

Programa de Estadística aplicada a la Biología: una propuesta

María Florencia Walz (Universidad Autónoma de Entre Ríos. Argentina)

Fecha de recepción: 11 de abril de 2014

Fecha de aceptación: 16 de junio de 2014

Resumen

En este artículo se presenta una propuesta de secuencia de contenidos para un programa del primer curso de Estadística básica de carreras de grado universitario orientadas a la Biología (Profesorados y Licenciaturas en Biología). La misma responde a la lógica y a la epistemología de los conceptos disciplinares y busca satisfacer el objetivo primordial de la inserción de esta asignatura en el plan de estudio; que es, precisamente, aprenderla de manera significativa para poder usarla adecuadamente en aplicaciones sencillas, como así también, sentar una buena base conceptual para cursos más elevados de Estadística. Se pretende, también, abrir un debate que refleje las diferentes opiniones respecto de la propuesta.

Por último, se exponen algunas técnicas de enseñanza para los distintos temas involucrados, que promueven una didáctica con sentido pedagógico, surgidas de diferentes investigaciones en el tema y que mejor respaldan el aprendizaje de la Estadística.

Palabras clave

Secuencia, contenidos estadísticos, biología

Title

Statistics program for biology study: a proposal

Abstract

In this article a proposal of sequence of contents is presented, whose target is a program to be applied in the first course of elementary Statistics for studies of teaching trainer or bachelor degree in Biology. It responds to the logic and epistemology of disciplinary concepts and seeks to satisfy the primary objective of the inclusion of this subject in the curricula, which means precisely learning it in such a way that it can be used consciously and appropriately in professional applications, as well as setting a good conceptual basis for higher courses of Statistics. It also intends to be a matter of debate that reflects different views on this proposal.

Finally some teaching techniques for the issues involved are presented, which promote a didactic with pedagogical sense, i.e. committed to the learner and their environment, arising from different research on the subject and that best support the learning of Statistics.

Keywords

Sequence, statistical content, biology

1. Introducción

La estadística fue definida, por Cobb y Moore (1997) como una disciplina metodológica que no existe por ella misma sino para ofrecer a otras ciencias un conjunto de instrumentos con los que delinear y comprender datos y que requiere un tipo diferente de pensamiento; centrandose su idea en que los datos no son solo números sino: números en un contexto.



Desde hace dos décadas, aproximadamente, es ampliamente aceptada la necesidad de generar una cultura estadística en la sociedad y por ello se ha incorporado su enseñanza en todos los niveles educativos (al menos, en la mayoría de los países de América y Europa). Especialmente, en todas las carreras de pregrado y grado, cualquiera sea su orientación, incluso en las ciencias sociales. Esta incorporación masiva de la disciplina plantea un desafío didáctico, al que podríamos llamar: “Enseñanza adecuada de la estadística aplicada”.

Batanero y colaboradores (2013) expresan que la enseñanza actual de la estadística no está transmitiendo el *sentido estadístico* que se requiere. El cual definen como la resultante de amalgamar la *cultura estadística* y el *razonamiento estadístico*. Considerando a la cultura estadística como el haber del saber de las ideas fundamentales necesarias en la mayoría de las situaciones aplicadas y para la que Watson (2006, mencionado por Batanero y col. (2013)) indica que sus elementos esenciales para adquirirla son: desarrollo del conocimiento básico de los conceptos, comprensión de sus razonamientos y argumentos en un contexto más amplio y actitud crítica ante las evidencias estadística.

Tal vez, la razón de la carencia de la enseñanza con sentido estadístico sea debido a que se enseñan sus conceptos con gran influencia de la didáctica de la Matemática y no se enseña a pensarlos bajo su esencia filosófica probabilística. Los mismos autores mencionan, además, que Moore (1992) considera a la Estadística como una disciplina científica autónoma con razonamiento propio específico que dista del matemático y que no tiene relación biunívoca con ésta; puesto que la estadística desarrolló sus métodos usando conceptos matemáticos y, en cambio, la matemática no usa los conceptos estadísticos.

Las ciencias experimentales, en general, y la biológica, en particular, utilizan en sus investigaciones muchísimos elementos estadísticos que le permiten analizar, interpretar y concluir respecto de sus problemáticas. Así, la Estadística que se enseña en éstas áreas, requiere que sea adaptada tanto para el nivel como para la orientación; persiguiendo un objetivo fundamental que es que se aprenda significativamente para que pueda aplicársela para resolver situaciones, tanto en lo profesional como en la vida cotidiana. Es decir, para que se adquiriera la tan deseada cultura estadística social.

La enseñanza de esta disciplina aplicada debe ser replanteada, entonces, en término de los contenidos teóricos, profundidad de los mismos y estrategias de trabajo a usar; teniéndose en cuenta que la incorporación de demasiada teoría en los programas de esta asignatura en carreras de grado con orientación biológica, genera, muchas veces, obstáculos para alcanzar el objetivo planteado de su inserción en el plan de estudio. Esta tendencia a lo teórico que aún persiste en muchas currícula (derivada de la concepción clásica con la que se enseña Matemática) no debería tener ya, más lugar en la enseñanza de la Estadística aplicada, al menos en este tipo de carreras. Puesto que no contribuye en demasía a la construcción del pensamiento probabilístico e induce a mixturarla con aquella disciplina determinista.

