



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
IZTACALA**



**U.N.A.M. CAMPUS  
IZTACALA**

**APLICACION DE PRUEBAS ESTADISTICAS PARA  
DISEÑOS DE SERIES DE TIEMPO EN LA  
INVESTIGACION EN PSICOLOGIA**

COI  
31421  
M9  
1984-9

**T E S I S**

**Que para obtener el Título de  
LICENCIADO EN PSICOLOGIA**

**p r e s e n t a**

**BERNARDINO MARTINEZ GALINDO**

**1 9 8 4**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A la Memoria de mis padres, por su ayuda sin límites y el hermoso recuerdo que me dejaron.

A mis hermanos: Luis, Petra, Rosa, Marcos, Fabian, Sebastian y Elvira por el apoyo que siempre me han dado.

A Santa, Rita, Diana y Abraham por la unión familiar que siempre ha existido.

A Toño y Andrea, por la confianza que siempre me han tenido.

Al Grupo CAUCA, por los  
momentos agradables que hemos  
pasado.

A mi asesor de Tesis,  
Arturo Silva, por su  
ayuda y amistad.

A todos los que han colaborado  
para la realización de esta Tesis.

GRACIAS



# IZT. 1000386

## INDICE GENERAL

INTRODUCCION .....	1
ASPECTOS METODOLOGICOS Y ESTADISTICOS DE LOS DISEÑOS DE GRUPO Y DE N=1 .....	13
DISEÑOS DE GRUPO Y PRUEBAS ESTADISTICAS .....	22
DISEÑOS DE SERIES DE TIEMPO .....	34
ANALISIS VISUAL EN LOS DISEÑOS DE SERIES DE TIEMPO .....	53
PRUEBAS ESTADISTICAS PARA LOS DISEÑOS DE SERIES DE TIEMPO .....	64
CONCLUSIONES .....	85
CONSIDERACIONES FINALES .....	87
BIBLIOGRAFIA .....	88

## INTRODUCCION

El conocimiento se basa en la forma que es obtenido, así, el conocimiento científico se fundamenta en una serie de pasos estructurados -- cuya finalidad es alcanzar el conocimiento objetivo de la realidad, a -- este procedimiento se le da el nombre de método científico (Grass, 1978; Camarena, 1979 ) .

La característica fundamental del método científico es su origen -- empírico, todo dato, toda proporción científica debiera basarse en último término, en una consideración empírica de los hechos. Como señala -- Bachrach ( 1965, en Craighead, Kazdin y Mahoney, 1981 ): " el paso esencial en todo procedimiento científico es la recolección de datos. Nunca resultaría excesivo el énfasis en la necesidad de una recolección de datos objetivos y de un análisis de los mismos en la ciencia conductual" (pág. 55).

Uno de los aspectos más importantes en la ciencia de la conducta, lo constituyen sus datos, obtenidos por medios de comparaciones, comparar -- valores de la variable dependiente relacionados con un valor o diferentes valores de la variable independiente. Por lo tanto, los métodos de reco--lección de datos, la representación gráfica, la medición empleada y una -- adecuada aplicación de las herramientas estadísticas, son componentes importantes en el estudio de la conducta de los organismos, así como un -- buen planteamiento del diseño experimental.

El propósito del diseño experimental es asignar a los sujetos a los diferentes grupos o condiciones experimentales, dar respuesta a las preguntas de investigación y controlar la varianza (Plutchik, 1968; Kerlinger, 1975 y Castro, 1976 ).

Para Fisher ( en Gras, 1978 ), el diseño experimental se forma en base a una determinada organización de los diferentes componentes que constituyen un experimento y aún determinado procedimiento estadístico que permita interpretar los resultados obtenidos.

Si no se toman en cuenta la organización de los componentes y el procedimiento estadístico, se corre el riesgo de realizar experimentos cuya finalidad sea el de obtener datos, para posteriormente aplicar técnicas estadísticas, a fin de conseguir algo ( Reuchlin, 1953; en Gras, 1978 ).

Habra ocasiones en que se trabaje con un sujeto, entonces es intracendente hablar de la asignación del sujeto a un determinado grupo, más bien se debería ampliar el concepto de grupo, al de condición experimental, al hablar de condición experimental involucrarían trabajar con diseños experimentales para grupos de sujetos o para organismos individuales ( Castro, 1976 y Shaughnessy, 1978 ).

Los diseños experimentales, se pueden caracterizar en forma general de la siguiente manera: como una serie de actividades encaminadas a la planificación de un experimento, desde el planteamiento de las hipótesis hasta el análisis de resultados; se utiliza el término diseño, para hacer mención a una clase particular de experimento; se suele etiquetar al dise-

ño, tomando en cuenta el procedimiento estadístico empleado en el experimento y por último se entiende por diseño a la forma de asignar al sujeto o a los sujetos a los diferentes grupos o condiciones experimentales.

De acuerdo a Gras ( 1978 ), no obstante que en metodología experimental existe una gran cantidad de diseños estandarizados, todo experimento particular requiere la utilización de un diseño específico.

Considerando la naturaleza del experimento, los diseños se pueden -- clasificar en dos categorías; los diseños de grupo y de N=1. Cuando se -- aplica en clínica reciben el nombre de diseños experimentales del caso -- único ( Hersen y Barlow, 1976 ).

Los diseños de grupo, también conocidos como tradicionales o estadísticos, aparecen en psicología a finales de la década de los veinte ( sobre el año de 1929 ), invadiendo en las siguientes dos décadas toda la investigación en psicología.

Las investigaciones con grupos de sujetos, se debe al descubrimiento de las diferencias individuales, estos estudios se iniciaron con Adolphe Quetelet ( 1930, en Hersen y Barlow, 1976 ), quién descubrió que los rasgos humanos seguían la forma de la curva de la distribución normal. La -- influencia de estos descubrimientos facilitó el camino para la aplicación de procedimientos estadísticos en la metodología de la ciencia conductual. Como lo demostraron los estudios de Galton y Pearson, que desarrollaron -- técnicas estadísticas descriptivas, como la correlación.

El trabajo de Fisher (1930, en Hersen y Barlow, 1976 ), fué de enorme importancia en psicología, aplicó términos estadísticos empleados en la investigación agrícola, para resolver problemas en psicología. A Fisher se le atribuyen el invento de pruebas estadísticas aleatorias de verificación de hipótesis, como la prueba T y la F, que se utilizan para comparar grupos de sujetos.

Este punto de vista y la aproximación estadística en la metodología de la ciencia conductual, se vuelve predominante durante estos años, originando un creciente interés, en la medición de las pruebas de inteligencia y en la investigación con grupos. Debido a esto era casi obligado utilizar diseños que requerían grupos de sujetos, y por consiguiente el rechazo de estudios con uno muy pocos sujetos.

Es importante aclarar, que antes del desarrollo de las técnicas estadísticas aplicadas en psicología, la mayoría de las investigaciones habían tenido el carácter de N=1. Como lo fueron los experimentos de Ebbinghaus, Wundt, Watson, Thorndike, Kellogs etc.; en la cuál utilizaron un solo sujeto, sin contar con las técnicas de análisis estadísticos.

El objetivo del presente trabajo, es revisar la aplicación de las pruebas estadísticas para diseños de series de tiempo en la investigación en psicología, por lo tanto, se abordará más ampliamente al respecto.

La investigación conductual N=1, ha alcanzado una gran relevancia en los últimos veinte años, pero es conocido que el estudio con organismos individuales se inició en el campo de la fisiología y la psicología -

en los años ( 1830 - 1861 ), como lo demostraron los trabajos de Johannes Muller, Claude Bernard y Paul Broca.

Una importante contribución a la investigación aplicada en la fisiología fué el trabajo de Paul Brocca en 1861, sobre las funciones de los centros cerebrales.

La investigación con organismos individuales en psicología experimental se inicia con Weber ( 1800 ) y Fechner ( 1860 ), siendo Fechner el más famoso por desarrollar medidas de las sensaciones a través de varios métodos psicofísicos. El método consiste en establecer la relación entre los cambios de estímulos y los cambios en las sensaciones, proporcionando medidas repetidas de una respuesta a diferentes intensidades de los estímulos en sujetos individuales. Es interesante notar que Fechner fué uno de los primeros en aplicar técnicas estadísticas para analizar los resultados de sus experimentos.

A pesar de estos antecedentes, el estudio con organismos individuales, en el campo de la psicología experimental no tuvo el auge esperado en estos años, debido al surgimiento de las técnicas estadísticas para comparar grupos de sujetos.

No obstante, la importancia que las técnicas estadísticas tuvieron en la investigación psicológica, se vuelve a incrementar el interés por el estudio con organismos individuales con los trabajos de Skinner ( 1938 - 1953 ), el cuál emplea el diseño de medidas repetidas bajo condiciones controladas, utilizando cantidades mínimas de sujetos infrahumanos.

Posteriormente Sidman ( 1960 ), con pleno dominio de la situación -- metodológica imperante en estos años, inició el rechazo de la estadística inferencial, por considerarla inadecuada en su aplicación para datos -- intrasujetos, al mismo tiempo con su trabajo de metodología experimental aumenta la confiabilidad en la experimentación con un sujeto en el área -- de la psicología operante.

La relevancia de estos trabajos radica en el creciente interés por la investigación con organismos individuales, por consiguiente el empleo de -- diseños de series de tiempo en psicología experimental se considera fun-- damental.

De acuerdo a Campbell y Stanley ( 1966 ), "El diseño de series cronológicas consiste, en lo esencial, en un proceso periódico de medición sobre algún grupo o individuo y la introducción de una variable experimental en esa serie cronológica de mediciones, cuyos resultados se indican por -- medio de una discontinuidad en las mediciones registradas en la serie." -- ( pág. 76 ).

El diseño de series, también conocido como de medidas repetidas, es -- una extensión de los diseños pretest - postest. El diseño pretest - postest, nos indica un lineamiento en su aplicación, que es el de observación -- tratamiento - observación.

El diseño experimental de series de tiempo, involucra un número de observaciones repetidas O, de una variable de interés a través del tiempo -- con una intervención, I, introducida entre dos observaciones. Un cambio

abrupto en la observación, coincidiendo con la intervención, se puede interpretar como el efecto de la intervención, sobre la variable resultante. La implementación adecuada y la interpretación cuidadosa de estos diseños, dan como base una herramienta sensitiva para la investigación de relaciones causales en la ciencia conductual ( Glass, Willson y Gottman, 1975; Kratochwill, 1978 ).

Campbell y Stanley ( 1966 ), llamarón a estos diseños como cuasi - experimentales de series de tiempo interrumpido, discutiendo la metodología y su análisis estadístico.

Generalmente la notación básica de los diseños de series de tiempo, como se había indicado anteriormente es la siguiente: O, representa la observación, e I, indica una intervención dentro de una secuencia de observaciones. Ambos O e I, pueden ser suscritos para designar tiempo en el caso anterior y diferenciarlos en el posterior. Por ejemplo: Un experimento con cinco observaciones antes y después de una intervención, queda como sigue:

O O O O O I O O O O O

En los diseños de series de tiempo por su misma naturaleza metodológica, pueden aplicarse intervenciones continuas y temporales, dependiendo del objetivo de la investigación. Una intervención puede ocurrir una vez en una serie y no ser mantenida, o puede ser aplicada continuamente. Establecer esta diferencia es de suma importancia, ya que una intervención puede producir cambios abruptos o débiles, dependiendo de los cambios observados en la serie temporal de los datos ( Kratochwill, 1976 ).

Estos diseños pueden ser esquematizados de la siguiente manera:



## Intervención Continua

O O O I O I O I O I O

## Intervención Temporal

O O O I O O O

Tanto los diseños de grupos como los de series de tiempo, presentan restricciones metodológicas, en cuanto a la validez interna del experimento.

Para Kratochwill ( 1978 ), los diseños de series de tiempo han tenido relevancia porque se mide un sujeto bajo condiciones controladas de línea base y fase experimental, no obstante que esto implica el estar alertas en cuanto a los factores que atentan contra la validez interna, esta es una de las objeciones a nivel metodológico. La validez interna se refiere al grado de control que se puede ejercer sobre las variables extrañas en la situación experimental. Los variables extraños que atentan contra la validez interna son; historia, maduración, administración de pruebas, instrumentación, regresión estadística, selección, mortalidad e interacción. De estas variables extrañas, la historia es la variable que atenta más contra los diseños de series de tiempo, ya que tales experimentos se miden a través del tiempo.

Otra restricción metodológica es la poca posibilidad de ganar generalización y este se refiere a la validez externa del experimento.

Sidman ( 1960 ), estableció que es posible ganar generalización con estos diseños por medio de la replicación sistemática de los hallazgos experimentales.

En el campo de la estadística, también han surgido dificultades en los diseños de series de tiempo, no se tiene una muestra extraída aleatoriamente de la población, existe dependencia en las observaciones - - - ( Edgington, 1967; en Edgar y Billingsley, 1974 ).

La dependencia de las observaciones constituye otra restricción metodológica en los diseños de series de tiempo, debido a que las observaciones de un mismo sujeto a través del tiempo, tienden a estar correlacionados.

Por lo anterior la evaluación estadística con experimentos de  $N=1$ , ha estado limitada, debido a que los datos generados en estos experimentos - presentan dependencia serial.

La forma de analizar los datos en los diseños de series de tiempo, lo podemos llevar a cabo en forma visual, y estadística.

En forma visual, para analizar los cambios debemos atender principalmente a tres características:

- a) Presencia o ausencia de tendencia
- b) Cambio en el nivel
- c) Cambio en la pendiente

La tendencia se refiere, al cambio de la dirección dentro de las - - fases, esta puede ser en forma ascendente o descendente; El nivel se refiere a cambios en el punto de interrupción entre las fases, no hay continuidad entre los puntos de una fase a la otra; La pendiente se refiere al cambio de inclinación que forma la serie, tomandola desde un punto de vista

lineal, esto se hace tomando en cuenta el ángulo que forma la serie entre las fases.

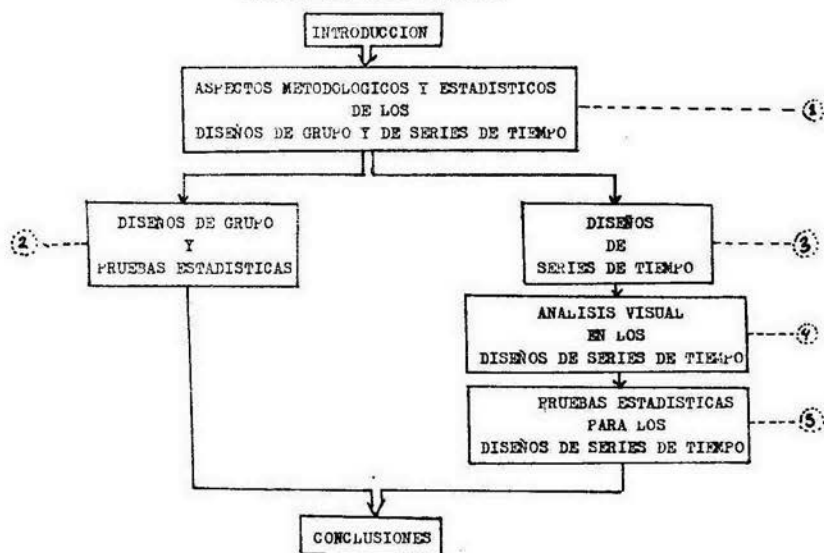
En cuanto a lo estadístico, se ha tratado de adecuar la estadística tradicional para analizar los datos de los diseños de series de tiempo, pasando por alto supuestos relevantes como por ejemplo la dependencia serial, lo cual nos conduce a errores en el análisis de resultados del experimento. Por consiguiente las pruebas estadísticas utilizadas en los diseños de grupos, no son aplicables a los datos obtenidos en una investigación con diseños de series de tiempo.

