

## ESTADISTICA NO PARAMETRICA:

### GENERALIDADES CON EJEMPLOS PARA ENTOMOLOGOS

Juan C. Echeverría  
México 1988.

#### LA PRUEBA ESTADISTICA

Las pruebas estadísticas han sido ideadas considerando que se cumplen ciertos requisitos, los cuales pueden variar de una prueba a otra. En general se puede decir que todas ellas se basan en dos aspectos principales: a) la **distribución** de la variable y b) el **tipo de medición** efectuada. Surge claramente que una prueba no será válida, si no se cumplen las condiciones bajo las cuales esta fue elaborada. En situaciones reales de trabajo experimental, muchas veces estas condiciones pueden ser verificadas, pero otras, y es lo más frecuente, sólo tienen que ser **supuestas** por el investigador. Es así como las condiciones del modelo de una prueba se convierten en las **suposiciones** de la misma.

A medida que las suposiciones son menos numerosas, menos limitaciones serán necesarias para llegar a una decisión con esa prueba, pero a su vez las conclusiones serán de carácter más amplio. En general puede decirse que a suposiciones más fuertes, más poderosa será la prueba.

Al delimitar nuestra población de estudio y el método de muestreo, estaremos delimitando, aunque no lo sepamos, el tipo de prueba estadística que es factible aplicar a nuestro juego de datos.

#### DISTRIBUCIÓN DE LA VARIABLE

Las pruebas conocidas como **PARAMETRICAS**, que constituyen gran parte de toda la estadística conocida, se basan, en su gran mayoría en la suposición de que la variable en estudio tiene una distribución normal. En un gran número de casos esto es razonable ya que, efectivamente, o la población tiene distribución **normal** o bien, como consecuencia del teorema central del límite  $\{ (\sigma_x^2 - \sigma_{x/n}^2) \sim N \}$ , la variable ( $x$ ) tiende a distribuirse de esa forma (normal). Los estadísticos aquí utilizados son parámetros, como la media y la varianza, de las poblaciones cuyas muestras están involucradas.

Las situaciones en las cuales el investigador, aunque lo sospeche, no puede aseverar que la variable con la que está trabajando tiene distribución normal, son muchas y de suficiente peso como para impedir el uso de cualquier prueba paramétrica sobre tales juegos de datos. Esto no necesariamente implica que no se puedan analizar estadísticamente.

Existen procedimientos que no dependen de la distribución de la variable, estos procedimientos son conocidos como estadísticos de **distribución libre** o también como **métodos estadísticos no paramétricos**.

Por convención los métodos verdaderamente no paramétricos y los procedimientos de distribución libre son tratados como procedimientos estadísticos no paramétricos. Estrictamente hablando los procedimientos no paramétricos no se relacionan con los parámetros de la población. Como ejemplo tenemos las pruebas de **bondad de ajuste** y las pruebas de **aleatoriedad**.

En este punto es conveniente aclarar que el término **parámetro** es generalmente empleado para denotar una característica de la población. A menudo es una constante no especificada (no conocida) de la familia de distribución de probabilidades, pero en un sentido más amplio incluye casi todas las descripciones de características de una población dentro de una familia. La mediana, utilizada frecuentemente en las pruebas de hipótesis de la estadística no paramétrica, cae dentro de esta categoría, por lo cual, la designación de **estadística no paramétrica** en sentido amplio es un tanto incorrecta; una asignación más apropiada sería la de **MÉTODOS ESTADÍSTICOS DE DISTRIBUCIÓN LIBRE**.

En general entre los estadísticos no hay completo acuerdo sobre el significado del término **no paramétrico**.

## **TIPO DE MEDICIÓN**

Cuando se habla de medición generalmente se piensa en la asignación de números a observaciones, de modo que los números sean susceptibles de análisis por medio de manipulaciones u operaciones de acuerdo a ciertas reglas. Cuando la relación entre los objetos medidos y los números es tan directa que mediante la manipulación de los números se puede obtener nueva información acerca de los objetos, se dice que la estructura de la medición es **isomórfica** a la estructura numérica conocida como aritmética.

