-rechazo** de H_0 (a favor de H_0 /en contra de H_1), es decir admitimos que el Modelo AMP no aporta de manera significativa y habría que admitir el Modelo COM.

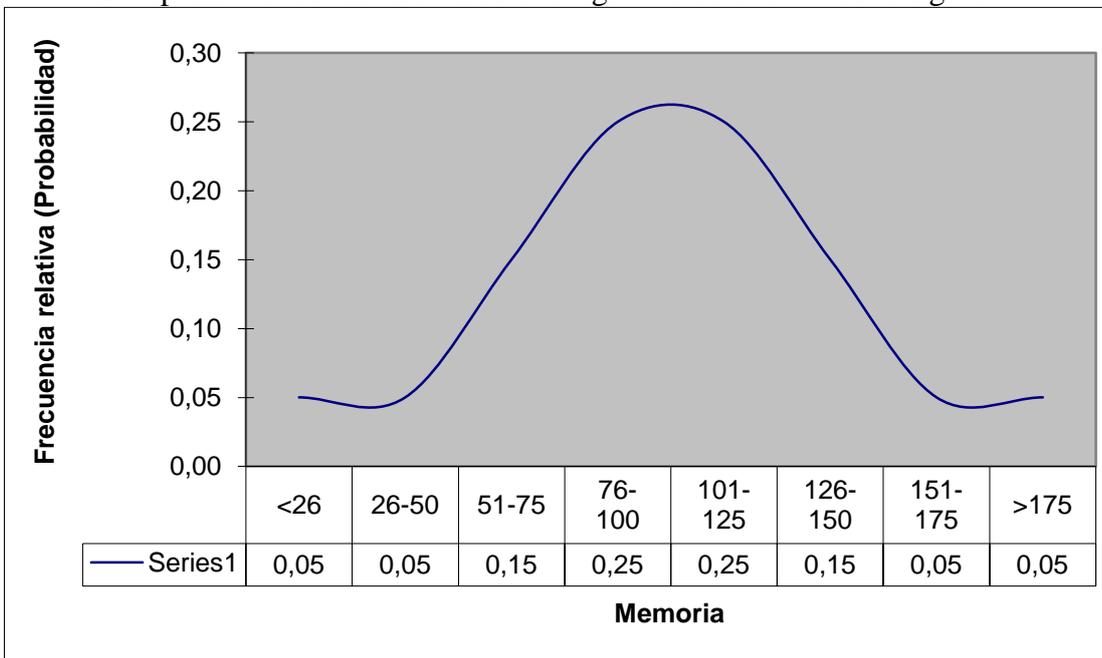
- Aclaración: Luego el puente de unión entre lo muestral y lo poblacional viene dado por un Modelo de Distribución, una función estadística que nos permite estimar la probabilidad que tiene asociado un determinado valor de una variable.

Evaluación del Modelo-IV

[ModGeneralAnalysis.xls](#)
Ver Hoja "ModeloDistrib"

Uno de los modelos más destacados de Distribución es el de la **Normal** o Campana de Gauss.

- Supongamos que medimos la capacidad de memoria a una muestra de 100 personas, que oscila entre 0 y 200 puntos. Por ejemplo 5 de estas personas tienen puntuaciones menores de 26 puntos, otras 5 tienen puntuaciones entre 26 y 50; y así sucesivamente.
- Dividimos las puntuaciones de memoria en 8 intervalos y contamos el número de personas –o frecuencia- que manifiestan puntuaciones en cada uno de los 8 intervalos.
- Además, para ganar en comparabilidad obtenemos la frecuencia relativa, es decir la frecuencia absoluta entre el total de casos (i.e. 5/100 para el primero de los intervalos).
- Si representamos los resultados en un gráfico obtendríamos lo siguiente:

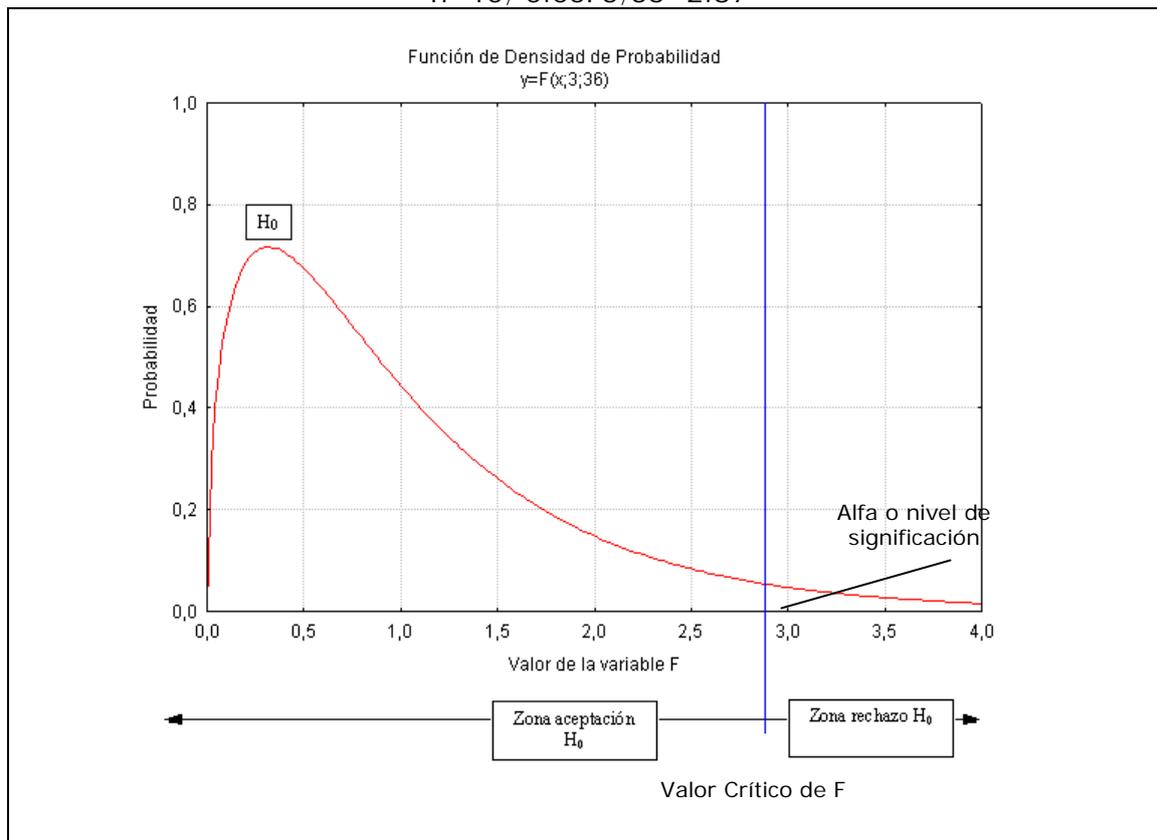


- Este modelo nos permite caracterizar el comportamiento de la variable Memoria, de manera que valores **extremos** son muy improbables (ya menores de 26 ya mayores de 175) y hay una **franja central** de valores con la mayor probabilidad de ocurrencia, que se corresponden con el valor medio (en torno al valor 100). Además, la distribución es **simétrica**: lo que se observa a un lado del eje central es equivalente a lo que se observa en el otro lado. Finalmente, con un Modelo de este tipo siempre podríamos estimar **cuál es la probabilidad asociada a un valor concreto de inteligencia**.
- Otros modelos de distribución destacados son t-student, Chi-Cuadrado o F-Fisher.

Evaluación del Modelo-V**Ampliación: La lógica del contraste de Hipótesis Estadísticas**

- Definimos una medida de **discrepancia** entre la muestra y lo hipotetizado en H_0 .
- Entonces estimamos el error típico de la misma, es decir las fluctuaciones debidas a error –lo que se llama error típico del estadístico-
- y calculamos una medida relativa de la discrepancia, ó **estadístico de contraste** (que vamos a denotar con el subíndice k para referirnos a los datos muestrales).
- Dicho estadístico tendrá que seguir un modelo de distribución conocido que nos permita asociar una probabilidad a cada valor del mismo.
- Finalmente se establece una **regla**: si la discrepancia es muy grande, entendiendo por ello que hay una probabilidad muy pequeña de encontrar dicho valor cuando H_0 es cierta, nos inclinaremos **en contra** de dicha hipótesis nula y en caso contrario nos inclinaremos a favor de la misma.
- Por tanto, definir un contraste de significación requiere una medida de discrepancia y una regla para juzgar qué discrepancias son "demasiado" grandes. **Esto se logra fijando un nivel de significación (la probabilidad alfa) en el modelo de distribución que le asumimos y determinando una región de rechazo.**
- **La regla de decisión** queda, pues, como: se compara la probabilidad asociada al valor del estadístico de contraste (o empírico) con la probabilidad fijada de antemano (alfa o probabilidad asociada al valor teórico), y **se rechaza H_0** (contra H_0 /a favor de H_1) cuando el primero no supere al segundo y a la inversa.

Ejemplo de Contraste de Hipótesis sobre el Modelo de Distribución F con los parámetros: $a=4$; $n=10$; $0.05F_{3;36}=2.87$



1.1.6. Resumen del modelo

- La última etapa es la discusión o interpretación de los resultados obtenidos, el **objetivo** es determinar en qué medida el modelo es compatible con la hipótesis de investigación.
- Sea como fuere, el modelo es resumido mediante un conjunto de informaciones.
 - La descripción de los datos, básicamente medidas de tendencia central y de variabilidad (i.e. medias y varianzas).
 - Los cálculos de la fase de evaluación y ajuste, como lo es el valor de los parámetros, su error asociado y la probabilidad de rechazar o no la hipótesis nula.
 - Si la hipótesis nula especifica el valor de un parámetro y el contraste conduce a rechazarlo, conviene indicar cuál es la estimación más plausible para el parámetro a la vista de los datos; es decir estimación por **intervalos confidenciales**.
 - Por otro lado, normalmente se controla la magnitud del error tipo I, mediante la elección de la región de rechazo, seleccionando un nivel de significación exigente (0,05 ó 0,01). Sin embargo, la técnica de Contraste de Hipótesis Estadísticas en realidad implica otro error, o error Tipo II. Pesemos que la decisión gira realmente en torno a dos Hipótesis (la Nula y la alternativa) y por ende a dos tipos de Error. El problema es que, si bien se controla el del Tipo I, no sucede lo mismo con el control del **error tipo II**, cuyo control es más complejo y suele descuidarse con mayor frecuencia.
 - Además, podría suceder que identificásemos fuentes de variación sistemática que no habíamos previsto en el momento de realizar la investigación, pero de las cuales disponemos de información y mejorar el modelo en última instancia.

Intervalos confidenciales

- Inferencia basada en la estimación de parámetros: los mejores estimadores de los parámetros poblacionales son precisamente los estadísticos equiparables (i.e. la media muestral de la poblacional).
- Esta estimación **puntual** es poco informativa, mejor la variante de la estimación mediante **intervalos de confianza**. Dicha estimación implica pocos cálculos respecto al contraste de hipótesis:

$$\beta \pm \sqrt{\frac{\alpha F_{vR; vE} \cdot MC\varepsilon}{n}}$$

- Se estima una gama de valores (centrada en el estimador puntual) que capturarán el valor real del parámetro con una probabilidad equivalente al nivel de confianza $1-\alpha$. De forma, que la magnitud del mismo dependerá del valor de alfa y de la cantidad de error que nuestro modelo deja sin explicar.