De acuerdo a Kazdin ( 1976 ), las pruebas estadísticas que se pueden utilizar para evaluar los diseños de series de tiempo, son las siguientes:

- a) Análisis de series temporales
- b) Pruebas de aleatorización
- c) Prueba  $R_n$  de Revusky
- d) El método de la partición media de la tendencia

Estas constituyen algunas de las pruebas para evaluar los datos en los diseños de series de tiempo.

## ESQUEMA GENERAL DEL TRABAJO



▭ → *Contenido*

○ → *Capítulo*

**Objetivo por capítulo:**

- I.- Revisar los aspectos metodológicos y estadísticos de los diseños de grupo y de series de tiempo; para tener bases de comparación - entre ambas clases de diseños.
- II.- Revisar los supuestos del modelo estadístico y la lógica de la - inferencia estadística, para clasificar en forma esquemática los - diseños y las pruebas para grupos de sujetos.
- III.- Revisar las diferentes clasificaciones o categorizaciones de los - diseños de series de tiempo.
- IV.- Revisar el tipo de análisis visual para detectar, los cambios - - característicos entre las fases, de los diseños de series de tiempo.
- V.- Revisar las técnicas estadísticas utilizadas, para evaluar los datos de los diseños de series de tiempo.

**Aspectos Metodológicos y Estadísticos para diseños  
de Grupo y de N= 1**

Es importante para la investigación experimental en psicología, conocer los aspectos metodológicos y estadísticos, para una correcta planificación del experimento y un adecuado análisis de resultados. Al planificar un diseño experimental, se debe tener presente todos aquellos factores que atentan contra la validez interna como a la validez externa del experimento, también es importante considerar lo referente al control experimental.

La validez interna del experimento, constituye un aspecto metodológico importante, tanto para los diseños de grupos, como para los diseños de series de tiempo. La validez interna se refiere al control que se tiene durante el experimento sobre las variables extrañas ( Campbell & Stanley, 1966; Mc Guigan, 1971; Castro, 1977; Gras y Kratochwill, 1978 ).

Las variables extrañas, son todas aquellas variables experimentales, que actúan adicionalmente a la variable independiente y de no controlarse puede afectar a la variable dependiente, es decir que los cambios en la variable dependiente realmente se deban a la acción de la variable independiente, que es la manipulada por el experimentador y no a las variables extrañas.

Según Campbell & Stanley (1966), las variables extrañas que amenazan la validez interna del experimento son:

1) Historia.- Se refiere a todos aquellos eventos ocurridos entre la primera y la segunda medición, eventos que pueden influir cambios en la variable dependiente.

2) Maduración.- Son los procesos que ocurren en el sujeto a lo largo de un experimento, como el desarrollo biológico. Procesos que pueden producir cambios en la variable dependiente debido a la maduración y no a la manipulación de la variable independiente.

3) Administración de Tests.- Se refiere a los efectos que la administración de un Tests ejerce sobre los resultados de otro posterior, - siempre que se aplique el mismo Tests. Los cambios producidos en los valores de la variable dependiente, se deben a los efectos del primer Tests y no a la variable independiente.

4) Instrumentación.- Es debido a los cambios o inconsistencia de los instrumentos de medición, generalmente estos cambios se producen en el empleo de instrumentos muy sensibles, no solo a las manipulaciones del experimentador, sino también a los cambios del medio ambiente. Cuando pasan inavertidos por el experimentador, pueden producir variaciones en las mediciones obtenidas en la variable dependiente.

5) Regresión Estadística.- Son los efectos de los valores altos y bajos en la variable dependiente, efectos que tienden hacia la media y que son el resultado de cierto comportamiento estadístico de los datos. El tratamiento experimental, no tendría efecto en la variable dependiente a menos que se establezca una relación directa entre la manipulación de la variable independiente y el cambio observado en la variable dependiente.

6) Selección.- Se refiere a la forma diferencial de elección de los sujetos, para formar los grupos experimentales, esto ocasiona que los -

resultados del experimento, se deba a estas diferencias que a la acción del tratamiento.

7) Mortalidad.- Es la pérdida de sujetos a través de un experimento. Si esta pérdida es relevante contribuirá en muchas ocasiones, a no continuar con el experimento.

8) Interacción.- La interacción entre las variables extrañas; como historia y selección, maduración y selección etc., puede llegar a ocasionar resultados erróneos en el experimento.

La Validez externa del experimento, se refiere a la representatividad o a la posibilidad de generalizar los resultados encontrados en la investigación. Los factores que amenazan la validez externa del experimento de acuerdo a Campbell & Stanley (1966), son:

1) El efecto reactivo o de interacción de las pruebas.- Se refiere al aumento o disminución de la sensibilidad de la reacción del sujeto - ante la variable experimental, debido a la aplicación de un pretest antes del experimento.

2) Efectos reactivos de los dispositivos experimentales.- Son los efectos que los instrumentos de medición pueden producir en los sujetos - sometidos al experimento.

3) Interferencia de los tratamientos múltiples.- Se refiere a los efectos que pueden producirse cuando a un mismo sujeto o a un mismo grupo de sujetos se les aplican un gran número de tratamientos.

En todo diseño experimental se encuentran presentes los dos tipos de validez, su importancia no tiene objeciones, el problema surge cuando se -



hallan comprometidos los dos tipos de validez, ante tal situación a cuál se le debe dar mayor prioridad. Según Campbell & Stanley (1957; en Gras, 1978) y Kratochwill (1978), es mejor asegurar la validez interna del experimento, que generalizar resultados que pueden carecer de significado al no haber control de las variables extrañas durante el mismo.

Lo ideal en toda investigación, es poder llegar a controlar toda fuente de variabilidad, tanto interna como externa del experimento. Como señala Sidman (1960), al igual que en otras ciencias, los avances técnicos en la psicología experimental pueden incrementar, en cuanto al perfeccionamiento de aparatos de medición, métodos de recolección, análisis de datos etc., pero existe un tipo de avance técnico que es exclusivo de la psicología experimental, el cuál consiste en desarrollar técnicas de control conductual.

Cuando se habla acerca del control experimental, se hace mención a los principales usos que se han hecho del mismo: en primer lugar, el término control se considera como eliminación de todos aquellos factores (variables extrañas), que pueden llegar a interferir en los resultados de un experimento; en segundo lugar, se entiende por control al ejercido sobre la variable independiente y por último se llama control al grupo que se toma de comparación con el grupo experimental, y se le da el nombre de grupo control o grupo testigo (Mc Guigan, 1971; Castro, 1977; Gras, 1978).

De acuerdo a Mc Guigan (1971),. Las técnicas de control de las variables extrañas son: eliminación, constancia en las condiciones, balanceo, -

contrabalanceo y selección al azar. La relevancia de estas técnicas, - consiste en que, su adecuada aplicación incrementa la validez interna del experimento.

En los diseños de grupo, se emplea como técnica de control la selección al azar, tanto para obtener la muestra de la población, como para asignar a los sujetos a los diferentes grupos de tratamiento. Castro (1977), consideró que una muestra extraída de una población en forma al azar, permitía generalizaciones más confiables.

A pesar de estos antecedentes, se tienen problemas en cuanto a la -- generalización, la comparación de grupos no responde a las preguntas -- planteadas como; los datos representan a todos los sujetos de la población o a cuantos sujetos representan realmente; los datos se pueden generalizar a un solo individuo o únicamente representan a los sujetos como grupo (Allpost, 1937; en Edgar y Billingsley, 1974).

Al respecto Hersen y Barlow (1976), presentan cinco restricciones - metodológicas, las cuales son: a) objeciones éticas, en el empleo de tratamientos inadecuados para los pacientes; b) problemas prácticos para - reunir un gran número de pacientes; c) el promedio de los resultados a través de grupos, oscurecen la respuesta individual al tratamiento; d) la generalización de los descubrimientos; e) la variabilidad intersu- jeto.

Estas objeciones o problemas metodológicas, tienden a limitar el uso

de diseños de grupos de comparación, como una aproximación a la investigación aplicada.

En los diseños de series de tiempo o replicación intrasujeto, la historia es la que representa el mayor problema en la validez interna del experimento. Como lo señalaron Campbell & Stanley (1966), de las variables extrañas, la historia es casi imposible de controlar en estos diseños, en los que se realizan mediciones a través del tiempo.

Otra objeción metodológica en los diseños de series de tiempo, es la poca posibilidad de generalización, debido a que los datos obtenidos, no proporcionan una estimación de la variabilidad de la población y por lo tanto no hay bases lógicas para la generalización a la población de la cual se selecciona el sujeto ( Edgington, 1967 ).

Esto se debe al hecho de que estadísticamente, las generalizaciones no se pueden hacer a una población de la cual no se han tomado muestras aleatorias ( Kratochwill, 1978 ).

Sidman (1960), comentó que se puede obtener generalización con estos diseños, por medio de la replicación sistemática de los resultados obtenidos en el experimento. Para que los resultados de un experimento se puedan generalizar deben ser replicables, por replicabilidad se entiende, como la confirmación repetida en forma clara y consistente de los resultados de un experimento bajo diferentes circunstancias.

Sidman (1960), menciona dos formas de replicabilidad: directa y sistemática; la replicación directa, es cuando los resultados son reproducidos por el mismo investigador y bajo las mismas condiciones, esto se puede hacer con diferentes sujetos o con el mismo sujeto. Cuando se lleva a cabo con diferentes sujetos, se le da el nombre de replicación directa entre sujetos, y con esta replicación se asegura la generalización de los resultados. Por otra parte, cuando las observaciones se hacen con el mismo sujeto, se llama replicación directa intrasujetos, obteniéndose la fiabilidad de los resultados, como las observaciones se realizan a través del tiempo y en un solo sujeto, se establece una relación directa con los diseños conductuales; en la sistemática, los resultados se replican bajo condiciones diferentes de las originales, la replicación se puede hacer en otro lugar, con el mismo investigador o con otro diferente, esta replicabilidad además de producir confiabilidad de los hallazgos previos, también produce generalidad e información adicional.

Con la replicación directa y sistemática, la investigación que emplea diseños de series de tiempo cuenta con un procedimiento que permite hacer generalizaciones de los resultados obtenidos.

En cuanto al plano estadístico, los diseños de grupo se basan en pruebas convencionales de significación estadística, como procedimiento para la verificación de las hipótesis. El investigador con la aplicación de estas pruebas pretende alcanzar conclusiones válidas con los datos del experimento. Por lo tanto al aplicar un modelo estadístico a los datos de un experimento, los datos deben cumplir con los supuestos requeridos por el modelo (Grass, 1981).

Los supuestos del modelo estadístico para las pruebas paramétricas y no paramétricas, en este orden, según Siegel (1974) y Grass (1981), son:

- 1) Normalidad de las poblaciones de las que se extraen las muestras
- 2) Observaciones independientes
- 3) Homoscedasticidad
- 4) Condición de medida
- 5) Condición de linealidad

Para las pruebas estadísticas no paramétricas son:

- 1) Distribuciones libres
- 2) Observaciones independientes
- 3) Condición de medida

El uso de la inferencia estadística paramétrica y no paramétrica en los diseños de grupo, es simple y directa y su lógica es elemental - - - (Castro, 1977 ).

Los diseños de series de tiempo, no cumplen con los requisitos de los modelos de la inferencia estadística, por lo cual no justifica el empleo de pruebas estadísticas convencionales. La crítica más fuerte es que no se basan en un modelo de muestreo aleatorio, que supone que la medida elegida azarosamente es independiente de otras medidas en la muestra - - ( Edgington, 1967; en Edgar y Billingsley, 1974 ).

Otras objeciones en los diseños de series de tiempo, son: dependencia serial de las observaciones, acarreo, fatiga, habitación o adaptación, - tendencia y ciclicidad ( Castro, 1977 ).

Ante este panorama, la aplicación de pruebas estadísticas convencionales en los diseños de series de tiempo ha estado limitada. Las alternativas más viables para la evaluación de estos datos son: análisis visual y análisis estadístico apropiado para este tipo de diseño.

### Diseños de Grupo

Los diseños de grupo, tienen como característica fundamental, - utilizar técnicas estadísticas como procedimiento para la verificación de hipótesis y, de esta manera obtener inferencias válidas. El procedimiento que por lo común se sigue para la comprobación de hipótesis, - es aplicar un modelo estadístico que se aproxima más a las condiciones - de la investigación, por consiguiente los datos experimentales deben - cumplir con los supuestos del modelo.

Los supuestos del modelo estadístico para las pruebas paramétricas y no paramétricas, según Siegel (1974) y Grass (1981), son:

a) Normalidad.- Los diseños del experimento deben provenir de una población distribuida en forma normal.

b) Observaciones Independientes.- La elección de un sujeto de una población, para formar la muestra no debe afectar la inclusión de cualquier otro, es decir que todos tengan la misma probabilidad de ser elegidos. Por lo consiguiente las observaciones son independientes entre sí.

c) Homocedasticidad.- Este supuesto nos indica que los grupos de tratamiento deben tener la misma varianza.

d) Condición de Medida.- Las variables de análisis deberán haberse medido en una escala de intervalo. Esta escala permite manipulaciones - aritméticas con los datos.

e) Condición de Linealidad.- Se aplica en el caso de análisis de - varianza, esta condición especifica que los efectos de las filas y columnas deberán ser combinaciones lineales, por lo tanto estos efectos deberán ser aditivos.

Supuestos de las pruebas no paramétricas:

- a) Distribuciones Libres.- Las muestras no necesariamente deben - provenir de una distribución normal.
- b) Independencia de las observaciones
- c) Condición de medida.- Las variables de análisis son medidas en una escala ordinal y algunas en una escala nominal. Los datos son de - orden y de clasificación.

De acuerdo a Siegel (1974), es preferible utilizar una prueba paramétrica cuando se cumple con todos los supuestos de su modelo estadístico, - debido a que los supuestos de las pruebas no paramétricas son pocas y más débiles en comparación con los de las pruebas paramétricas.

Los supuestos de las pruebas, las técnicas de control de las variables experimentales, las escalas de medición empleadas etc., son requisitos - indispensables en la elección de una prueba estadística. Según, Grass - (1981), para elegir una adecuada prueba de verificación de hipótesis, - debemos atender a los siguientes aspectos del diseño; cantidad de variables independientes manipuladas, número de grupos que se han formado y por último la forma de asignación del sujeto a los sujetos a los diferentes - condiciones de tratamiento.

En la aplicación de una prueba estadística, tanto paramétrica como - no paramétrica, debe seguirse una serie de pasos perfectamente delineados, aunque cabe aclarar que no necesariamente todas las pruebas deben cumplir con todos los pasos, esta depende del tipo de prueba que se aplique. De



acuerdo a Siegel (1974); Chao (1974); Glass & Stanley (1980); Grass - (1981); Stevenson (1981), generalmente los pasos en la aplicación de una prueba estadística son los sig:

1) Transformación de las observaciones en datos científicos. La - transformación la podemos esquematizar de la siguiente forma:

Observación	→	Registro	→	Datos Científicos
-------------	---	----------	---	-------------------

Este punto es de suma importancia en la investigación experimental, - puesto que permite al experimentador transformar sus observaciones registradas sobre una característica conductual, en datos, mediante la aplicación de una adecuada escala de medición. Puesto que la psicología experimental se basa en medidas de tipo físico como latencia, tiempo, magnitud, etc., debe haber una relación directa entre el sistema de números - que se asignen y el atributo psicológico que es medido, por lo cual la - aplicación de una escala de medición en psicología debe tener en cuenta el cumplimiento de los supuestos del modelo en la forma de asignar los - números.

