



**EDITORIAL
DIGITAL**
TECNOLÓGICO DE MONTERREY

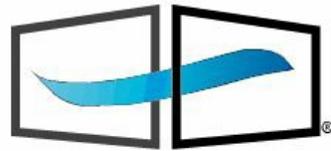
BIOESTADÍSTICA

Volumen 1



JOSÉ JUAN
GÓNGORA CORTÉS

Editorial



EDITORIAL DIGITAL

TECNOLÓGICO DE MONTERREY

El Tecnológico de Monterrey presenta su primera colección de eBooks de texto para programas de nivel preparatoria, profesional y posgrado. En cada título, nuestros autores integran conocimientos y habilidades, utilizando diversas tecnologías de apoyo al aprendizaje.

El objetivo principal de este sello editorial es el de divulgar el conocimiento y experiencia didáctica de los profesores del Tecnológico de Monterrey a través del uso innovador de la tecnología. Asimismo, apunta a contribuir a la creación de un modelo de publicación que integre en el formato eBook, de manera creativa, las múltiples posibilidades que ofrecen las tecnologías digitales.

Con su nueva Editorial Digital, el Tecnológico de Monterrey confirma su vocación emprendedora y su compromiso con la innovación educativa y tecnológica en beneficio del aprendizaje de los estudiantes.

www.ebookstec.com

ebookstec@itesm.mx

Autor

JOSÉ JUAN
GÓNGORA CORTÉS

Profesor del Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey donde imparte las materias Bioestadística y Diseño de escalas.

En la Universidad Autónoma de Nuevo León se graduó de físico. Gracias a una beca de la Universidad de Monterrey estudió ahí la maestría en educación y mediante una beca de LASPAU, la maestría en estadística probabilidad en Northern Illinois University.

En 1999, editorial Trillas le publicó “Estadística Descriptiva” y en 2003, tradujo al inglés cuatro libros de Cálculo de esta casa editorial. Además en 1997, la Universidad de Monterrey patrocinó la edición de uno de sus libros de poesía: “Desfile Alfabético de Tatuajes Cotidianos”.

Aunque dedicado a la docencia desde 1981, es a partir del 2003 que participa en diferentes departamentos del Tecnológico de Monterrey, enseñando ciencias, especialmente bioestadística a nivel universitario donde ha encontrado un ambiente propicio para su desarrollo como docente.

[Haz clic aquí para ver el video de bienvenida.](#)

Mapa de contenidos

Bioe Σ *ta* δ *ística* α : Volumen 1

define el escenario para la

[Estadística y ciencias de la vida: la bioestadística](#)

que evidencia la necesidad de la

[Estadística descriptiva](#)

que al apoyarse en la

[Probabilidad](#)

puede analizar

Variables aleatorias y distribuciones de probabilidad

Distribución del muestreo

de donde surge la

Estadística inferencial

y como consecuencia la

Correlación y predicción

y también el

Análisis categórico



Introducción del eBook

Pensar que las ciencias de la salud estarían donde hoy están sin la participación de las otras ciencias incluyendo la bioestadística es por lo demás reduccionista e incluso injusto. El rápido desarrollo de dichas ciencias, como consecuencia de la modernidad, y particularmente del método científico, es el producto de una simbiosis entre bastantes disciplinas: la Biología, la Química, la Física, las Matemáticas y por supuesto la Estadística. Rayos X, biometrías y pruebas clínicas son tan solo algunas contribuciones que las otras ciencias han hecho a las ciencias de la salud.

