

Título: La comprensión de los test de hipótesis estadísticos. Un estudio con alumnos universitarios

Autora: Cintia Korin; e-mail: ckorin@uade.edu.ar; cintiakorin@hotmail.com.

Fundamentación

La Ciencia Estadística es un área de potencial crecimiento dadas sus variadas aplicaciones a diversos campos y/o disciplinas. Su utilización es sumamente frecuente en la toma de decisiones en diversos campos de las ciencias, aplicadas a múltiples problemas: los económicos, (para estimar, por ejemplo, las ventas futuras de una empresa), los biológicos (probar la efectividad de una droga nueva), las industriales (controles de producción), los médicos e inclusive aquellos vinculados a las Ciencias de la Educación. Según Gardner, puede decirse que la estadística actúa como “puente entre las ciencias naturales y sociales” (1997, 171). Es por ello que los hallazgos que aquí se presentan no sólo pudiera resultar relevantes para los docentes del área en cuestión, sino que dada su amplia conexión con el resto de las disciplinas puede ser viable para poner en marcha trabajos que propicien el trabajo interdisciplinario, mejorando de este modo aspectos vinculados a otros campos.

Como docentes universitarios, tenemos la posibilidad de lograr, a través de la enseñanza, la construcción de nuevos aprendizajes. El objetivo primordial radica en que no sólo el alumno adquiera el nuevo contenido que se le presenta sino que realice una conexión con las estructuras cognitivas que ya dispone, con la finalidad de que pueda aprehender el conocimiento para su desempeño como potencial profesional.

Sin embargo, las metodologías clásicas de enseñanza han dado cuenta de frecuentes problemáticas por parte de los estudiantes en lo que respecta la vinculación con el contenido y la transferencia a entornos novedosos.

Debido a que, del trabajo diario con variados grupos de estudiantes universitarios, se observa una persistencia en las dificultades de adquisición de varios conceptos relacionados con nuestra ciencia esta investigación trato de buscar evidencias empíricas que dieran cuenta de ello. En particular el trabajo indaga sobre aquellos aspectos que se encuentran vinculados con los tests de hipótesis estadísticos. Es por ello que se buscan respuestas a la pregunta: ¿qué dificultades presentan los alumnos en la aplicación de los mismos y en la interpretación de los resultados que estos arrojan?

Atendiendo al interrogante planteado, el propósito de esta investigación fue el de conocer qué grado de comprensión alcanzan los alumnos acerca del contraste estadístico de hipótesis.

La finalidad fue observar cuáles deberían ser los criterios que orienten la construcción de propuestas de enseñanza que permitan mejorar el aprendizaje de los conceptos de: error de tipo I y tipo II, variabilidad de los estimadores, diferencias entre parámetros y estimadores, entre otros.

El estudio que dio origen a esta investigación se llevó a cabo en una universidad privada de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires durante el lapso comprendido entre octubre del año 2007 y febrero de 2008. El trabajo surge como una replicación a una investigación realizada sobre este tema, en la Universidad de Granada, por Angustias Vallecillos Jiménez (Jiménez Vallecillos, 1997; Batanero, 2000).

Las materias en las cuales se llevó a cabo el estudio pertenecen al Departamento de Matemática de la Universidad y son: 1) Estadística Aplicada, para la Facultad de Ingeniería, 2) Estadística II, para la Facultad de Ciencias Económicas.

Estas materias se ocupan del estudio de los procedimientos Inferenciales que permiten una visión general sobre diversos fenómenos, a partir de datos de la realidad que, habitualmente, son de tipo muestrales. El objeto de las mismas es lograr que los alumnos puedan analizar los resultados que se obtienen de una muestra e inferir acerca de la población de estudio y capacitarse en la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre siendo concientes de los posibles errores involucrados en dichos actos.

Marco teórico conceptual

En el análisis realizado en esta investigación, se refiere a la comprensión de conceptos vinculados a los contrastes estadísticos de hipótesis, como la capacidad que posee un estudiante para realizar, con un concepto o tema, una variedad de acciones que estimulen al pensamiento, como ser: explicar, demostrar, dar ejemplos, generalizar o establecer analogías. Es decir, comprender es llevar a cabo una gama de acciones que demuestren que se ha entendido el tema, que se es capaz de asimilar un concepto y que podrá ser utilizado de una manera innovadora o novedosa (Blythe, 2006).

En el caso específico del contraste estadístico de hipótesis, la situación que se enfrenta es la de un procedimiento que puede ser aplicado por muchos de los estudiantes, aunque a veces de manera mecánica, porque su correcta comprensión involucraría dominios abstractos que deben transferirse a posibles situaciones problemáticas específicas.

Tomando una categorización propuesta por Edwards (1995), resulta útil considerar diversas formas de conocimiento o modos en que el conocimiento circula dentro de las situaciones de enseñanza. De acuerdo con esta autora, estas formas de conocimiento podrían ser clasificadas en tres grandes grupos: 1) Conocimiento tópico: el foco está puesto en nombrar de manera correcta un término más que en su utilización dentro de una operación.; 2) Conocimiento como operación: esta forma de conocimiento está orientada a operar con el conocimiento. El conocimiento es presentado como mecanismos que permiten pensar, es decir, de manera totalmente opuesta a la memorización; 3) Conocimiento situacional: este tipo de conocimiento se relaciona de manera más directa con el uso social que se le da, es decir, se significa en términos de su uso en un contexto.