2) Formulación de las hipótesis: Hipótesis de investigación, - - hipótesis estadísticas; nula ( $H_0$ ) y alterna ( $H_1$ ).

La hipótesis de investigación es la que se enuncia, de acuerdo a la teoría que se esta probando; la hipótesis nula, es la que se somete a - prueba y que no establece ninguna diferencia, también es la que se plantea con el objeto de ser rechazada; la hipótesis alterna, se fórmula de acuerdo a la hipótesis de investigación y por consiguiente las diferencias - encontradas entre los datos, se deberá a las manipulaciones de las varia-

bies experimentales en caso de confirmarse esta.

El planteamiento en el siguiente:

$$H_0 : M_1 = M_2$$

$$H_1 : M_1 \neq M_2$$

3) Elección de la prueba estadística para probar la hipótesis nula. Se elige el modelo que se aproxime más a los datos del experimento y que las medidas satisfagan las medidas de la investigación.

4) El nivel de significación y el tamaño de la muestra. El nivel de significación ( $\alpha$ ), indica la probabilidad mínima imprescindible de rechazar la hipótesis nula cuando sea verdadera. Generalmente el investigador especifica los valores del nivel de significación con los cuales va a trabajar, tomando como referencia la importancia de la investigación.

Existen dos tipos de errores que se pueden cometer al aceptar o rechazar en forma equivocada la hipótesis nula: Error tipo I y error tipo II.

Se comete un error de tipo I, cuando se rechaza la hipótesis nula - siendo verdadera. La probabilidad de un error de tipo I, es igual al nivel de significación de una prueba, se simboliza por alfa ( $\alpha$ ). Se comete un error tipo II, cuando se acepta la hipótesis nula siendo falsa. La probabilidad de cometer el error tipo II, se simboliza por beta ( $\beta$ ).

Esquemmatizando los dos tipos de errores queda:

Error Tipo I - R Ho V

Error Tipo II - A Ho F

$$P(\text{error tipo I}) = \alpha$$

$$P(\text{error tipo II}) = \beta$$

Por lo tanto:

Estado de Naturaleza	Decisión	
	Aceptar $H_0$	Rechazar $H_0$
$H_0$ es verdadera	$(1 - \alpha)$	Error Tipo I ( $\alpha$ )
$H_0$ es falsa	Error Tipo II ( $\beta$ )	$(1 - \beta)$

Se observa que cuando la hipótesis nula es verdadera, solo interviene  $\alpha$  y  $\beta$  no tiene nada que ver. Por otra parte, cuando es falsa la hipótesis nula, solo interviene  $\beta$ . Si bien  $\alpha$  no entra en juego en este último caso, no obstante afecta la magnitud de  $\beta$ , cuanto mayor sea el valor de  $\alpha$ , menor será el de  $\beta$ .

Existe una relación inversa en ambos tipos de errores, al incrementar o decrementar el valor de  $\alpha$ , se incrementará o disminuirá el valor de  $\beta$ , para cualquier tamaño muestral. Si se incrementa el tamaño de la muestra se reducirá la probabilidad de cometer equivocadamente ambos tipos de errores. En toda situación experimental en la cual se apliquen pruebas de inferencia estadística, existe la probabilidad de cometer cualquiera de los dos tipos de errores, la forma de alcanzar un equilibrio óptimo es por medio de la potencia de una prueba. La potencia de una prueba, se define como la probabilidad de rechazar la hipótesis nula, cuando es realmente falsa, esta dado por:

$$P = 1 - \text{probabilidad del error tipo II}$$

$$P = 1 - \beta$$

El tamaño de la muestra, es el número de elementos que van ha - -

intervenir en el experimento, debe ser representativo de la población y esta relacionado con el grado de precisión que se desea obtener en las estimaciones muestrales. Según, Rojas (1977), se puede calcular el tamaño de la muestra mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{z^2 p q}{E^2}$$

donde:

$n$  = Tamaño de la muestra

$Z$  = Nivel de confianza requerido para generalizar los resultados --  
hacia toda la población

$pq$  = Variabilidad del fenómeno estudiado

$E$  = Precisión con que se generalizarán los resultados

Cuando el tamaño de la población es conocida, se utiliza el factor de corrección finito, y la ecuación queda:

$$n_c = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o - 1}{N}}$$

En este caso:

$n_o$  = Muestra corregida

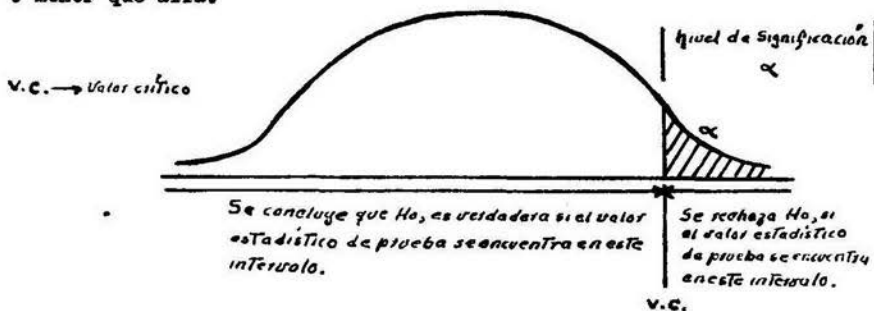
$n_i$  = Muestra inicial ( obtenida con la anterior fórmula ).

$N$  = Número de elementos de la población

La muestra encontrada con el factor de corrección finito, se denomina muestra corregida, se simboliza por  $n_c$ . La muestra encontrada con la primera ecuación se simboliza con  $n_o$ , para diferenciarla con la muestra corregida.

5) **Distribución Muestral.** Es la distribución de todos los valores posibles de una prueba, tomados al azar conforme a la hipótesis nula. En otras palabras, es una distribución teórica que expresa la relación funcional entre cada uno de los distintos valores del estadígrafo muestral y la correspondiente probabilidad para todas las muestras posibles de un mismo tamaño tomados de la misma población de acuerdo a la hipótesis nula. Si tomamos una muestra lo suficientemente representativa de una población, se espera que los valores de los estadígrafos tengan la misma proporción que los valores de los parámetros de la población, por lo cual casi siempre se da por hecho el supuesto de normalidad en la inferencia estadística paramétrica y por consiguiente la media y la desviación estandar de la muestra serán iguales a los de la población.

6) **Región de Rechazo.** Es una zona de la distribución muestral, la cual incluye un conjunto de valores posibles que una prueba puede tomar con respecto a la hipótesis nula. Por lo tanto se puede decir que la región de rechazo esta formada por un subconjunto de valores extremos de la distribución muestral, que cuando la hipótesis nula es verdadera, es mínima la probabilidad de que las muestras observadas produzcan un valor que este entre este subconjunto de valores, de acuerdo a esto la probabilidad asociada con cualquier valor de la región de rechazo debe ser igual o menor que alfa.



Para localizar la región de rechazo, debemos considerar el planteamiento de la hipótesis alterna. Existen dos casos: 1) Si la hipótesis alterna indica la dirección predicha de la diferencia, entonces se requiere una prueba de una sola dirección ( unilateral ); 2) Si la hipótesis alterna no indica la dirección de la diferencia, entonces se requiere una prueba de dos direcciones ( bilateral ).

La magnitud de la región de rechazo esta dada por alfa, que es el nivel de significación. El límite entre la región de aceptación y de rechazo lo da el valor del nivel de significación, generalmente se le llama valor crítico ( V.C.).

Esquematisando la región de rechazo con un nivel de significación,  $\alpha = .05$ , queda de la siguiente forma:

$$1) H_1 : M_1 > M_2$$

$$H_0 : M_1 = M_2$$

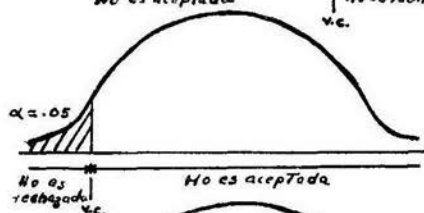
$$\alpha = .05$$



$$H_1 : M_1 < M_2$$

$$H_0 : M_1 = M_2$$

$$\alpha = .05$$



$$2) H_1 : M_1 \neq M_2$$

$$H_0 : M_1 = M_2$$

$$\alpha = .05$$

$$\alpha/2 = .025$$



7) Decisión Estadística. La decisión estadística es la parte final de toda investigación experimental. Tomar una decisión implica probar - una hipótesis relativa acerca de un aspecto de la conducta, por lo cual se debe contar con una regla de decisión que se toma como base, para - aceptar o rechazar la hipótesis nula con un máximo de precisión. La - regla de decisión estadística consiste en comparar el valor del resultado observado de la prueba en un experimento con el valor teórico del - mismo que cabe esperar si solo hubiese actuado al azar por lo tanto, - cuando la probabilidad asociada con un valor observado de una prueba estadística es igual o menor que el valor previamente determinado por alfa, concluimos que la hipótesis nula debe ser rechazada, entonces el valor - observado es llamado significativo. En otras palabras un valor es significativo cuando la probabilidad asociada de ocurrencia de acuerdo con la hipótesis nula, es igual o menor que alfa.

$$P \leq \alpha \rightarrow \text{Se R Ho}$$

El utilizar técnicas estadísticas en la investigación experimental - queda justificada por la ayuda que brinda al investigador para la obtención de inferencias o conclusiones válidas a partir de los datos del - experimento.

Una vez considerados los aspectos metodológicos y estadísticos de los diseños de grupo, se tratará de establecer una relación entre estos dos - aspectos, en forma esquemática. De acuerdo a Grass (1981), la clasificación se realizó de la siguiente forma:

## 1) Clasificación de los diseños de acuerdo a la técnica de control

Técnica de control	Diseños
Aleatorización	Diseños de grupos al azar
Constancia	Diseños de grupos apareados y de bloques

## 2) Clasificación de los diseños de acuerdo a la técnica de control y al número de variables independientes

Técnica de Control	Una variable independiente		Dos o más V.I.
	Dos grupos	Funcional	Factorial
Aleatorización	Diseños de dos grupos al azar	Diseños de tres o más grupos al azar	Diseño factorial al azar
Constancia	Diseños de dos grupos apareados	Diseños de bloques al azar Diseño de cuadrado latino	Factorial de cuadrado latino Diseño jerárquico

## 3) Elección de la prueba estadística, de acuerdo al diseño y a la naturaleza de los datos; para experimentos de una sola variable independiente y dos condiciones experimentales:

Naturaleza de los datos	Clase de Diseño	
	Grupos Independientes	Grupos relacionados
Datos Paramétricos	Prueba t Para muestras independientes	Prueba t Para muestras relacionadas
Datos no Paramétricos	Prueba V de Mann Whitney Prueba de $X^2$ cuadrado	Pruebas de rangos señalados y pares igualados de Wilcoxon Prueba de los signos



- 4) Elección de la prueba estadística de acuerdo al diseño y a la naturaleza de los datos; para experimentos de una sola variable independiente con tres o mas condiciones experimentales.

Naturaleza de los datos	Clase de Diseño	
	Grupos independientes	Grupos relacionados
Datos Paramétricos	AVAR unidireccional de grupos independientes	AVAR unidireccional de grupos relacionados
Datos no Paramétricos	AVAR de una clasificación por rangos de Kruskal - Wallis Prueba $X^2$	AVAR de dos clasificaciones por rangos de Friedman Prueba Q de Cochran

- 5) Elección de la prueba estadística de acuerdo a la naturaleza de los datos, al número de variables independientes y al número de condiciones experimentales.

	Naturaleza de los datos	Variables Independientes	Condiciones Experimentales	Clase de Prueba
Clase de datos	Datos de distribución normal	Univariable	Dos	Grupos independientes: T para muestras independientes Z para muestras independientes
				Grupos relacionados: T para muestras relacionadas
		Tres o más	Grupos independientes: AVAR unidireccional Grupos relacionados: AVAR unidireccional Comparación entre grupos: prueba de Sheffo, Ekey, Newman Keuls y Duncan	
		Dos o más variables	Dos o más por variable	Análisis factorial de la varianza

Clase de datos	Datos de Distribución Libre	Una variable	<p>Doce</p> <p>Tres más</p>	<p><b>Grupos independientes:</b>  <b>Pruebas:</b> <math>\chi^2</math>, mediana, U de Mann-Whitney, Kolmogorov-Smirnov, Aleatoriedad.</p> <p><b>Grupos relacionados:</b>  <b>Pruebas:</b> Wilcoxon, signos, McNemar, Walsh, Aleatoriedad.</p> <p><b>Grupos independientes:</b>  <b>Pruebas:</b> ANOVA de Kruskal-Wallis, <math>\chi^2</math>, extensión de la mediana, Rgan (N), para comparaciones específicas en Kruskal-Wallis.  <b>Prueba de Tendencias de Jonckheere.</b></p> <p><b>Grupos relacionados:</b>  <b>Pruebas:</b> Q de Cochran, ANOVA de Friedman, McNemar (<math>\chi^2</math>) para comparaciones específicas en Friedman.  <b>De Tendencias:</b> L de Page.</p>
----------------	-----------------------------	--------------	-----------------------------	--

## Diseños de Series de Tiempo

Los diseños de series de tiempo, también conocidos como de medidas repetidas, es una extensión de los diseños pretest - posttest. Los diseños pretest - posttest, indican un lineamiento en su aplicación que es el de observación - tratamiento - observación.

De acuerdo a Campbell y Stanley (1966), "El diseño de series - - cronológicas consiste, en lo esencial, en un proceso periódico de medición sobre algún grupo o individuo y la introducción de una variable - experimental en esa serie cronológica de mediciones, cuyos resultados se indican por medio de una discontinuidad en las mediciones registradas en la serie" (Pag. 76).

El diseño experimental de series de tiempo, involucra un número de observaciones repetidas  $O$ , de una variable de interés a través del - - tiempo, con una intervención  $I$ , introducida entre dos periodos de observaciones. Un cambio significativo en la observación, coincidiendo con la intervención, se puede interpretar como el efecto de la intervención sobre la variable de interés. La implementación adecuada y la interpretación cuidadosa de estos diseños, dan como base una herramienta - - sensitiva para la investigación de relaciones causales en la ciencia - conductual ( Glass, Willson y Gottman, 1975; Hersen y Barlow, 1976; - Kratochwill, 1978 ).

La notación básica de los diseños de series de tiempo es la - - siguiente,  $O$ , representa la observación o medición,  $I$ , indica una - intervención dentro de una secuencia de observaciones. Ambos  $O$  e  $I$ , - pueden llevar subíndices para designar la secuencia temporal de las - - observaciones en el primer caso y en el segundo para diferenciar los -

tratamientos. Otra notación que se utiliza en el símbolo  $\underline{X}$ , en lugar de I para denotar la presencia del tratamiento (Campbell y Stanley, 1966).

Por lo tanto, el modelo básico de los diseños de series de tiempo es;

Modelo  
O O O O I O O O O

Cuando las unidades experimentales (sujeto, grupo), han sido asignadas a azar, se debe especificar mediante el símbolo Az o R, al inicio del digrama del diseño.

