



IMPORTANCIA DE LA BIOESTADÍSTICA APLICADA A LA INFORMÁTICA.

IMPORTANCE OF BIostatISTICS APPLIED TO COMPUTING.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.4793408>

AUTORES

Evelyn Concepción Ruiz Parrales ¹

Paulino Javier Suarez Guamán ²

Luis Isaías Bastidas Zambrano ³

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: eruiz@utb.edu.ec

Fecha de recepción: 03 de enero del 2021

Fecha de aceptación: 16 de enero del 2021

RESUMEN

La bioestadística es la disciplina de la estadística que reúne conocimientos, métodos y técnicas usados para la recolección, organización, presentación y análisis de la información relativa a la investigación de un fenómeno del campo de las ciencias de la vida o de la salud, para la realización de inferencias válidas y de incertidumbre calculada. Las características de la información bioestadística son la fiabilidad, la validez, la representatividad y atenuadas a las características generales del método científico, racional y comprobable. La bioestadística ha estructurado campos de saber de la salud como la epidemiología, la clínica y la investigación biológica y farmacológica. Con el desarrollo de la informática, la aplicación de la bioestadística se ha fortalecido, al tiempo que ha impactado el almacenamiento,

¹Tecnólogo en informática- análisis de sistemas, Ingeniera en Sistemas, Magister en Administración de Empresas, Docente de la Universidad Técnica de Babahoyo- Facultad de Ciencias de la Salud, mail eruiz@utb.edu.ec

²Ingeniero en Sistemas, Magister en Informática Empresarial, Especialista en Redes de Comunicación de Datos, Diploma Superior en Sistemas de Información Empresarial, docente de la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias de la Salud, mail lbastidas@utb.edu.ec

³Ingeniero en Sistemas, Magister en informática Empresarial Docente de la universidad Técnica de Babahoyo Facultad de Ciencias de la Salud, mail.jsuarez@utb.edu.ec

la disponibilidad de información científica, el procesamiento y registro de las historias clínicas y de las evidencias científicas, además de las estrategias de la formación profesional, posibilitando diversos planes de telemedicina y telesalud en Ecuador. Mediante una revisión bibliográfica y documental, este artículo se plantea resaltar los principales aportes de la bioestadística y la informática en el campo de las ciencias de la salud.

PALABRAS CLAVE:

Bioestadística, informática, ciencias de la salud

ABSTRACT

Biostatistics is the discipline of statistics that gathers knowledge, methods and techniques used for the collection, organization, presentation and analysis of information related to the research of a phenomenon in the field of life sciences or health, for making valid inferences and calculated uncertainty. The characteristics of biostatistical information are reliability, validity, representativeness and in keeping with the general characteristics of the scientific, rational and verifiable method. Biostatistics has structured fields of health knowledge such as epidemiology, clinic and biological and pharmacological research. With the development of informatics, the application of biostatistics has been strengthened, while impacting the storage, availability of scientific information, processing and recording of medical records and scientific evidence, as well as vocational training strategies, enabling various telemedicine and telehealth plans in Ecuador. Through a bibliographic and documentary review, this article plans to highlight the main contributions of biostatistics and computer science in the field of health sciences.

KEYWORDS:

Biostatistics, computer science, health sciences

1.-INTRODUCCIÓN

La Estadística es una disciplina científica derivada de la matemática, que desarrolla los métodos, técnicas y procedimientos, para sistematizar, ordenar, presentar y emplear la información cuantitativa de las investigaciones, para que sea útil en la toma de decisiones y aportar soluciones prácticas en situaciones de incertidumbre. Al incorporarse a las ciencias de

la vida (relacionadas con la biología) y las ciencias de la salud, se le conceptualiza como bioestadística.

Como tal, se ha hecho transversal a diversas subdisciplinas de las ciencias de la salud, sirviendo para resolver asuntos metodológicos, en los cuales se convierte en herramienta indispensable para la investigación en el área, la organización misma del conocimiento y la estructuración de subdisciplinas tales como la epidemiología de diversas enfermedades en poblaciones determinadas, el estudio de las historias clínicas y otras ramificaciones de las ciencias de la salud. La bioestadística es el área de la estadística que sirve como herramienta de apoyo a las ciencias biológicas en sus procesos de investigación sobre problemas relacionados con los seres vivos. Dicho de otra manera, es la rama de la estadística puesta al servicio de las ciencias biológicas (1).

La bioestadística resuelve problemas de la práctica de la investigación en las ciencias de la salud al delimitar los problemas, contribuir a formular los problemas y los objetivos, así como los procedimientos válidos para organizar los datos obtenidos, con el fin de realizar inferencias apropiadas para el debido análisis y pronóstico de las situaciones estudiadas.

Con el desarrollo de la informática y nuevas y más potentes tecnologías de información y comunicación, la bioestadística ha adquirido una mayor importancia en un despliegue de potencialidades de atención, diagnóstico, intercambio de experiencias y conocimientos en el diagnóstico y tratamiento de diversos casos clínicos de muchas enfermedades. De esa manera, las TIC abren nuevas posibilidades para la atención a distancia, la prescripción de tratamientos, así como la formación de nuevas generaciones de profesionales de las ciencias de la salud. Las nuevas tecnologías han impactado las estrategias docentes y la disponibilidad de información científica, que ya influye en la relación médico-paciente, con la disposición de informes, conocimientos de evidencias científicas y demás innovaciones que introducen cambios importantes en las prácticas médicas.