En relación, Wolfowitz delibera lo siguiente:

“Excepto quizás unos pocos de los más profundos teoremas, y quizás ni siquiera esos, la mayor parte de los teoremas de la Estadística no sobrevivirían en las Matemáticas si el sujeto de la propia estadística (la aplicación) desapareciera. Para sobrevivir al sujeto deben responder más a las necesidades de aplicación. De lo que debemos protegernos es del desarrollo de una teoría que, por una parte, tiene poca o ninguna relación con los problemas reales de la Estadística, y que, por otra parte, cuando se ve como Matemática pura, no es lo suficientemente interesante, por sí misma, ni para sobrevivir.” (Wolfowitz, 1969. Pág. 42)

Franklin y col. (2007) distinguen dos núcleos conceptuales en los que se diferencia la Estadística de la Matemática, y los que se tendrían que tener bien presentes en la enseñanza de cada disciplina: la variabilidad en los datos en la primera, que se opone a la naturaleza determinista de la segunda y el rol del contexto que provee significado lógico al dato.

Pfannkuch y Wild (2004) alegan que la enseñanza de la estadística se ha centrado en el desarrollo de habilidades para resolver y no para pensar estadísticamente. De lo que se desprende que existen carencias de formación en didáctica en los docentes, que impiden alcanzar el objetivo de transmitirla con *sentido estadístico*.

En los escritos ausubelianos se encuentra que para que el aprendizaje sea significativo el material o tarea a ser enseñado debe ser potencialmente significativo. Para que esto suceda, el mismo debe tener una organización lógica sustancial psicopedagógica. En la que el significado lógico disciplinario (estricta y estrechamente vinculado a la dimensión epistemológica del contenido) debe sumarse al significado lógico de una organización conceptual que considere las estructuras cognitivas del que aprende. Tal organización, es más idiosincrática y puede variar según sea para uno u otro tipo de alumnado (e incluso de uno a otro alumno). Por lo que debe ser atendida por los docentes en beneficio de la racionalidad de ese contenido. Desde esta perspectiva las ideas generales e inclusivas de la disciplina deberán aparecer primero y luego las ideas referidas a detalles o cuestiones más específicas. La tendencia a ordenar los temas, como objetos independientes uno de otro sin tener en cuenta los niveles de abstracción, generalidad e inclusividad que conlleva cada uno, va en desmedro del aprendizaje significativo. En palabras de Brousseau (1997) el análisis epistemológico es esencial en el diseño del material con miras a generar un aprendizaje significativo; puesto que a través de él se eliminan los posibles obstáculos epistemológicos.

2. Didáctica de la Estadística

La didáctica de la Estadística, conceptualizada como ciencia y arte de enseñar, puede entenderse en dos sentidos: amplio y pedagógico. En el sentido amplio, sólo se preocupa por la forma de hacer que el educando aprenda algo. En el sentido pedagógico, aparece comprometida con lo social, moral, cultural y aplicabilidad del aprendizaje y responde a lo último que se dijera en el apartado anterior. Es decir, que se requiere que su enseñanza se organice bajo un material potencialmente significativo; que incluye: al programa y a los métodos y desarrollos que se empleen para construir el conocimiento de los objetos deseados. Siguiendo siempre los resultados que se vayan obteniendo de las investigaciones en el área; herramienta ésta que permite avanzar en el saber enseñar.

Al respecto, y haciendo un racconto, a partir de la década de los cincuenta, en todas las áreas de la educación, comienza a tomar auge la idea de que el alumno no debe estar pasivo, concibiéndoselo como ser capaz de seleccionar, asimilar, procesar y conferirle significaciones a los estímulos. Según Coll y col. (1998), la adopción de esta perspectiva supone un cambio radical en la manera de entender el proceso de enseñanza-aprendizaje; en el que se pone en alza considerar lo que al alumno le interesa, necesita y es capaz de aportar por sí mismo. Pero tal concepción exige una estimulación efectiva del aprendiz, que lo lleve a participar activamente en la construcción de sus saberes; táctica que se enmarca dentro de la teoría del constructivismo y a la que adhieren, ampliamente, los didácticos de la Estadística actual; atribuyéndosele el alcance del aprendizaje significativo de los objetos enseñados. Sin olvidar lo que destaca Ausubel (1986), respecto del material o tarea a realizar por el alumno bajo este paradigma, y es que debe ser potencialmente significativo. En tales términos, requiere poseer una organización psicopedagógica (ya mencionada).

Continuando, Pozo (1996) aduce que para que el alumno participe activamente debe ser estimulado de manera adecuada con actividades efectivas centradas en la problematización del



concepto en áreas específicas; que requieran del aprendiz: reflexión y comprensión que fundamenten su estudio. Así, la enseñanza de la *Estadística Aplicada* -como ciencia que dialoga con las otras ciencias- se ha visto en la necesidad de adaptar métodos, contenidos, hacer transposiciones y generar dialécticas específicas para las distintas y cada una de las orientaciones o especialidades en la que se inmiscuye.

Desde mediado del siglo pasado, han surgido numerosas investigaciones, tendientes a evaluar alternativas para mejorar la calidad de su enseñanza en las ciencias biológicas, de la salud, experimentales, tecnológicas, sociales, humanas, entre muchas otras; acordando, casi en forma general, en focalizarla, principalmente, en la resolución de problemas o proyectos reales. En los que el funcionamiento del objeto esté implícito y promueva que el alumno reconozca sus propiedades, representaciones y relaciones con otros objetos. Estrategia que forja el conocimiento en etapas progresivas que -aunque no se ajusten a un modelo uniforme- se pueden ordenar siguiendo a Dewey (1933) en cinco etapas: 1) reconocimiento del problema, momento en el que el sujeto se da cuenta que hay una cuestión que necesita solución; 2) esclarecimiento del problema, que una vez percibido en términos generales, se busca precisar qué resultado debe alcanzarse, qué se sabe o qué recursos hay para resolverlo; 3) proposición de un curso de acción, con el empleo de técnicas o métodos que permitan resolverlo; 4) inferir o concluir con los resultados que se alcanzan; 5) verificar las conclusiones con hechos conocidos o con otros producidos. Secuencia que, casi intuitivamente, el hombre ha seguido en lo cotidiano, a lo largo de la historia, al querer dilucidar algo desconocido y con lo cual ha aprendido mucho; dando cuenta de la veracidad de las palabras reflexivas de Velázquez:

“..., el aprendizaje fuera del ámbito institucional no genera problemas desde la perspectiva del proceso que lo logra. Éste surge como tal cuando aparece en ámbitos especialmente diseñados para lograrlo.” (Velázquez, 2004. Pág. 19).