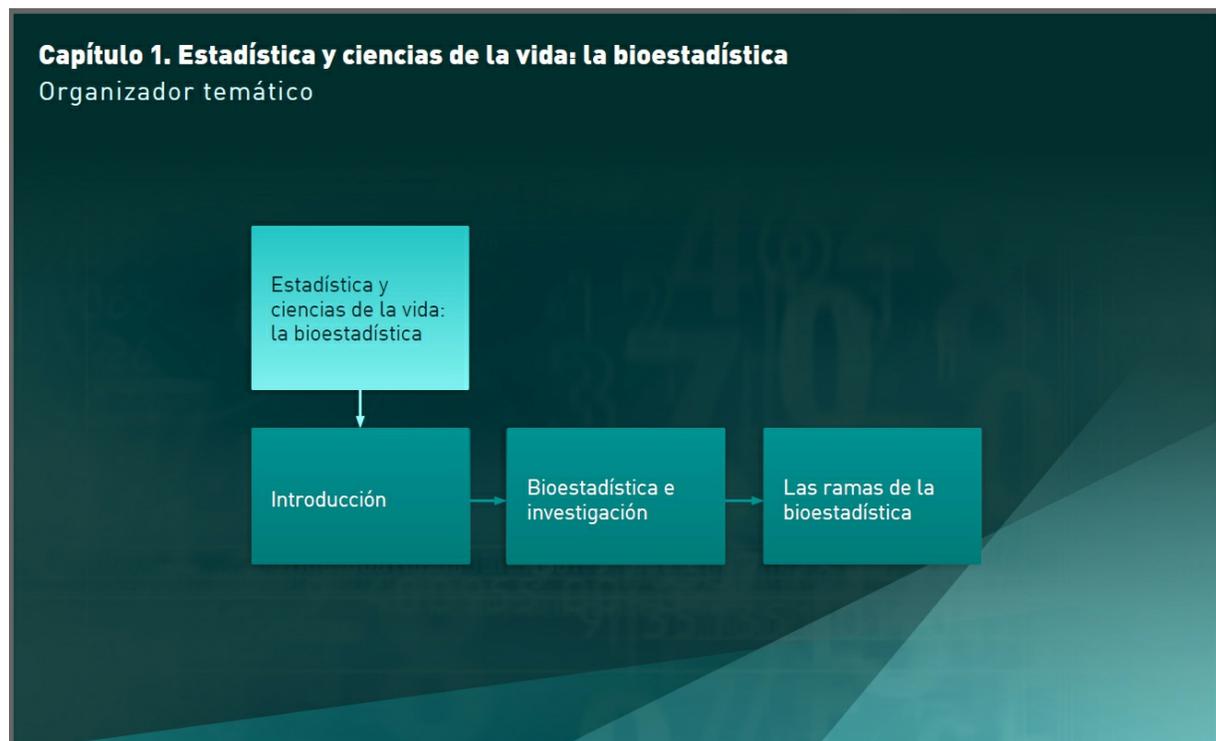
Particularmente, la Bioestadística es la ciencia de poner a trabajar en equipo a la estadística y la probabilidad para enfrentar los problemas, cada vez más complejos, que se presentan en la investigación y la curiosidad de las ciencias de la salud: Enfermería, administración, odontología, nutrición, biomedicina, medicina e incluso psicología. La bioestadística juega un papel no solo importante sino muchas veces protagónico en el desarrollo de nuevas metodologías para enfrentar los desafíos que permitan alcanzar y mantener la salud de los seres humanos. Por eso, el propósito de este eBook es proveer a los lectores de un entendimiento básico de los métodos estadísticos para enfrentar y resolver problemas en las diferentes disciplinas de las ciencias de la salud y así contribuir al enriquecimiento de esta área.

Capítulo 1. Estadística y ciencias de la vida: la bioestadística

Organizador temático

[Estadística y ciencias de la vida: la bioestadística](#)

- [Introducción](#)
- [Bioestadística e investigación](#)
- [Las ramas de la bioestadística](#)



1. Estadística y ciencias de la vida: la bioestadística

1.1 Introducción

La historia humana está plagada de incógnitas. Desde los albores de la civilización cuando todo era incertidumbre enfrentada desde la ignorancia, hasta esta modernidad compleja donde las respuestas con frecuencia se convierten en fuente de más preguntas. *Por qué* que cimbran la indiferencia humana y abren camino hacia el conocimiento. Y es que el ser humano es el protagonista del entendimiento, bulle en su sangre:



No hay actividad humana que no esté marcada por estos dos paradigmas. Quizás esto logre explicar lo que la humanidad ha producido hasta el momento. Desde aquellas primigenias pinturas rupestres que ya anuncian maravillosamente lo que vendría, hasta los libros,

instrumentos sorprendentes que permiten atrapar la realidad. Realidad que está ahí... circundando inexorablemente todo lo humano. Y aunque la humanidad pudiera vivir ajena a lo que la rodea tanto en el exterior como en el interior, la verdad es que su propia naturaleza la empuja... la arroja en la mar de posibilidades que es la realidad. Por eso es imperativo:

tratar de
entenderla,

buscar explicarla y
quizás, por qué no,

transformarla.



