

## **EVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE ESTADÍSTICA EN INGENIERÍAS AGROFORESTALES DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

**Ayuga-Téllez, Esperanza, González-García, Concepción, Grande-Ortiz, M<sup>a</sup> Ángeles, Martínez-Falero, Eugenio**

Grupo de Innovación Educativa en Técnicas Cuantitativas aplicadas a la Ingeniería Medioambiental  
ETSI Montes.  
Universidad Politécnica de Madrid  
Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid.  
e-mail: [esperanza.ayuga@upm.es](mailto:esperanza.ayuga@upm.es), web: <http://www2.montes.upm.es/gie/tcim/index.htm>

e-mail: [concepcion.gonzalez@upm.es](mailto:concepcion.gonzalez@upm.es),  
e-mail: [m.angeles.grande@upm.es](mailto:m.angeles.grande@upm.es),  
e-mail: [eugenio.mfalero@upm.es](mailto:eugenio.mfalero@upm.es)

**Resumen.** *Los procesos de medición y evaluación buscan especialmente identificar los efectos y la eficiencia de la inversión en el desarrollo de actividades específicas. En los últimos años se ha observado un interés creciente por la evaluación del aprendizaje a gran escala. A los egresados de titulaciones de ingeniería en una universidad específica, como es la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), se les presupone unos conocimientos comunes, en materias básicas, que conviene verificar.*

*El objetivo de esta experiencia es evaluar el grado de aprendizaje de conocimientos básicos en la materia de “Estadística Aplicada” en alumnos de último curso de las titulaciones de la UPM enmarcadas en el área agroforestal.*

*La materia de Estadística tiene especial importancia por sus aplicaciones en ingeniería (análisis de datos, diseño de experimentos, control de procesos, procesos estocásticos, fiabilidad de sistemas,...).*

*Se evaluaron los conocimientos mediante un cuestionario de respuesta múltiple con 20 ítems a los alumnos del último curso de las diferentes titulaciones en horas lectivas. La mayoría de los ítems fueron respondidos de forma equivocada por más del 50% de los alumnos, no encontrando diferencias significativas entre las titulaciones evaluadas.*

**Palabras clave:** Evaluación del aprendizaje, Estadística, Universidad Politécnica de Madrid, Rama agroforestal

### **1. INTRODUCCIÓN**

La adaptación de los estudios universitarios al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y la incorporación de los procesos de acreditación de titulaciones e instituciones en Europa, hace necesario replantear la forma de evaluar y acreditar la formación que deben adquirir los estudiantes universitarios.

Para las nuevas titulaciones de grado en España, el RD 1393/2007 que regula las enseñanzas universitarias oficiales, contempla la Estadística como “materia de

formación básica de la ingeniería”. Por tanto, el análisis de los contenidos y su aprendizaje por parte de los alumnos de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) adquiere especial relevancia.

La estadística es una ciencia inductiva, que tiene como objetivo adoptar decisiones óptimas sobre la base de la experiencia. Por lo tanto los futuros ingenieros necesitarán herramientas estadísticas a lo largo de su educación y posteriormente en sus trabajos profesionales para analizar las situaciones reales y el comportamiento de los sistemas.

El objetivo fundamental del investigador es reproducir fielmente el comportamiento del fenómeno real a través de un proceso integrado de recopilación de datos, el análisis de los mismos, la interpretación de resultados y la identificación de las principales características y relaciones entre las variables estudiadas. Los conocimientos estadísticos son un recurso muy importante para los ingenieros, necesarios para todo tipo de actividades, tanto en la gestión de la producción vegetal como en la evaluación del impacto medio ambiental.

El campo de la ingeniería agroforestal se extiende sobre grandes áreas y períodos de tiempo, y por lo tanto, la estadística es esencial para resumir grandes cantidades de datos como el volumen de la madera o la producción de las fincas. También es importante definir relaciones entre las variables y obtener modelos de predicción. En la mayoría de los casos se deben seleccionar muestras representativas para inferir valores poblacionales. Métodos como el control estadístico de calidad, la investigación de mercados, el diseño experimental, los planes de recepción de materiales, los métodos de optimización y la toma de decisiones se utilizan en trabajos de ingeniería (Ayuga et al., 2006).

La Estadística incluida en los antiguos planes de estudios, de las titulaciones del área de Ingeniería Agroforestal de la UPM, es una asignatura de carácter troncal u obligatorio, con un número de créditos variable, que se imparte en primer curso, en el caso de Escuelas Universitarias (EU), en segundo en la titulación de Ingenieros Agrónomos (de 5 años) y en tercero en la titulación de Ingenieros de Montes (de 6 años) con un número de créditos variable (Ayuga et al., 2010).