La teoría de medición está formada por un conjunto de teorías, cada una referida a un nivel diferente de medición. Las operaciones permitidas con un conjunto de puntajes dado dependen del nivel de medida que se logre.

La estadística no paramétrica permite efectuar pruebas de hipótesis con escalas de medición con las cuales no sería posible efectuar operaciones tan sencillas como la suma, aunque escalas de medición más fuertes también son analizables con estos procedimientos.

La correcta cuantificación de la ocurrencia de un evento de interés es uno de los pilares de la experimentación. La cuantificación de ciertas variables como rendimiento, número de insectos, altura de plantas, etc. resulta sencillo, mientras que otras como la cuantificación del daño que una plaga produce sobre una hoja, planta o cultivo, que produce efectos intermedios entre planta sana y planta muerta, no resulta tan simple. Se podría discutir diversas formas de cuantificar este tipo de efectos y todas darían algún tipo de información. El secreto consiste en extraer toda la información posible de los datos, pero no más de lo que realmente estos pueden dar. Así un grado de ataque clasificado

como nulo, leve, medio, alto y muy alto podría también ser denominado como 0, 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente. Si se lo expresa de esta segunda forma, podría resultar tentador pensar que el grado de ataque 4 es el doble del grado de ataque 2, o que el 3 es el triple del 1, etc. cuando en realidad no sabemos si esto es realmente así. Se podría incurrir en el error de pretender analizar datos de este tipo mediante los métodos paramétricos creyendo que se está obteniendo más información. Para extraer de los datos la información que realmente estos pueden dar, especialmente cuando son del tipo no numérico, ni isomórficos es que viene en auxilio la estadística no paramétrica.

Debe evitarse caer en el error de hacer transformaciones que “creen” información al ser analizada por métodos aparentemente mejores.

## ESCALAS DE MEDICION

### Nominal o clasificatoria:

Se da cuando las observaciones consisten en clasificaciones de objetos en categorías o clases mutuamente excluyentes. Se dice que la medición es elemental. Un ejemplo de datos en esta escala son las observaciones de una variable aleatoria Bernoulli donde las observaciones son del tipo éxito o fracaso, presente o ausente, mayor del 20% o menor del 20%, etc. La única relación que puede establecerse es la de igualdad y por lo tanto de desigualdad. Dos observaciones son iguales si están en la misma clase y diferentes si no lo están. El único estadístico válido para este tipo de datos es la frecuencia en cada clase.

#### Ejemplo 1:

Un parasitoide ataca a un insecto plaga y se desea conocer si aquel presenta preferencia por determinado instar o estadio. Se colectan 100 especímenes en cada instar y se registra la presencia o ausencia del parasitoide.

Número de insectos parasitados sobre un total de 100 por cada instar.

INSTAR (Categoría)							
Huevo	Larva I	Larva II	Larva III	Larva IV	Larva V	Pupa	Adulto
3	5	7	8	12	15	0	0

Fuente: Datos ficticios.

#### Ejemplo 2:

Sobre una muestra de semillas se determina la presencia o ausencia de larvas de un insecto. También se registra el instar en que se encuentra la plaga.

INSTAR (Categoría)
--------------------

Sin Larvas	Larva I	Larva II	Larva III	Larva IV	Larva V
60	3	5	11	8	5

Fuente: Datos ficticios.

### Ordinal o de rango:

Ocurre cuando los objetos de una categoría están relacionados de forma conocida con los de otra categoría, y no son considerados únicamente como diferentes. Tales relaciones pueden expresarse como “mayor que” o “menor que”, y las escalas particulares pueden ser “mas atacado que”, “más grande que”, etc.

Si la relación mayor (o menor) se sostiene en solo algunos pares de clases pero no en todas, tenemos una escala parcialmente ordenada. Si se sostiene en todos los pares de clases de modo que surja un rango ordenado completo tenemos una escala ordinal.