Una de las actividades humanas que desde el comienzo ha intentado hacerlo es la Medicina y todas sus disciplinas relacionadas. El ser humano es, por definición, un ser vulnerable frente a sus circunstancias. Condicionado por el ambiente que lo rodea y más aún por su propia naturaleza biológica: ¡enferma! Es por esta condición de vulnerabilidad que desde tiempos inmemoriales el ser humano necesita sanar. Y he aquí –sin muchas pretensiones– el propósito primario de la medicina. Si bien mucho de esta actividad médica es la acción directa sobre la persona enferma, combinación de experiencia y sapiencia, mucho también queda por hacer ya que la construcción científica de la medicina requiere más que la experiencia para conformarse. Por eso la investigación y el experimento forman parte del desarrollo de la medicina. La salud pública y la epidemiología son ramas de la medicina que tienen una actividad bullente y un impacto en la sociedad que amerita atención desde muchos ángulos. Uno de ellos es el de la cuantificación. En particular, la búsqueda de promedios, de índices, de tendencias e imperativamente de patrones. Porque estos son los pilares de la construcción cuantitativa de la realidad que permite a la medicina tener un entendimiento mayor de ella, así como edificar las explicaciones pertinentes para llevar a la medicina a la transformación de las circunstancias que

1.2 Bioestadística e investigación

La estadística es una herramienta del pensamiento científico copiosamente activa y amplia en sus aplicaciones. Tan es así, que toca cada actividad de la ciencia y de muchas otras actividades que no lo son. Desde la política hasta la mercadotecnia, desde la química hasta la ingeniería, la estadística es una herramienta que apoya el desarrollo de cada una de estas disciplinas. En la era de la información y la tecnología es más fácil identificar campos donde la estadística es relevante que mostrar aquellos donde no lo es. En seguida algunos escenarios para resaltar este hecho.



Educación

En Educación, los políticos podrán decir lo que consideren pertinente para seducir a sus audiencias, sin embargo, es claro que desde la perspectiva de la estadística aplicada a la educación, los resultados de pruebas nacionales e internacionales muestran con validez relevante que los resultados educativos están lejos de lo que muchas veces se proclama en la política. México en uno de los países con más pobre desempeño en pruebas internacionales pese a tener una de las más altas inversiones en educación.



En Psicología se desarrollan pruebas psicométricas con base en teorías psicológicas donde el papel de la estadística es auxiliar en la validación de las pruebas así como en el análisis de sus resultados. Posteriormente, esto permite diagnosticar o dar seguimiento a diferentes condiciones psicológicas en las personas.



En Sociología, los cambios en la conducta social de las personas al ser estudiados desde la perspectiva estadística, proveen a los investigadores de evidencias confiables para desentrañar los fenómenos analizados en la sociedad. De cómo las mujeres de unas décadas atrás a la fecha han venido modificando sus patrones de conducta social, concretamente la edad de su primer matrimonio. O de cómo han cambiado la percepción que las personas tienen acerca de temas variados como la discriminación, el aborto, la libertad, la moda, etcétera. Hasta una aplicación muy sencilla, pero bastante informativa, la determinación de las preferencias políticas de los individuos de una sociedad con la finalidad de discernir el resultado de una elección política.



Medicina

Y en Medicina, las aplicaciones también son importantes; quizás no en la parte operativa y propedéutica, pero sí en la investigación y en la toma de decisiones. Dos ejemplos clásicos de la estadística en medicina son: la determinación de la efectividad de un medicamento nuevo, o sencillamente el establecimiento de su dosis apropiada. Incluso, ¿qué sería de la salud pública sin el apoyo incondicional de la estadística? ¿Cómo identificar o predecir una epidemia para salvaguardar la seguridad social? ¿Cómo determinar qué enfermedades prevenir si no se tiene información de lo que sucede en la sociedad?