El objetivo del presente trabajo es la evaluación del aprendizaje de conocimientos básicos de estadística adquiridos por estudiantes de dichas titulaciones y a punto de egresar de la UPM es el objetivo del presente trabajo. Además se pretende comparar resultados entre las diferentes ramas y niveles de educación.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Para la determinación del grado de conocimientos básicos de la materia de Estadística con los que cuenta un egresado de la UPM, se aplicó un cuestionario de 20 preguntas repartidas en cuatro bloques temáticos: Estadística descriptiva, Técnicas de Muestreo, Test de hipótesis y Modelo lineal general. Estos bloques temáticos son consistentes con los resultados de estudios anteriores sobre valoración de conocimientos estadísticos (Shaughnessy, 1992; Garfield y Ahlgren, 1988; Garfield, 2003).

Cada bloque incluye cinco preguntas. Todos los ítems del cuestionario son del tipo respuesta múltiple con una sola respuesta correcta de tres posibles (Ayuga et al., 2012). Este tipo de cuestionario es el propuesto por el grupo de expertos del proyecto AHELO para evaluación de las enseñanzas de Ingeniería (GEM, 2011). Los contenidos generales de las cuestiones y los bloques temáticos se muestran en la tabla 1.

Pregunta	Bloque temático
1) Tipo de variable estadística	Descriptiva (D)
2) Pregunta sobre la mediana.	D
3) Pregunta sobre la media.	D
4) Tipo de gráfico.	D
5) Diagrama de cajas y bigotes.	D
6) Tamaño de la muestra.	Estimación (E)
7) Diseño de muestreo.	E
8) Muestreo aleatorio simple.	E
9) Muestreo sistemático.	E
10) IC para diferencia de medias.	E
11) Contraste de hipótesis.	Test de hipótesis (TH)
12) Error tipo I.	TH
13) Nivel de significación.	TH
14) Correlación de Pearson.	TH
15) Contraste de bondad de ajuste.	TH
16) Análisis de la varianza.	Modelo lineal (MLG)
17) Modelo lineal simple.	MLG
18) Residuos.	MLG
19) ANOVA	MLG
20) Residuos.	MLG

*Tabla 1. Ítems y bloques temáticos del cuestionario.*

Los cuestionarios se aplicaron, a lo largo del curso 2008/2009, a alumnos de último curso que asistían a una clase reglada. De acuerdo con los profesores de algunas materias comunes y durante una parte del tiempo dedicado a sus clases, los alumnos respondieron al test en las aulas de los distintos centros, sin que surgieran dudas o cuestiones de consideración, empleando en la respuesta como máximo un tiempo de 45 minutos. Al comienzo de las pruebas, se explicó a los estudiantes el objetivo y la importancia del estudio y se solicitó su participación voluntaria. La colaboración de los estudiantes en la experiencia fue del 100% de los presentes en las aulas. Los alumnos que realizaron la prueba fueron 116 en total, con una participación de más de 30 alumnos en casi todas las titulaciones, excepto en Ingenieros Agrónomos, donde respondieron sólo 25.

Para cada titulación se contabilizaron los aciertos y el porcentaje de los mismos sobre el total de alumnos que respondieron. Además se tuvieron en cuenta, el porcentaje de aciertos por alumno y la calificación del cuestionario para cada alumno. La calificación se obtiene con la ecuación 1.

$$C=0,5(A- F/k-1)$$

*Ec. 1*

donde,

A = nº de respuestas acertadas de las 20 que componen el cuestionario.

F = nº de fallos.

k = nº de opciones de la respuesta, 3 en este cuestionario.

C puede tomar valores entre -5 y 10.

Esta expresión garantiza que la calificación final obtenida no contabilice los aciertos

conseguidos por los alumnos si su respuesta es aleatoria.

Se realizaron análisis estadísticos descriptivos de las variables, inferencia mediante test de la media y las comparaciones se contrastaron con análisis de varianza.

Los resultados se procesaron con Excel y el software estadístico Statgraphics 5.1.

### 3. RESULTADOS

En la tabla 2 se muestran los resultados en porcentaje de respuestas acertadas para cada ítem y en cada una de las cuatro titulaciones, Ingeniero Técnico Agrícola (ITA), Ingeniero Agrónomo (IA), Ingeniero Técnico Forestal (ITF) e Ingeniero de Montes (IM).