Asignación al azar  
Az O O O O I O O O O

Otro aspecto fundamental es en cuanto a la intervención, pueden -- aplicarse intervenciones continuas o temporales, dependiendo del objetivo del experimento. El esquema de estos diseños son los siguientes:

Intervención Continua  
O O O O I O I O I O I O

Intervención Temporal  
O O O O I O O O O

La diferencia entre la aplicación continua o temporal es fundamental, dado que dependiendo del tipo de aplicación se pueden producir cambios -- fuertes o débiles en la serie. Estos cambios deberán ser analizados a -- partir de los datos (Class, Willson y Gottman, 1975).

La notación simbólica empleada a nivel teórico, para esquematizar los diseños de series de tiempo, es la introducida por Campbell y Stanley (1966). En el plano aplicado los diseños suelen ser representados por la letra A, - para simbolizar la fase de línea base y B, para la fase de tratamiento. - En caso de que se utilizó más de una variable independiente se simbolizará por C, D o E. Por lo tanto llevando a cabo una combinación de fases - - A y B, y empleando letras para designar los diferentes tratamientos, se - pueden obtener todas las diferentes clases de diseños de replicación - - intrasujeto ( Hersen y Barlow, 1976, Kratochwill, 1978 ).

Empleando las diferentes notaciones para el diseño básico de series temporales obtenemos los siguientes diagramas:

Diseño	A B ( 0 0 0 0 I 0 0 0 0 )
Linea base	A ( 0 0 0 0 )
Fase Experimental	B ( I 0 0 0 0 )

Analizando los diagramas, observamos que tenemos cuatro observaciones o mediciones en la fase de línea base (A), y la aplicación del tratamiento con cuatro mediciones en la fase experimental (B).

Las notaciones anteriores se emplearán, para revisar los diferentes tipos de diseños de series de tiempo, los cuales son los siguientes:

- 1) Diseño de replicación intrasujeto de un solo componente. - - -  
Modelo básico A B.

Este diseño es el más simple de la clase de diseños de series de tiempo, es un diseño parecido al diseño pretest - postest de un solo grupo, la diferencia con el diseño pretes - postest, es que se toman una serie de medidas repetidas sobre alguna conducta particular antes y después de la aplicación del tratamiento.

El diseño A B, esta formado por dos fases, la fase A o línea base y la fase B o fase de tratamiento. Cualquier cambio de nivel o tendencia durante la fase de tratamiento, puede considerarse como efecto de la intervención del tratamiento sobre la conducta. El diagrama es el siguiente:

O O O O I O O O O  
A            B

La ventaja del diseño consiste en que al llevarse a cabo una serie de medidas en forma continua a través del tiempo, permite controlar la posible acción de factores que atentan contra la validez interna del experimento, factores como la historia, la maduración.

En cuanto a los inconvenientes en la utilización de este diseño, es cuando se compara la tendencia que muestran los datos en la línea base, con la tendencia en la fase experimental, por ejemplo, si tenemos una tendencia ascendente en línea base que continua en la fase experimental, cualquier inferencia que se haga al respecto sobre la efectualidad del tratamiento queda comprometida.

Otros posibles factores que pueden llegar a comprometer la validez interna y que deben tomarse en cuenta en el momento de evaluar el efecto de una intervención son: instrumentación, selección, regresión estadística. Este diseño a pesar de las desventajas mencionadas, ha sido ampliamente utilizada en el campo de la psicología clínica (Hersen y Barlow, 1976).

2) Diseño de reversión. Modelo básico de diseño de reversión A B A

El diseño se forma en base a tres fases, en primer lugar, se establece la línea base (fase A), en segundo se aplica el tratamiento (fase B), y por último se retira el tratamiento con el propósito de que la conducta regrese a su estado inicial (segunda fase A). Con este diseño, se pueden llegar a obtener inferencias más precisas sobre la efectividad del tratamiento, comparando los datos de la conducta específica de la línea base con los datos de la fase de reversión, si los datos de ambas fases guardan una cierta similitud, se puede decir que el tratamiento fue efectivo, en caso contrario la efectividad del tratamiento quedaría comprometida. El diagrama del diseño es el siguiente:

0 0 0 0 I 0 0 0 0 0 0 0 0  
 A B A

Las ventajas que ofrece este diseño, es la de poder llegar a controlar factores que atentan contra la validez interna, factores como la historia, selección, instrumentación. El punto fundamental del diseño consiste en la selección de una adecuada variable independiente, que en el momento del retiro (segunda fase), se pueda llegar a obtener la información requerida para establecer la inferencia de la relación causal. Por lo consiguiente



U.N.A.M. CAMPUS  
IZTACALA

la importancia del diseño, consiste en que permite verificar la efectividad del tratamiento.

**IZT.** 1000386

Las desventajas que proporciona este diseño son; en primer lugar de carácter ético cuando se aplica en el campo clínico, en segundo lugar al no permitir evaluar los efectos de la acción conjunta de dos o más tratamientos imposibilitando la generalización de los efectos a un contexto - más amplio (Hersen y Barlow, 1976).

3) Diseño A B A/R DO

La estructura del diseño ABA/RDO, es similar a la del diseño visto - anteriormente, la diferencia es que en la fase de reversión no solo se - retira el tratamiento, sino que se refuerzan otras conductas, menos la - conducta específica que es objeto de estudio, es por esta razón que el - procedimiento recibe el nombre de reforzamiento diferencial de otras - - conductas. El esquema del diseño es el siguiente:

O O O O I O O O O R D O O O O O  
A B A /RDO

Las ventajas que proporciona la aplicación del diseño es en el sentido de poder demostrar de una manera más efectiva la relación entre una variable de tratamiento y la conducta, por otra parte el diseño es muy aplicado en contextos clínicos y educacionales.

4) Diseño A B A B



El diseño consiste de cuatro fases o periodos de observaciones - repetidas sobre la misma conducta del sujeto. En dos fases del diseño se aplica el tratamiento, en las cuales si observamos un cambio conductual - del sujeto, diferente al observado en la línea base, se puede inferir que el tratamiento tuvo efecto sobre la conducta. La comprobación de esta - relación causal, se establece en la fase de reversión, en la cuál se espera que la conducta del sujeto regrese al nivel de línea base, posteriormente se aplica nuevamente el tratamiento para verificar si se produce de nuevo el cambio conductual y poder inferir con seguridad que el cambio es debido al tratamiento aplicado. El diagrama del diseño se representa de la siguiente forma:

O O O O I O O O O O O O I O O O O  
 A B A B

El diseño ABAB de reversión, también llamado diseño de muestras temporales equivalentes ( Campbell y Stanley, 1966 ), es considerado el de mayor aplicabilidad en la investigación sobre modificación de la conducta. También es conocido con el nombre de diseños operantes (Glass, Willson y Gottman, 1975; Kazdin, 1976; Kratochwill, 1978).

Una de las condiciones metodológicas más importantes en estos diseños consiste en no pasar de la fase de línea base a fase de tratamiento, hasta que esta no alcance niveles estables con el objeto de no confundir la - acción del tratamiento ( Kazdin, 1976 ).

En cuanto a los inconvenientes en la aplicación de este diseño es -

cuando se dan conductas que no son reversibles, debido a esto se pueden tener problemas ético-morales, por lo tanto se recomienda no emplear - esta clase de diseños.

#### 5) Diseño ABAB. Técnica de Inversión

La estructura de este diseño sigue los mismos lineamientos descritos en el diseño anterior. La diferencia lo establece el registro de dos - conductas en forma simultanea de un mismo sujeto, una conducta que tiene que ser incrementada y otra incompatible que tiene que ser decrementada. El diseño se representa de la siguiente forma:

Conducta A	0 0 0 0	I 0 0 0 0	0 0 0 0	I 0 0 0 0
	A	B	A	B
Conducta B (incompatible)	0 0 0 0	0 0 0 0	I 0 0 0 0	0 0 0 0
	A	A	B	A

Este diseño es más complejo que el de reversión, dado que no siempre es factible establecer la conducta incompatible con la conducta deseada. La ventaja que proporciona este diseño cuando es posible establecer la - conducta incompatible es la de obtener una mayor información sobre la - efectividad del tratamiento.

#### 6) Diseño BAB. De retirada

Este diseño se considera como una simplificación del diseño de - -

reversión de cuatro fases por la similitud en su estructura. En estos - diseños el investigador actúa cuando el tratamiento se está aplicando y - se requiere evaluar su efectividad. Por lo cual el diseño consta de tres - fases dado que se inicia la investigación con la aplicación del trata- - miento. El diseño se representa de la siguiente forma:

I O O O O   O O O O   I O O O O  
                   B           A           B

La ventaja de este diseño es que se pueden evaluar los tratamientos - una vez que estos ya han sido aplicados. Se consideran de mucha utilidad - en clínica por terminar con la fase de tratamiento.

Los diseños presentados hasta este punto, son los llamados diseños - básicos. Los que a continuación se presentarán se consideran como una - extensión de los diseños de reversión, como son los diseños multinivel, - de tratamiento múltiple e interactivo.

#### 7) Diseño multinivel

Los diseños multinivel se caracterizan por las variaciones en los - niveles de una misma variable de tratamiento, con el fin de establecer la - posible relación entre la variable de tratamiento y la variable de conducta.

Se tienen dos tipos de diseños multinivel, en primer lugar tenemos - una variedad del diseño ABA. La estructura del diseño es AB AB A , en - el cual se observa una combinación de dos diseños simples ABA.

Diagramáticamente el diseño se representa en la siguiente secuencia de -  
observaciones:

0 0 0 0 I<sub>1</sub> 0 0 0 0 0 0 0 0 I<sub>2</sub> 0 0 0 0 0 0 0 0  
A B<sub>1</sub> A B<sub>2</sub> A

Una segunda modalidad de diseño multinivel es una combinación del -  
diseño simple ABA, con una secuencia de fases en las que se varían los -  
niveles del tratamiento en forma escalonada. El modelo del diseño es  
A B A B B B B , en este modelo se observa una combinación de la -  
técnica de regresión y la técnica secuencial en forma gradual de los -  
niveles del tratamiento. La representación esquemática del diseño es -  
la siguiente:

0 0 0 0 I<sub>1</sub> 0 0 0 0 0 0 0 0 I<sub>1</sub> 0 0 0 0 I<sub>2</sub> 0 0 0 0 I<sub>3</sub> 0 0 0 0 I<sub>4</sub> 0 0 0 0  
A B<sub>1</sub> A B<sub>1</sub> B<sub>2</sub> B<sub>3</sub> B<sub>4</sub>

La importancia de estos diseños radica en que permiten analizar la  
forma en que los diferentes niveles de tratamiento afectan la conducta  
del sujeto y de esta manera, poder determinar su posible relación - -  
funcional.

La desventaja de estos diseños consiste en la falta de control so-  
bre los factores que atentan contra la validez interna, como es el caso  
de maduración, la práctica y el aprendizaje, que pueden ser causas del  
mejoramiento del comportamiento y no debido a la variable de tratamiento  
o a los niveles de la variable, por lo cual se recomienda extremar las -

precauciones al aplicar estos diseños en la investigación conductual.

### 8) Diseños de tratamiento múltiple

En estos diseños se utiliza más de un tratamiento, aplicado en -- diferentes fases de la investigación. La relevancia de estos diseños es que proporcionan información sobre la acción de dos o más tratamientos - en una misma investigación. Un modelo de diseño de tratamiento múltiple es el siguiente, ABACA, se observa la combinación de dos diseños del - tipo A B A, con dos tratamientos diferentes, un primer tratamiento lo - constituye B y un segundo tratamiento esta representado por la letra C. El diagrama del diseño es la siguiente:

O O O O I<sub>1</sub> O O O O O O O O I<sub>2</sub> O O O O O O O O  
A            B            A            C            A

Cabe aclarar que el diagrama es igual al planteado en el diseño -- multinivel, la diferencia estriba que en el diseño multinivel la I , re- presenta un nivel de una misma variable de tratamiento, en el diseño de tratamiento múltiple la I , representa un tratamiento diferente.

La importancia de aplicar estos diseños consiste en que se puede - conocer el efecto de dos o más variables de tratamiento en una misma - investigación y, por consiguiente, también es posible comparar el efecto de cada variable en forma individual sobre una misma conducta.

Los inconvenientes de estos diseños es no controlar los factores que

son consecuencia del paso del tiempo y que de alguna manera afectan el comportamiento de los sujetos. Otro inconveniente del diseño, es que no se puede analizar la acción simultánea de dos o más variables de tratamiento.

### 9) Diseños Interactivos

Los diseños interactivos constituyen una aproximación al diseño factorial, evalúan el efecto de los tratamientos en forma individual o en combinación con los demás tratamientos. También se pueden considerar como una extensión de los diseños de tratamiento múltiple, al emplear en algunas de sus fases una combinación de tratamientos. Un caso de modelo interactivo es A B A B B C B B C, este modelo se adecua más a las necesidades de la investigación clínica, porque la mayoría de los tratamientos terapéuticos emplean un número diferente de componentes. Por lo tanto el diagrama de un diseño interactivo es el siguiente:

0	0	0	0	I <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I <sub>2</sub>	0	0	0	0	I <sub>1</sub> I <sub>2</sub>	0	0	0	0	I <sub>1</sub>	0	0	0	0	I <sub>1</sub> I <sub>2</sub>	0	0	0	0
A				B				A				B				BC				B				BC				BC					

Para una correcta planificación de los diseños interactivos, se deben cumplir con dos condiciones elementales, las cuales son las siguientes:

- 1) Las variables de tratamiento deben analizarse, primero en forma individual y posteriormente analizar su efecto en conjunto.
- 2) No modificar más de una variable en forma simultánea temporalmente de una fase a la otra.

Estos diseños se aplicaran con cierto margen de seguridad en la medida en que se cumpla con las condiciones anteriores.

#### Diseños de no Reversión

Los diseños de no reversión forman otro grupo de diseños de medidas repetidas, estos diseños se caracterizan porque no es posible retirar la variable de tratamiento, esto es debido a que el proceso es irreversible o porque se dan efectos residuales que pueden influir sobre las siguientes fases. Por lo tanto, el fin de esta clase de diseños es proporcionar al investigador una herramienta metodológica, por medio de la cual le sea posible evaluar la efectividad de los tratamientos en condiciones de no reversibilidad.

Los diseños de no reversibilidad son: línea base múltiple, programa múltiple, programa concurrente y cambio de criterio.

#### 10) Diseños de línea base múltiple

El diseño de línea base múltiple se considera como una extensión de los diseños AB, en forma escalonada, en la cuál las diferentes fases A, para las diferentes conductas, se prolongan a través del tiempo en forma discontinua.

Actualmente se conocen tres modalidades básicas de estos diseños los cuales son: el diseño de línea base múltiple entre conductas, el diseño línea base múltiple entre sujetos y el diseño de línea base múltiple entre situaciones.

La característica esencial en estos diseños, es la aplicación del tratamiento en diferentes periodos del tiempo.

Diseño de línea base múltiple entre conductas. En este diseño se aplica una misma variable de tratamientos en forma escalonada, a diferentes conductas independientes en un mismo sujeto. El diagrama de este diseño es el siguiente:

Conducto A	0 0 0 0	$I_1$ 0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
Conducto B	0 0 0 0	0 0 0 0	$I_1$ 0 0 0 0	0 0 0 0
Conducto C	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	$I_1$ 0 0 0 0

De acuerdo al diagrama se registran dos o más conductas de un solo sujeto en línea base, hasta obtener un mismo nivel de estabilidad sobre las conductas registros. En la siguiente fase se aplica el tratamiento a una de ellas y se registran las demás conductas en condiciones de línea base, una vez que se ha obtenido un cambio en la conducta a la cual se le aplicó el tratamiento y las demás conductas permanecen en estado estable, se le aplica la intervención a una segunda conducta y las restantes conductas se registran en condiciones de línea base, cuando se observa el efecto del tratamiento sobre la segunda conducta, se procede a continuar aplicando intervenciones a las demás conductas en forma escalonada hasta que todas las conductas reciban el mismo tratamiento.