En conclusión, la estadística como herramienta del pensamiento científico ha mostrado sobradamente sus bondades. Por esta razón, cada vez son más las actividades humanas

que la usan como herramienta. Y una de ellas por supuesto es la medicina y sus áreas asociadas; particularmente, la investigación biomédica es una de las actividades donde la estadística encuentra bastante tierra fértil.

Para investigar exitosamente cualquier problema del área es muy importante crear conceptos precisos, formular preguntas claras e imponer limitaciones apropiadas al problema, tomando en cuenta el tiempo adecuado y el dinero disponible, y hasta la habilidad de los investigadores. El significado y la operacionalización de algunos conceptos tales como curación, efectividad del medicamento, satisfacción del paciente, pueden variar de caso a caso, y en cada situación específica será necesario coincidir en definiciones apropiados para los términos que se utilicen. En realidad, es a la metodología de la investigación que mucho de lo anterior pertenece, no obstante, más con un propósito informativo y formativo que exhaustivo, se intentará aquí, presentar un avance.

La forma como se relaciona la estadística con la investigación es bastante sencilla y hasta atractiva. Sirva el siguiente diagrama para mostrar las interconexiones. Obsérvese reflexivamente el lugar que ocupa la estadística en este flujo de pasos que esquematizan el proceso de investigación:

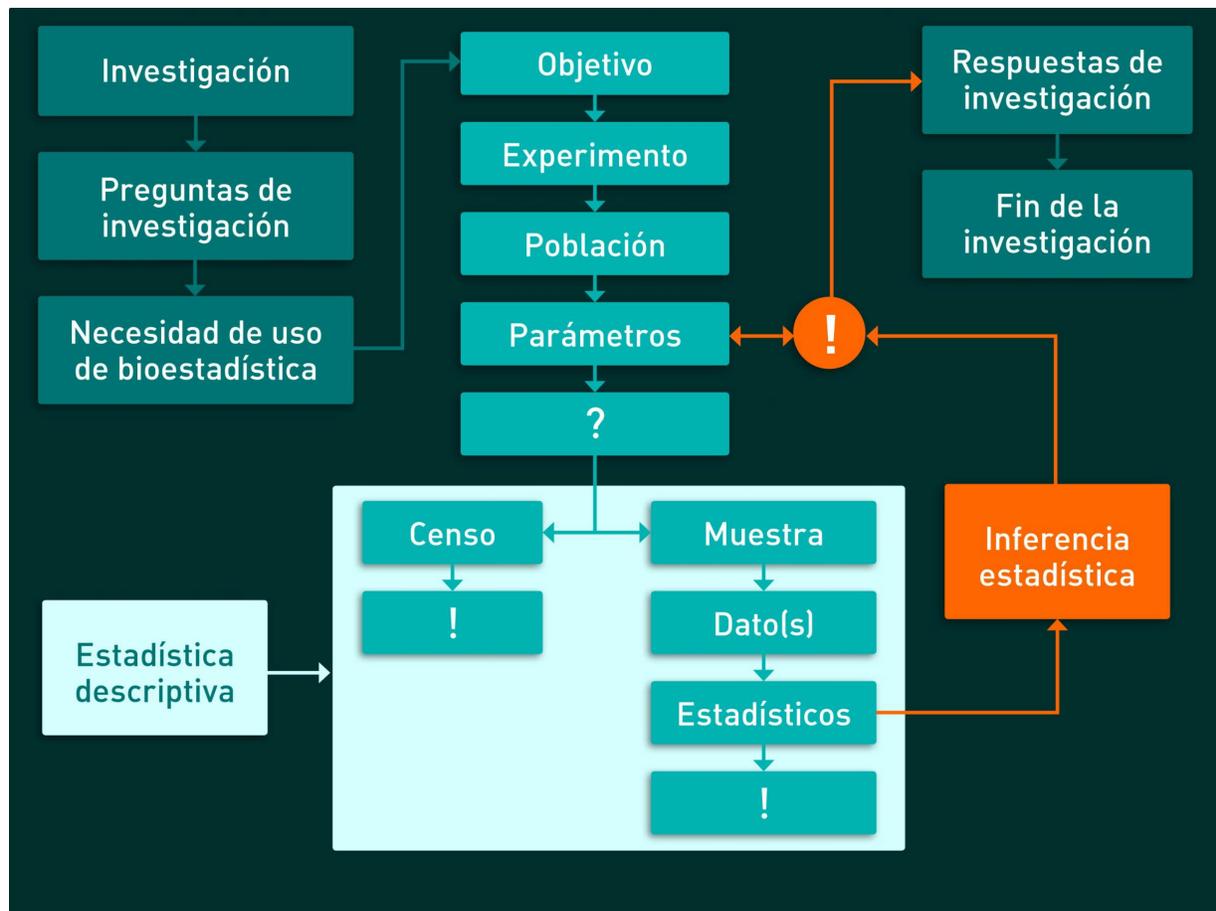


Figura 1.1. Proceso de investigación

El procedimiento comienza siempre con una pregunta de investigación (¿cuál es la prevalencia de una enfermedad?), formulada desde un escenario construido por un marco teórico que da solidez a cualquier propuesta. En muchos casos la pregunta es de tal naturaleza que no requiere el uso de estadística como sucede en muchos estudios cualitativos. Sin embargo, si es el caso que los métodos cuantitativos son necesarios, entonces la estadística es la mejor herramienta disponible.



En estadística es importante determinar la población, el o los parámetros que son el punto de partida del trabajo. Y como consecuencia de estos la muestra y los estadísticos. Todo esto alimenta de alguna manera a la estadística descriptiva y a la estadística inferencial.

Enseguida un ejemplo.

En cierto proyecto de investigación surge la pregunta ¿cuál de dos medicamentos para una misma condición es más efectivo al aliviar los síntomas de una enfermedad?

Definitivamente, el primer paso es determinar si el uso de la estadística es viable para este caso. La respuesta inmediata es sí, ya que para determinar la efectividad comparada de ambos productos se deberán utilizar muestras de pacientes con el padecimiento a quienes hay que tratar y posteriormente medir cuántos de ellos presentaron condiciones asintomáticas. Una vez entendida la situación en lo que respecta a la estadística se procede así:

El objetivo

Determinar estadísticamente si existe una diferencia en las efectividades de ambos medicamentos.

El experimento

Comparación de dos muestras independientes. Este es el experimento estadístico.

La población

Se presume que existen dos poblaciones. Una población de pacientes tratados con uno de los medicamentos y la otra población de pacientes tratados con el otro medicamento.

El parámetro

La característica de la población o parámetro que se comparará es la proporción de pacientes en quienes los síntomas de la enfermedad desaparecen, tanto en una población como en la otra. En general se denota por la letra griega π .

La pregunta

La pregunta, en este caso, sería si ambas proporciones son iguales o no. Es decir, si $\pi_1 = \pi_2$? De ser así, las efectividades se empatan y ambos medicamentos son igualmente útiles. En cambio si esta hipótesis no se sostiene, uno de ellos debe ser más efectivo que el otro.

Para hacer esta comparación se puede seguir dos caminos. Uno es, llevar a cabo un censo, lo que es prácticamente imposible, pues implicaría tener acceso a todas las personas que padecen la enfermedad en el presente, el pasado y el futuro; definitivamente, esta posibilidad se descarta. El otro camino, menos exigente, consiste en la selección de dos muestras de pacientes que padezcan la enfermedad. Dos muestras representativas tomadas de las dos poblaciones respectivamente. Aquella que sería tratada con el medicamento A y la otra que se sometería al tratamiento con el medicamento B.



Las muestras

Se toman dos muestras de tamaño n_1 y n_2 de la población de pacientes con la enfermedad.

Los datos

Luego de asignar un tratamiento a cada paciente se verifica si han desaparecido o no los síntomas y se registra el resultado. Estas informaciones se convertirán en las dos variables del experimento.

El estadístico

La característica de la muestra o estadístico que se comparará es la proporción de pacientes en quienes los síntomas de la enfermedad desaparecen. En general se denota por la letra latina ρ .