Ítem	ITA	IA	ITF	IM
1) Tipo de variable estadística	46,66	76,00	66,66	90,32
2) Pregunta sobre la mediana.	23,33	4,00	8,33	19,35
3) Pregunta sobre la media.	86,66	4,00	86,11	90,32
4) Tipo de gráfico.	50,00	60,00	44,44	45,16
5) Diagrama de cajas y bigotes.	26,66	16,00	16,66	29,03
6) Tamaño de la muestra.	53,33	8,00	55,55	58,06
7) Diseño de muestreo.	46,66	68,00	94,44	93,54
8) Muestreo aleatorio simple.	20,00	32,00	44,44	35,48
9) Muestreo sistemático.	20,00	32,00	27,77	41,93
10) IC para diferencia de medias.	33,33	20,00	19,44	32,25
11) Contraste de hipótesis.	23,33	32,00	27,77	54,83
12) Error tipo I.	46,66	40,00	16,66	51,61
13) Nivel de significación.	16,66	24,00	5,55	16,12
14) Correlación de Pearson.	70,00	64,00	72,22	87,09
15) Contraste de bondad de ajuste.	26,66	48,00	44,44	32,25
16) Análisis de la varianza.	30,00	20,00	47,22	12,90
17) Modelo lineal simple.	30,00	56,00	47,22	48,38
18) Residuos.	26,66	28,00	25,00	58,06
19) ANOVA	30,00	12,00	13,88	6,45
20) Residuos.	26,66	32,00	22,22	29,03

*Tabla 2. Ítems y porcentajes de aciertos por titulación.*

El análisis de varianza para los resultados de las pruebas de conocimiento mediante la variable “porcentaje de respuestas acertadas” no refleja diferencias estadísticamente significativas entre porcentajes medios. Ni los bloques temáticos, ni las ramas de conocimiento, ni el tipo de titulación son factores estadísticamente significativos en los resultados.

La comparación de los bloques dos a dos mediante test de diferencias de medias, refleja que el de mayor porcentaje de aciertos corresponde a D, aunque con una variabilidad muy alta. El siguiente bloque en número de aciertos es el de E, con una variabilidad similar a la de D pero algo menor. El siguiente bloque respecto al porcentaje de aciertos es el bloque de TH, también con bastante variabilidad en sus resultados. El de menor porcentaje de aciertos corresponde al bloque MLG, con una variabilidad algo menor que el resto.

En el bloque D, las preguntas con un mayor porcentaje de aciertos son la 1 y la 3 (tipo

de variable y cálculo de la media), mientras que la de menor porcentaje corresponde a la pregunta 2 (Fig. 1).

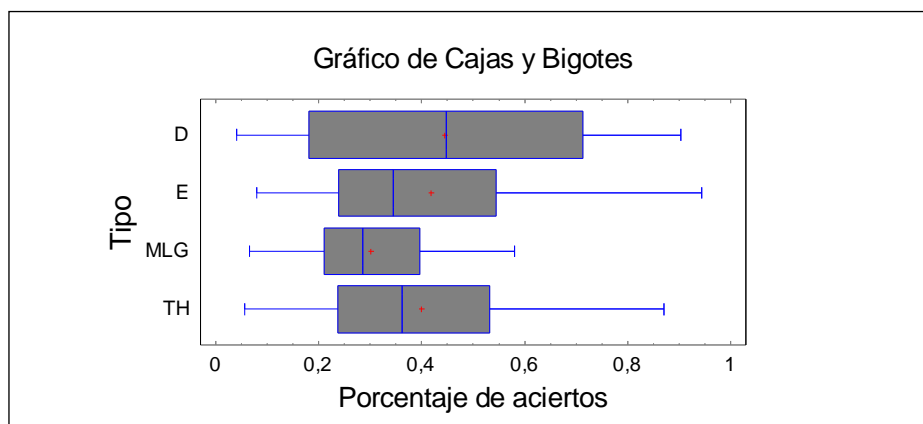


Figura 1: Comparación de aciertos (en %) según bloque de preguntas.

Para el bloque E los mayores porcentajes de aciertos están en las preguntas 6 y 7 (tamaño de muestra y diseño de muestreo) y los menores en los ítems 8, 9 y 10 (tipos de muestreo e intervalos de confianza).

En el bloque de TH, la única cuestión con un porcentaje de aciertos superior al 50% es la 14 (contraste de correlación de Pearson), 12, 13 y 15 no superan siquiera el 30% (error tipo I, nivel de significación y contraste  $\chi^2$ ).

Para el bloque MLG no existe ninguna cuestión con un porcentaje de aciertos por encima del 50% para todas las titulaciones. La pregunta con mayoría de respuestas acertadas es la 17 que corresponden a la utilidad del modelo lineal. El resto presenta mayoría de errores que muestran la falta de conocimientos en este bloque.