Sin embargo, para alcanzar la funcionalidad del objeto, éste debe ser construido de manera progresiva, cimentado en conceptos preexistentes, también, aprendidos significativamente; condición que requiere una organización psicopedagógica de los contenidos.

3. Programas de Estadística de primer nivel para carreras de grado universitario con orientación a las ciencias experimentales

En Argentina, a partir de los ochenta, con el creciente avance de las investigaciones en las universidades, fue desarrollándose, cada vez más, el interés por el manejo de las técnicas estadísticas. Con el propósito de lograr una manipulación teóricamente formalizada en sus usuarios, la Estadística básica comienza a insertarse en los distintos planes de carreras universitarias. En especial, en aquellas con orientación biológica, de la salud y otras experimentales, se incluye con nombres tales como Introducción a la Bioestadística, Estadística Metodológica, Metodología Estadística, Estadística Médica... y es, generalmente, la única materia obligatoria de Estadística; ubicada, además, en el ciclo básico del plan (frecuentemente, en el segundo año de la carrera).

Investigando los programas de tales asignaturas en estas carreras en distintas facultades argentinas (36) he podido observar que, en general, son de dictado cuatrimestral con una carga horaria que oscila entre 4 y 6 horas semanales y están correlacionadas con Matemática o disciplina afín de denominación específica según la orientación. En ellos los conceptos comunes mas frecuentes son: Estadística descriptiva (manejo y organización de datos en tablas y gráficos y medidas resúmenes), Probabilidad (definición, propiedades, axiomas, reglas de cálculo, probabilidad condicionada y teorema de Bayes), Variables aleatorias (definición formal, tipos, clasificación), Distribuciones (Binomial, Poisson, Hipergeométrica y Normal), Distribuciones muestrales (Normal, Teorema central

del límite, t-Student, Ji-cuadrada y F-Fisher), Inferencia (estimación puntual y por intervalos de confianza, pruebas de hipótesis estadísticas paramétricas para variables cuantitativas y test de hipótesis no paramétricos para asociación entre variables cualitativas: Ji-cuadrada). En algunos de estos programas se incluye, también, Regresión lineal como modelo predictor. En muchos, aparece la palabra: “Aplicaciones” o la frase: “Uso de programas estadísticos”.

La secuenciación de los contenidos, en muchos de los programas vistos, comienza con el tema relativo al manejo de datos y continúa con el siguiente orden: Probabilidad, Distribuciones de variables discretas, continuas, Esperanza y Variancia, Distribuciones muestrales, Inferencia y, finalizan, con algo de modelización. Secuencia parecida a la de muchos libros de textos. Al respecto, es conveniente aclarar que los textos desempeñan un rol importante en la transmisión del conocimiento. Autores como Chevallard (1985) y Ortiz de Haro (1996), han realizado interesantes reflexiones sobre la influencia que éstos tienen para el docente, en cuanto a que le dan la seguridad de que el “saber a enseñar” es legítimo y que enseñándolo según los contenidos y secuencia del libro selecto marcan el progreso y el sentido del conocimiento; pero muchas veces no se tiene en cuenta que se puede estar cayendo en la concepción de que el saber es algo localizado y cuya determinación ya está hecha, apoyada por la tradición y la experiencia, no dejando margen para el análisis individual de conveniencia que debe hacer todo docente involucrado. Puesto que se debe tener presente que los autores de libros, muchas veces, organizan los capítulos siguiendo criterios relacionados al diseño y presentación de su obra, que implica ordenar por temas globales. En tal sentido, y para el caso de la Estadística, generalmente, estos temas globales la dividen en dos áreas: descriptiva e inferencial. Siendo más seductor comenzar la primera parte con el tema relacionado a la organización de datos, que es donde se torna más evidente lo aplicado a la especialidad. Sin embargo, es responsabilidad del docente hacer emerger la secuencia lógica y epistemológica disciplinar en un programa; que evidencie en primera instancia las ideas generales e inclusivas. Y, desde esta perspectiva, el no considerar el ordenamiento de los temas como objetos independientes uno de otro y el atender los niveles de abstracción, generalidad e inclusividad reportará beneficios para el aprendizaje (Brousseau, 1997).

4. Propuesta de secuencia de contenidos para un programa de Estadística de primer nivel de carreras con orientación biológica

4.1. Objetivos de la propuesta

Diagramar una secuencia lógica y epistemológica de contenidos estadísticos para el programa de la asignatura correspondiente al curso básico de Estadística de carreras universitarias de grado con orientación biológica (Profesorados y Licenciaturas en Biología).

4.2. Origen y antecedentes de la propuesta

La concatenación de temas que se presenta fue diagramada para una investigación que tenía como hipótesis que: profundizar la enseñanza de los temas Población, Muestra, Estimadores y Parámetros, mediante simulaciones y aplicaciones a proyectos reales, mejoraba el aprendizaje significativo de los test de hipótesis (Walz, 2011). Tal estudio requería que, previamente, se hiciese un análisis de la secuenciación de los contenidos, desde lo lógico y epistemológico disciplinar, de lo que surgió el orden que se apunta en el presente artículo.

Es de entender que el haber validado el supuesto del estudio referenciado no solo se debió a la metodología empleada para cumplir su objetivo. El proceso de construcción del significado de un objeto, no se da si no se cimienta un andamiaje de conocimientos que permita evitar obstáculos



epistemológicos. Así, un programa de contenidos que atienda los paradigmas enunciados es un componente responsable de la victoria alcanzada, aunque permanezca enmascarado.