Para verificar la hipótesis de si ambas proporciones poblacionales son iguales ($\pi_1 = \pi_2$)

se deben comparar los estadísticos obtenidos de ambas muestras, es decir, las proporciones muestrales ($\rho_1 = \rho_2$). En este caso hay dos aproximaciones que se pueden tomar para resolver el problema; una es, la **estadística descriptiva**, es decir, tomar una decisión con base en información muestral, y la otra, la **estadística inferencial** que requiere el uso de la probabilidad.

En seguida la explicación:



Desde la estadística descriptiva

Ambas muestras se analizan tomando en consideración tablas de distribución de frecuencias, cálculos de promedios y desviaciones, e incluso se dibujan gráficas comparativas; y es con base en esta información que el investigador, haciendo uso de su experiencia, toma la decisión de cuál de los medicamentos es mejor o si ambos son semejantes. Esta toma de decisiones con base en información descriptiva de una o varias muestras pertenece al ámbito de la estadística descriptiva. Sin embargo, tomar una decisión así, puede ser riesgoso ya que la posibilidad de error es bastante apreciable; por eso, muchas veces, es necesario ir más lejos y preguntarse, ¿qué tan significativa es dicha diferencia?



Desde la estadística inferencial

Para determinar la significancia de la diferencia entre parámetros. Se hace uso de los métodos inferenciales de estimación o prueba de hipótesis. Estos métodos hacen uso de la generalización para conocer lo que un parámetro puede valer con base en la información de una muestra, y serán parte de capítulos posteriores.

Una vez obtenida la conclusión estadística, esta se lleva al plano de la investigación donde sirve de base para establecer las conclusiones de la investigación. Por ejemplo, supóngase que estadísticamente no se encontró diferencia entre las proporciones de ambos medicamentos, esto llevaría a la conclusión de investigación de que ambos medicamentos son igualmente efectivos.



En el marco de la investigación

Con base en la conclusión estadística se crea un discurso en la investigación que apoya o no lo que se había planteado desde el principio del trabajo. Y se concluye de acuerdo a ello.

En conclusión la **estadística** no es la solución a un problema cualquiera sino una herramienta del pensamiento humano y en este caso particular, científico. Así pues, su materia prima surge de las investigaciones científicas o no, de las necesidades de las diferentes áreas de la actividad humana. La estadística ayuda a encontrar la solución de un problema, pero jamás es la solución. Y la mejor manera de describir las bondades de la estadística es con el siguiente refrán: “es mejor encender una vela que maldecir la oscuridad”. Por eso pues, la estadística sin un buen analista es como un bisturí sin médico.



1.3 Las ramas de la bioestadística

La **bioestadística** hace uso de los métodos de la estadística para aplicarlos en la investigación de las ciencias de la salud. Estos métodos abarcan todo el espectro de la metodología estadística, desde los procedimientos de la estadística descriptiva hasta aquellos procedimientos que permiten hacer inferencias y estimaciones, sin olvidar las predicciones e incluso los fenómenos donde la incertidumbre es la característica principal. Este texto tiene como propósito proveer a los participantes de una plataforma básica que permita administrar eficientemente las fuentes de información siempre crecientes para obtener conocimientos relevantes así como conclusiones válidas.

La bioestadística como aplicación específica de la estadística juega un papel importante en el análisis de datos surgidos de las ciencias de la salud y sus áreas relacionadas. Al enfrentar problemas, sus dos escenarios más relevantes son aquellos donde la incertidumbre se torna protagonista de la información, ¿qué es mejor, el tratamiento A o B?; o donde el volumen de los datos es tal que se vuelve inmanejable su administración directa, ¿qué enfermedades son más comunes en cierto país o estado o ciudad? En definitiva, la bioestadística como herramienta de trabajo de la investigación y de la toma de decisiones juega un papel inevitablemente valioso como recurso de la actividad humana.

Quizás Reichmann tenga razón cuando en su libro "Use and Abuse of Statistics": afirma que "La edad de la estadística está sobre nosotros. Casi cada aspecto de los fenómenos naturales, humanos y de otras actividades está, hoy por hoy, sujeto a medición en términos de estadísticas que luego son interpretadas".