De lo expuesto con anterioridad es posible encuadrar a los ejercicios típicos referidos a los contrastes de hipótesis en los dos primeros grupos. El conocimiento tópico, busca describir la composición mecánica del procedimiento y el conocimiento como operación busca aplicar los conceptos más abstractos del contraste a situaciones de tipo específicas.

En lo que respecta a la capacidad de comprensión, en este estudio se consideró que adquiere mayor relevancia que las aptitudes memorísticas debido a que la memoria en cuanto a su capacidad no puede expandirse, motivo por el cual los estudiantes buscarán estrategias que les permitan aumentar su capacidad de recordar, dejando muchas veces de lado las acciones que llevan a la comprensión del tema (Gardner, 1997). Es así como, la oposición más clara a los resultados que arrojan los procesos de aprendizaje del tipo memorístico son los resultados de la comprensión disciplinar. Estos últimos se producen cuando los estudiantes pueden aplicar de un modo flexible y apropiado, conceptos adquiridos dentro del ámbito del estudio a una situación novedosa. Es así como la comprensión a la cual se hace referencia, no pretende involucrar repeticiones de información aprendida, sino la aplicación adecuada de conceptos a situaciones que se presentan por primera vez (Gardner, 1997).

Desde un punto de vista didáctico indagar acerca de los errores que presentan con mayor frecuencia los estudiantes resulta fundamental para poder establecer, conociendo estas dificultades, técnicas o metodologías de enseñanza que colaboren con la mejora de los mismos. Por otra parte, debido a que al entrar en la formación de conceptos estadísticos se ingresa en un ámbito de las experiencias humanas, como pueden ser los casos de cálculos de probabilidades, medidas de tendencia central, entre otros, los cuales son realizados muchas veces de manera intuitiva por el sujeto, las teorías ingenuas que pudieran poseer los alumnos resurgen de manera contundente, motivo por el cual es necesario comprender para atender situaciones en las que estas teorías resurjan imposibilitando la incorporación de los nuevos conceptos (Gardner, 1997). Una posible clasificación de estas intuiciones fue dada por Fischbein, en el año 1975, quien distinguió a las intuiciones de los individuos en dos categorías: 1) Intuiciones *primarias*: son adquiridas de la experiencia sin necesidad de instrucción sistemática (por ejemplo: el alumno no requiere saber cálculo de probabilidades para contestar cuál es la probabilidad que posee cada una de las caras del dado); 2) Intuiciones *secundarias*: son aquellas que se desarrollan como consecuencia de la instrucción. Esta clasificación no implica a la incorporación de fórmulas, sino que se transforma en una creencia, una convicción. Su desarrollo se logra a partir de acciones del propio alumno y no sólo por la lectura o una explicación del docente (Batanero, 2001).

Atendiendo a los elementos señalados, en este estudio se considerará una clasificación realizada por Gardner (1997) para los diferentes tipos de aprendices a fin de clarificar cuáles podrían ser los mecanismos preponderantes que ponen en juego los estudiantes a la hora de responder acerca de los conceptos vinculados al contraste estadístico de hipótesis. Gardner clasifica a los estudiantes en tres tipos: 1) Aprendiz natural o intuitivo: a aquellos alumnos que, si lo que se les enseña es consistente con situaciones canónicas, pueden realizar una mejor asimilación de los conceptos propios de la materia. De lo contrario si los nuevos significados van en contra de los conocimientos arraigados, puede que el estudiante tienda a distorsionarlo o recaiga en dificultades para su adquisición; 2) Aprendiz escolar: se trata del estudiante que intenta dominar los conceptos pero que, al abandonar el contexto del aula responde de igual modo que un sujeto sin instrucción; 3) Experto disciplinar: es el alumno que ha logrado comprender los conceptos de la disciplina y posee la capacidad de aplicarlos a nuevos entornos.

Hasta aquí la presentación del marco teórico ha dado lugar a diferentes conceptos y elementos de análisis de la psicología cognitiva y de la didáctica relativos a cualquier disciplina. En lo que respecta puntualmente a la ciencia Estadística, los estudiantes presentan habitualmente problemas con variados conceptos involucrados en el tests de hipótesis. Se tomaron como referencia cuatro aspectos en los cuáles los alumnos posiblemente presentarán inconvenientes y ellos son (Jiménez Vallecillos, 1997): a) El contraste de hipótesis como problema de decisión; b) Las probabilidades de error y relación entre las mismas; c) Nivel de significación como riesgo del decidor y d) Interpretación de un resultado significativo.

Además se han detectado alumnos que confunden sucesos condicionado y condicionante, dentro de una probabilidad condicional, hecho que Diaconis y Freedman, en 1982 denominaron, falacia de la condicional transpuesta (en Jiménez Vallecillos, 1997).

Otro error que parecería presentarse con frecuencia, en el razonamiento de los estudiantes, es la creencia de que una hipótesis puede referirse tanto a una población como a una muestra. En parte, pudiera deberse a que el alumno no reconoce a los valores muestrales como variables aleatorias y a los parámetros como constantes. Estos motivos marcan una dificultad en el planteo de las hipótesis de estudio, por las dificultades que existirían en la comprensión de los conceptos involucrados (Jiménez Vallecillos; Batanero, 1997). Sumado a este punto, la posible confusión entre la media muestral con la media poblacional, si bien se trata de términos teóricamente bien diferenciados (estadístico muestral y parámetro poblacional) los estudiantes no consiguen distinguirlos (Jiménez Vallecillos, 1999). Desde la postura de Schuyten (1991) este hecho pudiera deberse a problemas de los alumnos para aceptar que un símbolo puede representar diferentes conceptos y que diferentes símbolos pueden representar el mismo concepto. Es así como, este autor, concluyó que los diversos niveles de concreción que posee un concepto (tanto en estadística descriptiva como inferencial) puede representar un problema en la comprensión del alumno.