Lamentablemente, no he encontrado, o al menos no están a mi alcance, antecedentes de propuestas que planteen una consecución psicopedagógica de temas estadísticos, específica para el ámbito para el que está destinada ésta. Si bien, podrían considerarse como propuestas de secuenciación la presentada en los libros orientados a la Bioestadística; vale decir que tal material dista bastante de la práctica docente real y las exigencias de una planificación psicopedagógica.

A modo de comentario, quisiera aclarar que esta secuenciación la vengo empleando desde el año 2010 en el Profesorado en Biología, de la facultad donde me desempeño como docente de Estadística (Facultad de Ciencia y Tecnología), con resultados satisfactorios, puesto que con ella he constatado mayor comprensión de los temas inferenciales (Walz y Carrera, 2012).

4.3. Desarrollo de la Propuesta

El razonamiento estadístico es probabilístico por esencia y naturaleza. El primer tema, global e inclusivo, a enseñarse en un curso básico de Estadística aplicada de grado es, a mi juicio, Probabilidad y no Manejo de datos (como he observado en la mayoría de los programas de asignatura homólogas, en facultades argentinas). El argumento amplio que atiende a la organización secuencial lógica y epistemológica de los significados de los contenidos disciplinarios es el siguiente: los datos provienen de la observación de una característica (variable) y pueden conformar un conjunto muestral o poblacional; este punto conlleva que, al resumir la información de los datos, a través de medidas resúmenes, éstas pueden ser, a su vez, solo medidas (si los datos provienen de muestras no probabilísticas) o pueden ser variables aleatorias o parámetros.

Si se comienza con el tema Manejo de los datos, solo se tratarán los mismos como números, induciéndose a considerarlos valores determinístico, descontextualizados, que aíslan al alumno del *sentido estadístico* que contienen para la inferencia que vendrá (tema, este último, puramente probabilístico). Los conceptos subyacentes que sustentan el adecuado Manejo de los datos, como objeto con significado propio y no sólo como un conjunto de técnicas del método descriptivo, se solapan bajo los conceptos Población y Muestras aleatorias y estos, a su vez, en el de Probabilidad.

La probabilidad, es lo primero que surge en la historia de la Estadística como disciplina y su formulación formal fue buscada para dar respuesta a diferentes fenómenos y, a partir de comprenderla, se derivan nociones consecuentes que competen y hacen a la Estadística. Tanto es así, que el famoso matemático francés Pierre Simon Laplace (1749-1827) conocido por su tendencia, casi absoluta, a lo determinista entendió (ante su intuición de la naturaleza variable de los resultados ante un mismo fenómeno) que es imposible alcanzar la certeza absoluta sobre los aconteceres y, a lo máximo que puede aspirar el hombre, es a alcanzar un conocimiento meramente probable. Pensamiento que lo lleva a emprender sus estudios sobre probabilidad, antes de que surgiera, siquiera, la idea de otros conceptos estadísticos (como el cómo manejar las observaciones recolectadas en datos).

“Los acontecimientos actuales mantienen con los que les preceden una relación basada en el principio evidente de que una cosa no puede comenzar a existir sin una causa que la produzca. Este axioma, conocido con el nombre de principio de razón suficiente, se extiende incluso a las acciones más indiferentes. La voluntad más libre no puede producirlas sin un motivo determinante, pues si, siendo absolutamente iguales todas las circunstancias de dos situaciones, actuara en una y dejara de hacerlo en la otra, su elección sería un efecto sin causa y ella sería entonces, como dice Leibniz, el azar ciego de los epicúreos.” (Laplace en la traducción en línea de Castillo, 1985).

Por su parte, Le Lionnais (1976) señala que la probabilidad nace como la meditación sobre los fenómenos concretos, tanto los de la vida corriente como los de las ciencias biológicas, químicas, físicas, psicológicas y sociales. Asumiéndose que la certeza en la verificabilidad de los resultados es imposible y, por lo tanto, el científico debe conformarse con una cierta probabilidad; cuyo cálculo fue posible a partir del nacimiento de la Teoría de la probabilidad, que se convirtió en el andamiaje de la Estadística.

“La biometría es concebida a partir del momento en que, el efecto de unas prácticas no científicas consiste en proporcionar a la observación una materia homogénea y susceptible de un tratamiento.” (Canguilhem, 2009. Pág. 21).

En general, los biólogos, al realizar sus investigaciones toman muestras “al azar” y realizan mediciones en cada unidad que la conforma, generando así un conjunto de datos (variable estadística). Este conjunto de observaciones, al que denominan muestra (y, generalmente, la llaman aleatoria) se convierte en su evidencia para inferir. Sobre ella trabajan; primero: organizando los datos, depurándolos, resumiéndolos y apuntando con ellos pequeñas conclusiones de tipo inferencial. En una segunda etapa, le hacen el tratamiento estadístico específico (comparar, correlacionar, inferir o modelar, entre otros) que le permita alcanzar el objetivo de sus investigaciones. Es por esto que los datos tienen un contexto real, pertenecen a un conjunto mayor y tienen naturaleza variable; consideraciones que deben conocerse previamente para no caer en tratarlos sólo como números.