Una vez que se ha reconocido en la bioestadística la herramienta del pensamiento que auxilia la investigación y la actividad cotidiana de las ciencias de la salud, debe decirse que la bioestadística tiene dos ramas. Una de ellas es la estadística descriptiva y la otra es la estadística inferencial.



Estadística descriptiva

Es la más familiar para la mayoría de la personas por el hecho que se relaciona con las estadísticas que se publican en diversos medios de comunicación. Esta estadística se asocia primordialmente con la recopilación, presentación y descripción de datos. Sus herramientas básicas son las tablas de distribución de frecuencias, las representaciones gráficas y las medidas descriptivas, lo que forma parte esencial del material que se cubrirá en este libro.

Estadística inferencial

Aunque no tan familiar como la descriptiva, también es de uso frecuente tanto en la vida profesional como ordinaria de las personas. Es común encontrarse con situaciones en las cuales se deben tomar decisiones y estas dependen de la inducción o la generalización.

Es decir, se analizan problemas interpretando y usando los valores resultantes de la estadística descriptiva para responder preguntas que no solo requieren del análisis directo de la información de un conjunto de datos, sino del uso de la inducción o inferencia para alcanzar conclusiones más generales acerca de grupos más grandes de objetos o personas.

Ejercicio integrador del capítulo 1



Instrucciones: Da clic sobre la imagen para descargar el archivo correspondiente a esta actividad.



Conclusión del capítulo 1

Capítulo 1. Estadística y ciencias de la vida: la bioestadística

En resumen, el siguiente esquema muestra la estructura principal de la bioestadística y de este eBook; obsérvese cómo al final de cada secuencia se presenta un ejemplo de lo que representa cada sección.

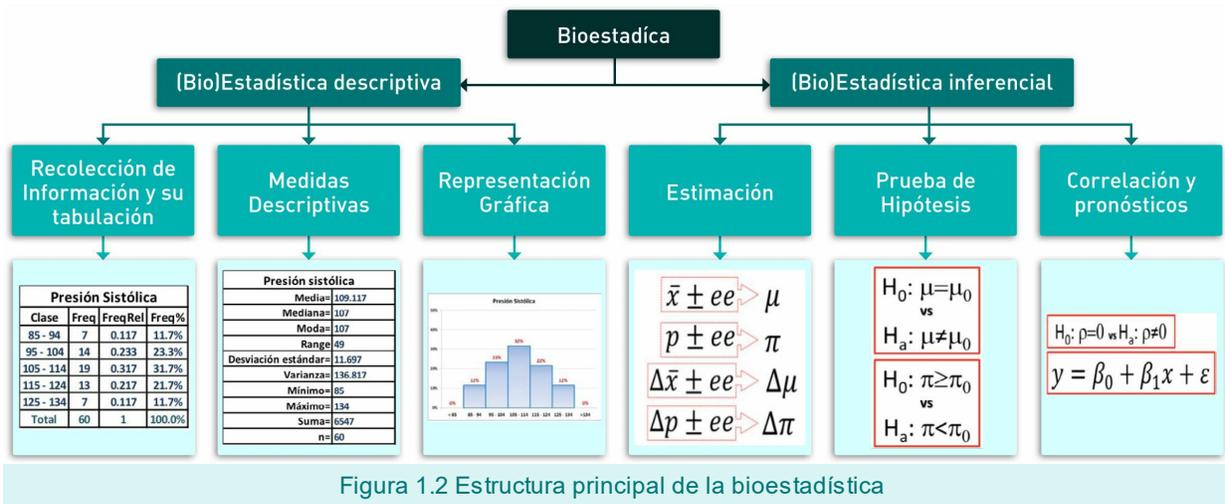


Figura 1.2 Estructura principal de la bioestadística

Comentario final. En lo sucesivo, ya sea que se utilice bioestadística o estadística, ambos sustantivos se considerarán intercambiables.