El objeto del presente artículo es sistematizar los aportes de la bioestadística en las ciencias de la salud, y cómo se combina con la informática para reformar e innovar en la práctica médica y la formación de nuevos profesionales en las ciencias de la salud.

2.-METODOLOGÍA

La presente investigación se realizará de acuerdo al método de la revisión documental (2). En tal sentido, se realizará una búsqueda de datos, conceptos y explicaciones, así como su análisis, crítica e interpretación, procedentes de fuentes secundarias, o sea, generador en otras investigaciones,

utilizando para ello fuentes documentales impresas o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.

Entendemos como dato, la unidad de información que se obtiene durante la ejecución de una investigación. Según su procedencia, los datos se clasifican en primarios, cuando son obtenidos originalmente por el investigador; y secundarios, si son extraídos de la obra de otros investigadores.

Por otra parte, identificaremos como conceptos a los términos o palabras claves empleados en una teoría o un campo determinado del conocimiento. Las explicaciones determinan las causas, los efectos, el origen o los rasgos distintivos o esenciales, de un fenómeno.

Además, entendemos por fuente a todos los elementos portadores que suministra datos o información. Utilizaremos en esta investigación, documentos o fuentes documentales que son los soportes materiales (papel, madera, tela, cinta magnética) o formato digital en el que se registra y conserva una información. La investigación documental a realizar en este caso es exploratoria y descriptiva, y se centrará en un solo tema o asunto de manera monográfica, es decir, el desarrollo de un tema específico.

3.- RESULTADOS

La bioestadística, como desarrollo de la estadísticas en el campo de las ciencias de la vida y de la salud, es una poderosa herramienta de los métodos de observación empírica descriptiva y experimental, para desarrollar análisis de la variabilidad observable y medirla adecuadamente y valorar si los cambios observables son atribuibles a la variación natural o aleatoria o bien a la presencia de factores externos que influyen lo suficiente para hacer evidente la una modificación de la misma (3).

Se ha considerado como objetivos de la bioestadística los siguientes:

- Medir la variabilidad de los sucesos biológicos
- Definir cuándo varios resultados están lo suficientemente lejos unos de los otros más allá de la variabilidad aleatoria
- Detectar las posibles fuentes de variabilidad atribuible
- Efectuar estos razonamientos en términos de probabilidad (4)

La bioestadística en las ciencias de la salud forma parte fundamental de su metodología específica en la investigación y, como tal, estructura disciplinas completas como la epidemiología, que se aplica para cada enfermedad (COVID 19, dolencias neurológicas, enfermedades contagiosas, diabetes, etc.), así como

el procesamiento de la información procedente de las historias clínicas y la evidencia científica de la atención, diagnóstico y tratamiento de dolencias específicas.

A continuación, se expondrán los aportes de la bioestadística en la metodología y luego su aporte en la estructuración de la disciplina de la epidemiología, así como en el tratamiento de la clínica y la sistematización de la evidencia científica a utilizar por los profesionales de las ciencias de la salud.

El papel de la bioestadística en la metodología de un proceso de investigación en ciencias de la salud, no se limita a aspectos específicos, sino que influye en todo su diseño, desde su planeación, hasta su ejecución y en la comunicación y aplicación de los resultados e inferencias.

La planeación de la investigación incluye puntos tales como: la selección del tipo de diseño de la experiencia o indagación, el número de sujetos a estudiar, la medición de las variables identificadas en el planteamiento de los objetivos, el número de observaciones por sujeto, el número de grupos que será estudiado, la forma de asignación de los sujetos a esos grupos en el caso de estudios de tipo experimental, la forma de recolección de la información, la definición del procesamiento de ésta y el análisis de datos para obtener finalmente conclusiones válidas y confiables.

Gracias a la bioestadística, puede garantizarse los cinco rasgos importantes de una buena pregunta de investigación: la factibilidad, el interés, la novedad, la ética y la relevancia del interrogante en cuestión. Esta área del conocimiento proporciona excelentes herramientas que ayudan en la búsqueda de resultados válidos y confiables, los cuales, a su vez, constituyen la base para la toma de decisiones que pueden modificar la salud tanto de individuos que son sometidos a estudio como de aquellos a quienes se extrapolan o generalizan los resultados.

La bioestadística contribuye decisivamente en dos asuntos claves en toda investigación empírica: la definición de una población, de un subgrupo de ella y la determinación de la muestra, y, en segundo término, el establecimiento de mediciones en los sujetos de estudio. Al contribuir a la clarificación de los objetivos, la bioestadística permite determinar el tipo y el número de variables o de indicadores que serán medidos. La selección del diseño indica automáticamente el uso del tipo de medida o medidas estadísticas pertinentes en la búsqueda de respuestas para la pregunta planteada.

En investigación sobre problemas relacionados con la salud de las personas, existe toda una serie de estrategias que pueden ser

aplicadas según el problema y los objetivos del estudio que se pretende llevar a cabo.