Resumen del modelo-II

Potencia estadística

- Un contraste implica la **decisión entre dos hipótesis**: la hipótesis nula, H_0 , que es la que contrastamos, y una hipótesis alternativa, H_1 , que está implícita en el rechazo de la nula.
- Así, realmente tenemos **dos probabilidades**, alfa y beta, asociadas respectivamente a los dos tipos de error que se pueden cometer en la nueva situación.

CUADRO 6.10: Matriz de Decisión del Contraste de Hipótesis estadísticas. Adaptado a partir de Ramos, M.M.; Catena, A. y Trujillo, H. (2004). *Manual de Métodos y Técnicas de Investigación en Ciencias Del Comportamiento*. Madrid: Biblioteca Nueva.

		DECISIÓN	
		Rechazar H_0 [Inclinación hacia H_1 en contra de H_0]	No rechazar H_0 [Inclinación hacia H_0 en contra de H_1]
SITUACIÓN	H_0 Verdadera [· H_1 falsa]	Decisión incorrecta: Error tipo I (con probabilidad α o nivel de significación)	Decisión correcta (con probabilidad $1-\alpha$ o nivel de confianza)
	H_0 Falsa [· H_1 verdadera]	Decisión correcta (probabilidad $1-\beta$ o potencia)	Decisión incorrecta: Error tipo II (con probabilidad β)

- **Se rechaza incorrectamente H_0 .** Al rechazo de una hipótesis nula verdadera se le llama **error tipo I** y la probabilidad o riesgo de cometer tal error es equivalente al valor del nivel de significación, simbolizado como α .
- **Se acepta incorrectamente H_0 .** El fallo cometido al aceptar una hipótesis nula falsa recibe el nombre de **error tipo II** y la probabilidad o riesgo de cometerlo se simboliza como β . También expresa el fracaso en rechazar H_0 cuando es falsa.
- **Se rechaza correctamente H_0 .** En este caso habremos tomado una decisión correcta. A la probabilidad de que esto ocurra se le llama **potencia** de una prueba estadística y dicha probabilidad es igual a $1 - \beta$.
- **Se acepta correctamente H_0 .** También en este caso la decisión adoptada es correcta y la probabilidad asociada a esta decisión es igual a $1 - \alpha$ o nivel de **confianza**.

Resumen del modelo-III

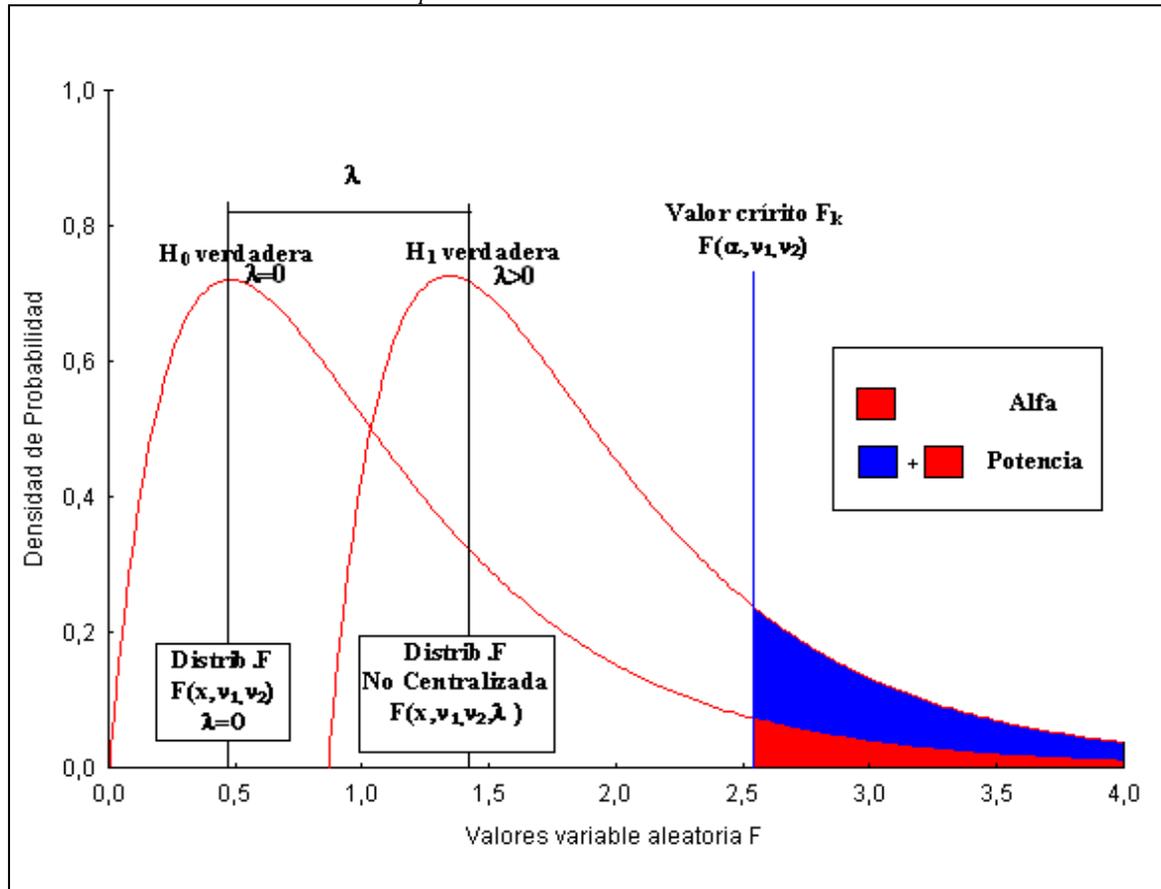
- Lo más frecuente es controlar la **magnitud del error tipo I** a través de la elección de la región de rechazo pero no sucede lo mismo con el control del **error tipo II** ya que depende de una serie de factores, entre los que destacan:
 - La magnitud -tamaño- del efecto del tratamiento.
 - La magnitud -tamaño- de la muestra empleada.
 - La magnitud de varianza error (S_e^2).
 - El nivel de significación o probabilidad de cometer error tipo I.
- La base viene dada por la **estimación del efecto de tratamiento** puesto que los demás factores ya sabemos estimarlos.
 - El estadístico de contraste (i.e. F) confunde el efecto del tratamiento y el tamaño muestral. En pocas palabras, la medida RPE es una estimación del efecto del tratamiento que no depende del tamaño muestral.
 - El problema es que esa estimación es sesgada, puesto que se apoya en estimaciones muestrales y tiende a producir valores mayores que el real. Kelley (1935) propuso un estimador insesgado:

$$\hat{\eta}^2 = 1 - (1 - RPE) \left[\frac{N - NP_{COM}}{N - NP_{AMP}} \right]$$

- La estimación de la **potencia** estadística es, por la cantidad de factores que intervienen, bastante compleja, pero se puede aproximar a partir de delta (parámetro de no centralidad en el modelo F, también conocido como lambda). A partir de aquí, se puede estimar la potencia para cualquier tipo de parámetro poblacional, como las medias, varianzas, correlaciones, proporciones, etc.; teniendo en cuenta el modelo de distribución no centralizado que corresponde a los mismos, así como los parámetros de dicha distribución.
- El cálculo de la potencia a partir de delta es complejo. En general, se han usado tres aproximaciones diferentes:
 - 1) Tablas de potencia de Pearson-Hartley (1951, 1972). Requieren el cómputo de $\Phi_A^2 = n \cdot \alpha_j^2$, que combina el tamaño muestral (n) con el efecto del tratamiento.
 - 2) Algunos paquetes estadísticos, como Statistica, tienen un módulo adicional que permite estimar la potencia de diferentes tipos de contrastes de Hipótesis pero también permite estudios de optimización.
 - 3) Transformación de Severo-Zellen. En primer lugar se estima el parámetro de no centralidad lambda y a continuación la probabilidad del mismo según una aproximación a la distribución normal.

Resumen del modelo-IV

FIGURA 6.3. La distribución F No Centralizada para la estimación de la potencia estadística,
 Tomado de Ramos, M.M.; Catena, A. y Trujillo, H. (2004). *Manual de Métodos y Técnicas de Investigación en Ciencias Del Comportamiento*. Madrid: Biblioteca Nueva.



1.1.7. Interpretación del modelo

- El último paso de la estrategia de modelización es la adopción de conclusiones sobre la hipótesis de partida.
- Junto a los problemas relacionados con la validez interna y/o externa y de constructo, hay otras amenazas que tienen que ver con la propia conclusión estadística. Básicamente hay dos fuentes de procedencia de las mismas, los que proceden de los propios cálculos estadísticos y los que tienen que ver más bien con el error asociado al diseño.
 - Se recomienda tener presente el CUADRO 6.10. Amenazas a la validez de la conclusión estadística: razones por las que las inferencias sobre la covariación entre dos variables pueden ser incorrectas, del manual de Ramos, M.M.; Catena, A. y Trujillo, H. (2004). *Manual de Métodos y Técnicas de Investigación en Ciencias Del Comportamiento*. Madrid: Biblioteca Nueva.