Por otra parte, se destaca entre los errores que se detectan, la ocurrencia de una compartimentalización (entre los estudiantes) de los conocimientos de tipo conceptual y los de tipo procedimental: hay estudiantes que manifiestan una comprensión conceptual correcta de algunos conceptos y sin embargo no logran resolver las problemáticas planteadas. En otros casos la influencia de errores de tipo conceptual trae aparejados errores procedimentales. (Jiménez Vallecillos, 1999).

También se han encontrado creencias acerca de que un contraste de hipótesis estadístico permite probar la verdad o falsedad de alguna de las hipótesis planteadas confundiéndolo así con una demostración deductiva de una prueba lógica. (Jiménez Vallecillos, 1997).

Desarrollo

Se realizó un estudio exploratorio de tipo descriptivo con la finalidad de construir una tipología de los errores cometidos y verificar la posible existencia de diferencias entre el desempeño de los estudiantes dependiendo de la facultad a la que pertenecen y la materia que han cursado.

A través de la encuesta realizada a los estudiantes se buscó establecer cuáles eran las concepciones que poseían los alumnos universitarios sobre el contraste estadístico de hipótesis. No se indagó en esta etapa la capacidad de los alumnos para resolver problemas vinculados con dichos conceptos.

El relevamiento de información se efectuó en 4 cursos, en los cuales se dictó el contraste estadístico de hipótesis: dos de ellos pertenecientes a la Facultad de Ciencias Económicas y los restantes pertenecientes a la Facultad de Ingeniería.

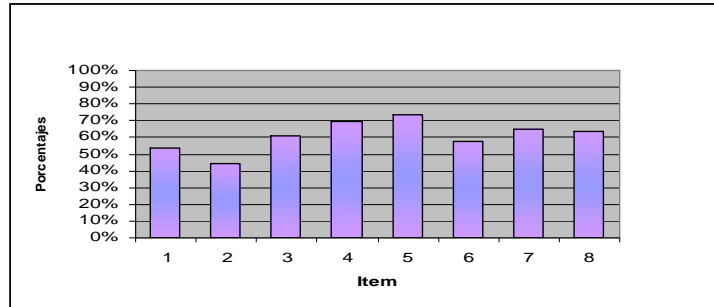
Los estudiantes que participaron de este estudio habían sido expuestos a la misma estrategia metodológica de enseñanza y su cursada había sido realizada con el mismo docente. El objeto fue tratar de mantener constante una de las variables más influyentes en la comprensión de los temas, esto es, la enseñanza.

El tamaño de la muestra fue de 140 alumnos, de los cuales 77 pertenecían a carreras de Ciencias Económicas y 63 a carreras de Ingeniería. Los alumnos entrevistados poseían edades comprendidas entre los 18 y los 41 años. La edad promedio del grupo analizado fue de 23 años con un coeficiente de variabilidad del 17%, lo que indica, una leve heterogeneidad en la edad del grupo encuestado. Respecto de la situación laboral de los encuestados el 59% de los alumnos se encontraba trabajando, observándose un mayor porcentaje de alumnos que poseían una actividad laboral en la Facultad de Ingeniería (84%) respecto de los alumnos de la Facultad de Ciencias Económicas (39%).

Análisis

En términos generales los resultados obtenidos en la muestra de 140 alumnos se presentan en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 1: Respuestas correctas para los ítems analizados. En porcentajes.



La mayoría de las respuestas tienen un alto porcentaje de aciertos, superando en casi la totalidad de los casos el 50%, exceptuando el ítem 2 que se encuentra levemente por debajo de este valor (gráfico N°1).

Del análisis global se desprende que aquellos ítems vinculados con los conceptos de los principios de inferencia estadística fueron más claros para los estudiantes que aquellos asociados directamente al contraste estadístico de hipótesis. Esto se puso de manifiesto en los ítems 4 y 8, que buscaban mostrar las comprensiones que poseían los estudiantes respecto de los conceptos de parámetros, estimadores y las distribuciones de probabilidad de estos últimos (69 y 64 % de respuestas correctas respectivamente).

También se refuerza la idea de un mejor manejo de los conceptos Inferenciales a través del ítem 7 que buscaba evidenciar la comprensión de los estudiantes de la variabilidad de los estimadores. Este ítem presentó también una alta tasa de respuestas correctas (75%).

Sin embargo, los conceptos asociados directamente con el contraste estadístico de hipótesis presentaron mayores inconvenientes. El ítem 1, obtuvo sólo un 54% de respuestas correctas. Los tipos de errores que pueden cometerse con su utilización, pueden observarse en las respuestas a los ítems 2, 3 y 6, con porcentajes de respuestas correctas por parte de los estudiantes del 44, 61 y 58% respectivamente, siendo estos los resultados con menor porcentajes de respuestas correctas en el estudio realizado.

Es posible concluir que salvo el ítem 5, que posee prácticamente la misma tasa de respuestas para ambos grupos, en las restantes preguntas los alumnos de Ingeniería poseen un porcentaje de respuestas muy superior a los alumnos de Ciencias Económicas.