El muestreo de tipo probabilístico y las técnicas de selección de sujetos permitirán determinar el número de seleccionados y la forma en que se hará su selección. Este es uno de los puntos más cruciales en el diseño de investigaciones en salud. Dependiendo de los objetivos planteados, de la definición de la variable más importante de estudio, del nivel de confiabilidad deseado, del error de muestreo que se está dispuesto a tolerar, del número de grupos estudiados, de la variabilidad esperada en las observaciones de los sujetos, de la potencia estadística esperada para evaluar hipótesis que quieren comparar grupos en términos de algún estimador específico, entre otros factores, el uso de fórmulas estadísticas acordes con la estrategia de diseño seleccionado permitirá tener el cálculo de un número mínimo de sujetos que deben ser involucrados en el estudio.

La bioestadística sigue a su matriz disciplinaria, la Estadística, en sus modalidades: descriptiva e inferencial, dedicándose la primera a describir, analizar y representar un grupo de datos utilizando métodos numéricos y gráficos que resumen y presentan la información contenida en ellos, mientras que la segunda, la inferencial, efectúa estimaciones, toma de decisiones, predicciones u otras generalizaciones sobre un conjunto mayor de datos, apoyándose en el cálculo de probabilidades y a partir de datos muestrales.

Una cantidad importante de investigaciones médicas requieren de estadística descriptiva, cuya utilidad radica, como su nombre lo dice, en describir las características de la población que estudiamos. La descripción de la población gira en función de la distribución de las variables. De acuerdo con lo anterior, para la descripción de una población cuyas variables sean en escala de intervalo o de razón, pueden usarse las medidas de tendencia central y las medidas de dispersión. Algunas de las medidas de frecuencia de la enfermedad más utilizadas son la razón, la proporción y la tasa (5).

En las ciencias de la salud constantemente se está buscando nuevas alternativas terapéuticas y diagnósticas, así como técnicas de pronóstico, factores riesgo, entre otros, dirigidos hacia el ser humano, razón por la cual la bioestadística, adquiere pertinencia, pues sirve a los objetivos de las disciplinas de la vida y de la salud.

Es necesario insistir en que, en el marco de las ciencias de la salud, un análisis de datos no es lo mismo que un análisis de resultados. Los procedimientos y recursos representativos de la bioestadística sirven a un propósito específico que es organizar, sistematizar, resumir y asociar los datos y resultados de una investigación. Hay que evitar lo que se puede llamar “el

simplismo estadístico”, que relleva el número y su presentación gráfica, a su análisis e interpretación en un contexto conceptual y explicativo. Hay que cuidarse además de una visión fragmentada de los datos y saber relacionarlos entre sí para hallar su conexión lógica o genética-histórica. A la hora de explicar el resultado, hay que distinguirlo claramente de la mera presentación de los datos y las operaciones propiamente estadísticas. No se debe dar más preponderancia a la herramienta que a su producto.

Estas últimas observaciones son especialmente pertinentes en disciplinas muy vinculadas con la bioestadística, como la epidemiología y la genética, donde la complejidad de las relaciones causales, la efectividad del azar, el número significativo de factores y variables intervinientes en los fenómenos estudiados, puede verse oscurecido por sus expresiones numéricas en las mediciones.

El conocimiento de la bioestadística es altamente pertinente cuando se trata, por ejemplo, de definir una variable, la cual resulta del análisis de los conceptos y las categorías de las teorías que se estén usando en función a la descripción y explicación de los fenómenos que están siendo objeto de estudio de las investigaciones. Esto es especialmente importante en campos como la epidemiología y la genética. Los conocimientos de bioestadística son útiles y pertinentes a la hora de diseñar los estudios, para evitar las inconsistencias en ellos. No hay que usar la bioestadística únicamente por compromiso con unos protocolos, sino integrándola a la lógica misma de la investigación. Es de resaltar los esfuerzos realizados por muchos grupos de investigación e investigadores para articular coherentemente la estadística como herramienta en sus procesos de generación de conocimiento científico, que van desde la planeación, ejecución y análisis de resultados en la investigación y consecuentemente con la publicación de sus productos de investigación (6).

La bioestadística recoge de la Estadística básica conceptos básicos como los individuos y la población. Los primeros son los elementos mínimos a considerar y medir, mientras que la segunda es el conjunto de individuos o elementos que cumplen cierto número de propiedades comunes. La población debe quedar adecuadamente definida por a) elementos, b) unidades de muestreo, c) alcance y d) tiempo. En el caso de las investigaciones clínicas por lo general el elemento son los pacientes; las unidades de muestreo son los mismos pacientes, pero con características en particular que se definen en los criterios de inclusión y exclusión; en cuanto al alcance, se refiere al centro de salud donde se levanta la información en un periodo de tiempo determinado.

Así mismo, la bioestadística aporta procedimientos y enfoques para determinar la Muestra para realizar los estudios. Una muestra es un subconjunto representativo de una población.

El diseño adecuado de una muestra no solo se fundamenta en el procedimiento de selección, sino en conocer los métodos de muestreo probabilístico. Es fundamental, tomar en cuenta la relevancia de la medida que se va obtener, y para ello es importante hacer las distinciones debidas a la comprensión de los conceptos y las explicaciones. Por ejemplo, no es igual el cálculo del tamaño de la muestra para un ensayo clínico donde se quiere comparar el efecto de dos fármacos sobre la hiperlipidemia, que un estudio de casos y controles donde se determine los factores de riesgo asociados a la hiperlipidemia.

Lo mismo ocurre con la determinación de los parámetros y los estadísticos, para cuya definición se debe razonar y analizar a partir de la comprensión de los modelos del área de conocimiento específico, siguiendo su lógica y sus precisiones. Un parámetro es la función definida sobre los valores numéricos de características medibles de una población; mientras que un estadístico es una función definida sobre los valores numéricos de una muestra.

