

## IMPACTO DEL USO DE CALCULADORAS AVANZADAS EN LA FORMACIÓN ESTADÍSTICA DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

Enrique Hugues Galindo, Maricela Armenta Castro, Gerardo Gutiérrez Flores, Manuel Alfredo Urrea Bernal

Universidad de Sonora. (México)

[ehugues@gauss.mat.uson.mx](mailto:ehugues@gauss.mat.uson.mx)

Campo de investigación: pensamiento relacionado con probabilidad y estadística, tecnología avanzada. Nivel educativo: superior

Palabras clave: actividades didácticas, calculadora avanzada, hojas de trabajo, recursos tecnológicos

### Resumen

El apoyo en las modernas tecnologías de la información y la comunicación constituye hoy en día una de las tendencias de la educación en Probabilidad y Estadística y, en esta dirección, las calculadoras avanzadas son vistas como una alternativa potencial pero su incorporación requiere exploraciones planeadas aunadas a la valoración de su impacto.

Aquí se presentan resultados de la primera etapa de un proyecto de investigación que pone a prueba el impacto que tiene, en la formación estadística en estudiantes de carreras de ingeniería, el uso sistemático de diferentes recursos computacionales que provee una calculadora avanzada. Se exponen consideraciones que sustentan el estudio, se ejemplifican las propuestas didácticas diseñadas y se reportan resultados encontrados sobre cómo el estudiante percibe la incorporación de este tipo de tecnología.

### Introducción

Compartimos la opinión de que la educación estadística debe dejar atrás el énfasis que tradicionalmente ha prevalecido en el manejo operativo de la disciplina y apuntar hacia la comprensión de sus ideas básicas. Sin embargo, tanto el profesor como el estudiante requieren desarrollar laboriosas tareas como: recolección de datos, cálculos, tabulaciones, representaciones gráficas, experimentos, simulaciones, etc; con las cuales apuntalar ideas pero la fuerte atención que demandan los aspectos operativos involucrados, además de requerir una considerable inversión de tiempo, de algún modo hace perder de vista los objetivos fundamentales de la educación estadística. Apoyarse en dispositivos proporcionados por las tecnologías de la información y la comunicación desde una perspectiva tanto en técnica como didáctica puede modificar en gran medida esta situación y dar entrada a un mayor énfasis en los razonamientos estadísticos que subyacen a dichas tareas.

De entre los dispositivos tecnológicos disponibles en nuestro entorno hemos decidido apoyar nuestro trabajo centralmente con el uso sistemático de calculadoras avanzadas ya que resultan accesibles y cuentan con una gran variedad de recursos computacionales potencialmente útiles para nuestros propósitos. Estos se enmarcan en un proyecto de investigación<sup>§</sup> en proceso que se propone poner a prueba el impacto que tiene, en la formación estadística de estudiantes de carreras de ingeniería, el uso sistemático de diferentes recursos que provee una calculadora avanzada.

En las siguientes secciones se expone brevemente el escenario del estudio, algunos de sus antecedentes y la problemática de investigación, las consideraciones que sustentan el estudio, sus elementos y su estructuración, se describe en lo general los diseños realizados y se ejemplifican las actividades didácticas utilizadas, se dan indicaciones de las reacciones iniciales de los estudiantes, y, se muestra las cuestiones indagadas entre los estudiantes y los resultados arrojados para finalmente marcar algunas conclusiones.

---

<sup>§</sup> “Impacto del Uso de Calculadoras Avanzadas en la Enseñanza de Ideas Básicas en Probabilidad y Estadística”, Universidad de Sonora, México (proyecto financiado internamente: PI 05/DCEN16).

## La problemática de investigación

El estudio se desarrolla entre estudiantes de las carreras de Ingeniería Industrial y de Sistemas e Ingeniería en Sistemas de Información\*\*, dentro de un curso de Probabilidad y Estadística. El programa de dicho curso contempla que este se apoye en “Uso de software (estadístico)” pero no da mayores indicaciones y en la práctica algunos profesores optan por omitir este aspecto pero otros recurren a los recursos tecnológicos que le ofrecen un laboratorio de computadoras y un laboratorio de calculadoras avanzadas.