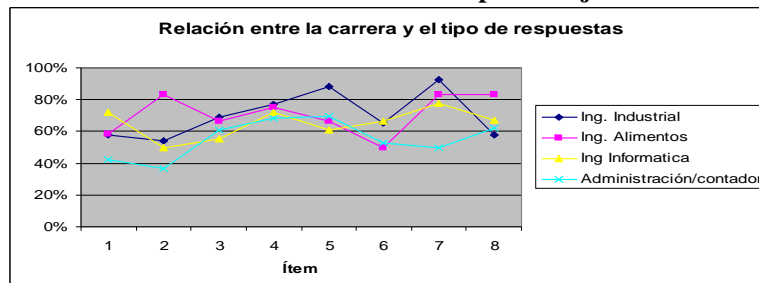
Tabla N° 1: Estudiantes que contestan correctamente en relación a la materia cursada. En porcentaje

	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8
Estadística Aplicada	63	57	65	76	74	63	86	70
Estadística II	45	34	57	64	73	53	48	58

Análisis de los datos por carrera

En concordancia con el análisis anterior, se revisó la existencia de relaciones entre las respuestas encontradas y la carrera a la cuál pertenecen los alumnos que han participado del estudio.

Gráfico N° 2: Respuestas correctas dependiendo de la carrera a la cuál pertenecen los alumnos entrevistados. En porcentajes.



Las carreras pertenecientes al área de Ingeniería (gráfico N°2) poseen un porcentaje de respuestas correctas más elevado que las pertenecientes a la facultad de Ciencias Económicas, ratificando el análisis realizado con anterioridad respecto de la diferencia de rendimientos entre la materia que los alumnos cursaban.

Tabla N° 3: Estudiantes que responden de manera correcta en función de la carrera cursada. En porcentajes.

	Ítem	1	2	3	4	5	6	7	8
Carrera	Ing. Industrial	58	54	69	77	88	65	92	58
	Ing. Alimentos	58	83	67	75	67	50	83	83
	Ing. Informática	72	50	56	72	61	67	78	67
	Administración/contador	42	36	61	68	70	53	50	62

Si bien las tasas de respuestas correctas más elevadas se concentran en todas las Ingenierías, cabe destacar que Ingeniería Industrial, es la carrera que posee más aciertos en nuestro cuestionario, con un 69%, 77%, 88% y 92% para los ítems 3, 4, 5 y 7, respectivamente. Esto pudiera deberse a la formación mayormente técnica que poseen estos alumnos.

Análisis de los datos respecto de la experiencia laboral

Profundizando el análisis, se ha tenido en cuenta, como otro factor clave para explicar el tipo de respuestas encontradas, la vinculación que pudiera tener la experiencia laboral y personal de los alumnos que pudiera afectar a la comprensión de los temas.

Se observa que aquellas preguntas que parecen tener mayor asociación con situaciones de la vida real (1, 6 y 7), presentan una mayor tasa de respuesta en los alumnos que poseen experiencia laboral en contraposición con los que no la poseen (Tabla N°4).

Por otra parte, ítems vinculados con las definiciones puras de los conceptos (ítems 4 y 8), marcan una tendencia inversa; es decir, la mayor tasa de respuestas correctas las tienen los individuos que destinan la mayor parte de su tiempo sólo al estudio.

Tabla N°4: Estudiantes que contestan correctamente en relación a su situación laboral. En porcentaje

	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8
Trabaja	63	45	60	65	72	61	75	56
No trabaja	40	44	61	75	75	52	51	73

Los ítems restantes parecieran presentar el mismo nivel de dificultad para los alumnos que trabajan como los que no.

Análisis de los datos por edad

Se han analizado las vinculaciones entre la edad de los participantes de la muestra y el tipo de respuesta.¹

El grupo conformado por los más jóvenes (tabla N° 5) consigue superar a los otros dos grupos sólo en las respuestas de índole puramente conceptual, es decir, el ítem 3 referido a la verdadera definición del nivel de significación. De cualquier forma este porcentaje supera levemente al logrado por el grupo de alumnos mayores que consigue en éste ítem un 62% de respuestas correctas.

Tabla N° 5: Estudiantes que responden de manera correcta por edad. En porcentajes.

	Ítem	1	2	3	4	5	6	7	8
Edad	18-23	42	36	64	64	70	52	59	54
	24-29	65	46	54	78	78	70	72	63
	30-41	85	46	62	69	77	54	77	46

Puede apreciarse, en términos generales que los aspectos vinculados con conceptos Inferenciales (ítems 4, 7 y 8) así como también los aspectos vinculados al contraste estadístico

¹ Para ello se ha separado la información en tres grupos, los más jóvenes que van desde los 18 a los 23 años, los alumnos de una edad media que oscilan entre los 24 y 29 años y los alumnos mayores desde los 30 a los 41 años.

de hipótesis, son comprendidos de mejor manera por los alumnos más grandes, es decir aquellos que superan los 24 años.

Resultados por contenidos:

Lógica global del proceso

El contenido ha sido analizado a través del ítem 1, que expresa:

Ítem 1: "Un contraste de hipótesis correctamente aplicado, establece la verdad de una de las dos hipótesis: nula o alternativa." (V/F*)

Se percibe una gran complejidad en la interpretación que hacen los estudiantes de los propósitos y alcances del test de hipótesis, ya que del 54% que identifica correctamente la falsedad de la afirmación, sólo la mitad de los alumnos realiza una explicación clara y concisa de dicha decisión.