Para cualquier investigación, se debe ser especialmente cuidadoso en la definición de las variables, ya que estas se derivan de un análisis lógico de los principios y conceptos clave del área de conocimiento. Así mismo, se debe tomar en cuenta el contexto para definir los indicadores y escalas de medición.

Como en las estadísticas en general, las variables se clasifican en cualitativas o categóricas, y cuantitativas. Las variables cualitativas pueden ser dicotómicas, es decir, tienen dos categorías, por ejemplo: el sexo tiene las categorías hombre y mujer; así como también pueden ser politómicas, donde se tienen tres o más categorías, ejemplo: nivel educativo primaria, básica, secundaria y universitaria.

La escala de medición de las variables cualitativas pueden ser nominal u ordinal; la diferencias entre ambas radica en que la escala nominal sus categorías no presentan una jerarquía y resulta indiferente su orden, ejemplo de ello es el sexo, religión, color de los ojos, presencia o ausencia de una enfermedad, entre otros; mientras que las del tipo ordinal presentan una jerarquía y consecuencia un orden, por ejemplo el nivel educativo, niveles de colesterol total según clasificación ATP como deseable (<200 mg/dL), límite alto (200-239 mg/dL) y alto (≥ 240 mg/dL).

El último ejemplo sobre niveles de colesterol total, permite aclarar lo siguiente, una variable cuantitativa siempre la

podemos convertir en una variable cualitativa y esta será del tipo ordinal.

En cuanto a las variables cuantitativas, se clasifican en discretas y continuas. Las primeras se caracterizan por tomar valores finitos o contables, y admitir únicamente valores enteros; mientras que las continuas puede tomar infinitos valores entre dos puntos de una recta.

Las escalas de medición de las variables cuantitativas pueden ser de intervalo o de razón. Las de intervalo son variables numéricas cuyos valores representan magnitudes y la distancia entre los números de su escala es igual, permitiendo realizar operaciones matemáticas, como suma, resta, multiplicación o división, para esta escala el valor cero (0) es relativo y no indica la ausencia del atributo; para la escala de razón tienen las mismas características que la de intervalo, solo que el valor cero (0) absoluto indica la ausencia del atributo, por ejemplo el ingreso si el valor es cero, no hay ingreso; número de hijo si es cero, no tiene hijos (7).

Otros conceptos que toma la Bioestadísticas de las estadísticas generales son las medidas de tendencia central y posición: media, mediana, moda.

La media es la medida de posición central de gran utilidad siendo la más utilizada, conocida y sencilla de calcular, debido principalmente a que sus ecuaciones se prestan para el manejo algebraico. Su principal desventaja radica en su sensibilidad al cambio de uno de sus valores o a los valores extremos demasiado grandes o pequeños. La media muestral se define como la suma de todos los valores observados, dividido por el número total de observaciones.

La mediana, por otra parte, sirve para identificar el valor que se encuentra en el centro de los datos. Su propósito es reflejar la tendencia central de la muestra de manera que no esté influenciada por los valores extremos, en medio de la división de un conjunto de datos en dos partes iguales, 50-50. Para las investigaciones en el área de la salud, la mediana tiene un uso frecuente, al identificar puntos de corte donde se encuentran significancia estadística o relevancia clínica con la variable distinguida del estudio, por ejemplo, la variable edad por lo general se categoriza en función de la mediana de la muestra, obteniendo dos grupos homogéneos en tamaño donde se compara o relaciona la variable de interés. Utilizándose también para los años de diagnóstico de una enfermedad, años de servicio en instituciones de salud, tamaño del tumor, entre otros.

La moda es el valor que más veces se repite dentro de los datos; si tenemos la serie ordenada 2, 2, 5 y 7 el valor que más veces

se repite es el número 2, quien sería la moda de los datos. Es posible en algunas ocasiones se presente dos valores con la mayor frecuencia, lo cual se denomina Bimodal o en caso de más de dos valores se conoce como multimodal. Cuando la media, mediana y moda son iguales en un conjunto de datos, estos deben proceder de una distribución normal (8).

Otros conceptos estadísticos utilizados en la bioestadística son los percentiles y cuartiles. El percentil divide a la muestra en 100 partes iguales. La mediana es el percentil 50. Los cuartiles, por otra parte, dividen a la muestra en 4 grupos con frecuencias similares. El primer cuartil sería entonces el Percentil 25, el segundo cuartil sería el 50, que es la mediana. El tercer cuartil es igual a Percentil 75. Es recomendable recolectar las variables en sus unidades de medidas naturales, y luego de acuerdo al comportamiento de los datos se construyen los grupos que correspondan (7).

Desde el punto de vista epistemológico predominante, la matematización es un rasgo de la madurez de las ciencias en la modernidad (9). Ese proceso, visto desde la historia, comenzó con la astronomía y la física en los siglos XVII y XVIII, para luego extenderse a la economía, en el siglo XIX, donde hace carta de nacimiento la estadística para dar cuenta de los datos de la actividad de producción y comercial de un país, las disciplinas fines como la administración y la contabilidad, donde es aplicada en la realización de auditorías, y al resto de las ciencias sociales, ya en el siglo XX. Se conoce que en la biología también se va amoldando a las consecuencias metodológicas de la aplicación de las estadísticas y la matematización de sus modelos y metodologías de investigación.