Una particularidad del curso es que su desarrollo conlleva una fuerte carga operativa tanto para el estudiante como para el profesor aunque se espera que los estudiantes adquieran una base estadística conceptual requerida para otros cursos propios de su formación profesional como ingeniero en estas especialidades. Sin embargo, la atención de lo operativo acarrea el gran inconveniente de desvirtuar lo sustancial en aras de lo inmediato y da lugar a la problemática didáctica de cómo estructurar el tratamiento de contenidos previstos en el curso sin perder de vista ni lo necesario ni lo fundamental.

Por otra parte, para las computadoras no se cuenta con licencias de software especializado por lo que el profesor se apoya en hojas electrónicas, en software libre y/o en versiones estudiantiles de algunos programas. Las calculadoras avanzadas en cuestión, *Voyage 200 de Texas Instrument*, disponibles tanto en laboratorio como en biblioteca de ingeniería, cuentan con varios recursos computacionales (una hoja electrónica, editores de ecuaciones y diagramas, editores de gráficas, un editor estadístico de listas, etc.) y con la posibilidad de que el profesor desarrolle sus propios guiones de texto ejecutables y programas.

Ante la problemática señalada y consideraciones como las vertidas, conjeturamos potencialidad en el uso de calculadoras avanzadas para apoyar el proceso de instrucción en Probabilidad y Estadística en aras de solventar la problemática señalada. De hecho, dicha potencialidad, que se sustenta en algo más que consideraciones meramente técnicas, de disponibilidad o en tendencias, constituye el objeto de estudio de nuestro proyecto. Ese potencial percibido en las calculadoras proviene de su consideración como herramientas técnicas pero también como herramientas didácticas (Hugues, 2005). En cuanto a esto último creemos que aterrizar la potencialidad didáctica de este y otros medios en gran medida descansa en la planificación del profesor y, en ello, el uso sistemático del recurso, de lo cual presentamos aquí algunos avances de nuestro trabajo.

## Perspectivas del estudio

Para los fines del proyecto, se entiende por uso sistemático aquel que, además de intervenir a lo largo de un curso, cuenta con una metodología específica para la inserción de la tecnología elegida y actividades didácticas diseñadas ex profeso.

Las actividades didácticas diseñadas arrancan con una situación problemática en cuyo abordaje se van incorporando tanto las herramientas técnicas como conceptuales que, en este caso, necesariamente incluyen como elementos de apoyo hojas de trabajo y archivos de calculadora, tanto guiones de secuencias de instrucciones como algunos programas.

Las hojas de trabajo están diseñadas tanto para guiar a los estudiantes en sus exploraciones como para permitir el registro de su proceso de aprendizaje e incluso su evolución en el desarrollo de ideas básicas, observación que es complementada por otros registros como son el reporte de tareas encargadas a los estudiantes y cuestionarios aplicados.

---

\*\* Dos carreras ofrecidas en el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora, México.

En lo anterior varias consideraciones son puestas en juego, entre las que destacamos:

- Las concepciones estadísticas del estudiante suelen ser deficientes;
- Los objetos estadísticos además de inaccesibles directamente incorporan comportamientos a la larga;
- Se entra en contacto con algún(os) sentido(s) del significado de los objetos estadísticos a través de representaciones y movilizaciones de estas;
- Es necesario proporcionar al estudiante la oportunidad de experimentar situaciones estadísticas;
- La experiencia a brindar a los estudiantes debe no sólo ser cognitivamente rica sino además estructurada didácticamente.
- Esta ha de incluir actividades de identificar y elaborar representaciones estadísticas, de tratarlas, de convertirlas y de coordinarlas.

En este contexto enriquecer y estructurar la experiencia del estudiante implica la consideración de situaciones problemáticas en cuya solución se requiere emprender acciones en diferentes registros de representación, discursivos y no discursivos, y poner en juego ideas, conceptos, resultados y argumentos como su respaldo. De este modo, el uso educativo de productos de la tecnología como herramienta didáctica, apoyando lo anterior, no sólo permite acceder a resultados de acciones matemáticas sino que, en una orientación esencialmente formativa, permite construir un ambiente propicio para la reflexión conceptual.