Diseño de línea base múltiple entre sujeto. En este diseño se aplica un determinado tratamiento en forma escalonada a una misma



conducta de dos o más sujetos que posean características comunes y que estén expuestos a condiciones ambientales lo más semejante posible. - Este diseño se representa de la siguiente manera:

Sujeto A	0 0 0 0	I, 0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
Sujeto B	0 0 0 0	0 0 0 0	I, 0 0 0 0	0 0 0 0
Sujeto C	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	I, 0 0 0 0

En el diagrama se observa que se toman registros en la fase A, para cada uno de los sujetos, hasta que se alcanzó un nivel estable, una vez que se ha alcanzado la estabilidad se procede pasar a la siguiente fase con la introducción del tratamiento, aplicado a uno de los sujetos, - mientras que los demás sujetos permanecen a un nivel de línea base, se espera un cambio en la conducta del sujeto debido al efecto del tratamiento, cuando la conducta se estabiliza, se aplica el tratamiento a un segundo sujeto en las mismas condiciones que las del primer sujeto y de esta manera se continua con los demás sujetos involucrados en la - - investigación.

Diseño de línea base múltiple entre situaciones. En este diseño - se requiere que el tratamiento sea aplicado a un sujeto o a un grupo de sujetos expuestos a diferentes situaciones o contextos. El diagrama del diseño es el siguiente:

Situación A	0 0 0 0	I, 0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
Situación B	0 0 0 0	0 0 0 0	I, 0 0 0 0	0 0 0 0
Situación C	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	I, 0 0 0 0

El procedimiento de este diseño es el mismo que el de los diseños de línea base múltiple vistos anteriormente, por lo cuál no requiere de una revisión más amplia.

Las ventajas que presentan esta clase de diseños son: estimar el efecto del tratamiento en las diferentes modalidades de estos diseños, es ampliamente aplicado en clínica y en centros escolares y permite una posible generalización de una conducta aplicada a diferentes individuos. La generalización constituye un inconveniente en los diseños de series de tiempo, este punto fué ampliamente revisado en el capítulo correspondiente a consideraciones metodológicas y estadísticas de los diseños de grupo y de series de tiempo.

En cuanto a las desventajas que se plantean al aplicar estos diseños son: se requiere que las líneas bases se establezcan antes de aplicar el tratamiento, que el cambio en la conducta se lleve a cabo en el momento de aplicar el tratamiento, para poder inferir su relación con la posible contingencia y por último se debe cuidar el cambio simultáneo de dos o más conductas en el momento de aplicar el tratamiento, para poder inferir con claridad el efecto del tratamiento sobre la conducta.

11) Diseño de programa múltiple. En los diseños de programa múltiple, una misma conducta es tratada en forma diferencial ante dos situaciones de estímulo diferentes, lo cual tiende a generar dos patrones conductuales diferentes. El esquema del diseño es el siguiente:

Condición estímulo A :	I <sub>1</sub> 0 0 0 0	I <sub>2</sub> 0 0 0 0	I <sub>1</sub> 0 0 0 0	I <sub>2</sub> 0 0 0 0
Condición estímulo B :	I <sub>2</sub> 0 0 0 0	I <sub>1</sub> 0 0 0 0	I <sub>2</sub> 0 0 0 0	I <sub>1</sub> 0 0 0 0

Esta clase de diseños, por la misma disposición experimental es - - ampliamente aplicado en situaciones de laboratorio, lo que no sucede en contextos clínicos, por la dificultad en conseguir una independencia - entre el procedimiento experimental y las condiciones de estímulo y - también porque se requiere un estricto control en ambientes naturales:

12) Diseño de programa concurrente. En esta clase de diseños un mismo sujeto es expuesto a la acción simultánea a las diferentes condiciones - de estímulo ( Hersen y Barlow, 1976 ).

En estos diseños se alternan las intervenciones entre las condiciones de estímulo en forma equilibrada con el objeto, de que los efectos de la intervención sobre la conducta no se confundan. Los diseños de programa concurrente se pueden representar de la siguiente forma:

	I <sub>1</sub> 0 0 0 0			
0 0 0 0	I <sub>1</sub> 0 0 0 0	I <sub>1</sub> 0 0 0 0	I <sub>2</sub> 0 0 0 0	I <sub>3</sub> 0 0 0 0
	I <sub>2</sub> 0 0 0 0			
Fases I (A)	II (B,CyD)	III (B)	IV (C)	V (D)

Observando el esquema, el diseño empieza con la fase (A), de línea base, en la siguiente fase, se aplican los tratamientos simultáneamente ( B,CyD), finalmente en la tercera fase, se continúa con el tratamiento que a lo largo de la investigación ha demostrado ser el más efectivo - para producir un cambio conductual.

Los diseños de programa concurrente son ampliamente aplicados en -

psicología experimental, lo que no sucede con mucha frecuencia en la -  
investigación aplicada.

13) Diseño de cambio de criterio. Este diseño se implementa en aquellos  
casos cuando se requiere establecer un moldeamiento de la conducta para -  
alcanzar un objetivo terminal.

La lógica del diseño es la siguiente, se empieza con una fase de -  
línea base sobre una conducta específica, en seguida se aplica el trata-  
miento de forma que esta se programe a lo largo de una serie sucesiva de  
fases, en cada una de estas fases se requiere que el sujeto alcance un -  
nivel de ejecución previamente determinado con el objeto de adquirir el  
refuerzo. Es notorio que el sujeto va a obtener el correspondiente -  
criterio, cuando su respuesta se ajuste a los niveles del criterio elegido.  
Tomando en cuenta lo anterior, el esquema puede ser representado de la - -  
siguiente manera:

```

0 0 0 0      I, 0 0 0 0
                I, 0 0 0 0
                    I, 0 0 0 0

```

De acuerdo al diagrama, las respuestas del sujeto se tienen que - -  
ajustar en forma gradual a los criterios de ejecución establecido para -  
cada una de las fases que conforman el diseño.

En cuanto, a cuál sería la cantidad de fases de cambio para obtener  
resultados válidos, Kratochwill (1978), propone cuatro fases de cambio  
como mínimo para obtener resultados confiables.

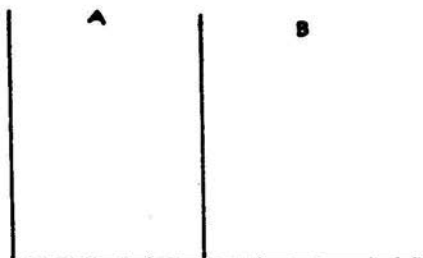
Estos son los diseños de series de tiempo o de medidas repetidas -  
más utilizadas en psicología, tanto en la investigación aplicada como en  
básica. La aplicación de estos diseños dependen del objetivo del - -  
investigador.

## Análisis Visual

Para analizar los datos en los diseños de series de tiempo, se puede hacer mediante dos formas: visual y estadístico. En el presente capítulo únicamente se abordara lo referente al análisis visual.

Se puede entender a la inferencia visual como una teoría esquemática que proporciona un modelo de análisis de los datos en los diseños de series de tiempo. Se han hecho diversos intentos para describir como los investigadores deben hacer inferencias visuales de la presentación gráfica de los datos de estos diseños ( Glass, Willson y Gottman, 1975 ; Kazdin, 1976; Jones, Vaught y Weinrott, 1977; Kratochwill, 1978; Pearson y Baer, 1978; Craighead, Kazdin y Mohoney, 1981; Wampold y Forlong, 1981 ), los cuales presentan una variedad de los patrones de datos, de los cambios experimentales que pueden ocurrir en los diseños de series temporales con  $N=1$ .

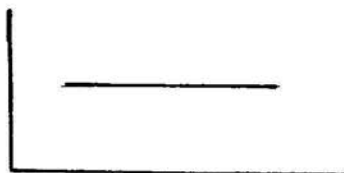
En los diseños de series de tiempo, se toma una serie repetida de medidas antes de la aplicación del tratamiento o bajo la acción del tratamiento, estos períodos presentan características y duraciones diferentes, a estos períodos de observación antes y después reciben el nombre de fases. Un diseño de replicación intrasujeto simple esta formado por dos fases, una fase A, en la cual se toman una serie de observaciones en ausencia del tratamiento y generalmente se llama a esta fase línea base y una fase B, en la cual se toman una serie de medidas después de la aplicación del tratamiento y se le da el nombre de fase experimental o de tratamiento ( Gráfica 5.1 )



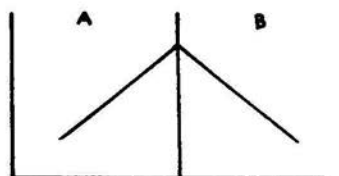
Gráfica 5.1 Diseño Simple A B

En estos diseños se deben considerar una serie de aspectos básicos que pueden presentarse en las respectivas fases del diseño, tanto dentro como entre las fases. Las propiedades que son relevantes para el análisis visual dentro de las fases son:

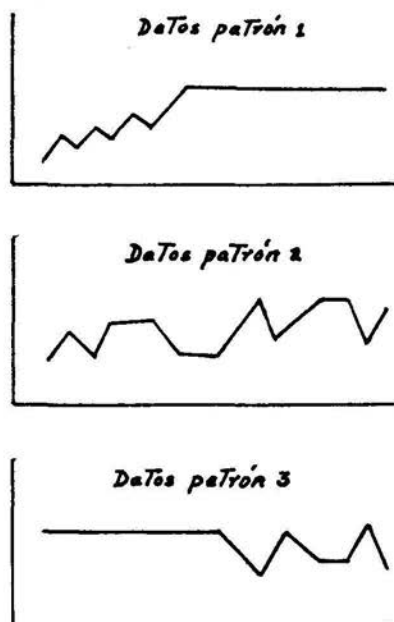
1.- Estabilidad de la línea base. Lo ideal en todo experimento es cuando los datos en línea base son estables, Hall (1971; en Castro, 1977), estima que únicamente las líneas base con una pendiente nula o cero pueden aceptarse como estables (gráfica 5.2), cuando esto sucede es fácil - - advertir los cambios en la fase experimental. Cuando los datos en línea base presentan tendencia en alguna dirección, es difícil sostener que el cambio observado en la fase experimental es debido al tratamiento, a menos que la dirección sea contraria al observado en la línea base (gráfica 5.3).



Gráfica 5.2 Pendiente nula o cero

Gráfica 5.3 Cambio de tendencia  
en B

2.- Variabilidad Intra-fase. Es la variabilidad que se observa en la línea base, con respecto a esta variabilidad, Jones, Vaught y Weinrott (1977, en Pearson y Baer, 1978), presentan tres tipos de patrones básicos ( gráfica 5.4 ).



Gráfica 5.4 Variabilidad Intra-fase

De los tres tipos de patrones, los datos del patrón 1, son los más indicados en un experimento, se observa una variabilidad inicial que a través del tiempo tiende a estabilizarse. Para que una línea base que presenta variabilidad en las observaciones tienda a estabilizarse, deben hacerse las observaciones necesarias. En otras palabras, cuando se tiene



un buen control experimental y aumentamos el número de observaciones - - mayor confianza se tendrá en obtener la estabilidad y mayor precisión se obtendrá en la estimación de los efectos del tratamiento ( Kazdin, 1978 ).

Por otra parte no siempre es factible obtener una línea base estable, en la mayoría de los experimentos se tiene una determinada variabilidad - entre las observaciones. En estos casos señala Sidman (1960), el tamaño de variabilidad permisible para que una línea base pueda ser considerada estable y se pueda pasar a la siguiente fase deberá ser del cinco por - ciento, en un contexto de investigación básica.

3.- Número de datos en cada fase. No existe un criterio general - - para determinar de antemano la cantidad de observaciones en las fases de - un diseño experimental, es preferible tener un mayor número de datos posibles en cada fase, para que el experimentador pueda basarse de algunas - propiedades estadísticas como; variabilidad, solapamiento y número de medidas ( Pearson y Baer, 1978 ).

Estas son algunas de las propiedades dentro de las fases, con respecto a las propiedades entre las fases o al pasar de una fase a otra, Glass, Willson y Gottman (1975), señalan, una intervención en un diseño de series de tiempo puede cambiar abruptamente el nivel de la serie, puede cambiar - la tendencia inicialmente ascendente en una tendencia descendente y puede cambiar una serie variable a una serie estable o de una estable a una - - variable.

El análisis de estos cambios, se pueden observar considerando un dise-

Es operante con dos fases A y B, o fase de línea base y tratamiento. De acuerdo a Kazdin (1976); Jones, Vaught y Weinrott (1977), son tres las propiedades básicas:

- a) Cambio en el nivel
- b) Cambio en la inclinación o pendiente
- c) Presencia o ausencia de tendencia

a) Cambio en el nivel. Un cambio en el nivel generalmente se refiere a un cambio en el punto en la cuál la intervención es hecha, existe una discontinuidad en el patrón de observaciones de una fase a otra. Se deben considerar dos aspectos importantes en el cambio de nivel; cuando la línea base es estable (estacionaria), y cuando la línea base presenta una tendencia (no es estacionaria), Glass, Willson y Gottman (1975).

El término nivel se aplica cuando los datos están autocorrelacionados, cuando los datos no lo están pero presentan un orden secuencial, el término nivel y media son considerados los mismos, ( Jones, Vaught y Weinrott, 1977 ).

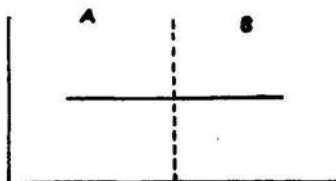
b) Cambio en la pendiente. Se refiere al cambio de inclinación de la tendencia que forma la serie, tomándola desde una perspectiva lineal, esto se hace tomando en cuenta el ángulo de inclinación que forma la serie de observaciones entre las fases.

c) Presencia o ausencia de tendencia. Se refiere a la dirección que presentan las observaciones en forma ascendente o descendente entre las fases, la ausencia de tendencia se puede presentar cuando el valor de la -

pendiente es cero y está indicado por una línea horizontal paralela al eje de las abscisas.

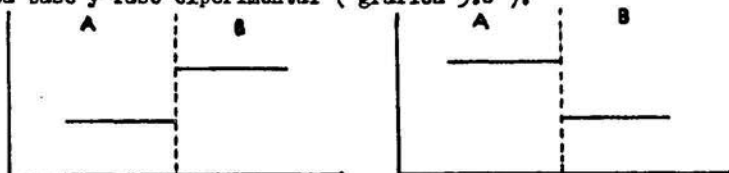
En los diseños conductuales pueden presentarse algunas de estas propiedades. En las siguientes gráficas se podrán observar estas propiedades.

a) No cambio en el nivel, pendiente cero y ausencia de tendencia (gráfica 5.5).



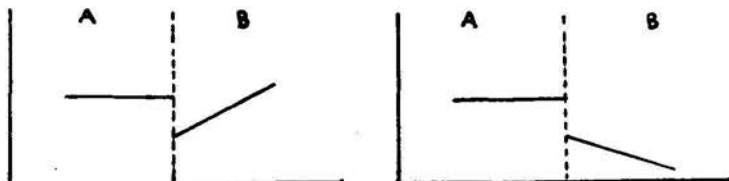
Gráfica 5.5

b) Cambio en el nivel, sin cambio en la pendiente y ausencia de tendencia en línea base y fase experimental (gráfica 5.6).