Una de las subdisciplinas de las ciencias de la salud que se ve informada por la bioestadística, es la epidemiología. La epidemiología es el estudio de la distribución y determinantes relacionados con la salud en poblaciones específicas, y la aplicación de los resultados obtenidos para el control de los problemas de salud. Los estudios epidemiológicos están sustentados en la frecuencia, severidad y curso de las enfermedades en relación a variables como pueden ser el sexo, la edad y el área geográfica, entre otros factores (10).

Estas investigaciones constituyen un apoyo de gran utilidad para el diseño y la planificación de políticas públicas de salud, para contribuir a la solución de los problemas de salud de la población de los estados, tomando en cuenta para ello los recursos materiales y humanos disponibles.

Siguiendo en parte las ramificaciones de la bioestadística, en la epidemiología pueden distinguirse las modalidades descriptiva, analítica y clínica. La epidemiología descriptiva proporciona

información sobre la historia natural de las enfermedades, su curso clínico y patogénesis. Con la epidemiología analítica el neurólogo puede probar hipótesis de la causalidad de la enfermedad nerviosa mediante el uso de los diferentes diseños de investigación. Con la epidemiología clínica puede formular predicciones sobre un paciente individual o hacer el recuento de acontecimientos clínicos en sujetos similares, utilizando métodos científicos sólidos a fin de garantizar la precisión de las predicciones mediante la estadística (10).

Los estudios epidemiológicos observacionales o no experimentales tienen por objeto definir la etiología de la enfermedad. Los tipos más importantes son los transversales, de casos y controles y de cohorte (11).

A los estudios transversales también se les denomina de prevalencia y dependiendo del número de poblaciones estudiadas pueden ser descriptivos (sólo una población) o analíticos (comparación de dos o más poblaciones). Son muy útiles para la identificación del perfil de salud-enfermedad de una población y para la frecuencia de exposición a uno o varios factores de riesgo. Tienen su principal aplicación en las enfermedades de inicio lento y de larga duración (crónico-degenerativas). Su estructura operativa consiste en la obtención de una muestra representativa y aleatoria de una población en la que se miden las variables de estudio en los individuos, de acuerdo a si tienen o no la enfermedad y si están o no expuestos al factor de riesgo. Los resultados se analizan en una tabla de contingencia de 2 x 2 con la que se obtienen medidas de frecuencia, asociación, de impacto potencial, pruebas estadísticas e intervalos de confianza.

Los Estudios de casos y controles son estudios analíticos y pueden ser retrospectivos o prospectivos. Se les utiliza especialmente en enfermedades poco frecuentes que tienen una latencia larga (cáncer en niños y adolescentes). Son relativamente menos costosos, fáciles de organizar y requieren pocos individuos como población de estudio.

En los retrospectivos se parte del efecto (enfermedad) hacia la causa (exposición al factor de riesgo), y a la inversa en los prospectivos. Su diseño básico consiste en la selección de individuos con una enfermedad (casos) que se comparan con individuos sin la enfermedad (controles). La selección de los casos requiere la definición de los criterios de diagnóstico y de los criterios de selección de las personas con el riesgo potencial de exposición. El grupo control debe pertenecer a la población en la cual se estudia la enfermedad.

Los Estudios de cohorte El diseño puede ser longitudinal, analítico y concurrente (prospectivo), no concurrente

(retrospectivo o histórico) o mixto. Las mayores dificultades con los estudios de cohorte son:

- Su larga duración (en ocasiones muchos años)
- Los grupos grandes
- La pérdida de individuos
- El elevado costo

En los estudios de cohorte concurrente se procede a partir de la causa (exposición al factor de riesgo) hacia el efecto (enfermedad). De acuerdo con el diseño básico, se inicia el estudio asumiendo que todos los sujetos en la cohorte están libres de la enfermedad (10).

Se menciona a Karl Pearson como pionero en la aplicación de las estadísticas a la biología y el inicio consecuente de la bioestadística. El desarrollo de la biología matemática se generaliza en la década de los 20 del siglo XX, a partir de las aplicaciones correspondientes en el campo de la dinámica y la genética de poblaciones y la teoría matemática de las epidemias. Noventa años antes, la aplicación del entonces llamado «método numérico» a los registros poblacionales había supuesto una de las bases más sólidas para el desarrollo disciplinar de la salud Pública, posteriormente enriquecido con aportaciones experimentales, físico-químicas y bacteriológicas.

La bioestadística tuvo su espacio inicial en los primeros desarrollos en los laboratorios, en las exploraciones y descripciones de la microbiología y la inmunología en su origen como subdisciplinas. Mientras tanto, se estableció una «epidemiología estadística», con fundamento en las técnicas biométricas puestas a punto por Pearson y su grupo, que demostraron la utilidad de la herramienta bioestadística más allá de la bacteriología que por un tiempo fue el modelo a seguir en cuestión de aplicar las técnicas estadísticas al campo de las ciencias de la vida y de la salud. Estos desarrollos proporcionaron elementos de mayor alcance para la fundamentación científica de toda la investigación médica y biológica, fuera del laboratorio.