Estructuralmente dicho ambiente se concreta mediante una organización metodológica de configuraciones didácticas, que varían al combinar elementos de diversos tipos. Esquemáticamente, algunos de los tipos y elementos que consideramos son:

*Estatus de la calculadora:* Todas las calculadoras apagadas, sólo la del profesor encendida y en proyección de pantalla, las de los estudiantes encendidas y/o la de algún estudiante encendida y en proyección de pantalla, todas encendidas.

*Uso de la calculadora:* Manejo de datos en pantalla principal, almacenamiento de datos en listas y su tratamiento numérico, uso del catálogo de funciones, hoja electrónica, editores de ecuaciones, de tablas y de gráficas, uso de guiones de texto ejecutable o uso de programas diseñados ex profeso.

*Modalidad de la actividad:* Exposición del profesor, trabajo individual, trabajo en pares, trabajo en equipos o socialización de ideas y su discusión colectiva.

*Organización de la actividad:* Abordaje libre de situaciones, ejercicios y problemas, uso de hojas de trabajo o uso de otros materiales.

## **Ejemplificación de propuestas didácticas**

Las actividades didácticas propuestas tienen en común partir de una situación, la incorporación de la calculadora y el estar acompañada por una hoja de trabajo, habiendo otros elementos que estructuralmente las distingue y ejemplifican en detalle las diferentes configuraciones que pueden tener lugar. Por cuestiones de espacio, aquí sólo nos referiremos a un ejemplo, una actividad denominada “Simulación lanzamiento de monedas”.

La situación problemática de dicha actividad se plantea vía las siguientes interrogantes:

¿Cuál es la probabilidad de obtener águila al lanzar una moneda<sup>††</sup>? ¿por qué? y ¿qué significa que la probabilidad solicitada sea la que tu dices o crees?;

que naturalmente, en su abordaje, involucra toda una gama de conceptos e ideas tanto probabilistas como estadísticas.

El desarrollo de la actividad contempla diferentes momentos como son: la reflexión preliminar y establecimiento de creencias; abordamiento físico de la situación a través del lanzamiento de una moneda real y análisis individual, sustitución de dispositivos físicos por virtuales mediante la simulación de lanzamientos de monedas en calculadora y análisis individual, para concluir con la comparación colectiva tanto de resultados como de análisis realizados.



Vista parcial hoja de trabajo de la actividad “Simulación del lanzamiento de monedas.”

Técnicamente, la actividad se apoya en el guión de textos que parcialmente aparece abajo y su operación se indica desde la hoja de trabajo, tanto para una exploración a nivel de comandos usados como para ejecutar la simulación completa ya preparada.

```

PRCT04  RAO  AFRBRX  FUNC
-----
LANZAMIENTOS DE MONEDAS

Este archivo fue diseñado para apoyar la simulación de un experimento de lanzamiento de monedas y su respectivo análisis, pasando por la revisión de los comandos usados.

C:NewProb
    
```

Pantalla 1

```

PRCT04  RAO  AFRBRX  FUNC
-----
COMANDOS USADOS

C:rand(2)
C:rand(2)-1
C:seq(rand(2)-1,k,1,5)
C:sum(ans(1))
C:seq(5,i,1,3)+lanz
C:seq(sum(seq(rand(2)-1,k,1,5)),i,1,3)
C:cumsum(ans(1))
C:ans(1)/lanz
    
```

Pantalla 2

```

PRCT04  RAO  AFRBRX  FUNC
-----
SIMULACIÓN

1º Se simulan grupos de cinco lanzamientos, se calcula número de Á por grupo y se almacenan en águilas.
C:seq(sum(seq(rand(2)-1,k,1,5)),i,1,20)+águilas
!
    
```

Pantalla 3

```

PRCT04  RAO  AFRBRX  FUNC
-----
2º Se acumula águilas para obtener las frecuencias acumuladas (se almacenan en frec) y también las relativas (se almacenan en frecr) Se genera un lista auxiliar de índices (lanz).
C:seq(5,i,1,20)+lanz
C:cumsum(águilas)+frec
C:frecr/lanz+frecr
!
    
```

Pantalla 4

```

PRCT04  RAO  AFRBRX  FUNC
-----
3º Editamos las listas generadas y hacemos una representación gráfica "lanz vs. frecr".
Para lo primero pasamos al editor de aplicaciones y abrimos "Stats/List Editor", y desde ahí abrimos las listas: lanz, frec,...
Ahí mismo requerimos la grafica en F2: Plots, tipo X/Line.
    
```