Significación estadística versus empírica de los resultados

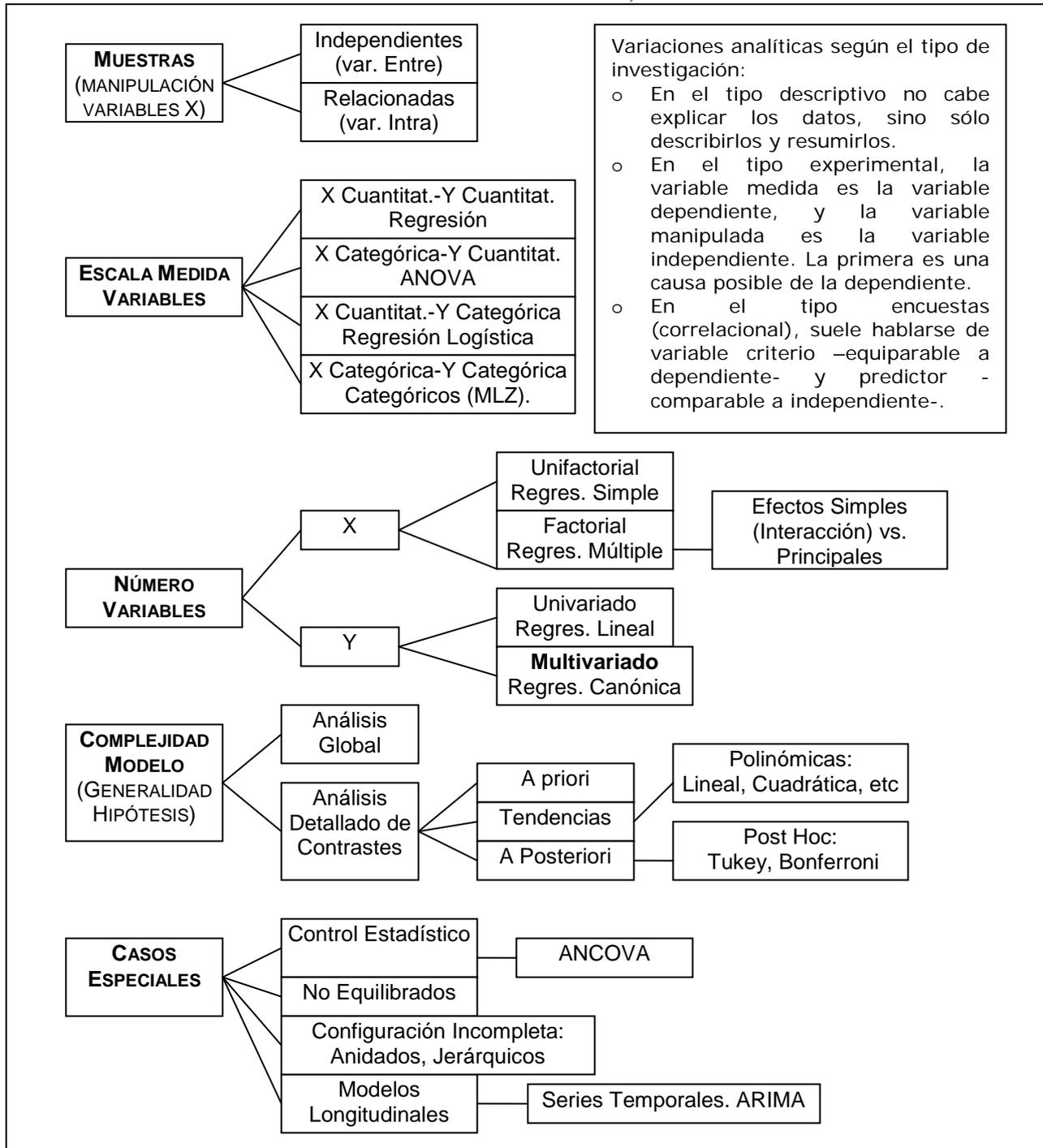
- En el modelo presentado, el contraste de hipótesis no es el final del proceso de análisis de los resultados de una investigación. El resumen del modelo incluye, además, otros informes de los resultados, como lo es el tamaño del efecto del tratamiento, la potencia estadística y/o los intervalos confidenciales.
- Pero hay más. La práctica analítica ha llevado a dejar en segundo plano el objetivo de la investigación. El hecho de que se rechace o no la hipótesis nula nada nos dice sobre lo que aportan los datos de la investigación en relación a la hipótesis o el modelo teórico que motivó el estudio. **Algunos autores como Meehl (1978) piensan que tanta obcecación con el contraste de hipótesis ha empobrecido el desarrollo teórico de ciertas disciplinas.**
- Importante diferenciación: la significación estadística frente a la significación práctica o utilidad de los resultados.
- Un resultado negativo del contraste de hipótesis estadísticas no implica que no haya un efecto del tratamiento (de la manipulación) sino que dicho efecto no permite excluir de manera convincente la acción del azar o de la variabilidad como explicación alternativa del efecto observado.
- En este punto de nuevo tenemos que apelar al tipo de estimaciones que hemos incluido en la fase de resumen del modelo como guía de las decisiones en torno a la relevancia práctica del efecto de tratamiento y el concepto más directo es el de la **magnitud del efecto de tratamiento.**

1.2. Variantes del Modelo general en función del tipo de diseño de investigación

Introducción

- El esquema de trabajo basado en la modelización es aplicable en general a un amplio espectro de diseños. Es ahí precisamente donde reside su punto más fuerte como enfoque analítico.
 - La mayoría de los criterios que presentaremos son complementarios, de manera que el diseño quedará especificado completamente al aplicarlos todos. Por ejemplo, podríamos tener el análisis detallado de diseños Factoriales Entregrupos Multivariados según la variante ANOVA.
 - En algunos de los casos la aplicación de la modelización es prácticamente directa, lo único que se requiere es la derivación apropiada del estadístico de contraste. En cambio, en otros casos, se requiere la inclusión de conceptos adicionales para poder aplicar dicho esquema. Este es el caso fundamentalmente de los diseños categóricos.
-

2. Variaciones de la perspectiva de Modelización en función del tipo de diseño (Cuadro 6.11, tomado de Ramos, M.M.; Catena, A. y Trujillo, H. (2004). *Manual de Métodos y Técnicas de Investigación en Ciencias Del Comportamiento*. Madrid: Biblioteca Nueva).



1.3. Aplicaciones en diferentes ámbitos de investigación

CC. Experimentales (Quimiometría Mediambiental)	CC. Comportam (Psicología Jurídica)	Descriptivo Y_1, Y_2, \dots
Detalle de las emisiones de un contaminante en estaciones mediante monitoreo atmosférico: promedio, dispersión, valores extremos y puntos anómalos.	Detalle de las conductas que reflejan actitudes que influyen en las decisiones jurado: promedio, dispersión a través de diferentes sexos, grupos de edad, clase social.	
Contrastar promedio de un contaminante con criterios externos: límites de alerta, norma ISO de calidad, límites de seguridad.	Contrastar promedio de decisiones jurado instruido en estrategias aminoración sesgos con criterios externos: i.e. valores neutrales en la población.	Experimental-Cuasi. Contraste 1 muestra. t-student $\hat{Y} = B_0$
Comparar promedios de contaminación en dos estaciones diferentes (mm. independientes, diseño Entre).	Comparar promedios de decisiones jurado según dos estrategias diferentes de aminoración de sesgos (mm. independientes, diseño Entre).	Experimental-Cuasi. Contraste 2 muestras. t-student $\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X; X \equiv \Phi : (1, -1)$
... emitidos por una estación en dos momentos diferentes (mm. Dependientes, diseño Intra).	... emitidos por un jurado en dos momentos diferentes: pre y post (mm. Dependientes, diseño Intra).	
Comparar promedios de un contaminante en diferentes áreas: urbana, rural, industrial.	Comparar promedios de decisiones en diferentes comunidades: andaluza, catalana, vasca.	Experimental-Cuasi. Contraste a-muestras. ANOVA $\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 \Phi_1 + \beta_2 \Phi_2$ $\Phi_1 : (2, -1, -1); \Phi_2 : (0, 1, -1)$
Relación entre concentración de un contaminante y algún parámetro metereológico (viento, temperatura).	Relación entre decisiones jurado y var. Personalidad (extremismo, conservadurismo)	Encuestas. Regresión. $\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$
Patrón de comport. agente contaminante a través de un año.	Patrón de comport. sesgo decisiones jurado en función de la edad.	Series Temporales (T: tiempo). $\hat{Y}_t = \beta_0 + \beta_1 \Phi + \beta_2 T_t$
Frecuencia con la que se rebasa la norma ISO en dos lugares antes y después de extremar las medidas de control.	Frecuencia decisiones sesgadas en función de la edad (mayores vs. jóvenes) y el sexo (varones vs mujeres).	Categorico. Logaritmico. $\ln \left(\frac{\pi_{jk}}{1 - \pi_{jk}} \right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p$
Estudio de var. determinadas experimentalmente por muestras diferentes, examinando simultáneamente más de una medida de contaminación.	Determinar diferencias entre grupos de tratam. simultáneamente sobre varias medidas decisión: elección de culpabilidad y la seguridad o confianza en la misma.	Multivariante. MANOVA. $\hat{f}(Y_1, Y_2) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