La motivación de algunos de estos desarrollos científicos sólo se comprende en el contexto de ciertas ideologías que justificaban actitudes racistas con argumentos como el mejoramiento de la especie y la defensa de la eugenesia. Por ejemplo, la modelización matemática de la epidemiología se había esbozado ya en los primeros años del siglo diecinueve y con más continuidad desde las aportaciones de William Farr (1807-1883); pero no adquirió impulso mundial sino hasta los trabajos de laboratorios debidos a Francis Galton (1822-1911) y dirigido por Karl Pearson, desde 1894. Como es sabido, el interés que guió a Galton e

iluminó la carrera biomatemática de Pearson procede de su defensa de la eugenesia, una teoría que pretendía el mejoramiento del linaje humano mediante el evitamiento de la “degeneración de la raza”, con una concreción muy evidente en defensa del estrato de población dominante de la sociedad imperialista anglosajona finisecular. De esa misma inspiración, han nacido propuestas científicas como la genética contemporánea (fusión del impulso eugenésico, el darwinismo y la teoría celular) o la bioestadística (el recurso a la estadística, entre los higienistas sociales de todos los países, el cual estuvo unido a una notable preocupación eugenésica durante el primer tercio del siglo veinte), y actitudes sociales emancipadoras como el control de la natalidad (en concordancia con el movimiento feminista) tanto como monstruosas campañas de represión y exterminio, unas de alcance más limitado, como en los Estados Unidos o en ciertos cantones suizos, otras de niveles tan amplios como las genocidas producidas bajo la égida nazi.

Los impulsores de la epidemiología estadística en Gran Bretaña y los Estados Unidos, Majar Greenwood (1889-1949) y Rayrnond Pearl (1879- 1940), habían sido alumnos y colaboradores, más tarde críticos, de la escuela eugénica parsoniana. Greenwood realizó investigaciones experimentales junto con William C. Topley (1886-1944) y Arthur Bradford Hill (1897-1991) sobre el comportamiento de una enfermedad infecciosa en una comunidad de ratones durante 15 años. Estos estudios se orientaron a concebir la epidemiología, como una guía para la acción práctica y la desvinculación de la clínica. Tanto en los trabajos de Greenwood, como en los de Pearl, se nota la búsqueda de conocimientos acerca de la distribución de las enfermedades y sus determinantes en una población durante periodos amplios de tiempo; y, segundo, la distribución particular de una epidemia o endemia en una localidad determinada.

Raymond Pearl, a quien se le recuerda como el “estadístico de la raza humana”, siguió en sus inicios las orientaciones de Pearson, pero posteriormente aplicó con gran rigurosidad la bioestadísticas a la epidemiología, incorporando los modelos matemáticos al estudio de las poblaciones humanas, integrando las estadísticas del campo social, económico y político, al biológico y médico (12).

En este breve resumen histórico de la bioestadística actuando como estructuradora de la epidemiología, cabe destacar las aportaciones de William Farr y Marc d'Espine (1806-1860), en los decenios centrales del siglo, y de Jacques Bertillon (1851-1922), en los últimos, así como los congresos internacionales de estadística que diseñaron la primera clasificación internacional de causas de muerte, crearon, sobre la base de una racionalidad administrativa que en muchos países tenía base municipal, un sistema de registro y presentación de datos demográfico

sanitarios que, con distinta periodicidad según los lugares, se convirtió en estatal.

Es de estos avances que se nutrió la Organización Mundial de la Salud en los años posteriores a la segunda guerra mundial, así como de una tradición de cooperación internacional que se había mantenido desde mediados del ochocientos y materializado en las decisiones y orientaciones de la efímera Sociedad de las Naciones, entre las dos guerras mundiales (12).

Otra área de la medicina en la cual resulta útil la bioestadística es en la investigación clínica. Esta se apoya en el método estadístico para la recolección, organización, análisis e interpretación de una serie de datos en la obtención de inferencias de lo que ocurre en una población determinada, a partir de una muestra representativa de la misma (13).

Una cantidad importante de investigaciones requieren de estadística descriptiva. Las estadísticas que podemos obtener son de dos tipos:

a) Estimación puntual. Consiste únicamente en determinar un punto dentro de una escala numérica. Ejemplos: media, proporciones, diferencias entre dos promedios, diferencias entre dos proporciones, varianza de una población o varianza de dos poblaciones.

b) Estimación por intervalos. Es la determinación de un intervalo de valores que incluirán el valor real de un parámetro de la población.

Las medidas de frecuencia de la enfermedad más utilizadas en la práctica clínica son, por una parte, la razón, que es la comparación, a través de una división, de dos grupos de individuos con atributos de diferente naturaleza. Es la forma más simple de mostrar desigualdades entre grupos, y la proporción, que es la medida de estadística descriptiva que más se usa. Es el número de observaciones con una característica en particular entre la población de referencia. El numerador siempre está incluido en el denominador. Se expresa en porcentaje.

Las medidas de proporción utilizadas en la práctica clínica para describir la enfermedad son la prevalencia y la incidencia.

La prevalencia es el número de casos existentes de una enfermedad en particular entre la población de referencia. La incidencia, a diferencia de la prevalencia, es el número de casos nuevos que se presentan de una enfermedad en particular dividida entre la población libre de la enfermedad al inicio del seguimiento (5).

La bioestadística se ve fortalecida por la generalización de softwares estadísticos que facilitan el registro y el procesamiento de los datos de las múltiples aplicaciones de esa correlación entre las estadísticas y las ciencias de la salud. Se

conoce los programas ASCII, así como otros que se emplean generalmente para realizar los cálculos necesarios.