Pantalla 5

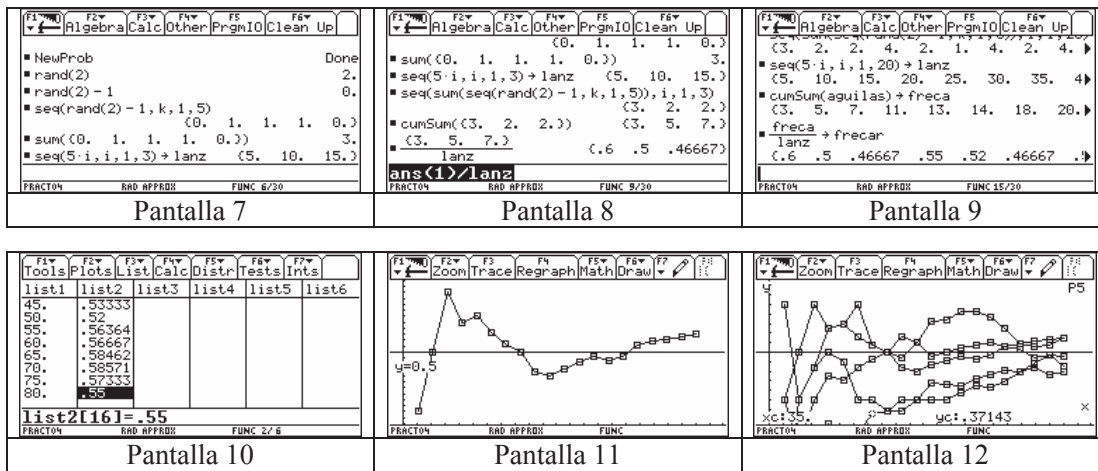
```

PRCT04  RAO  AFRBRX  FUNC
-----
4º Todo estará dispuesto para el análisis. Si es necesario hacer se va hasta el punto 2 y se ejecutan nuevamente los comandos.
Si se desea se pueden modificar el tamaño del experimento ¿k=5? ¿i=20?
    
```

Pantalla 6

<sup>††</sup> En el juego de lanzamiento de monedas en México, un resultado posible es llamado “águila” en referencia a una cara de la moneda con el grabado del símbolo nacional que contiene la figura de una águila y el otro resultado posible es llamado “sello” en referencia a la otra cara cuyo grabado contiene el valor de la moneda.

Su ejecución en calculadora genera datos y representaciones de estos, como se muestra en las pantallas siguientes:



Llegado a este punto, los análisis individuales se socializan en el grupo y se intenta llegar a una respuesta institucional a las preguntas planteadas, lo que se reporta más adelante. Al respecto cabe adelantar que en un principio los estudiantes no tenían expectativas de la intervención de una calculadora avanzada, recelando por las dificultades técnicas de su uso pero llegan a apreciar su valor como herramienta para cuestiones estadísticas.

### Resultados y conclusiones

De la experiencia tenida nos permitimos afirmar que la dinámica de trabajo propuesta ha llegado a ser aceptada por los estudiantes y ha empezado a despertar su entusiasmo e interés en esta manera de enseñar y aprender. Observaciones eventuales recogidas por el profesor-investigador, llevan a opinar que los estudiantes pasan de una visión ingenua, desinformada y/o desinteresada a una intermedia en que valoran al dispositivo como herramienta que les ayuda a resolver problemas y posteriormente, con regular frecuencia, llegan a apreciar su potencial de experimentación de ideas estadísticas básicas.

ENCUESTA SOBRE EL USO CALCULADORAS AVANZADAS  
 EN CURSOS DE PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA  
 EN CARRERAS DE INGENIERÍA

**INSTRUCCIONES:** En las preguntas de opciones selecciona sólo una de ellas como respuesta y márcala con un círculo o una cruz. En las que no tienen opciones usa tus propias palabras para dar una respuesta a la vez clara y concisa.

1. Antes de este semestre, en algún otro curso o espacio, ¿habías usado una calculadora avanzada igual o semejante a la propuesta para apoyar el curso de Probabilidad y Estadística?