Glosario del capítulo 1

B

Bioestadística

Estadística aplicada a datos que surgen de ciencias biológicas. Es la una rama de la estadística aplicada a campos de la biología. Desarrolla y aplica técnicas estadísticas en los procesos de investigación relacionados con medicina, epidemiología y salud global. La Bioestadística es la aplicación de la estadística en la biología. Como los objetos de estudio de la Biología son muy variados, tales como la medicina, las ciencias agropecuarias, entre otros.

E

Estadística

Forma de administración e la inteligencia ante una incertidumbre o ignorancia, metodología para racionalizar eventos y tomar decisiones. La estadística es una técnica especial apta para el estudio cuantitativo de los fenómenos de masa o colectivo, cuya mediación requiere una masa de observaciones de otros fenómenos más simples llamados individuales o particulares. Es una ciencia que estudia la recolección, análisis e interpretación de datos, ya sea para ayudar en la toma de decisiones o para explicar condiciones regulares o irregulares de algún fenómeno o estudio aplicado, de ocurrencia en forma aleatoria o condicional.

Estadística descriptiva

Recopilación, presentación y descripción de datos. Tienen por objeto fundamental describir y analizar las características de un conjunto de datos, obteniéndose de esa manera conclusiones sobre las características de dicho conjunto y sobre las relaciones existentes con otras poblaciones, a fin de compararlas. Analiza metódicamente los datos, simplificándolos y presentándolos en forma clara; eliminando la confusión característica de los datos preliminares. Permite la elaboración de cuadros, gráficos e índices bien calculados; suficientemente claros, como para disipar las dudas y la obscuridad de los datos masivos.

Estadística inferencial

Se analizan los datos utilizando los valores de la estadística descriptiva y se utiliza la inducción o inferencia para lleva de lo particular a lo general para la toma de decisiones. Son procedimientos estadísticos que sirven para deducir o inferir algo acerca de un conjunto de datos numéricos (población), seleccionando un grupo menor de ellos (muestra). Provee conclusiones o

inferencias, basándose en los datos simplificados y analizados; detectando las interrelaciones que pueden unirlos, las leyes que los rigen y eliminando las influencias del azar; llegando más allá de las verificaciones físicas posibles. Sobre la base de la muestra estudiada saca conclusiones, o sea, hace inferencia o inducción, en cuanto al universo o población, de donde se obtuvo dicha muestra.

Recursos del capítulo 1

Stat Trek Teach yourself statistics. Excelente lugar para aprender estadística en Internet. Cuenta con bastantes recursos y todos muy útiles.

<http://stattrek.com/>

Stat Tools: Diferentes recursos que permiten calcular cantidades estadísticas.

Random Number Table. <http://stattrek.com/statistics/random-number-generator.aspx>

Probability Calculator. <http://stattrek.com/online-calculator/probability-calculator.aspx>

Bayes Rule Calculator. <http://stattrek.com/online-calculator/bayes-rule-calculator.aspx>

Combination-Permutation. <http://stattrek.com/online-calculator/combinations-permutations.aspx>

Factorial Calculator. <http://stattrek.com/online-calculator/factorial.aspx>

Event Counter. <http://stattrek.com/online-calculator/event-counter.aspx>

Stat Tables: Inventario de tablas estadísticas que son muy útiles y fáciles de manejar.

Binomial. <http://stattrek.com/online-calculator/binomial.aspx>

Chi-Square. <http://stattrek.com/online-calculator/chi-square.aspx>

f Distribution. <http://stattrek.com/online-calculator/f-distribution.aspx>

Hypergeometric. <http://stattrek.com/online-calculator/hypergeometric.aspx>

Multinomial. <http://stattrek.com/online-calculator/multinomial.aspx>

Negative Binomial. <http://stattrek.com/online-calculator/negative-binomial.aspx>

Normal. <http://stattrek.com/online-calculator/normal.aspx>

Poisson. <http://stattrek.com/online-calculator/poisson.aspx>

t Distribution. <http://stattrek.com/online-calculator/t-distribution.aspx>

Tutoriales:

AP Statistics: Sitio para prepararse para el examen llamado Advanced Placement. <http://stattrek.com/tutorials/ap-statistics-tutorial.aspx>

Statistics and Probability: Explicaciones, videos y otros recursos para aprender estadística. <http://stattrek.com/tutorials/statistics-tutorial.aspx>