Esta escala, al incorporar la relación de mayor (o menor) contiene mayor información que la anterior, por lo que se dice que es una escala mas fuerte.

Las propiedades de una escala ordinal no son isomórficas al sistema numérico conocido como aritmética.

Con observaciones en esta escala pueden calcularse frecuencias como en la nominal y también puede calcularse la mediana de la muestra ya que las observaciones son ordenables y no importa la distancia entre categoría y categoría.

#### Ejemplo 3:

Se observa la proporción, respecto al total de una hoja, que un insecto a destruido (o consumido) en determinada variedad de planta. El daño se cuantifica “a ojo” según la escala arbitraria siguiente: nulo, escaso, regular, abundante, muy abundante y total. Se registra la cantidad de hojas dentro de cada categoría.

Frecuencia de hojas dañadas por categoría.

DAÑO (Categoría)					
Nulo	Escaso	Regular	Abundante	Muy abund.	Total
234	321	455	118	46	30

Fuente: Datos ficticios.

#### Ejemplo 4:

Sobre tres especies forrajeras integrantes de una pradera consociada se observa el daño producido por acridios (chapulines o tucuras). Se cuantifica en tres categorías: bajo, medio y alto, y se registra la frecuencia de plantas dentro de cada categoría de daño.

Frecuencia de plantas dañadas.

FORRAJERA	DAÑO (Categoría)		
	BAJO	MEDIO	ALTO
A	14	23	6
B	89	45	11
C	08	20	33

Fuente: Datos ficticios.

### Intervalo:

En esta escala además de poder ordenar las observaciones como en la escala anterior, también se tiene idea de la distancia existente entre ellas. La localización del cero de la escala y el tamaño de las unidades de distancia son **arbitrarios**. El cero no corresponde a la ausencia de la característica física utilizada en las unidades de medida.

Esta escala es más fuerte que la ordinal y por consiguiente que la nominal. Pueden calcularse parámetros tales como la media y la varianza, además de los que permiten las escalas anteriores.

Las operaciones y las relaciones en que se origina la estructura de una escala de intervalo son tales, que las diferencias en la escala son isomórficas a la estructura de la aritmética. Un ejemplo frecuentemente mencionado en la bibliografía es el caso de las escalas Fahrenheit y Celsius utilizadas en la medición de la temperatura, donde tanto el cero como la unidad de medida (el grado) son arbitrarios. No es el caso de la escala Kelvin o escala absoluta.

### Ejemplo 5:

A un entomólogo podría resultarle interesante cuantificar el nivel poblacional de una plaga en términos de las “unidades de nivel de daño” tomando como cero de la escala el punto donde la relación: Cantidad de insectos observados/Cantidad máxima de insectos que no disminuyen el rendimiento, sea igual a uno.

Así la nueva escala creada quedaría representada de la siguiente manera:

(Cantidad de insectos observados/ Cantidad máxima de insectos que no disminuyen el rendimiento) -1

Supongamos que el máximo nivel de insectos admisible para que no merme el rendimiento del cultivo, que en este ejemplo denominaremos A, sea de 15. Posteriormente al revisar un grupo de plantas se obtienen los siguientes resultados:

Planta N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	n
Cantidad insectos	4	8	<b>15</b>	33	45	38	24	60	30	...

Las observaciones expresadas en la nueva escala de medida quedarán de la siguiente manera:

Planta Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	n
Nueva escala <sub>(15)</sub>	-0.073	-0.47	0	1.2	2	1.53	0.6	3	1	...

La planta Nº 6 tiene 1,53 veces el número máximo de insectos admisible que la planta Nº 3. Las plantas con números positivos están sufriendo daño, en tanto que las con números negativos no lo están.

Ahora, en cambio, supongamos que para el cultivo B el máximo nivel de insectos admisible para que no se afecte el rendimiento es de 25. La evaluación en esta escala será la siguiente:

Planta Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	n
Nueva escala <sub>(25)</sub>	-0.084	-0.68	-0.40	0.32	0.8	0.52	-0.04	1.4	0.2	...