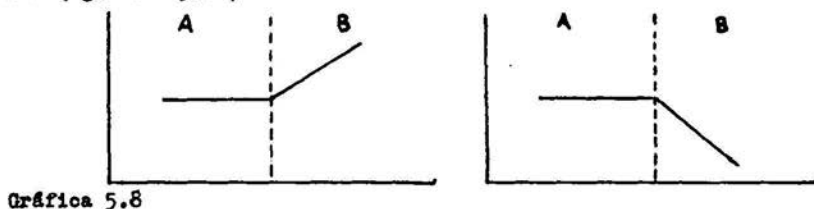
Gráfica 5.6

c) Cambio en el nivel, cambio en la pendiente, ausencia de tendencia en línea base y con tendencia ascendente y descendente en fase experimental (gráfica 5.7).



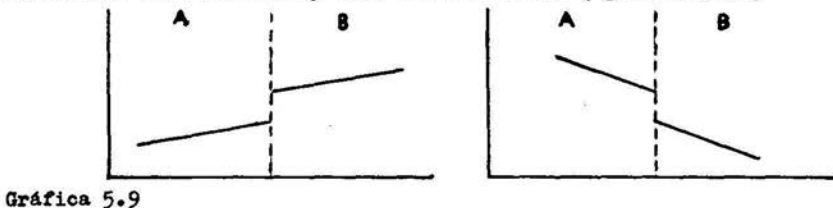
Gráfica 5.7

d) No cambio en el nivel, cambio en la pendiente, ausencia de tendencia en la línea base y con tendencia ascendente y descendente en fase experimental ( gráfica 5.8 )

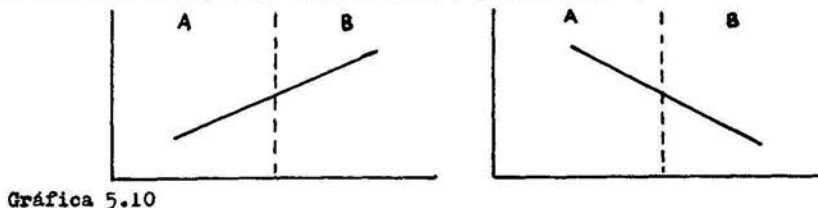


En las siguientes gráficas se analizan los cambios en los diseños - conductuales, cuando el patrón de observaciones en la línea base no es - estacionaria, es decir presentan una tendencia o dirección.

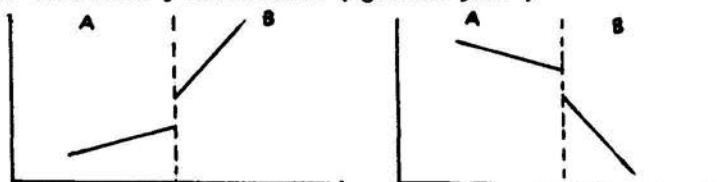
a) Cambio en el nivel, sin cambio en la pendiente y tendencia ascendente y descendente en línea base y fase de tratamiento ( gráfica 5.9 )



b) No cambio en el nivel, sin cambio en la pendiente y con tendencia ascendente en línea base y fase experimental ( gráfica 5.10 )

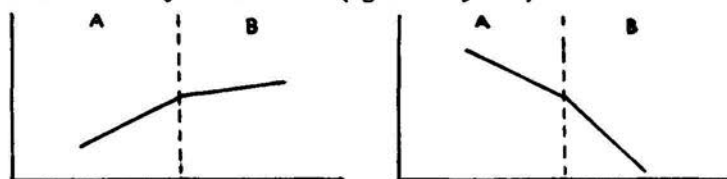


c) Cambio en el nivel, cambio en la pendiente y con cambio en la -  
tendencia en forma ascendente y descendente ( gráfica 5.11 )



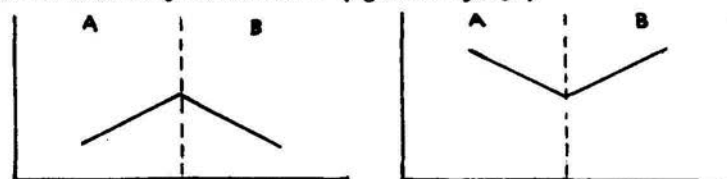
Gráfica 5.11

d) No cambio en el nivel, cambio en la pendiente y con cambio en la -  
tendencia en forma ascendente y descendente ( gráfica 5.12 )



Gráfica 5.12

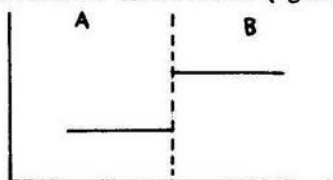
e) No cambio en el nivel, cambio en la pendiente y con cambio en la -  
tendencia en forma ascendente y descendente ( gráfica 5.13 )



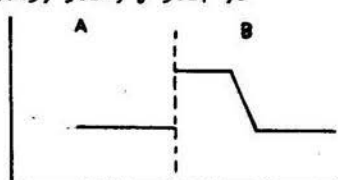
Gráfica 5.13

Pearson y Baer (1978), señalaron otros cambios que pueden darse entre las fases de los diseños de series de tiempo con  $M=1$  al aplicar un tratamiento. Primero se analizarán gráficamente los cambios en el nivel y -- posteriormente los cambios en la tendencia.

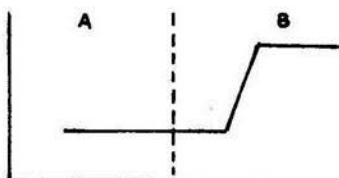
1) Cambios de nivel entre las fases de línea base y fase experimental o fase de tratamiento ( gráficas; 5.14, 5.15, 5.16, y 5.17 ).



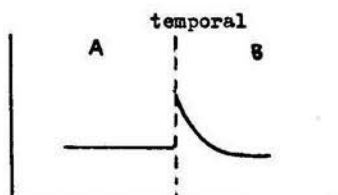
Gráfica 5.14. Cambio abrupto de nivel



Gráfica 5.15. Cambio de nivel

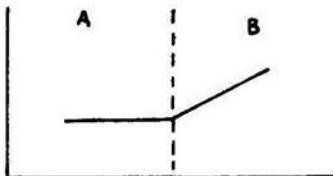


Gráfica 5.16. Cambio de nivel demorado

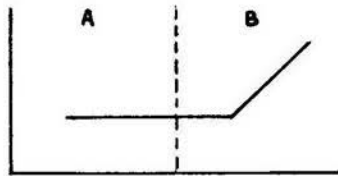


Gráfica 5.17. Cambio de nivel  
decreciente

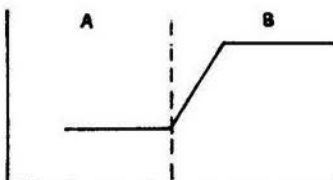
2) Cambios de tendencia entre las fases (gráficas; 5.18, 5.19, 5.20 y 5.21 ).



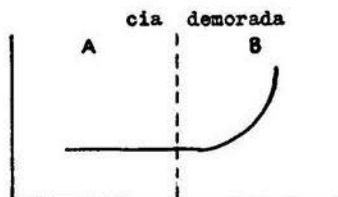
Gráfica 5.18. Cambio abrupto de tendencia



Gráfica 5.19. Cambio de tenden-  
cia demorada

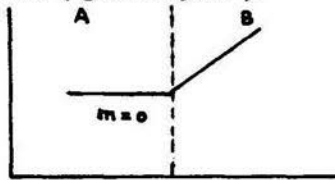


Gráfica 5.20. Cambio de tendencia temporal



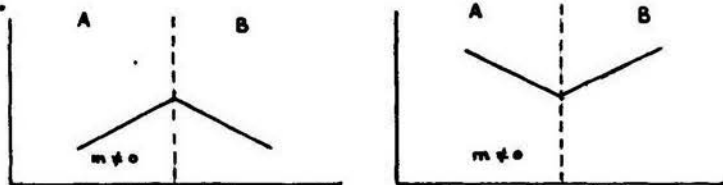
Gráfica 5.21. Cambio de tenden-  
cia acelerada

Al analizar los cambios que pueden darse entre las fases, debido al efecto del tratamiento, se observa que en algunas graficas es fácil - - evaluar el cambio en las observaciones de línea base con respecto a la - fase de tratamiento, estos cambios se pueden observar cuando la línea - base es estacionaria ( gráfica 5.18 ).



Gráfica 5.18. Línea base estacionaria

Cuando la línea base presenta una tendencia, se pueden advertir los cambios por lo notorio en el cambio de dirección en la fase de tratamiento ( gráfica 5.13 ).



En esta gráfica se observa que el tratamiento fue efectivo por el - cambio de dirección en la fase de tratamiento. Si evaluamos estadística- mente este patrón de observaciones, no se encontraría diferencia alguna - entre los medios, es decir  $\bar{x}_{tB} = \bar{x}_{rB}$  lo que no sucede visualmente.

Otro ejemplo son las siguientes graficas:



Gráfica 5.10

En estas graficas, se observa que a nivel visual el tratamiento no tuvo efecto, no hay cambios tanto en el nivel como en la pendiente y - - tendencia. El análisis estadístico reflejaría diferencia en las medias de línea base y fase experimental. Es decir  $\bar{x}_{l.e.} \neq \bar{x}_{v.e.}$ .

El análisis estadístico convencional como la media, la prueba T y el análisis de varianza aplicado a los datos de los diseños de series de - - tiempo, puede llevarnos a errores de interpretación debido a la dependencia serial en estos diseños. Si se llevará a cabo una transformación a medidas no relacionadas el nivel y la media serían las mismas, debido a que el término nivel se aplica cuando los datos están correlacionados y la media es para datos no correlacionados. Por lo tanto cuando se tiene una serie de datos ordenados secuencialmente pero sin que presenten correlación alguna, el nivel y la media son las mismas ( Jones, Vaught y Weinrott, 1977 ).

Debido a los problemas que pueden surgir en la interpretación de los datos al aplicar pruebas estadísticas en los diseños de series de tiempo, no es conveniente aplicarlas. En el siguiente capítulo se revisarán las pruebas estadísticas adecuadas para evaluar los datos en este diseño.



## Análisis Estadísticos

Una forma de evaluar los datos en los diseños de series de tiempo con  $N=1$ , es por medio de procedimientos estadísticos, por lo cuál en el presente capítulo se hará una revisión de las principales técnicas. De acuerdo a Kazdin (1976), las técnicas estadísticas son:

- 1.- Análisis estadístico de series temporales
- 2.- Prueba de aleatorización
- 3.- Prueba  $R_n$  de Revusky
- 4.- El método de la partición media de la tendencia ( Split Middle ).

Estas pruebas constituyen una forma de analizar los datos de los diseños de series de tiempo con  $N=1$ . Ahora bien, si aplicáramos pruebas estadísticas convencionales, nos encontraríamos que no son adecuadas, porque estas se fundamentan sobre modelos de muestreo aleatorio que suponen la independencia de las mediciones. Por lo tanto, para evaluar los datos en los diseños de series de tiempo, se tienen que aplicar pruebas adecuadas a las mediciones con dependencia serial. Es claro que cuando se toman mediciones de un mismo sujeto a través del tiempo los datos nos reportan dependencia serial, por este supuesto de dependencia todo análisis basado en las pruebas convencionales para este tipo de diseños es incorrecto.

### Análisis de Series Temporales

Glass, Willson y Gottman (1975), proponen la utilización de los modelos estadísticos de series de tiempo desarrollados por, Box y Jenkins (1970), Estos modelos tienen en cuenta la dependencia serial entre las observaciones permitiendo obtener inferencias una vez que estos se han desarrollado.

La Metodología de Box y Jenkins (1970), consiste en los siguientes pasos.

1.- Identificación del modelo.- Para identificar un modelo que describa adecuadamente los datos de series de tiempo es necesario la comprensión de los conceptos de autocorrelación, autocorrelación parcial, serie de tiempo estacionaria y serie de tiempo no estacionaria.

Modelos de series de tiempo:

a) Estacionarias: Una serie temporal estacionaria es un proceso que varia en torno de un valor promedio.

Los modelos estocásticos de series temporales para un proceso estacionario son; el autoregresivo (AR), y el de promedios o medias móviles (MA). El modelo AR describe una forma particular de proceso, en el que las observaciones presentes se hallan determinadas por las observaciones previas. En forma general el modelo puede representarse de la siguiente manera:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + a_t$$

La ecuación describe un modelo AR de orden "P", AR (P).

El modelo de medias móviles (MA), es aquel en el que la observación actual no solo esta determinado por el impulso aleatorio que actua en el mismo momento, sino también, aunque en menor grado, de los impulsos pasados. El modelo de medias móviles se puede formular de la siguiente manera:

$$Y_t = a_t - v_1 a_{t-1} - v_2 a_{t-2} - \dots - v_q a_{t-q}$$

La ecuación describe un modelo general MA de orden "q", MA (q).

b) No estacionaria.- Una serie temporal no estacionaria es cuando no esta variando o fluctuando. Los modelos estocásticos para un proceso no estacionario son, el autorregresivo (AR), y el de promedios móviles - (MA). Esta serie es generalmente conocida con el nombre Modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles (ARIMA).

Una forma de extraer de la serie cualquier fuente de no estacionariedad es aplicado el operador de diferenciación  $\nabla$ , el cual esta dado por:

$$\nabla Y_{\tau+1} = Y_{\tau+1} - Y_{\tau}$$

Generalmente la diferenciación de la serie se representa por la letra "d", en el modelo.

Para la identificación de un adecuado modelo ARIMA, se requiere que se obtengan los valores de "p", "d" y "q". El parámetro "p" del modelo indica el orden autorregresivo del proceso; el parámetro "q", el orden de la media móvil de un proceso; el parámetro "d" indica el orden de diferenciación que la serie requiere para obtener una estructura homogénea, lo cual implica estacionariedad en relación con la media, varianza y autocorrelación. Todo esto da como supuesto que no varían con el tiempo.

Las series que son heterogéneas en relación con su media, varianza y autocorrelación, reciben el nombre de no estacionarias. Por lo tanto para identificar un adecuado modelo ARIMA, es necesario obtener los valores de "p", "d" y "q". Uno de los procedimientos para encontrar los valores es por medio del estudio de las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial.

Si calculamos la diferencia (d), de la serie podemos convertir una serie no estacionaria, en una estacionaria:

Se pueden obtener tantas diferencias como queramos pero a la segunda diferencia se vuelve estacionaria. Decimos que obtenemos la primera - - diferencia cuando restamos de una observación determinada la observación anterior.

La conversión a estacionaria esta dada por la siguiente fórmula:

$$Z_t = \bar{V} Y_t = Y_t - Y_{t-1}$$

$$O_1 \quad O_2 \quad O_3 \quad O_4 \quad \dots \quad O_n$$

$$Y_1 \quad Y_2 \quad Y_3 \quad Y_4 \quad \dots \quad Y_n$$

$$Z_1 \quad Z_2 \quad Z_3 \quad Z_4 \quad \dots \quad Z_n$$

Para  $T= 2,3,4,5, \dots, n$

Si aún no es estacionaria se procede a calcular la segunda diferencia mediante la siguiente ecuación:

$$Z_T = \bar{V}^2 Y_T = Y_T - 2Y_{T-1} + Y_{T-2}$$

Para  $T= 3,4,5,6 \dots n$

c) Función de Autocorrelación.- Se supone que la función de autocorrelación tiene este valor:

$$Z_a, Z_{a+1}, Z_{a+2} \dots Z_{a+n}$$

Por lo tanto, la función de autocorrelación, es la relación entre dos puntos cualesquiera separados por un lag de,  $K \rightarrow$  unidades, se relacionan siempre y cuando  $K=2$ .

$$\begin{array}{l} O_1, O_2, O_3 \dots O_n \\ Y_1, Y_2, Y_3 \dots Y_n \\ Z_1, Z_2, Z_3 \dots Z_n \end{array}$$

Se relacionan de la forma como se representa en el esquema y siempre cuando  $K=2$ .

de donde:

$Z_a \rightarrow$  Varía si tenemos los valores originados de la serie, primera y segunda diferenciación.