Otros estudiantes (8%) manifiestan que si bien el test de hipótesis no es capaz de probar la veracidad de la hipótesis nula, sí es capaz de probar su falsedad, es decir, de considerar verdadera la hipótesis alternativa, perdiendo de vista la posibilidad de la consecución del error de tipo I en esta cuestión, es decir considerar que la hipótesis nula es falsa cuando en realidad no lo es.

Parece importante destacar que un alto porcentaje de alumnos, (41%) considera la afirmación correcta, considerando de esta forma que el contraste de hipótesis nos permitiría conocer la verdad de una de las dos hipótesis planteadas, nula o alternativa.

Tipos de errores, relación entre ellos y nivel de significación

Estos conceptos han sido analizados a través de los ítems 2, 3, 5 y 6. En el caso de los primeros dos ítems las afirmaciones han sido extraídas de la investigación realizada en la Universidad de Granada (Jiménez Vallecillos, 1997; Batanero, 2000). Los restantes ítems analizados han sido propuestos por la investigadora.

Ítem 2: "Un nivel de significación del 5% significa que, en promedio, 5 de cada 100 veces que rechazamos la hipótesis nula estaremos equivocados." (V/F*)

Ítem 3: "Un nivel de significación del 5% supone que, en promedio, 5 de cada 100 veces que la hipótesis nula es cierta, la rechazaremos." (V*/F)

De los datos obtenidos puede observarse que existe un mayor porcentaje de alumnos que contestan correctamente el ítem 3, (61%) respecto del ítem 2 (44%).

De los alumnos que contestaron correctamente la pregunta 3, que es aquella que les resulta más comprensible y familiar en la lectura, sólo el 55% reconoce como falso el ítem 2, manifestando, en la puesta común que se efectuara una vez recogidos los cuestionarios, una dificultad en la comprensión de dicha afirmación básicamente por problemas con su lectura.

Ítem 5: "Los errores de Tipo I y Tipo II son complementarios" (V/F*)

Si bien la tasa de respuestas correctas a este ítem es la más elevada del estudio (74%), sólo el 19% de los alumnos encuestados logra hacer una justificación correcta.

Análogamente, sólo el 48% de los estudiantes que justificaron su respuesta lo hicieron de manera acertada, indicando cuáles eran las probabilidades que efectivamente son complementarias a las probabilidades de error de tipo I (α) y error de tipo II (β), no rechazar una hipótesis nula siendo verdadera ($1-\alpha$) y rechazar una hipótesis nula falsa ($1-\beta$), respectivamente. Los que justificaron de manera incorrecta la afirmación, que representan un 10% de los alumnos encuestados, confundieron en su gran mayoría sucesos complementarios e independientes, mostrando de esta forma problemas con los aspectos vinculados a la materia correlativa anterior, donde se aprenden los conceptos claves de probabilidades.

Resulta llamativo también el alto porcentaje (35%) de alumnos que si bien contestan correctamente la pregunta, no han dado una justificación de dicha decisión, lo que hace que resulte difícil observar si realmente habían adquirido el concepto.

Ítem 6: "Al rechazar un hipótesis nula se comete un error de Tipo I" (V/F*)

Es llamativo lo que ocurrió con éste ítem donde la tasa de respuestas correctas resultan ser menores que en el ítem 3, siendo ambos ítems similares pero con diferentes enfoques.

Es así como el ítem 6 arrojó un 58% de aciertos, con un 33% de aciertos que poseían justificaciones correctas. Es alta la polaridad en las respuestas pero también es apreciable que, de los alumnos que justificaron su respuesta en el ítem 6 (73%), indicando que la falsedad se debe a la falta de la condición, argumentando que si no se acotaba la verdad o falsedad de la hipótesis podría estar llegándose no sólo a cometer un error de tipo I sino que existía la posibilidad de llegar a una decisión correcta, rechazar la hipótesis nula dado que es falsa, es decir, la potencia del ensayo.

Finalmente de la evaluación de consistencia entre el ítem 3 y 6 sólo el 58% de los alumnos que contestaron correctamente el ítem 3 también lo hicieron en el 6.

Finalmente, en cuanto a la consistencia del ítem 6 respecto del ítem 5 se observó que el 56% de los alumnos entrevistados contestaron de manera correcta a ambos ítems. Por otra parte, el 81% de los alumnos que contestaron bien la pregunta 6 lo hicieron también en el ítem 5.

Parámetros, Estimadores. Distribuciones de probabilidad y variabilidad de los estimadores

Los conceptos antes mencionados se ponen en juego en los ítems 4, 7 y 8.

Ítem 4: "El promedio poblacional sigue una distribución normal" (V/F*)

Ítem 8: "La varianza poblacional posee distribución chi-cuadrado" (V/F*)

Como se observó en el análisis global, los estudiantes presentaban menos inconvenientes con los conceptos vinculados a los principios de Inferencia Estadística. Este hecho no sólo se percibe en las altas tasas de respuesta correcta de los ítems, que fueron del 69% y 64%, sino también en las justificaciones brindadas, ya que de los alumnos que justificaron el ítem 4, el 79% lo hace correctamente y se evidencia una leve merma en el ítem 8 que desciende al 74%. Estos estudiantes argumentaron en sus respuestas que los parámetros no poseen distribuciones de probabilidad pero sí sus estimadores, es decir la media y la varianza muestral.