Pero las nuevas tecnologías de información y comunicación han tenido otras aplicaciones en las ciencias de la vida y de la salud. La Internet, desde hace ya varias décadas, se ha empleado para desarrollar lo que se ha dado en llamar la telemedicina que es la práctica de actividades de diagnóstico y atención a larga distancia. Esta tecnología permite, por ejemplo, examinar una radiografía desde sitios muy distantes, usar videos cascos para seguir directamente el desarrollo de una intervención quirúrgica, así como asistir y aportar a conferencias internacionales sin necesidad de trasladarse. En esta época de la pandemia del COVID 19 la utilidad de las tecnologías de información y comunicación se ha incrementado.

La informática se centra en tres procesos básicos, que en los últimos años han evolucionado vertiginosamente: el almacenamiento de la información, el procesamiento de esa información y la transmisión de la información. Hoy en día, con la disposición de la BIG Data, hardware realizados con nuevos materiales que avanzan en la miniaturización a niveles moleculares, la Inteligencia Artificial y los sistemas 5G, se anuncian perspectivas insospechadas, que fortalecen las posibilidades de control sanitario, sobre todo a partir de los desarrollos tecnológicos hechos efectivos con la pandemia del COVID 19 (14). Con la tecnología actualmente disponible se pueden realizar las siguientes tareas de telemedicina: seguimiento de enfermos crónicos, ancianos y discapacitados, actuar ante emergencias y prestar primeros auxilios, la tele rehabilitación y la formación a distancia (15).

En Ecuador, a partir de 2001, se desarrolló una serie de iniciativas para poner en marcha diversos proyectos de telemedicina y telesalud que maduraron hacia 2006, con el apoyo gubernamental. Ya en 2001, con la Agenda Nacional para la Conectividad se preveía que la necesidad de enlazar y ofrecer una comunicación interactiva entre las unidades médicas distantes con centros en ciudades principales, a través de una "Red Nacional de Telesalud ". Ante los retrasos para concretar lo planificado, estos planteamientos se retomaron cinco años más tarde. Se concretaron algunos proyectos tales como

- Telemedicina para Cirugías Móviles. - Proyecto Fundación Cinterandes. Universidad del Azuay.
- Cuenca. A cargo del Doctor Edgar Rodas,
- Proyecto Piloto de Telemedicina para la Península de Santa Elena-Proyecto que fue desarrollado por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) en la Provincia de Santa Elena

- Telemedicina para sitios rurales. - Proyecto desarrollado por la Universidad Tecnológica
- Equinoccial en las provincias de Orellana (región oriental del Ecuador) y Galápagos.
- Uso de la Telemedicina en Atención Médica, Redes Virtuales de Bibliotecas en Salud.- Conjunto de proyectos desarrollados por la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca (UC).

Asimismo, proyectos como Telesalud Rural TUTUPALY. - Proyecto en desarrollo por la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), que atiende la provincia de Zamora Chinchipe en la región oriental ecuatoriana, Experiencia de Centro de Teletrauma de la FAE y apoyos en conectividad satelital y otras para proyectos nacionales. Aparte de otras iniciativas, en alianza con instituciones de los Estados Unidos y Venezuela, se han concretado un Plan Nacional de telemedicina y telesalud, liderado por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador, Este plan se inició en el 2010 y se extenderá a todo el país con la participación de sus actores principales que incluyen como rector al Ministerio de Salud del Ecuador y diversas instituciones públicas y privadas como MINTEL (MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES), SENPLADES (SECRETARIA NACIONAL DE PLANIFICACION), SENATEL (SECRETARIA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES), FAE (FUERZAS AEREAS ECUATORIANAS), universidades nacionales y miembros de la sociedad civil.

En el Plan Nacional de Telesalud del Ministerio de Salud de Ecuador, existen diferentes fases de trabajo: en la fase uno está contemplada la implementación de la telesalud en la Amazonia ecuatoriana, a través de la integración de hospitales provinciales, hospitales generales y de especialidad como consultantes y consultores; ya cuentan con el equipamiento digital básico, y la conectividad se proveería por el Ministerio de Telecomunicaciones del Ecuador. La Fases 2 y 3 complementan el trabajo, a través de la inclusión de otras regiones a nivel nacional: sierra, costa y Galápagos, integrándose y ampliándose con puntos privados ya existentes en las universidades. Adicionalmente el MSP está trabajando en la creación e implementación de la Historia Digital, y el Proyecto de Educación Continua donde las Universidades tienen rol vital para la formación de profesionales médicos y auxiliares, y la telemedicina podría ser una herramienta clave en la capacitación en salud (16).

4.- DISCUSIÓN

El desarrollo de la bioestadística, a partir de los fundamentos matemáticos de la estadística general, ha contribuido

decisivamente en la profundización de campos de saber nuevos como la epidemiología, la clínica y los estudios de laboratorios en los campos de microbiología, que redundan en una diversificación impresionante de los dominios de las ciencias de la salud.

La bioestadística ha modelado los métodos de investigación en las ciencias de la vida y de la salud, en todas sus fases, desde la planificación, la delimitación de los problemas y las cuestiones, los objetivos a conseguir, el establecimiento de poblaciones y los sujetos de estudio, así como las variables e indicadores, que contribuyen a una mejor exactitud y precisión tanto en las mediciones de la descripción, como de las inferencias matemáticas con la debida formalización algebraica que aporte seguridad a los resultados y su interpretación.