$a=t$  Cuando tenemos series temporales originales  $a=1$

$a=t$  Cuando tenemos primera diferencia  $a=2$

$a=t$  Cuando tenemos segunda diferencia  $a=3$

Por lo consiguiente, la función de autocorrelación se entiende como; todos los posibles coeficientes de autocorrelación que se puede calcular a partir de una serie de tiempo  $N-a$  y la gráfica se entiende como: Correlograma y la función de autocorrelación poblacional se calcula como:

$$-1 \leq \rho_k \leq 1 \quad \rho \rightarrow \rho_0$$

El coeficiente de autocorrelación muestral se calcula por la formula:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z})}{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z})^2}$$

Para obtener  $\bar{Z}$ , de la formula anterior se calcula mediante la siguiente formula:

$$\bar{Z} = \frac{\sum_{t=1}^n Z_t}{N-a+1}$$

Una vez obtenida la autocorrelación, se procedera encontrar el valor "q". El valor "q" es encontrado de la siguiente manera:

$$\rho_k = 0 \text{ cuando } K > q$$

Metodos:

a) Fulgar

b) " T "

a) Método del Fulgar.- El calculo se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$Irk \leq 2 \frac{1}{(n-a+1)} (1 + 2 \sum_{j=1}^q r_j^2)^{1/2}$$

Donde:

$r_j^2 \rightarrow$  Todos los coeficientes de autocorrelación de Lag menor a el -  
coeficiente de autocorrelación que se esta contrastando.

Regla de decisión:

$|rk| \leq$  que este valor, entonces  $Fk = 0$ , para K que se esta  
contrastando.

$|rk| >$  que este valor, entonces  $Fk = 0$ , para K que se esta  
contrastando.

Quando  $Fk = 0$  . $\therefore$   $K > q$  y como  $K = 2$ ,  $q = 1$ , porque el número inmediato  
es 1.

b) Estadístico T.- Este estadístico se obtiene por:

$$Trk = \frac{rk}{Sr_k}$$

donde:

Trk = estadístico T

rk = coeficiente de autocorrelación a contrastar

Srk = desviación estandar.

La desviación estandar, se obtiene por:

$$S_{rk} = \frac{1}{(n-a+1)^{1/2}} \left( 1 + 2 \sum_{j=1}^k r_j^2 \right)^{1/2}$$

Regla de decisión:

$$\text{Si } \left| \text{Trk} \right| = \left| \frac{r_k}{S_{rk}} \right| \leq 2$$

Entonces  $\rho_k = 0$  para cualquier valor de  $k$

El coeficiente de autocorrelación parcial sirve como indice para -  
identificar el modelo de series de tiempo que vamos a usar, la fórmula es:

$$r_{kk} = \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j} r_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j} r_j}$$

Si  $k=1$

Si  $k=2,3,\dots,n$

para  $j=1,2,\dots,k-1$

donde:

$$r_{kj} = r_{k-1,j} - r_{kk} r_{k-1,k-j} \quad \text{para } j=1,2,\dots,k-1$$

2.- Estimación de los parámetros: Los parámetros de los modelos --  
auto-regresivos se calculan resolviendo la siguiente fórmula:

$$\begin{pmatrix} \rho \\ \rho_1 \\ \rho_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \rho_n \end{pmatrix} = (Z'Z)^{-1} Z'z$$

Cuando la relación entre  $\rho_k$  y  $\theta_1$  es un modelo de promedios - -  
móviles de primer orden

$$Z_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$$

$$\rho_k = \begin{cases} \frac{-\theta_1}{1+\theta_1^2} & \text{para } k=1 \\ 0 & \text{para } k \neq 1 \end{cases}$$

tenemos que:

$$\rho_1 = \frac{-\theta_1}{1+\theta_1^2}$$

resolviendo para  $\theta_1$ , en términos de  $\rho_1$  se tiene:

$$\theta_1 = -\frac{1}{2\rho_1} \pm \left[ \frac{1}{(2\rho_1)^2} - 1 \right]^{1/2}$$

Si intercambiamos  $\rho_1$ , que es la autocorrelación teórica por la - -  
autocorrelación parcial  $r_1$ , obtenemos el estimador preliminar de  $\theta_1$ , por  
medio de :

$$\hat{\theta}_1 = -\frac{1}{2r_1} \pm \left[ \frac{1}{(2r_1)^2} - 1 \right]^{1/2}$$

Para determinar cuál de estas dos estimaciones debe ser usada, se -  
recuerda que la condición de invertibilidad en un modelo de promedios -  
móviles de primer orden es:

$$|\theta_1| < 1$$

Esta condición, hace tener sentido, escoger el estimador de  $\theta_1$  que  
satisfaga, la condición de

$$|\hat{\theta}_1| < 1$$



Dado que  $\mu$  es la media de el proceso, se usa como el estimador preliminar de  $\mu$ , la media es:

$$\bar{Z} = \frac{\sum_{t=a}^n Z_t}{n - a + 1}$$

Cuando  $\bar{Z}$  es relativamente pequeña para los valores de la serie de tiempo  $Z_a, Z_{a+1}, \dots, Z_n$ , es un procedimiento común suponer que  $\mu = 0$ . Por lo cuál en esta situación se usa el modelo de promedios móviles de primer orden

$$Z_t = \xi_t - \theta_1 \xi_{t-1}$$

Si  $Z_a, Z_{a+1}, \dots, Z_n$  en el modelo

$$Z_t = \mu + \xi_t - \theta_1 \xi_{t-1}$$

Son los valores de la serie de tiempo original  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  entonces la suposición de que  $\mu = 0$ , implica que estos valores fluctúan alrededor de una media igual a cero.

Sin embargo, si  $Z_a, Z_{a+1}, \dots, Z_n$  son la primera diferencia  $\bar{Y}_2, \bar{Y}_3, \dots, \bar{Y}_n$  de los valores originales de la serie de tiempo, puede demostrarse que la suposición de que  $\mu = 0$ , es equivalente a suponer que no hay una tendencia determinística en los valores originales de la serie de tiempo, por lo tanto si  $\mu \neq 0$ , se puede suponer que hay una tendencia determinista en los valores de la serie original.

Una vez que se ha identificado adecuadamente el modelo y se han estimado los parámetros, el tercer paso consiste en la evaluación del modelo.

3.- Evaluación del modelo.- la evaluación se puede obtener mediante dos índices:

- a) Desviación estandar (S) y varianza ( $S^2$ )
- b) Valor Q Chi cuadrada de Box - Pearse.

Las formulas para obtener los estadísticos son:

varianza  $\rightarrow S^2 \text{ error} = \frac{\sum \epsilon^2}{n - 2}$  para obtener la desviación se saca la raíz

Chi cuadrada  $\rightarrow Q = (n-d) \sum_{r=1}^k r l^2$

donde:

n = número de valores observados en la serie de tiempo

d = grado de diferenciación de la serie

rl = coeficiente de autocorrelación residual, para obtenerlos, se calcula la siguiente fórmula:

$$r_l = \frac{\sum (\epsilon_t - \bar{\epsilon}) (\epsilon_{t+1} - \bar{\epsilon})}{\sum (\epsilon_t - \bar{\epsilon})^2}$$

4.- Regla de decisión:

$Q \leq X^2 (k - np) \rightarrow$  modelo adecuado

$Q > X^2 (k - np) \rightarrow$  modelo inadecuado

np  $\rightarrow$  Número de parámetros del modelo

X  $\rightarrow$  Chi - cuadrada

5.- Evaluación de los efectos de intervención

Modelo ARIMA (0,0,1), de promedios móviles de primer orden

$$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{n_1+1} \\ \hline Y_{n_1+1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1+\theta_1 & 0 \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ 1+\dots+\theta_1^{n_1-1} & 0 \\ \hline 1+\dots+\theta_1^{n_1} & 1 \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ 1+\dots+\theta_1^{N-1} & 1+\dots+\theta_1^{N-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L \\ d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ a_n \end{pmatrix}$$

Los estimadores de mínimos al cuadrado de  $L$  y  $d$ , están dados por:

$$\begin{pmatrix} \hat{L} \\ \hat{d} \end{pmatrix} = (X^T \cdot X)^{-1} X^T Y$$

Los errores estimados,  $\hat{a}_t$ , están dados por:

$$\hat{a} = Y - X\hat{\beta}$$

La suma de cuadrados de los errores estimados para un valor particular de  $\theta_1$ ,  $\hat{L}$  y  $\hat{d}$  es denotado por:

$$SS(\theta_1 | Z) = \hat{a}^T \hat{a}$$

El valor de  $\theta_1$ , el cuál es desconocido, puede ser considerado igual al valor en el intervalo  $-1$  to  $+1$ , para el cuál la cantidad  $SS(\theta_1)$  es minimizado.

De la teoría general, del modelo lineal de la distribución normal, conocemos que:

$$\frac{\hat{L} - L}{S \sqrt{c^{22}}} \sim t_{N-2}$$

$$Y \quad \frac{\hat{\sigma} - \sigma}{S \sqrt{c^{22}}} \sim t_{N-2}$$

donde  $S^2 = \frac{\hat{a}^T \hat{a}}{(N-2)}$ ,

$c^{jj}$  es la entrada en la diagonal principal en  $(X^T \cdot X)^{-1}$ , y  $T_{N-2}$  es la variable t de student'S con N-2 grados de libertad.

El 100 (1- $\alpha$ ) es el porcentaje de intervalo de confianza en  $\sigma$ , puede ser anotado en la forma:

$$\sigma \pm 1-\alpha/2 T_{N-2} S a \sqrt{c^{22}}$$

Para un modelo autorregresivo de primer orden

$$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{n_1} \\ Y_{n_1+1} \\ Y_{n_1+2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & & 0 \\ 1-\phi_1 & & 0 \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ 1-\phi_2 & & 0 \\ 1-\phi_1 & & 1 \\ 1-\phi_1 & & 1-\phi_1 \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ 1-\phi_1 & & 1-\phi_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L \\ \sigma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ a_{n_1} \\ a_{n_1+1} \\ a_{n_1+2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ a_N \end{pmatrix}$$

Para un valor fijo de  $\rho_1$ , la estimación de los mínimos al cuadrado de  $L$  y  $\hat{\sigma}$ , están dados por:

$$\begin{bmatrix} \hat{L} \\ \hat{\sigma} \end{bmatrix} = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

donde  $X$ , es la matriz designada  $N \times 2$

Bajo la teoría normal,

$$\frac{\hat{L} - L}{S \sqrt{C''}} \sim t_{N-2}'$$

$$Y \quad \frac{\hat{\sigma} - \sigma}{S \sqrt{C''}} \sim t_{N-2}'$$

$$\text{donde: } S^2 = \frac{(Y - \hat{X}\hat{\beta})' (Y - \hat{X}\hat{\beta})}{(N - 2)} = \frac{\hat{a}' T \hat{a}}{(N - 2)'}$$

Y

$C''_{jj}$  es la entrada en la diagonal principal en  $(X^T X)^{-1}$

Puesto que  $\rho_1$  es desconocida, las ecuaciones (6.23) y (6.26), son resueltas para valores repetidos de  $\rho_1$ , entre  $-1$  y  $1$ ;  $\rho_1$  es considerado que el valor por el cual  $S^2$  es mínimo. Las estimaciones de  $L$  y  $\hat{\sigma}$  corresponden a los valores de  $\rho_1$  son probados e interpretados.

Otras pruebas que se aplican en los diseños de series de tiempo, - son pruebas de aleatorización.

### Pruebas de Aleatorización

Estas pruebas constituyen procedimientos estadísticos alternativos a las pruebas estadísticas convencionales basadas en el muestreo aleatorio. Por lo consiguiente estas técnicas alternativas igual que las pruebas estadísticas clásicas, se fundamentan en el concepto de aleatoriedad y tienen como base un modelo basado en el azar. La aplicación de estas pruebas es útil en aquellos casos en los cuales no se puede aplicar un muestreo de tipo aleatorio como es el caso de experimentos de un solo sujeto.

Fisher (1935; Hersen y Barlow, 1976), fué el primero que inicio la investigación de las pruebas aleatorias aplicadas en experimentos con un solo sujeto, para determinar el nivel de significación de los resultados. Posteriormente Edington (1967-1980; en Hersen y Barlow, 1976), señaló la lógica y el uso de las pruebas estadísticas de aleatorización con  $N=1$ .

Las pruebas son apropiadas para analizar los datos en los diseños de series de tiempo, de la misma forma cuando las observaciones de un sujeto que están dados sobre el tiempo son serialmente dependientes. El problema de la dependencia serial se solventa por la asignación aleatoria de los diferentes tratamientos para las diferentes ocasiones de medidas.

De acuerdo a, Edington (1972), para entender la lógica de las pruebas de aleatorización, es necesaria una discusión de los experimentos en los cuales se ha empleado un solo sujeto, dado que el procedimiento de la aplicación de las pruebas aleatorias en estos experimentos, no es ampliamente

conocida en la investigación conductual.

La implementación de las pruebas aleatorias en los diseños de series de tiempo en la investigación conductual, toman como base la lógica del ejemplo hipotético planteado por Fisher (1935), en el cual consiste - - - fundamentalmente, partiendo de supuesto de una asignación de los tratamientos al azar, conocer la probabilidad de que se obtenga una determinada -- cantidad de respuestas correctas.

Así, Edington (1980), retomando la lógica desarrollada por Fisher, - presenta una serie de pruebas de asignación al azar de los diferentes - - ensayos a los tratamientos. Analizando la lógica de estas pruebas, encontramos que se fundamentan en la asignación al azar de los tratamientos - para las diferentes ocasiones de medida y en base a esta asignación se - obtiene el valor de significación con el cálculo de la probabilidad que - tiene un resultado como el que se ha obtenido de que ocurra al azar.

Los valores críticos de T, que encontramos en las tablas se aproximan a los valores de significación que se obtienen con las pruebas aleatorias. Observando los datos de los ejemplos en las que se utilizarón la prueba T, para muestras independientes y para muestras relacionadas, observamos que cuanto mayor sea el número de grados de libertad y por lo tanto mayor sea el posible número de asignaciones al azar, más semejantes son los valores de significación de ambas pruebas (El valor de significación de las tablas con el valor de significación de la prueba aleatoria), para muestras - - independientes y también para muestras relacionadas.



U.N.A.M. CAMPUS  
IZTACALA

79

IZT. 1000386

Las pruebas alternativas a la prueba T para muestras independientes; es el análisis de varianzas y la U de Mann - Whitney, esta última al ser una prueba no paramétrica los puntajes deben ordenarse por rangos. En cuanto a la prueba que se podría utilizar como alternativa a la prueba T para - - muestras relacionadas es la prueba de Wilcoxon. Estas pruebas constituyen una buena aproximación a las pruebas T para muestras independientes y para muestras relacionadas.