De los estudiantes que justificaron incorrectamente se pudo evidenciar una clara confusión entre los conceptos de parámetro y estimador. Algunos alumnos aclararon que la distribución normal dependería de la distribución de la variable en estudio poniendo en juego los conceptos de suma de variables aleatorias y Teorema Central del Límite, manifestando así la confusión entre los conceptos antes mencionados.

En cuanto a la consistencia entre ambas preguntas, el 52% de los alumnos entrevistados respondieron correctamente a ambos ítems y el 75% de los individuos que contestaron correctamente el ítem 4 lo hicieron también en el 8.

Ítem 7: "La variabilidad de un estimador aumenta cuando se incrementa el tamaño de la muestra." (V/F*)

Si bien el 65% de los alumnos han brindado una respuesta correcta, sólo el 36% realiza una justificación adecuada al respecto. El 74% de los alumnos que han brindado justificación lo han hecho de manera correcta, identificando que debido a que los estimadores son variables aleatorias poseen variabilidad y que efectivamente esta dependería del tamaño de la muestra.

Algunos estudiantes utilizaron en su justificación las fórmulas empleadas para expresar la variabilidad de alguno de los estimadores estudiados durante la cursada mostrando matemáticamente la repercusión del incremento del tamaño muestral en dicha variabilidad.

Una fracción muy reducida de los alumnos (2.9%) justificó su respuesta a través de las propiedades de los estimadores.

Este ítem posee resultados particulares debido a que se detectan diferentes niveles de abstracción dentro de las justificaciones:

1) Baja: el alumno justifica a través del razonamiento intuitivo, contempla la posibilidad de que si la muestra contuviera una gran porción de la población la variabilidad sería pequeña por estar próximos al parámetro; 2) Media: involucraría a los alumnos que poseen un nivel de abstracción matemática; 3) Alta: se reconoce el concepto puro de la inferencia estadística.

Tipología de errores frecuentes

✓ El contraste de hipótesis como problema de decisión: (Batanero et al; 1994)

Del mismo modo en que muestra la investigación realizada por Jiménez Vallecillos, los alumnos de la presente investigación presentan inconvenientes en la interpretación del Error de Tipo I y Tipo II asumiéndolos complementarios.

Se pone de manifiesto una dificultad en conceptos vinculados a las materias precedentes, en este caso, la diferenciación entre los diferentes tipos de sucesos que pueden presentarse: sucesos no excluyentes (compatibles), por una parte y sucesos independientes o condicionados dentro de la clasificación de los sucesos compatibles. Por otra parte, se considera la posibilidad de sumar también a este punto la creencia de los estudiantes acerca de que el test de hipótesis es una prueba por contradicción (Batanero, 2000). Este hecho pudiera atribuirse a que la estructura formal del test de hipótesis posee semejanzas con dicho proceso. Sin embargo existen diferencias fundamentales entre estos dos tipos de razonamiento. El abuso en el razonamiento lógico inferencial puede llevar a la confusión por parte del individuo dando origen a la ilusión de la prueba probabilística por contradicción o ilusión de alcanzar la improbabilidad, que consiste en creer, de manera errónea, que resultados significativos vuelven improbable a la hipótesis nula. Estos mecanismos psicológicos sugeridos por Falk y Greenbaun, llevarían a los individuos a creer que se elimina el azar y minimiza su incertidumbre (Batanero; 2000)

✓ Las probabilidades de error y la relación entre los mismos: (Batanero et al; 1994)

Se detectó que los alumnos manifiestan una dificultad en cuanto a la comprensión de las probabilidades condicionales, perdiendo de vista la condición (la verdad de la hipótesis nula) en lo concerniente al Error de Tipo I. Muchos de los estudiantes entrevistados asociaron de forma inmediata el rechazo de la hipótesis al error de tipo I, perdiendo de vista la condición de verdad o falsedad de la misma que pudiera dar lugar, en caso de ser falsa, a la consecución de una decisión correcta, es decir, el rechazo de la hipótesis siendo esta falsa, lo que se denomina la potencia del ensayo.

Por otra parte, se han detectado alumnos que invierten las condicionales al igual que lo han señalado Diaconis y Freedman, pudiendo presentarse lo que los autores denominan la *falacia de la condicional traspuesta* (en Jiménez Vallecillos, 1997). Es decir, consideran al nivel de significación como la probabilidad de que, dado que se ha rechazado la hipótesis nula, la misma sea verdadera invirtiendo de esta forma sucesos condicionado y condicionante.

✓ Diferencia entre parámetros y estimadores:

Los alumnos muestran confusiones entre estos dos conceptos. Algunos no logran entender con claridad las características de un parámetro, no perciben que es constante y por ende no posee distribución de probabilidad. Otros confunden al parámetro con el estimador manifestando que la dependencia de la distribución se debe a la distribución que posee la variable de origen.