1.3.1. Aplicaciones en Ciencias Experimentales

A continuación se centran ejemplos de Quimiometría en el análisis de datos medioambientales para ilustrar los principales tipos de diseño y de técnicas de análisis relevantes.

- **Descriptivo.**

Estudiar en detalle las emisiones de un contaminante en estaciones mediante monitoreo atmosférico: Valores promedio, dispersión a través de diferentes momentos temporales, modelo de distribución a través del tiempo, etc.; detección de valores extremos y puntos anómalos.

- **Experimental-Cuasiexperimental. Contraste de una muestra.**

Comparar los promedios de un contaminante obtenido a partir de una muestra con criterios externos, como límites de alerta, valores impuestos por la norma tipo ISO de calidad), límites de seguridad.

- **Experimental-Cuasiexperimental. Contraste de dos muestras.**

Comparar los promedios de estado de contaminación en dos estaciones diferentes (mm.independientes, diseño Entregrupos).

Comparar los promedios de estado de contaminación emitidos por una estación en dos momentos diferentes (mm. Dependientes, diseño Intrasujetos).

- **Cuasiexperimental. Contraste de "a-muestras" tipo ANOVA.**

Comparar los promedios de un contaminante en diferentes áreas (i.e. urbana, rural, industrial).

- **Experimental. Contraste de "a-muestras" tipo ANOVA.**

Estudiar el efecto de diferentes tipos de tratamientos preventivos sobre los promedios de un contaminante.

- **Encuestas tipo Regresión.**

Estudiar la posible relación entre las concentraciones presentes de dos contaminantes.

Estudiar la posible relación entre la concentración de un contaminante y algún parámetro meteorológico (i.e. viento, temperatura, humedad relativa, etc.).

- **Series Temporales**

Abstracción del patrón de comportamiento de un agente contaminante a través del tiempo.

- **Catagóricos.**

Estudio de la frecuencia con la que se rebasa la norma de calidad en dos lugares antes y después de extremar las medidas de control.

- **Multivariados tipo MANOVA.**

Estudio de variables determinadas experimentalmente por muestras diferentes, examinando simultáneamente más de una medida de contaminación.

1.3.2. Aplicaciones en Ciencias Comportamentales, Salud, Psicología, educativa y ámbito social.

A continuación se centran ejemplos de peritajes psicológicos en el análisis de datos de investigaciones para ilustrar los principales tipos de diseño y de técnicas de análisis relevantes.

- **Descriptivo.**

Un colaborador del investigador es seleccionado para formar parte de un jurado y entonces se aprovecha la ocasión para investigar la problemática de interés. Para ello se elaboraron una serie de conductas que serían exploradas durante la adopción de decisiones y deliberaciones mediante una metodología observacional. Dichas conductas reflejarían diferentes actitudes ó valores que podrían influenciar las decisiones según las teorías sociales más relevantes. El objetivo es estudiar en detalle dichas conductas: valores promedio, dispersión a través de diferentes momentos temporales, modelo de distribución a través del tiempo, etc.; detección de valores extremos y puntos anómalos.

- **Experimental-Cuasiexperimental. Contraste de una muestra tipo t-student.**

A un grupo de jurados se le instruye en una serie de habilidades o estrategias de razonamiento para evitar sesgos, con ejemplos generales. Entonces se midió a todos los participantes del estudio en una tarea que presenta de manera esquemática un proceso judicial y se les pide adoptar decisiones. El estudio tuvo lugar en una dependencia anexa a las salas del juzgado y mediante un ordenador PC. Interesa, pues, averiguar si las decisiones promedio están o no sesgadas.

- **Experimental-Cuasiexperimental. Contraste de dos muestras tipo t-student.**

Supongamos que a un segundo grupo de la investigación precedente se le instruye en habilidades de razonamiento matemático que impliquen un esfuerzo y tiempo similar a las del grupo anterior. En dicho contexto interesa comparar el grado de sesgo de las decisiones promedio en ambos grupos para ver si difieren o no. Este es un caso de mm.independientes o diseño Entregrupos.

Alternativamente supongamos que las medidas del estudio original se tomaron realmente en dos momentos temporales: inmediatamente después de la fase de entrenamiento y tras un mes, con objeto de evaluar el grado mantenimiento de los efectos del programa de entrenamiento. Este es un caso de mm. Dependientes o diseño Intrasujetos.