Otro grupo de pruebas aleatorias son; las pruebas de aleatoriedad para experimentos no reversibles.

Estas pruebas se utilizan en aquellas situaciones, en las cuales no es posible determinar la cantidad de veces que se va a aplicar el tratamiento, como en el caso de los experimentos que emplean el diseño AB, en estos -- diseños no es posible aleatorizar previamente el número de observaciones para los diferentes tratamientos. Se puede determinar aleatoriamente, el intervalo de tiempo en el que va a aplicarse sistemáticamente la intervención o tratamiento y, y por lo consiguiente determina el número de veces - en que tomarán medidas bajo las condiciones de línea base y fase experimental. un ejemplo de estas pruebas es el propuesto por, Edington (1980), en el cual se probó la eficiencia de un tipo reforzador determinado, - - bajo condiciones de línea base y fase experimental. En este ejemplo se encontró que los resultados no fueron significativos debido a la mínima cantidad de mediciones con las cuales se llevó a cabo el experimento.

Para aplicar estas pruebas es necesario una gran cantidad de medidas y una buena cantidad de intervalos de aplicación de los tratamientos.



## Prueba Rn de Revusky

Otra prueba que se basa en el modelo de muestreo aleatorio es el propuesto por, Revusky (1967), el cual desarrolló una prueba estadística para evaluar los datos de diseño de línea base múltiple. La lógica de este estadístico requiere la ordenación por rangos de los puntajes dentro de cada subexperimento, siendo el rango del subexperimento el obtenido por el sujeto experimental. El estadístico Rn se obtiene como la suma de los rangos de los sujetos experimentales en cada subexperimento.

De acuerdo con dicha disposición experimental los subexperimentos se ordenan cronológicamente, de tal forma que dentro del primero de ellos - cada uno de los sujetos tiene la misma probabilidad, de acuerdo con la asignación al azar, de ser el sujeto experimental y por tanto de recibir el tratamiento. Partiendo de este supuesto Revusky (1967), describe, - para una mayor comprensión del estadístico utilizado, la función generatriz de probabilidad asociada a cada uno de estos experimentos. Dicha función viene dada por:

$$1/k \sum_{i=1}^k S^i$$

donde K es la cantidad de rangos posibles dentro de cada subexperimento, y el coeficiente de la i-ésima potencia de S es la probabilidad de que el rango del subexperimento sea igual a i, siendo i el resultado para cuál el coeficiente de Si es la probabilidad, así, para el subexperimento en que K = n, no mayor de doce sujetos, la función es:

$$\frac{S^1 + S^2 + S^3 + S^4 + \dots + S^n}{n}$$

donde  $n < 12$

De acuerdo con esta función, cada rango del subexperimento, del 1 al n, tiene la misma probabilidad,  $1/n$ . Por tanto el estadístico  $R_n$  viene a ser la suma del resultado de rango de cada subexperimento. A fin de calcular su función generatriz de probabilidad, se multiplican todas las funciones generatrices de probabilidad de cada subexperimento; así, en el caso de n 12, sujetos se tiene:

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^n S^i}{n}\right) \left(\frac{\sum_{i=1}^{n-1} S^i}{n-1}\right) \left(\frac{\sum_{i=1}^{n-2} S^i}{n-2}\right) \dots \left(\frac{\sum_{i=1}^{n-n} S^i}{n-n}\right)$$

El exponente de "S" corresponde a la suma de los rangos posibles y su coeficiente la probabilidad de que se obtenga al azar. Por lo tanto la lógica de este estadístico consiste de n subexperimentos es igualmente probable bajo la suposición de la hipótesis de nulidad o no efectividad del tratamiento.

En el caso de que se tengan de 12 sujetos, se puede utilizar la siguiente transformación en puntajes típicos:

$$Z_n = \frac{12 R_n - 3 n (n + 3)}{\sqrt{2n(n-1) (2n+5)}}$$

donde "n" es la cantidad de sujetos.

Finalmente revisaremos la técnica de estimación de la tendencia, -- llamada split middle.

#### Técnica de Estimación de la Tendencia

( SPLIT MIDDLE )

Esta técnica constituye un procedimiento sencillo de ajuste de datos dispersos a una línea recta, con lo cual se pueda determinar la tendencia

de las observaciones y que permita hacer predicciones sobre la posible -- ejecución futura. Por tanto, dicha técnica permite hacer extrapolaciones.

Para la representación gráfica de los datos, se utilizan gráficas -- semilogarítmicas; es decir en el eje de las ordenadas se trabajara con -- logaritmos y en el eje de las abscisas con un sistema decimal. Cuando se han representado gráficamente los datos, mediante estas gráficas se puede calcular, con el sistema "split middle", la línea de progreso o pendiente de la tendencia que presenta el cambio de conducta; esto indica, al mismo tiempo, la tasa de cambio. Esta línea de progreso es conocida, también, -- con el nombre de "tiempo de aceleración". La línea de aceleración permi- -- te predecir la ejecución futura del sujeto en relación con su conducta -- básica y los niveles que posiblemente va a alcanzar.

El procedimiento consiste principalmente de tres pasos, que se apli- -- can una vez construida la gráfica con los valores iniciales, los tres pasos para realizar el ajuste son los siguientes:

a) división de la fase en dos mitades; b) división de estas mitades -- en dos submitades, y c) elección del punto o dato mediano y trazo de una -- línea vertical. A continuación se halla la pendiente, que implica trazar -- una línea que pasa por los puntos de intersección entre las líneas vertica- -- les y horizontales de cada una de las dos mitades, Por último debe deter- -- minarse si la línea resultante parte en dos mitades a todos los datos; es -- decir, si se trata de la pendiente o línea de "split middle". La línea de "split middle" es aquella que está situada de tal forma que el 50% de los -- datos caen dentro, o por encima, de la línea, y el otro 50% de los datos -- dentro y abajo de la línea, y que al mismo tiempo constituya la "línea de --

ajuste de los datos". De esta forma, la línea es ajustada de tal manera que los datos queden repartidos en este sentido.

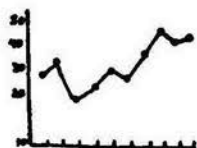


Fig. 6.1

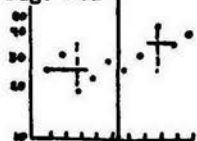


Fig. 6.2

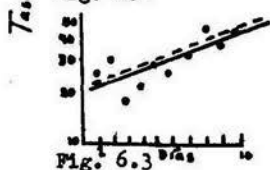


Fig. 6.3

#### Ejemplo hipotético de datos

En la figura anterior tenemos la gráfica de los datos sin aplicar ninguna técnica (1), en la siguiente figura dividimos la gráfica y también la subdividimos en otras dos mitades (2) y, en la última se observa el ajuste por la técnica "split middle" (3).

Se puede aplicar una prueba binomial para determinar si la cantidad de puntos de datos (  $x$  número de puntos de datos ) que se halla por encima de la pendiente proyectada tiene una probabilidad lo suficientemente baja para rechazar la hipótesis de nulidad. De esta forma, la prueba binomial es:

$$f(x) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x}$$

Los resultados obtenidos por la prueba binomial no indican si los cambios resultan principalmente de una alteración de la pendiente o del nivel de ejecución, sino tan sólo que hay una diferencia total entre - las fases.

## Conclusiones

El presente trabajo es un intento por conocer los aspectos metodológicos y estadísticos, que se deben tener presentes en toda investigación psicológica, para una correcta planificación del experimento y un buen análisis estadístico de resultados.

Para poder llevar a cabo lo anterior es necesario controlar todos aquellos factores que atentan contra la validez interna como externa - del experimento, para esto, se cuenta con técnicas de control que se - pueden aplicar, tanto en la investigación básica como en la aplicada. Si no se tienen presentes estas fuentes de invalidez, se corre el - riesgo de obtener datos incorrectos que, por más que se apliquen técnicas estadísticas sofisticadas los resultados no tienen validez alguna.

Tanto los diseños de grupo, como los diseños de series de tiempo presentan una serie de ventajas y desventajas, tanto a nivel metodológico como estadístico, por lo cuál la decisión del investigador por - cuál decidirse dependerá del objetivo de la investigación planteado y por el grado de control que se pueda ejercer a lo largo de la investigación.

En cuanto a las técnicas de evaluación, para los datos de los - diseños de series de tiempo, se ha considerado que la evaluación por medio de procedimientos estadísticos representan una mayor seguridad, que por medio del análisis visual, porque con esta última no se puede

discriminar diferencias finas de los datos.

Ahora bien, al evaluar los datos de los diseños de series de tiempo, se sigue utilizando como norma el análisis visual, por dos razones fundamentales; en primer lugar, por lo sencillo que resulta al aplicar este procedimiento y por otro lado, por el desconocimiento y complejidad que encierra el utilizar estas pruebas, finalmente no es adecuado aplicar pruebas estadísticas convencionales por la dependencia de las observaciones en estos diseños. Las pruebas estadísticas convencionales se aplican a un número considerable de sujetos, se basan en el modelo de muestreo aleatorio y por lo mismo existe independencia entre las medidas de los datos etc; debido a estos supuestos su aplicabilidad en los diseños de series de tiempo es incorrecta.

Con respecto al análisis visual, uno de los más graves inconvenientes que se presentan, es la del criterio de estabilidad como requisito indispensable para pasar de una fase a otra, este criterio es de suma importancia para observar, si el efecto de la variable de tratamiento tuvo efecto o no sobre la conducta del sujeto, al mismo tiempo representa pérdida de tiempo cuando no se tiene un estricto control sobre la conducta del sujeto produciendo en muchas ocasiones variabilidad conductual.

Por otro lado, cuando se utilizan pruebas estadísticas, resulta en la mayoría de las veces que el desarrollo de las mismas representa un alto grado de dificultad para él que la está aplicando, por no contar con los elementos matemáticos necesarios. Por esta y por muchas otras razones en la actualidad se sigue prefiriendo el análisis visual al estadístico para la evaluación de los datos en la investigación en Psicología.

### Consideraciones Finales

1) La finalidad de la tesis esta encaminada, por una parte, como un trabajo de información complementaria para los docentes de las demás áreas acerca de los diseños y pruebas estadísticas, y por otra parte - para incrementar el interés de los alumnos en el estudio de lo abordado en este trabajo.

2) Dominio de los aspectos metodológicos y estadísticos, para una correcta planificación del diseño experimental, por parte de los docentes de las demás areas, principalmente de psicología experimental, metodología y metodos cuantitativos.

3) Implementación de cursos de análisis y evaluación de los datos - en psicología ( cursos optativos para docentes y alumnos ).



## BIBLIOGRAFIA

- BOWERMAN, B.L. & O'CONNELL, R.T. Forecasting & Time Series. North Scituate: Duxbury Press, 1979.
- CHAO, L.L. Estadística para las Ciencias Administrativas. Ed. McGraw - Hill, México, 1974.
- CAMARENA, M.T. Leyes, teorías y Modelos. Metodología de la Ciencia. Ed. Trillas, México, 1979.
- CAMPBELL, D.T. & STANLEY, J.C. Diseños Experimentales y - - Cuasiexperimentales en la Investigación Social. ( 1966 ). - Amorrortu Editores, Buenos Aires, 1973.
- CASTRO, L. Consideraciones Metodológicas y Estadísticas acerca de la Investigación con N = 1, Una Evaluación Crítica de - Algunas Técnicas de Análisis. Psicología, 1977, 3, 1, 29-55.
- CASTRO, L. Diseño Experimental sin Estadística. Usos y Restricciones en : Aplicación a las Ciencias de la Conducta. Ed. Trillas, México, 1976.
- CRAIGHEAD, W.E., KAZDIN, A.E. & MAHONEY, M. J. Modificación de Conducta. Principios, Técnicas y Aplicaciones. Barcelona, Ed. Omega, 1981.
- DUKES, W.F. N = 1. Psychological Bulletin, 1965, 64, 74, - 79.
- EDGAR, E. & BILLINGSLEY, F. Believability When N = 1. Psychological Record, 1974, 24, 147 - 160.
- EDINGTON, E.S. Random Assignment and Statistical Tests for - One - Subject experiment. Behavioral Assessment, 1980, - 2, 19 - 28.
- EDINGTON, E.S. Randomization Tests For One-Subject Operant - Experiment. The Journal Of Psychology, 1975, 90, 57 - 68.
- EDINGTON, E.S. Statistical Inference From N = 1, experiments. The Journal Of Psychology, 1967, 65, 195 - 199.

- GLASS, G.V. & Stanley, J.C. *Metodos Estadísticos Aplicados a las Ciencias Sociales*, Ed. Prentice/ Hall Internacional. México, 1980.
- GLASS, G.V., Willison, V.L. & Gottman, J.M. *Design and Analysis of Time - Series Experiments*. Boulder, University of - Colorado Press, 1975.
- GRASS, J.A. *Diseños Experimentales en Psicología y Educación*. Ed. Trillas, México, 1981.
- GRAS, J.A. *Psicología Experimental. Un Enfoque Metodológico*. Ed. Trillas, Mexico, 1978.
- HERSEN, M. & BARLOW, D.H. *Single - Case Experimental Designs, Strategies For Behavior Change*. New York, Pergamon Press, 1976.
- JONES, R.R., VAUGHT, R.S. & WEINROTT, M. *Time - Series Analysis, in Operant Research*. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 1977, 10, 151 - 166.
- KAZDIN, A.E. *Statistical Analysis for Single - Case Experimental designs*. In M. Hersen & D. Barlow ( Eds.), *Single Case - Experimental. Strategies for Studing Behavior Change*, - - New York, Pergamon Press, 1976.
- KERLINGER, F.N. *Investigación del Comportamiento. Técnicas y - Metodología ( 1964 )*, Ed. Interamericana, México, 1975.
- KRATOCHWILL, T.R. *Foundations of Time - Series Research*. In T.R. Kratochwill ( Ed.), *Single Subject Research - Strategies - for Evaluating Change*. Academic Press, New York, 1978.
- Mc GUIGAN, F.J. *Psicología Experimental. Un Enfoque Metodológico*. Ed. Trillas, México, 1971.
- PEARSON, B.S. & BAER, D.M. *The Analysis of Presentation of Graphic data*. In T.R. Kratochwill ( Ed.), *Single Subject Research, Strategies for evaluating Change*. Academic Press, New York, 1978.

- PLUTCHIK, R. Fundamentos de Investigación Experimental. (1968),  
Ed. Harla, México, 1975.
- REVUSKY, S.H. Some Statistical Treatments Compatible With -  
Individual Organism Methodology, Journal Of The Experimental  
Analysis of Behavior, 1967, 10, 319 - 330.
- ROJAS, S.R. Guia para Realizar Investigaciones Sociales. - -  
UNAM ( 1977 ).
- SIEGEL, S. Estadística No Paramétrica Aplicada a las Ciencias de  
la Conducta. Ed. Trillas, México, 1974.
- SIDMAN M. Tácticas de Investigación Científica. Conducta Humana.  
( 1960 ), Barcelona, Ed. Fontanella, 1973.
- STEVENSON, W.J. Estadística para Administración y Economía. - -  
Conceptos y Aplicaciones. Ed. Harla, México, 1981.
- UNDERWOOD, B.J. & SHAUGHNESSY, J.J. Experimentación en Psicología.  
Barcelona, Ed. Omega, 1978.
- WAMPOLD, B.E. & FURLONG, M.J. The Heuristics of Visual Inference.  
Behavioral Assessment. University of California, Santa Barbara,  
1981, 3, 79 - 92.