Podría inferirse que, los estudiantes no consiguen distinguir, por ejemplo, entre el promedio muestral y el promedio poblacional, ya que ambos reciben el mismo nombre (promedio) y su cálculo no presenta diferenciación, siendo la única diferencia de tipo conceptual. Se ha arribado a esta conclusión debido a la simbología empleada de manera incorrecta por alguno de los alumnos en sus justificaciones. Esto último coincide con la interpretación dada por Schuyten (1991), que marca la dificultad de los individuos respecto de la utilización de la simbología

✓ Lecto- comprensión, lecto-escritura:

Se ha observado una gran dificultad por parte de los encuestados en cuanto a la comprensión de alguno de los enunciados, siendo el más confuso el ítem 2 en cuanto a su lenguaje². También se han hallado problemas para justificar algunas respuestas, no sólo por la alta tasa de ítem en las que los estudiantes respondieron sin justificar, sino incluso porque en aquellas que han sido justificadas se percibieron inconvenientes en las expresiones que utilizaron, las cuales fueron generalmente de tipo intuitivas, y en su mayoría, están incompletas.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta lo hasta aquí expuesto pueden delinearse algunas características de los estudiantes en cuanto al reconocimiento e incorporación de los conceptos.

En primer lugar la persistencia de los individuos por volver a sus teorías ingenuas (Gardner, 1997) poniendo permanentemente en juego sus intuiciones primarias (Batanero, 2000) con la consecuente dificultad en la formalización de los conceptos. Por otra parte, la dificultad que encuentran los estudiantes en generar una relación de mayor interioridad con los contenidos, con la consecuente necesidad de mecanización de procesos para conseguir soluciones exitosas, y una carencia en la utilización de conocimientos de tipo situacionales logrando en el más favorable de los casos un conocimiento tópico que en algunas oportunidades los llevan a conclusiones correctas (Edwards, 1995). Se presentaron de manera frecuente inconvenientes

² Esta información se consiguió en la puesta en común de los resultados que fue realizada con los cursos luego de la recolección de datos.

con las simbologías, debido a la falta de la comprensión que permitiría poder vincular un concepto a diferentes símbolos o un mismo símbolo a diversos conceptos (Schuyten; 1991). Otro aspecto clave para destacar consiste en la mecanización por parte de los estudiantes de los procedimientos referidos al contraste de hipótesis, rescindiendo en muchos casos una mayor comprensión de esos procesos. Posiblemente dicha automatización se deba a la cantidad de horas de estudio, en las cuales la realización de ejercitación similar produce una falta de utilización de estrategias cognitivas que contribuirían a la correcta asimilación de los temas (Levinas, 1998). Este último trajo como consecuencia la falta de conocimiento acerca de la finalidad de los contrastes de hipótesis, el tipo de conclusiones a las que pueden arribarse con ellos y el manejo de todos los conceptos que el procedimiento implica.

La enseñanza y la evaluación de los conceptos estadísticos

El hecho de no detectar este tipo de errores en los estudiantes en la tarea diaria, podría atribuirse al diseño de los instrumentos de evaluación que son utilizados para acreditar las materias. Estos instrumentos, si bien requieren amplios conocimientos de las materias, habitualmente se asemejan en demasía a las ejercitaciones de las guías de trabajos prácticos de los alumnos. Es así como no se demanda habitualmente en esta instancia procedimientos o resoluciones diferentes en cuanto a los que los alumnos están acostumbrados a efectuar.

El cuestionario utilizado requirió una conceptualización de los temas dejando de lado la resolución de problemas tipos, que eran aquellos a los que se encontraban expuestos los estudiantes.

Se ha observado, durante la cursada, que la resolución de estos problemas resulta de mejor dominio para los estudiantes que las conceptualizaciones de los tests de hipótesis. Podrían atribuirse estas diferencias al tipo de entrenamiento que los estudiantes reciben durante la misma. Ante la pregunta del por qué del diseño de estos instrumentos de evaluación, se cree que este fenómeno se presenta ya que a menudo los profesores piden a los estudiantes que se respondan a un tipo de problema programado, es así, como los docentes no quieren “*arriesgarse a la comprensión*”, es decir, se contentan con “*compromisos de respuestas correctas*” (Gardner, 1997: 155). De esta forma es probable que sus alumnos se expresen con algunas diferencias si se les presenta un ejemplo inesperado fuera de lo que sería un ejemplo clásico (Gardner, 1997). Como argumenta Batanero (2000,15) “*el análisis estadístico no es un proceso mecánico y, por lo tanto, no debería ser enseñado o aplicado de esta forma*”.

Resulta imprescindible evaluar de manera tal que el estudiante necesite convertirse en un experto disciplinar (Gardner, 1997) que se apodere de manera significativa de los contenidos, teniendo como meta fundamental el logro de la capacidad de transferencia que se requiere para la posterior utilización de los conceptos en situaciones de la vida profesional. Comprender significa mucho más que repetir las explicaciones que se encuentran en los libros (Perkins, 1995). El punto es no exigir actividades rutinarias, sino motivar a la conexión de ideas, la vinculación con el contexto, la posibilidad de explicaciones entre alumnos, entrenando al alumno en el tipo de razonamiento que deseamos lograr, enseñando lo que realmente se pretende que el alumno aprenda (Perkins, 1995); y, debido a que la Estadística se vincula con una forma de pensar que nos ayuda a resolver situaciones de manera constante, su enseñanza debería llevarse a cabo con problemas abiertos para que los estudiantes utilicen ideas propias y contribuya en el desglose de los pasos a seguir en una situación real, desde la planificación, pasando por la recolección de datos y terminando con la toma de decisiones correspondientes (Batanero, 2000). Una forma de contribuir al aprendizaje situado en un contexto (Perkins, 1995) o a los conocimientos de tipo situacional (Edwards, 1995) la constituyen las investigaciones que relacionan al estudiante con su entorno inmediato, desde lo laboral hasta el contacto con experiencias de la vida cotidiana.