Sí  No

2. En caso afirmativo, ¿con qué tipo de tareas en la calculadora habías alcanzado a familiarizarte más?

Cálculos numéricos  Graficación  Tabulación  Cálculos simbólicos

3. En tu opinión, el uso de calculadoras avanzadas en los cursos de Probabilidad y Estadística:

No es necesario  No tiene bondades como apoyo  No es necesario pero tiene bondades como apoyo  Es necesario y tiene bondades como apoyo

4. En una escala que va de 1 (para muy fácil) a 10 (para muy difícil), ¿qué calificación le pondrías a la dificultad que tiene el aprender a usar la calculadora propuesta?

1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

5. Durante el curso, desde el ambiente de la pantalla HOME, ¿cuál es la parte del manejo de la calculadora propuesta que te resultó más difícil?

Realizar cálculos con números  Recuperar y utilizar cálculos que aparecen en el área de historia  Crear listas de datos y trabajar con ellas  Calcular medidas estadísticas a partir de listas de datos

Vista parcial cuestionario aplicado a estudiantes del curso de Probabilidad y Estadística



De resultados de cuestionario aplicado<sup>\*\*</sup> como acercamiento a la percepción del papel potencial que los estudiantes atribuyen a la tecnología en su formación y cómo esta evoluciona a partir de las experiencias en un curso de Probabilidad y Estadística que incorpora el uso sistemático de una calculadora avanzada, sobresale que si bien sólo el 25% de los estudiantes había usado este tipo de calculadora (TI V200) el 100% considera que tiene bondades como apoyo y el 87.5% que algo de este tipo es necesario para el curso. En la opinión en cuanto a las dificultades que les presenta el manejo de la calculadora tiende hacia abajo, con una calificación promedio de 4.4 puntos de 10, y la opinión sobre la utilidad que tiene el uso de la calculadora para ayudar a comprender ideas, procedimientos y/o métodos fundamentales de la Probabilidad y la Estadística estudiados en el curso tiende hacia arriba, con una calificación promedio de 8.8 puntos de 10.

Nuestros datos hasta el momento y las principales conclusiones que de ellos se desprenden, nos llevan a una valoración hasta cierto punto favorable del uso sistemático en educación estadística de las calculadoras avanzadas en el ámbito de nuestro estudio, según se puede desprender de algunos indicadores como el alto grado de participación de los estudiantes en clase y el desempeño académico que estos han tenido, y cabe agregar su contribución al trabajo en equipo y al trabajo colaborativo. Sin duda los elementos puestos en juego requieren ser afinados para permitir un mejor acercamiento a la problemática abordada.

Finalmente, creemos que una implementación didáctica exitosa de ideas como las aquí mostradas, dependerá, en buena medida, del acceso que el profesor y los estudiantes puedan tener a herramientas como la calculadora misma, de contar con materiales complementarios sobre el tópico que abordan, de contar con dispositivos de proyección como un View Screen o un interfaz de video TI Presenter para un televisor o una pantalla multimedia.

## Referencias bibliográficas

- Duval R. (2003). The cognitive analysis of problems of comprehension in the learning of mathematics. Université du Littoral, France.
- Godino, J. D.; Batanero, C; Font, V. (2006). Un enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemática. Universidad de Granada, España.
- Gélis, J.M.; Lenne, D. (1999). Integration of Learning Capabilities into a CAS: The Suites Enviroment as Example. *Proceedings of the First Conference of the European Society for Research in Mathematics Education*, Osnabrueck. Germany.
- Hugues G., E. (2005). Uso de Hojas Electrónicas en la Enseñanza de la Distribución Normal. En J. Lezama, M. Sánchez y J. G. Molina (Eds.), *Acta Latinoamericana de Educación Matemática* (volumen 18, pp. 757-763). México.
- Rossmann, A. J.(1996). Workshop Statistics: Using Technology to Promote Learning by Self-Discovery. Presentation: *IASE Roundtable Conference on Research on the Role of Technology in Teaching and Learning Statistics*, Granada, Spain.
- Trouche, L. (2003). Managing the Complexity of Human/Machine Interaction in a Computer Based Learning Enviroment (CBLE): Guiding Student's Process Command Through Instrumental Orchestations. *The Third Computer Algebra in Mathematics Education Symposium*. Reims, France.

---

<sup>\*\*</sup> El cual incluye tanto preguntas de opción múltiple como de tipo abierto.