La imposibilidad de estudiar una población llevó a los primeros estudiosos a buscar la verdad en muestras (sin aún saberse o definirse estos conceptos como tales) teniendo presente la existencia de que los valores que obtendrían podrían diferir entre las unidades observadas e, intuitivamente, percibían la probabilidad de ocurrencia de éstos. Las muestras seleccionadas en los comienzos del empleo de un método científico no formalmente reconocido, pudieron haber sido aleatoria, pero la población a la que era destinada la inferencia, probablemente, haya sido otra; porque la formalización de lo que es una muestra aleatoria todavía no estaba. A modo de comentario, vale decir que, a pesar de que hoy en día existe una definición para ella, todavía no se comprende del todo. Al decir de Colton (1974), existen dos poblaciones que no son bien diferenciadas por muchos investigadores: una es sobre la cual se quiere inferir o generalizar los resultados y la otra es la población muestreada. Así, discernir los conceptos Población, Muestra aleatoria, Unidad experimental y Característica o Variable a observar (su clasificación), es necesario que se de en el segundo lugar del programa, dada la inclusividad que éstos tienen de los temas: Variables (estadística y aleatoria) y sus distribuciones.

Epistemológicamente, el término Muestra está estrechamente vinculado al de Población y Muestra aleatoria al de Probabilidad. En cuanto al término aleatoriedad, hace tiempo, Bennett (1998) dejó entrever un posible causal referido al porqué de su mala interpretación, al advertir que su separación de la teoría de probabilidad lo aleja de su comprensión. Y que, sin su correcta noción - esencia de la estadística inferencial- los resultados de los estudios llevan a conclusiones sin sentido o no muy fiables.

Por otra parte, Vallecillos (mencionado por Ruiz Hernández, 2010) encontró que es común la confusión entre estadístico (que es un representante de la variable estadística o sea de los valores observados en una muestra aleatoria) y parámetro (que es el representante poblacional de la variable aleatoria). Sí, antes de estudiar Variables aleatorias, hacemos hincapié en los conceptos: Población y Muestra aleatoria, podremos evitar lo observado por la autora, que es considerar la igualdad entre Variable estadística y Variable aleatoria, debido a que estos están emparentados e incluidos en los primeros.

Ruiz Hernández y Albert Huerta (2011) comentan que el origen del concepto variable aleatoria no es fácil de rastrear en el tiempo. Su naturaleza es, un tanto, intuitiva y de uso cotidiano poco



perceptible y su definición formal está vinculada con problemas que la teoría de la probabilidad todavía no resuelve. En torno a su desarrollo histórico se ciernen dos paradigmas: uno el de magnitudes aleatorias y el otro el de variables aleatorias. Sustentándose el primero, en las ideas de Parzen (1960/1971), aunque hay, también, indicios en los estudios de Laplace (1812/1886 y 1778/1893) y Poisson (1837) (menciones hechas por Ruiz Hernández y Albert Huerta, 2011), quienes consideran a la variable aleatoria como un valor observado en el fenómeno aleatorio, dando así relevancia a los resultados numéricos. El paradigma de las variables aleatorias, por su parte, define la naturaleza funcional de esta variable como una función conjunto de valor real; que permitió, entre otras, generalizar el concepto a espacios muestrales finitos o infinitos. Así, el paradigma de magnitud aleatoria dificultó el surgimiento del de variable aleatoria (cuya principal cuestión fue confundirla con variable estadística). Esto argumenta, la necesidad de enseñar Variables aleatoria antes del tema Manejo de Datos y después del de Población y Muestras; puesto que en ellos se arraiga la diferencia.

Desprendido de lo anterior, continuaría en el tercer lugar de la secuencia, el tema Variable aleatoria; que constituirá la antesala del concepto Distribución de probabilidades. Centralizando la significancia de estas funciones en su aporte para proveer información acerca de la probabilidad de ocurrencia de los distintos valores de la variable; como técnica para pronosticar u organizar una logística de acción anticipada. Esta consecución es, según Ruiz Hernández y Albert Huerta (2013) necesaria puesto que el concepto variable aleatoria es probabilístico y facilita el pasaje del cálculo de probabilidades al estudio de las distribuciones.

Varias funciones de distribución teórica son importantes para las ciencias biológicas, pero en cuestiones muy específicas. En un curso básico que intenta brindar, especialmente, herramientas para la inferencia elemental, las indispensables podrían ser: la distribución Binomial y la de Poisson (de naturaleza discreta) y la distribución Normal (de naturaleza continua). Esta última sustentará la comprensión del significado del teorema central del Límite y de la inferencia paramétrica relativa a proporciones y medias.

En esta instancia, los conceptos, ya aprendidos, que subyacen en los datos recolectados con fines estadísticos ayudarán en la construcción de la interpretación, tanto de la información contenida en ellos, como de otros conceptos estadísticos que le seguirán.

En las ciencias biológicas el interés por los datos se asocia, principalmente, a las conclusiones que pueden obtenerse de fenómenos aleatorios infinitos. Por lo que si su manejo, organización, depuración y resumen se lo enseña al principio del desarrollo de la asignatura se lo está presentando como un conjunto numérico, lo que puede generar un obstáculo epistemológico. Por tal razón es que creo que, recién, a esta altura del programa puede introducirse el tema Manejo de los datos observados. Tratándose como una variable estadística vinculada a una variable aleatoria de la que van a surgir conceptos como los estadísticos/estimadores. Siendo, también, necesario, en este tiempo, diferenciarlos del significado de Parámetros. La enseñanza de lo anterior dará conexión y apertura al tema aleatoriedad propia de los estimadores y luego, continuando el orden lógico y epistemológico, la secuencia se constriñe, entonces, a enseñar las distribuciones muestrales.

En el mismo estudio de Vallecillos que mencioné anteriormente (citado por Ruíz Hernández, 2010) la autora aduce que, a pesar de que los alumnos diferencian entre la media de la muestra y la media poblacional, no distinguen a la media muestral como una variable aleatoria. Sobre esto me atrevo a decir que un posible obstáculo epistemológico sería la confusión entre Población y Muestra, Parámetros y Estimadores y Variables aleatorias y estadísticas; y no solo para lo indicado por Vallecillos sino también para otros temas vinculados a la inferencia como Intervalos de Confianza y Pruebas de Hipótesis (Walz y Carrera, 2012). En este aspecto la secuencia de mi propuesta atiende a esta cuestión como obstáculo e intenta evitarlo.