- **Experimental-Cuasiexperimental. Contraste de "a-muestras" tipo ANOVA.**

Finalmente, a un tercer grupo de las investigaciones precedentes se le entrena en habilidades para evitar sesgos pero sobre ejemplos concretos relevantes al contexto judicial. La participación en cada uno de los tres grupos se realizó al azar. En dicho contexto interesa comparar el grado de sesgo de las decisiones promedio entre los tres grupos para ver si difieren o no.

- **Encuestas tipo Regresión.**

En otra fase de la investigación interesó más bien medir diferentes variables de personalidad con objeto de aislar posibles predictores de las decisiones sesgadas. A una muestra amplia de personas seleccionadas para participar en jurados se les administró un conjunto de cuestionarios y se les midió en diferentes variables de personalidad. Entonces se estimó la tasa de condenas según diferentes características de los inculpados, como su condición sexual, nivel socio-cultural, raza, etc. Además se midió también el grado de extremismo en las decisiones en función de la rigidez mental de los jurados, etc.

- **Series Temporales.**

También se ha planteado que la edad de los jurados podría ser un factor importante a considerar. Esto es así ya que las personas más jóvenes podrían ser más consideradas y relajadas en sus decisiones respecto a las de más edad. Para esta investigación se eligió una muestra de jueces y se les midió a lo largo de un dilatado período de tiempo, pudiendo así estudiar la curva que caracteriza sus juicios de culpabilidad con relación a su criterio de decisión. Esto sería de interés para determinar la edad óptima de los jueces.

- **Catagóricos.**

Estudio de la frecuencia con la que se comenten decisiones sesgadas en función de variables como la edad (mayores vs. jóvenes) y el sexo (varones vs mujeres).

- **Multivariados tipo MANOVA.**

En el contexto de una, dos o a-muestras, supongamos que en concreto queremos poner a prueba las diferencias entre los tres grupos de tratamiento pero simultáneamente sobre varias medidas que evidencian el proceso de decisión: la elección de culpabilidad y la seguridad o confianza depositada en la misma.

1.3.3. Aplicaciones en Ciencias de la Actividad física y la Salud

A continuación se centran ejemplos de psicología deportiva y de Actividad Física y salud en general, para ilustrar los principales tipos de diseño y de técnicas de análisis relevantes.

Tipo Investigación	Situación	Modelo Estadístico
Descriptivo	Un colaborador del investigador es seleccionado para formar parte de un equipo de entrenadores de atletismo y entonces se aprovecha la ocasión para investigar la problemática de interés. Para ello se elaboraron una serie de conductas que serían exploradas durante los entrenamientos mediante una metodología observacional. Dichas conductas reflejarían diferentes hábitos posturales. El objetivo es estudiar en detalle dichas conductas: valores promedio, dispersión a través de diferentes momentos temporales, modelo de distribución a través del tiempo, etc.; detección de valores extremos y puntos anómalos.	Y_1, Y_2, \dots
Experimental-Cuasiexperimental. Contraste de una muestra	A un grupo de entrenadores se le instruye en una serie de habilidades o estrategias para evitar posturas inadecuadas que podrían causar lesiones posteriores, con ejemplos generales. Entonces se midió a todos los participantes del estudio en una tarea que presenta de manera esquemática una sesión prototípica de atletismo (con carrera de ida y vuelta) y se les mide en diferentes hábitos posturales, etc. El estudio tuvo lugar en el campo de entrenamiento habitual y mediante un ordenador PC. Interesa, pues, averiguar si las posturas promedio son o no adecuadas.	$\hat{Y} = B_0$
Experimental-Cuasiexperimental. Contraste de dos muestras	Supongamos que a un segundo grupo de la investigación precedente se le instruye en habilidades de entrenamiento que impliquen un esfuerzo y tiempo similar a las del grupo anterior pero que no inciden expresamente en los hábitos posturales saludables. En dicho contexto interesa comparar el grado de adecuación de las posturas promedio en ambos grupos para ver si difieren o no. Este es un caso de mm.independientes o diseño Entregrupos. Alternativamente supongamos que las medidas del estudio original se tomaron realmente en dos momentos temporales: inmediatamente después de la fase de entrenamiento y tras un mes, con objeto de evaluar el grado mantenimiento de los efectos del programa de entrenamiento. Este es un caso de mm. Dependientes o diseño Intrasujetos.	$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X; X \equiv \Phi: (1, -1)$ Φ es un contraste
Experimental-Cuasiexperimental. Contraste de "a-muestras" tipo ANOVA	Finalmente, a un tercer grupo de las investigaciones precedentes se le entrena en habilidades para evitar posturas inadecuadas pero sobre ejemplos concretos relevantes al contexto de atletismo. La participación en cada uno de los tres grupos se realizó al azar. En dicho contexto interesa comparar el grado de adecuación de las posturas promedio entre los tres grupos para ver si difieren o no.	$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 \Phi_1 + \beta_2 \Phi_2$ $\left\{ \begin{array}{l} \Phi_1 : (2, -1, -1) \\ \Phi_2 : (0, 1, -1) \end{array} \right\}$ son contrastes
Encuestas - Correlacional tipo Regresión	Durante el desarrollo de la competición deportiva escolar, suceden múltiples problemas que repercuten en la salud de los jóvenes; los cuales pueden representar el principio del abandono de la actividad física y del deporte. El presente estudio analiza la realidad actual de la relación existente entre la salud, y la competición deportiva, desde la perspectiva de los médicos, a través	Lineal Simple: $\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X$ Lineal Múltiple: $\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