Los conceptos básicos de la bioestadística derivan de los de la estadística general, pero adquieren especificidad disciplinaria en el abordaje de estudios epidemiológicos, microbiológicos y clínicos. De esta manera, cumple con el objetivo esencial de aportar elementos determinantes para ayudar a la toma de decisiones acertadas en situaciones de incertidumbre.

La conformación de la epidemiología constituye un proceso histórico de gran relevancia en la historia de la medicina, pues ha informado la definición de líneas y orientaciones de políticas públicas de salud en todo el mundo, al ser asumidos sus aportes por los organismos internacionales como la OMS, en los años posteriores al final de la Segunda Guerra Mundial.

Por otra parte, la generalización de los métodos bioestadísticos en la investigación clínica, para la determinación de la prevalencia y la incidencia de las enfermedades, constituyen avances que facilitan el registro, almacenamiento, procesamiento y comunicación de conocimientos, que pueden compartirse por la comunidad internacional de profesionales de la salud en todo el mundo, gracias a la implementación de las nuevas tecnologías de información y comunicación, que, con la incorporación de avances de Big Data, aceleración de conexión del 5G, la Inteligencia Artificial y demás avances, pueden contribuir a generalizar en un futuro muy probable, de la telemedicina y la telesalud en todo el mundo.

4.-CONCLUSIONES:

La bioestadística en sus modalidades, descriptiva e inferencial, constituye hoy por hoy una herramienta indispensable en la investigación científica en el campo de las ciencias de la salud. Ella impacta en el diseño mismo de las metodologías de investigación en el campo de la epidemiología, la investigación clínica, la genética y la microbiología, además de otros posibles campos de incidencia.

Los modelos matemáticos generalizados por los métodos bioestadísticos se prestan para ser elaborados y procesados por las nuevas tecnologías informáticas, para resolver problemas acuciantes y aportar elementos para la toma de decisión en situaciones de incertidumbre, así como para aportar al desarrollo de la telemedicina y la telesalud.

Así mismo, esas tecnologías son los canales de posibilitación de novedosos canales para la atención de enfermedades crónicas, ancianos, intervenciones quirúrgicas, etc.

Bibliografía.

1. Rodríguez N. La bioestadística y su papel en la investigación en salud. Revista Colombiana de estadística. 2003 junio; 26(1).
2. Arias F. El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. primera ed. Episteme E, editor. Caracas: Editorial Episteme; 2012.
3. Álvarez Cáceres R. Estadísticas aplicadas a las ciencias de la salud. primera ed. Santos EDD, editor. Madrid: Ediciones Díaz de Santos; 2007.
4. Martín Mateo M, Herna Campos O, Nedel Borges F, Navarro A. Fundamentos de estadísticas en Ciencias de la Salud. primera ed. Barcelona UAd, editor. Barcelona: Universitat Autònoma de barcelona; 2010.
5. Pilar Mata M, Reynoso F, Salazar A. Conceptos básicos de estadísticas descriptivas útiles para el médico. Revista del Hospital General Dr. Gea González. 2006 enero-abril; 7(1).
6. González Torres H, Moreno Rossi A. Apreciaciones sobre el uso y la aplicación de la estadística en las ciencias de la salud. Duazzary. 2013 enero-junio; 10(1).
7. Andrade H. Bioestadística aplicada a las ciencias de la salud. [Online].; 2019 [cited 2021 febrero 25. Available from: <https://fundaciongustavopalma.org/investigacion/asesoria-y-analisis-estadistico/> HYPERLINK
<https://fundaciongustavopalma.org/investigacion/asesoria-y-analisis-estadistico/> .
8. Gorgas García J, Cardiel López N, Zamorano J. Estadísticas básicas para estudiantes de Ciencias. Primera ed. Madrid UCd, editor. Madrid: Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid; 2003.
9. Bachelard G. El espíritu del pensamiento científico. cuarta ed. editores SX, editor. México: Siglo XXI editores; 1996.
10. Aguilar Rebolledo F, Juárez Ocaña S, Mejía Aranguren H, Mejía

- Aranguren J, zanabria Salcedo M. Conceptos básicos de epidemiología y estadísticas. Apreciación de un neurólogo. Revista Mediagraphic. 2002 abril ; 23(1).
11. Merleti F, Collin S, Vineis P. Método epidemiológico aplicado a la salud y la seguridad del trabajo. In Hill M, editor. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo. México: McGraw Hill; 2008. p. 4-45.
 12. Escuela Andaluza de Salud Pública. Memorias del V Encuentro Marcelino Padua. epidemiología y estadística. Primera ed. Sánchez Catalejo E, editor. Andalucía : Escuela Andaluza de Salud Pública; 1996.
 13. Castro M. Bioestadística aplicada en investigación clínica: conceptos básicos. Revista Médica Clínica CONDES. 2019 mayo; 30(1).
 14. Noah Harari Y. 21 lecciones para el siglo XXI. Segunda ed. Debate s, editor. Madrid: Penguin Random House; 2020.
 15. Millán Canetti J, Tejeiro Vidal S. Internet y las ciencias de la salud. primera ed. Coruña Edl, editor. Madrid: Universidad de la Coruña; 1998.
 16. Mijares Pisano M. Hitos y desafíos de la Telemedicina y Telesalud en Ecuador. Academia Biomédica Digital. 2012 abril-julio; 47(2).