Para el uso particular que se le dan en las aplicaciones biológicas, la distribución de la media de muestras grandes (sustentadas en el teorema central del límite) y de muestras chicas (provenientes de poblaciones normales) son estrictamente necesarias. En esta instancia del programa la distribución Ji-cuadrada para la variable Variancia transformada deberá ser, también, presentada. Además, si los contenidos mínimos de la asignatura exigen incluir comparaciones de dos medias (suponiendo homogeneidad o no de las variancias), conocer la distribución F permitirá inclinarse hacia uno u otro supuesto. Cabe aclarar que su teoría es compleja y desvía el interés del objetivo que se necesita esclarecer, que es la posibilidad de asumir o no una igualdad entre dos medias. En su defecto es preferible emplear algunas reglas empíricas para considerar la posible homogeneidad de las variancias. Dejando su correcto desarrollo para un curso de nivel superior.

El estudio de la inferencia estadística se centra en los métodos que pueden emplearse para sacar conclusiones acerca del comportamiento de las variables en la población, a partir de la muestra. A esta altura, el alumno ya tiene todos los elementos cognitivos obligatorios que requiere su aprendizaje. Su abordaje solo necesita utilizar la filosofía del pensamiento estocástico para sellar la representación del objeto inferencial. La Estimación puntual y por intervalos de confianza serían los temas consecutivos a lo anterior, puesto que sin el conocimiento del significado de los estadísticos y sus distribuciones muestrales no podrían sustentarse las suposiciones que de los parámetros de la población se hagan.

A pesar de que las pruebas de hipótesis paramétricas son una técnica análoga a la de estimación para la inferencia estadística y de que su aprendizaje requiere los mismos conocimientos previos que los que requiere el tema Estimación; el pensamiento filosófico inductivo que en aquellas subyace presenta mayor complejidad. Razonamiento que podría adquirirse más fácilmente si, previamente, se lo practica en una técnica intuitivamente más sencilla. Razón por la cual el tema Pruebas de hipótesis estadísticas debería ocupar el lugar postrero al de Estimación (considerándose incluir: una y dos medias de muestras grandes y chicas y una y dos proporciones; si atendemos a las característica de la asignatura objeto de esta propuesta, en cuanto a la carga horaria y nivel cognitivo de los alumnos).

Para finalizar, y con la mira en las necesidades más comunes de las investigaciones biológicas (sobre todos las inmediatas como, por ejemplo, la investigación desarrollada para una tesina de grado), la prueba de asociación entre variables categóricas: Ji-cuadrada y un estudio de correlación para variables continuas, complementarían adecuadamente la formación básica estadística de grado del alumno.

Sintetizando, el orden de los temas globales presentado en la propuesta sería: 1- Probabilidad, 2- Población y Muestra aleatoria, 3- Variables aleatorias, 4-Distribuciones de probabilidad y de densidad, 5- Manejo de datos, 6- Estadísticos, 7-Distribuciones muestrales, 8- Inferencia.

5. Algunas estrategias didácticas reconocidas

Los estudiantes de ciencias biológicas tienen una preparación, de hecho, más pragmática que teórica y su dinámica de pensamiento no es precisamente la que demanda esta materia. Por lo que se torna imprescindible una enseñanza orientada al significado conceptual de los objetos, en término de caracterizarlos en su sentido y aplicaciones, más que ahondar en demostraciones de propiedades, supuestos o en la teorización de los modelos. Las metodologías elegidas para la enseñanza de los conceptos estadísticos deberían mantener la posición de Freudenthal (1983), en la que la finalidad primordial no es adquirir conceptos teóricos sino construir objetos mentales basados en una fenomenología variada.

Un aspecto para resaltar es el papel que desempeña el profesor en la diagramación del programa; aunque el docente sea quién señale las teorías y conceptos que se deben enseñar, también,



es quién decide el modo de enseñarlos. Para lo cual debe estar familiarizado con las dificultades, más comúnmente, observadas por los diferentes investigadores en didáctica de la estadística, en alumnos con características parecidas a los suyos. De esta manera podrá prever posibles inconvenientes en el proceso de aprendizaje y contar con técnicas que le permitan, al menos, intentar salvar o prevenir interpretaciones incorrectas de los objetos a enseñar. Por otra parte, debe ser cuidadoso con la bibliografía elegida para consulta, adecuándola al nivel y a la aplicabilidad que esta tenga en el contexto educativo. Atendiendo, además, a lo comentado por Holmes (mencionado por Batanero (2002)) respecto a que los temas estadísticos desarrollados en los libros, son escritos mayormente por matemáticos; pudiendo ocasionar perder el objetivo de generar o motivar la actividad estadística aplicada.

En términos generales, las estrategias didácticas que favorecen el aprendizaje de esta disciplina son las que emplean un enfoque cognoscitiva; estimulando la autogestión pedagógica, basando las actividades en la resolución de problemas reales con una perspectiva social orientada, según concuerdan numerosos autores (Batanero, 2001; De Guzmán, 1997; Niss, 1996; Boero y Parenti, 1996).

Para el aprendizaje significativo de Muestra, Población, Estimadores, Parámetros y Distribuciones muestrales (inclusive para la enseñanza del Teorema central del límite) las simulaciones computacionales constituyen un método ampliamente reconocido como efectivo por autores como delMas (y col., 1999); Chance (y col., 2004); Mills (2002) y Walz (2011).

Particularmente, los temas relativos al Manejo de Datos y a los de la Estadística inferencial son óptimos para ser enseñados con cuestiones propias de una investigación o proyectos reales. Evitando introducir los conceptos y técnicas de manera descontextualizadas, aplicadas en problemas tipos difíciles de ser factibles en la realidad. Es decir, presentar problemas que requieran efectuar las diferentes fases de una investigación: planteamiento de un problema, decisión sobre los datos a recoger, recogida y análisis de datos y obtención de conclusiones sobre el problema planteado (Batanero, 2004).