También se han detectado muchos resultados que inducen a considerar que algunos de los aciertos en las respuestas pueden ser producto del azar.

En la tabla 3 se recogen los datos correspondientes al resumen de estadística descriptiva del resto de las variables. Se incluye en la misma: el número de encuestas realizadas (n); el número medio de egresados de los tres últimos años o, en su defecto, los del último curso (N), la fracción de muestreo ( $f = n/N$ ); la media del porcentaje de aciertos (MA%); la calificación media (M); la desviación típica de la calificación (DT)

TITULACIONES	n	N	f	%MA	M	DT
ITA	30	122	0,246	37,70	0,86	1,5337
IA	25	199	0,126	39,80	1,46	1,2304
ITF	36	67	0,537	39,30	1,67	1,2201
IM	31	110	0,282	45,53	1,87	1,5219

Tabla 3. Resultados medios por alumno en cada titulación.

La menor fracción de muestreo corresponde a la titulación IA, siendo, por tanto la menos representativa. La mayor calificación media la alcanzan los IM y la menor el ITA. Las desviaciones típicas son muy similares. No se detectan diferencias estadísticamente significativas entre las titulaciones al 95% de nivel de confianza, salvo entre ITA y las titulaciones de la rama forestal. No se puede rechazar que dichas

titulaciones tienen calificaciones medias mayores que la de ITA.

#### **4. CONCLUSIONES**

Los resultados de este estudio indican que, en las titulaciones de la rama agroforestal, el aprendizaje de la materia de estadística aplicada es inferior al deseado. De los 20 ítems seleccionados para evaluar conocimientos básicos, sólo en uno de ellos las cuatro titulaciones superaron el 50% de aciertos. Las calificaciones medias alcanzadas no llegaron a los 2 puntos en ningún caso, lo que parece indicar que la media de alumnos retiene menos de un 20% de los conocimientos que se consideran básicos en estadística aplicada. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre ramas, titulaciones o bloques temáticos, en general.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la Agencia de Calidad, Acreditación y Prospectiva de las Universidades de Madrid (ACAP) la financiación que permitió la realización de este estudio.

#### **REFERENCIAS**

AYUGA-TÉLLEZ, E.; GONZÁLEZ-GARCÍA, C.; MORAL MEDINA, J.M. AND MARTÍN FERNÁNDEZ, A. 2006. Agroforestry: Participative Education in Statistics. Actas del Ici-Tec, Current Developments in Technology-Assisted Education (2006), Edited by A. Méndez-Vilas, A. Solano Martín, J.A. Mesa González and J. Mesa González, Published by FORMATEX, Badajoz, Spain (2006), ISBN 9788469024728.

AYUGA-TÉLLEZ, E.; GONZÁLEZ-GARCÍA, C.; GRANDE-ORTÍZ, M.A.; REYES-HERNÁNDEZ, B. Y GARCÍA-VENTURA, C. 2010. Selection of basic topics for the knowledge of statistics in engineering. Actas del Joint International IGIP-SEFI 2010, Trnava, Slovakia, 19 al 22 de Septiembre.

AYUGA-TELLEZ, E.; GONZALEZ-GARCIA, C.; GRANDE-ORTIZ, M. A y MARTINEZ-FALERO, E. 2012. Diseño de un cuestionario para evaluar conocimientos básicos de estadística de estudiantes del último curso de ingeniería. Form. Univ. [online: doi: 10.4067/S0718-50062012000100004], vol.5, n.1 [citado 2012-05-14], pp. 21-32.

BOE, Boletín Oficial del Estado (en línea) 2007. Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. <http://www.boe.es/boe/dias/2007/10/30/pdfs/A44037-44048.pdf>. Acceso: 12 de Noviembre de 2009

GARFIELD, J. B. 2003. Assessing statistical reasoning. *Statistics Education Research Journal*: 2(1), 22-38.

GARFIELD, J. Y AHLGREN, A. 1988. Difficulties in Learning Basic Concepts in Probability and Statistics: Implications for Research, *Journal for Research in Mathematics Education*: 19(1), 44-63 ().

GNE. 2011. Group of National Experts on the AHELO Feasibility Study, Progress Report On The Engineering Strand, 6º meeting of the AHELO GNE, Paris, Francia, 28-29 de Marzo.

SHAUGHNESSY, J. M. 1992. Research in Probability and Statistics: Reflections and Directions. In *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, ed. D. A.

Grouws, MacMillan, pp. 465-494, New York, USA.