A partir de la investigación aquí expuesta se ha puesto en marcha en los cursos de Estadística Trabajos de Investigación con exposición oral (TICE) como estrategia de enseñanza que están siendo llevados a cabo durante el año 2009. La propuesta aborda trabajos de investigación realizados por los alumnos en torno a los conceptos de: comparación de poblaciones, contrastes chi-cuadrado y regresión lineal simple y múltiple. Los temas mencionados forman parte de la segunda parte de la materia, en la cual se abordan temáticas generales acerca de la Inferencia Estadística.

Para la realización de los TICE los alumnos deben tomar problemáticas de su entorno inmediato. Debido a que los cursos en donde se aplica actualmente la propuesta son nocturnos y los alumnos trabajan en el 90% de los casos, se los incitó a pensar problemáticas reales de sus disciplinas particulares para generar de este modo un interés adicional al trabajo que consiste en

la posibilidad de otorgar propuestas de mejora dentro de cada una de sus empresas. Es decir, uno de los objetivos principales fue que el alumno no sólo realizara el TICE para la aprobación de la materia sino que pudieran buscar una utilidad real al mismo, lo que genera un impacto o motivación adicional. Esta propuesta cambia drásticamente el sistema de evaluación de la materia ya que, con anterioridad se evaluaban los conceptos a través de dos exámenes parciales (a mitad y final del cuatrimestre) con los cuales, de obtenerse 7 puntos o más en cada uno de ellos los alumnos promocionaban la materia. Es así como la propuesta no sólo promueve la investigación en el campo específico de los alumnos sino que evalúa el dominio conceptual debido a que deben realizarse exposiciones orales de defensa de los trabajos que son evaluadas por un comité quien calificará la presentación para otorgar una calificación a la segunda parte de la materia. Es decir, el TICE, suple al segundo examen de evaluación de la materia.

El comité evaluador se encuentra formado por dos docentes del área, la Directora del Departamento de Matemática y Métodos Cuantitativos, y en algunas de las exposiciones, el Decano de la Facultad de Ingeniería.

Los resultados que se generen de la instauración de esta propuesta metodológica serán presentados en un futuro trabajo.

Es de interés hacer conocer los descubrimientos evidenciados para que los docentes tomemos cartas en el asunto, superando los obstáculos encontrados y proponiéndonos nuevos desafíos para colaborar en la mejora de la calidad de nuestra educación. Es por ello que, si se recuerda que la Estadística se considera “*una de las ciencias metodológicas fundamentales y base del método científico experimental*” (Batanero, 2002, 2), la enseñanza de la misma debiera ser una pieza fundamental que permitiera la correcta utilización de los métodos y procesos que remitan a una interpretación profunda de los hallazgos realizados.

Bibliografía:

Batanero, C. (2002): Los retos de la cultura Estadística. Jornadas internacionales de la Enseñanza de la Estadística. Buenos Aires. Conferencia inaugural.

Disponible en <http://estio.ujaen.es/diplomatura/confestad.pdf>

Batanero, C. (2001): *Didáctica de la Estadística*. Granada, Departamento de Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada.

Disponible en <http://www.ugr.es/~batanero/publicaciones.htm>.

Batanero, C (2000): Controversias sobre el papel de los contrastes estadísticos de hipótesis en la investigación experimental. Traducción del artículo: Controversies around the role of statistical test in experimental reserch. *Mathematical thinking and learning*: 2000, 2(1-2); 75-98, número monográfico sobre Educación Estadística.

Disponible en http://ima.udg.edu/~cls/documents/controversias_contrastes.htm

Batanero, C; Godino, JD; Vallecillos,A; Green, DR y Holmes, P (1994): Errores y dificultades en la comprensión de los conceptos estadísticos básicos. *International Journal of mathematics education in Science and Technology*.

Disponible en <http://www.ugr.es/~batanero/ARTICULOS/erroresestadis.doc>

Edwards, Verónica (1995): Las formas del conocimiento en el aula en *La escuela cotidiana*. México, D.F. : Fondo de Cultura Económica p. 145-172

Gardner, Howard (1997): *La mente no escolarizada. Cómo piensan los niños y cómo deberían enseñar las escuelas*. Temas de Educación. Editorial Paidós.

Levinas, Marcelo (1998) : “ Conocimiento e instrucción” en *Conflictos del conocimiento y dilemas de la educación*. Psicología cognitiva y educación. Buenos Aires Editorial Aique.

Perkins, David (1995): “*La escuela inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*”. Editorial Gedisa, ,Barcelona.

Schuyten, G. (1991): *Statistical thinking in Pysichology and Education*. Proceedings of de ICOTS III. Dunedin, New Zealand: University of Otago.

Disponible en: <http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications.php?show=18>.

Vallecillos, A; Batanero, C (1997): Conceptos activados en el contraste de hipótesis estadísticas y su comprensión por estudiantes universitarios. *Recherches en didactique des mathématiques(Revue)*, - cat.inist.fr.

Disponible en: <http://www.ugr.es/~batanero/ARTICULOS/Recherches.pdf>

Vallecillos,A.; Batanero,C (1997):Aprendizaje y enseñanza del contraste de hipótesis: concepciones y errores. *Investigacion didáctica. Enseñanza de las ciencias*, 15 (2), 189-197.

Disponible en <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v15n2p189.pdf>