6. Discusión y conclusiones

Esta propuesta no es un proyecto curricular completo. La misma responde al interés de secuenciar los contenidos de la asignatura Estadística (de primer nivel inserta en carreras universitarias con orientación biológica) atendiendo a una lógica psicopedagógica; necesaria para la construcción progresiva del conocimiento de los distintos objetos a enseñar. Al tiempo que busca satisfacer el objetivo principal de su incorporación en el plan de estudio; que es proporcionar una herramienta resolutive al futuro profesional y que este haga uso de ella a conciencia.

En forma abreviada, se basa en un cambio sustancial en el orden de ubicación y consecución de temas que usualmente se emplea para este tipo de programas en carreras biológicas de facultades argentinas, siguiendo el paradigma anteriormente mencionados. Principalmente, se basa en modificar el primer lugar que habitualmente se le otorga al tema Manejo de dato trasladándolo a etapas más avanzadas del temario conceptual, según lo justifican las perspectivas lógicas y epistemológicas disciplinares e intenta, además, sustituir otros argumentos, que bajo estos aspectos quedan obsoletos, como, por ejemplo, que el Manejo de datos es la primera etapa de una investigación. Lo que, tampoco, es tan así, si recordemos las palabras de Popper:

“Mi epistemología implica que las ciencias no comienzan con *mediciones...*”
(Popper, 1984. Pág. 5).

Que parafraseándolas, y haciendo una analogía con la secuencia de mi propuesta, antes de medir hay que saber que medir, porqué medir, porqué varían las mediciones,... Preguntas, éstas, que están estrechamente ligadas al concepto: Variable aleatoria y ésta, a su vez, a los de Muestra y Población, que, a su vez también, se ligan al de Probabilidad (tema que dio origen y esencia a la Estadística en su totalidad).

Por otra parte, y debido a que no he podido encontrar otros artículos que pudieran esclarecerme, argumentarme o hacerme reflexionar sobre mis ideas, es que intento con la presentación de esta propuesta, inducir la apertura de un debate entre pares; convencida del incuestionable aporte que tienen las deliberaciones, experiencias y diferentes opiniones dentro de la comunidad educativa, para avanzar por el camino que lleva a la enseñanza y aprendizaje significativo de esta disciplina en cada ámbito específico del amplio espectro que abarca su aplicabilidad.

Las estrategias didácticas presentadas, más bien a modo de sugerencias, son las que mayor consenso tienen entre los docentes de estadística aplicada y procuran favorecer la comprensión significativa de los conceptos y el desarrollo del pensamiento probabilístico; observando, principalmente, lo postulado por Garfiel (1995) respecto a no caer en la tendencia de enseñar algoritmos, procedimientos mecánicos e incluso demostraciones de teoremas innecesarios que desvirtúan el sentido de la asignatura que es: desarrollar la *cultura estadística*.

Bibliografía

- Ausubel, D. Novak, J. Hanesian, H. (1983, 1986). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognitivo*. Méjico: Trillas (traducción al español del original Educational psychology: a cognitive view).
- Batanero, C. (2001). *Didáctica de la Estadística* [en línea]. Recuperado el 4 de abril de 2014 de <http://www.ugr.es/~batanero/didactica%20de%20la%20estadistica.htm>
- Batanero, C. (2002). *Los retos de la cultura estadística* [en línea]. Recuperado el 30 de marzo de 2014 de <http://www.ugr.es/~batanero/ARTICULOS/CULTURA.pdf>
- Batanero, C. y Díaz, C. (2004). El papel de los proyectos en la enseñanza y aprendizaje de la estadística. En J. Patricio Royo (ed.). *Aspectos didácticos de las matemáticas*, 125-164. ICE: Zaragoza.
- Batanero, C. Díaz, C. Contreras, J.M. Roa R. (2013). El sentido estadístico y su desarrollo. *Números* [en línea], 83.7-18. Recuperado el 20 de marzo de 2013 de <http://www.sinewton.org/numeros/>
- Bennett, D. (1998). *Randomness*. Harvard University Press: Cambridge.
- Boero, C. y Parenti, L. (1996). Didactics of Mathematics and the Professional Knowledge of Teachers. En Bishop, Clements, Keitel, Kilpatrick y Laborde (eds.). *International Handbook of Mathematics Education*, 1097-1121. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht.
- Brousseau, G. (1997). Theory of didactical situations in mathematics. En *Didactique des mathématiques*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht.
- Canguilhem, G. 2009. *Estudios de historia y de filosofía de las ciencias*. Amorrortu: Buenos Aires.
- Castillo, P. (1985). *Ensayo filosófico sobre las probabilidades* (Traducción de *Essai philosophique sur les probabilités*. Laplace, 1825). Alianza editorial: España.
<http://www.google.es/books?vid=OCLC01450686&id=kquzFVmtQ04C&pg=PA1&lpg=PA1&dq=essai+laplace#PPP3,M1>
- Cobb G.W y Moore D.S. (1997). Mathematics, Statistics and Teaching. *The American Mathematical Monthly*, 104(9), 801-823.
- Coll, C. Solé, I. Onrubia, J. (1998). La psicología de la educación: una disciplina aplicada. En C. Coll (ed.). *Psicología de la educación*. Primera parte, 1-109. Editorial de la Universitat Oberta de Catalunya: Barcelona.
- Colton, T. (1974). *Statistics in Medicine*. Little, Brown and Company: Boston.