	de un cuestionario. Igualmente, el estudio profundiza en la actualidad del deporte escolar, con el análisis de jóvenes participantes y su vinculación con la salud: edad, sexo, frecuencia de asistencia a deportistas según deporte y lugar anatómico de lesiones detectadas.	
Series Temporales- Diseños Longitudinales	También se ha planteado que la edad de los atletas podría ser un factor importante a considerar. Esto es así ya que las personas jóvenes podrían beneficiarse en mayor medida de los programas de hábitos posturales saludables que las de más edad. Para esta investigación se eligió una muestra de jóvenes y se les midió a lo largo de un dilatado período de tiempo, pudiendo así estudiar la curva que caracteriza sus hábitos posturales con el paso del tiempo. Esto sería de interés para determinar la edad óptima de intervención. En una segunda fase, pues, de la investigación se introdujo un programa de entrenamiento a dicha edad e igualmente se tomaron medidas durante un período temporal anterior y posterior al de la introducción del programa.	$Y_t = \beta_0 + \beta_1 \Phi + \beta_2 T_t + \varepsilon_t$ <p>T refleja el momento temporal y el contraste refleja el Tratamiento.</p>
Categoricos	Estudio de la frecuencia con la que se manifiestan hábitos poco saludables en función de variables como la edad (mayores vs. jóvenes) y el sexo (varones vs mujeres).	$\ln\left(\frac{\pi_{jk}}{1-\pi_{jk}}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p$ <p>Modelo Lineal Generalizado (i.e. mediante función logarítmica)</p>
Multivariados	En el contexto de una, dos o a-muestras, supongamos que en concreto queremos poner a prueba las diferencias entre los tres grupos de tratamiento pero simultáneamente sobre varias medidas que evidencian los hábitos posturales.	$\hat{f}(Y_1, Y_2) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

[Volver Principio](#)

1.3.4. La formalización de los diferentes tipos de aplicaciones

Ejemplos de ecuaciones para la modelización de diseños destacados,

Adaptado a partir de Ramos, M.M.; Catena, A. y Trujillo, H. (2004). *Manual de Métodos y Técnicas de Investigación en Ciencias Del Comportamiento*. Madrid: Biblioteca Nueva

SITUACIÓN	MODELO
Una muestra	$\hat{Y} = B_0$
Dos ó más muestras	$\hat{Y} = \beta_0$
Lineal simple	$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X$
Lineal simple -mm. Dependientes	$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X + S$
Lineal simple -análisis contrastes específicos	$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X; X \equiv \Phi : (0,1,-1)$
Lineal Múltiple	$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$
Lineal Múltiple con interacción	$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_1 X_2$
Polinomial de grado-2 o tendencia Cuadrática	$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_1^2$
Lineal -Control de Z	$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 Z_1$
Multivariado	$\hat{f}(Y_1, Y_2) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

[Volver Principio](#)

1.4. Lecturas recomendadas

- Como complemento, se recomienda el manual de Ramos et al., (2004) [6], del cual se han tomado algunos cuadros y del que se ha realizado un resumen de los contenidos.
- Como manual general se recomienda el de Judd y McClelland (1989) [2], puesto que desarrolla la perspectiva de Modelización, como la que se ha seguido a lo largo de este tema, con un enfoque conceptual.
- Por otro lado, aunque no serían fuentes directas, el modelo particular de análisis basado en etapas tiene mucho en común con planteamientos como los que aparecen con frecuencia en economía. Un manual de estadística recomendable sería el de Peña (1987, ver especialmente los capítulos 12 a 14 del volumen 2) [4] y [5]. Ambos manuales pueden servir como punto de referencia para todo el bloque de análisis de los resultados, no solo para este capítulo.
- Otros manuales también presentan esta perspectiva analítica pero conceden un espacio muy reducido al enfoque general y pasan directamente a los detalles de aplicación a diferentes tipos de diseños. Este es por ejemplo el caso del excelente manual de Maxwell y Delaney (1990) [3] o el de Estes (1991) [1]. Luego, este tipo de manuales servirá más bien en capítulos posteriores. Sin embargo, en este punto pueden ser de interés sus capítulos introductorios.

- [1] Estes, W.K. (1991). *Statistical models in behavioral research*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. Capítulos 1 a 3 (pp.1-40).
- [2] Judd, C.M. y McClelland, G.H. (1989). *Data analysis: A model comparison approach*. San Diego, CA: Harcourt, Brace, Jovanovich.
- [3] Maxwell, S.E. y Delaney, H.D. (1990). *Designing experiments and analyzing data: a model comparison perspective*. Wadsworth Belmont, California: International Student Ed. Capítulos 1 y 2 (pp.3-60).
- [4] Peña, D. (1987): *Estadística. Modelos y métodos. 1: Fundamentos*. Madrid: Alianza Universidad.
- [5] Peña, D. (1987): *Estadística. Modelos y métodos 2. Modelos Lineales y Series Temporales*. Madrid: Alianza Universidad.
- [6] Ramos, M.M.; Catena, A. y Trujillo, H. (2004). *Manual de Métodos y Técnicas de Investigación en Ciencias Del Comportamiento*. Madrid: Biblioteca Nueva. Capítulo VI (pp.237-286).

1.5. Ejemplo de prácticas

En el contexto de la investigación presentada al comienzo que ponía en relación la condición física y salud cardiovascular, supongamos que además de las variables originales también se midió la fuerza a con la ayuda de un dinamómetro digital Takei TKK 5101 (rango, 5-100 kg), midiendo la fuerza de prensión manual máxima en ambas manos. El conjunto de los resultados fue el siguiente:

Id.	Ex.Cardiaca	Fuerza
1	100	70
2	98	67
3	90	80
4	67	72
5	50	75
6	40	66
7	30	73
8	60	66
9	90	65
10	96	66
11	100	65
12	90	67
13	50	73
14	100	63
15	70	72
16	45	75
17	80	70
18	86	67
19	90	66
20	75	82
Media	75,35	70,00

El objetivo de este ejercicio es la aplicación de los contenidos expuestos a lo largo del tema sobre una investigación similar a la que se planteó en el mismo. Para ello podría emplear Excel para efectuar el mismo tipo de análisis relacionados con el Modelo Lineal General.