Como vimos, para el cultivo A la cantidad de insectos tolerable era 15 y en el cultivo B 25. Debe hacerse notar que las diferencias entre las lecturas de una escala es igual a la proporción entre las diferencias correspondientes de la otra. Por ejemplo, en la escala original y en las dos nuevas creadas la proporción de las diferencias entre:

(Valores planta 5 – Valores planta 4) / (Valores planta 4 – Valores planta 3), son iguales para las tres escalas.

La proporción de un intervalo a otro cualquiera es independiente de la unidad usada y de la localización del punto cero, pues estos últimos son arbitrarios, excepto en la escala original de medida donde no lo es.

### **Proporción:**

Esta escala posee las características de la escala de intervalo y además tiene en su origen un punto cero real. Las observaciones pueden ordenarse. El cero y la unidad de distancia entre observaciones son inherentes al sistema, es decir, no son arbitrarias. Las observaciones originales del ejemplo presentado para ilustrar la escala de intervalo, cantidad de insectos, es un ejemplo de medidas en escala de proporción.

Esta es la escala más fuerte de todas las consideradas y permite el cálculo de la media, varianza y cualquier estadístico calculado con las otras escalas.

Con una escala de proporción, cualquier prueba estadística puede usarse ya que esta escala contiene a todas las anteriores.

Características tales como cantidad, peso, longitud, etc. son medidas en esta escala.

### Ejemplo 6:

Se desea cuantificar el daño que un insecto produce sobre las hojas de un cultivo. Se toman 10 hojas al azar de cada planta muestreada y con un planímetro se determina el área total de la hoja y el área faltante, obteniendo los siguientes resultados:

PLANTA	HOJA N°									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	n
1	0.52	0.23	0.33	0.43	...					
n	...	...	...	...						

## PROCEDIMIENTOS ESTADISTICOS NO PARAMETRICOS

### Ventajas:

1. Debido a que generalmente dependen de un mínimo de suposiciones, la probabilidad de usar una prueba incorrectamente es muy pequeña.
2. Para algunos procedimientos los cálculos pueden ser ejecutados rápida y fácilmente, especialmente si deben hacerse a mano y los resultados urgen.
3. Experimentadores con una mínima preparación en estadística y matemática encontrarán los conceptos y métodos fáciles de entender.
4. Estos procedimientos pueden ser aplicados cuando la escala de medición es tanto fuerte como débil.

### Desventajas:

1. A consecuencia de que los cálculos son fáciles y simples (en su gran mayoría), a veces se utilizan estos procedimientos cuando los paramétricos serían más apropiados. Tales errores a menudo desperdician información.
2. Aunque estos procedimientos tienen reputación de requerir cálculos simples, en algunas pruebas su aritmética es laboriosa y tediosa.

### Cuando usarlos:

1. Cuando la hipótesis a ser probada no se relaciona con ningún parámetro.
2. Cuando los datos han sido medidos en una escala más débil que la requerida para el procedimiento paramétrico alternativo.

3. Cuando se han violado una o más suposiciones necesarias para la aplicación del método paramétrico apropiado. Un procedimiento no paramétrico es frecuentemente la única alternativa.
4. Cuando los resultados se necesitan rápidamente y los cálculos deben hacerse a mano.

## **BIBLIOGRAFIA**

Conover, W. J. 1980. Practical Nonparametric statistics. John Wiley & Sons. 493 p.

Daniel, W. W. 1978. Applied Nonparametric statistics. Houghton Mifflin Co. 503 p.

Dickinson Gibbons, J. 1985. Nonparametric statistical inference. Marcel Dekker. Inc. 408 p.

Infante Gil S. 1980. Métodos estadísticos no paramétricos. Colegio de Postgraduados. 189 p.

Infante Gil, S. y Zárate de Lara, G. P. 1986. Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario. Trillas. 643 p.

Sidney Siegel. 1970. Diseño experimental no paramétrico aplicado a las ciencias de la conducta. Trillas, S.A. 346 p.