- Chance, B. delMas, R. Garfield, J. (2004). Reasoning about sampling distributions. En D. Ben-Zvi y J. Garfield (eds.). *The Challenge of Developing Statistical Literacy, Reasoning, and Thinking*, 295-323. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique*. La Pensée Sauvage Éditions: Grénoble.
- De Guzmán, M. (1997). *Para pensar mejor*. Pirámide: Madrid.
- delMas, R. Garfield, J. Chance, B. (1999). A model of classroom research in action: Developing simulation activities to improve students' statistical reasoning. *Journal of Statistics Education* [en línea], 7 (3). Recuperado el 20 de marzo de 2013 de <http://www.amstat.org/publications/jse/secure/v7n3/delmas.cfm>
- delMas, R., J. Garfield y B. Chance (1999). Exploring the role of computer simulations in developing understanding of sampling distributions. En Reunión Anual de American Educational Research Association. Montreal, Canadá.
- Dewey, J. (1933). How we think: a restatement of the relation of reflective thinking to the educative process. D. C. Heath: Boston.
- Franklin y col. (2007). *Guidelines for assessment and instruction in statistics (GAISE) report. A Pre-K-12 Curriculum Framework* [en línea]. Recuperado el 4 de abril de 2013 de http://www.amstat.org/Education/gaise/GAISEPreK-12_Full.pdf
- Garfiel, J.B. (1995). How student learn statistics. *International Statistical Review*, 63(1) 25-34.
- Le Lionnais, F. (1976). *Las grandes corrientes del pensamiento matemático*. EUDEBA: Buenos Aires.
- Mills, J.D. (2002). Using computer simulation methods to teach statistics: A review of the literature. *Journal of Statistics Education* [en línea], 10(1). Recuperado el 25 de marzo de 2014 de <http://www.amstat.org/publications/jse/v10n1/mills.html>.
- Moore, D. (1992). Teaching statistics as a respectable subject. En F. Gordon y S. Gordon (eds.). *Statistics for the twenty-first Century*, 14-25. Mathematical Association of America: Washington, D.C.
- Niss, M. (1996). Goals of mathematical teaching. En Bishop, Clements, Keitel, Kilpatrick y Laborde (eds.). *International Handbook of Mathematics Education*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht.
- Ortiz de Haro, J. (1996). Significados de los conceptos probabilísticos elementales en los textos de bachillerato. Memoria de Tercer Ciclo. Universidad de Granada (Departamento de Didáctica de la Matemática): Granada.
- Pfannkuch, M. y Wild, C. (2004). Towards an understanding of statistical thinking. En D. Ben-Zvi y J. Garfield (eds.). *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking*, 17-45. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht.
- Popper, K. (1984): Contra las Grandes Palabras (Against Big Words). En Popper, K. (1992). *In Search of a Better World*. Routledge: London/NY. Traducción: José Padrón G.
- Pozo, J.I. (1996). *Aprendices y maestros. La nueva cultura del aprendizaje*. Madrid: Alianza Psicología Minor.
- Ruiz Hernández, B. (2010). *Análisis epistemológico de la variable aleatoria y comprensión de objetos matemáticos relacionados por estudiantes universitarios*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Ruiz Hernández, B. y Albert Huerta, J.A. (2011). *Un análisis epistemológico de la variable aleatoria*. Escritos en la web. Recuperado el 20 de noviembre de 2012 de http://centroedumatematica.com/ciaem/memorias/xii_ciaem/130_analisis_epistemologico.pdf
- Ruiz Hernández, B. y Albert Huerta, J.A. (2013). La relación entre la variable aleatoria y la variable estadística: un análisis epistemológico disciplinar. En J.M. Contreras, G.R. Cañadas, M.M. Gea y P. Arteaga (eds.). *Actas de las Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria*, pp. 383-390. Granada, Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada. Recuperado el 25 de febrero de 2014 de <http://www.jvdiesproyco.es/documentos/ACTAS/2%20Comunicacion%2039.pdf>
- Velázquez, S. (2004). *Bases psicológicas para la enseñanza eficaz: El aprendizaje significativo*. Paraná: Prensa de Entre Ríos.

- Walz, M.F. (2011). *Hacia un aprendizaje significativo de las pruebas de hipótesis en las ciencias experimentales*. Tesis de Maestría [en línea]. Recuperado el 04 de abril de 2014 de <http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8180/tesis/handle/1/279>
- Walz, M.F. y Carrera E. (2012). Obstáculos epistemológicos en el aprendizaje significativo de los test de hipótesis estadísticos en ciencias experimentales. *Revista Bilateral Brasil Argentina*. 1:121-133.
- Wolfowitz, J. (1969). Reflections on the future of mathematical statistics. En R.C. Bose et al. (eds.). *Essays in Probability and Statistics*, 21-45.

María Florencia Walz. Facultad de Ciencia y Tecnología (FCyT). Universidad Autónoma de Entre Ríos. Paraná, Entre Ríos. Argentina. Nacida en Paraná, el 3 de mayo de 1968. Bioquímica, Especialista en Estadística, Master en Didáctica. Profesor de las asignaturas: Bioestadística del Profesorado en Biología y de la Licenciatura en Biología. Directora del Gabinete de Asesoramiento Estadístico para tesinas e investigaciones de la FCyT. Profesor responsable permanente de Estadística de la carrera de posgrado Maestría en Geomática aplicada a la gestión de riesgos ambientales de la FCyT. Publicaciones sobre didáctica de la Estadística: *Obstáculos epistemológicos en el aprendizaje significativo de los test estadísticos en las ciencias experimentales* (Revista Bilateral Brasil Argentina, 2012); *Hacia un aprendizaje significativo de los test de hipótesis* (Revista Anual de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, 2011); *Adecuación de la asignatura Estadística al perfil del alumno de la Licenciatura en Nutrición* (Revista Aula Universitaria, 2010).
Email: florencia.walz@gmail.com

