



# Ciencia y Tecnología

"Divulgación de la  
Producción Científica y Tecnológica  
de la UNR"

# GTIX

Orellano, Elena

Ciencia y tecnología 2016: divulgación de la producción científica y tecnológica de la UNR/ Bulacio, Lucía; Pairoba, Claudio; coordinado por Elena Orellano, Lucía Bulacio, Claudio Pairoba, Patricia Ponce de León, Jorge Molero. 1a ed. Rosario: UNR Editora. Editorial de la Universidad Nacional de Rosario, 2016.

2037 p. : CD-ROM, PDF

978-987-702-187-5

1. Ciencia y Tecnología. I. Bulacio, Lucía; Pairoba, Claudio. II. Orellano, Elena, coord. III. Bulacio, Lucía, coord. IV. Pairoba, Claudio, coord. V. Ponce de León, Patricia, coord. VI. Molero, Jorge, coord. VII. Título.

CDD 660 336

978-987-702-187-5

© Orellano, Elena 2016  
Universidad Nacional de Rosario



**UNR** Secretaría de  
Ciencia y Tecnología

**Fundación**  
**Nuevo Banco de Santa Fe**

**UNR**  
**EDITORIA**



Asociación de Universidades  
**GRUPO MONTEVIDEO**



Libro  
Universitario  
Argentino

**CiN REUN**

Red de Editoriales  
de las Universidades Nacionales  
de la Argentina

#### **UNR Editora**

Editorial de la Universidad Nacional de Rosario  
Secretaría de Extensión Universitaria  
Urquiza 2050 - S2000AOB / Rosario, República Argentina  
[www.unreditora.edu.ar](http://www.unreditora.edu.ar) / [editora@sede.unr.edu.ar](mailto:editora@sede.unr.edu.ar)

## DINÁMICA DE POBLACIONES: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA BASADA EN EL DESARROLLO DE EXPERIMENTOS-JUEGOS COOPERATIVOS

Fourty, A.L.<sup>1,2</sup>; Blesio, G.<sup>1,2,3</sup> y Navone, H.D.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (Universidad Nacional de Rosario);

<sup>2</sup>Instituto de Física de Rosario (CONICET-Universidad Nacional de Rosario); <sup>3</sup>Instituto Politécnico Superior (Universidad Nacional de Rosario)

E-mail: fourty@ifir-conicet.gov.ar

**Introducción:** El abordaje de la dimensión computacional en ciencias ha dado lugar al desarrollo de vertientes disciplinares -en permanente construcción y evolución- que han adquirido perfiles propios. En este sentido, es posible definir en términos operativos a la *Ciencia Computacional* (Landau y Páez, 1997) como un campo de trabajo amplio en donde la atención está dirigida al estudio de problemáticas complejas que se abordan desde la perspectiva de la ciencia en la que se inscriben y en estrecha interacción con diversas áreas del conocimiento. En el área de la Física -así como en otras disciplinas- este campo tiene nombre propio, *Física Computacional*, y adquiere características que lo distinguen.

En el contexto de este estudio, asumimos que la Física Computacional es un campo problemático de trabajo basado en el desarrollo de *modelos computacionales* para representar objetos, sistemas, procesos y fenómenos del mundo natural y artificial con el propósito de estudiarlos, caracterizarlos, simularlos y/o predecir su posible evolución. Este proceso de construcción requiere del diseño e integración de *algoritmos* y su posterior codificación en lenguajes formales de distinto nivel de abstracción.

Los modelos computacionales obtenidos posibilitan el estudio e interpelación de los sistemas representados mediante la implementación de *experimentos numéricos o virtuales*; todo esto sin perder de vista las posibles incertezas de carácter cognoscitivo, epistémico y ético, inherentes a toda problemática de carácter complejo (Funtowicz y Ravetz, 1993).

Desde este marco de análisis, el estudio de la evolución de poblaciones es una temática de interés general para diversos campos del conocimiento -Ciencias Naturales, Ciencias Ambientales, Matemáticas, entre otras-, ya sea por su propio valor intrínseco y disciplinar; porque es posible abordar problemáticas de otras áreas que pueden situarse en este contexto; o porque las dimensiones que se despliegan en el trabajo sobre este tópico requieren del desarrollo de habilidades y competencias de interés educativo.

En todo caso, y para cualquiera de las situaciones planteadas, la posibilidad de simular la evolución de poblaciones mediante diversos dispositivos resulta ser una estrategia educativa de suma importancia.

**Aspectos metodológicos:** Este estudio se inscribe, entonces, en el campo de la Física Computacional y está dirigido al diseño y puesta en práctica de estrategias educativas que permitan una introducción significativa de sus principales contenidos conceptuales, metodologías y recursos.

El objetivo general de este trabajo consistió en el diseño e implementación de dispositivos didácticos para abordar la simulación de la dinámica de poblaciones en tono lúdico, usando como recurso metodológico el desarrollo de *experimentos-juegos* de carácter cooperativo.

Como objetivo específico, se focalizó la atención en el diseño de estrategias que promuevan un pasaje significativo desde experimentos-juegos cooperativos con “objetos lúdicos reales” hacia el desarrollo de modelos y simulaciones computacionales con “objetos lúdicos virtuales”, siguiendo un programa de investigación educativa ya iniciado en estudios anteriores (Navone *et al.*, 2013).

El desarrollo de experimentos-juegos como dispositivos didácticos para la introducción de diversas temáticas se utiliza con el propósito de recurrir a la integración explícita de aspectos experimentales y lúdicos en un mismo diseño. Se trata de disponer al experimento como un juego y/o de jugar mientras se realiza el experimento; la idea se basa en incluir *tonos o rasgos lúdicos* en el desarrollo de la actividad, esto es, la intencionalidad pedagógica consiste en recrear y revestir a las situaciones de enseñanza y aprendizaje con aspectos similares a las situaciones de juego (Aizencang, 2005).

En el diseño de estos dispositivos intervienen “objetos lúdicos” como mediadores y promotores reflexivos. En este estudio, y a los efectos de introducir una imagen concreta de este constructo teórico, utilizaremos un conjunto de “datos” como “objetos lúdicos reales”; apelando, en este caso, al refuerzo simbólico que sobre ellos se sostiene al ser elementos naturalmente asociados a los juegos de azar. Estos objetos materiales nos permitirán realizar una transición hacia el campo computacional -que requiere de abstracciones, supuestos y modelizaciones- para introducir su representación algorítmica mediante “objetos lúdicos virtuales”; esto es, proponiendo la simulación de los “datos reales” con objetos simbólicos que hemos denominado “datos virtuales”. De esta manera, introducimos la idea de experimentos-juegos numéricos, en donde la computadora adquiere ahora la identidad de *máquina-laboratorio*; siendo ésta su función distintiva en los diversos procesos de construcción y de aplicación de conocimientos, en general, y en Física Computacional, en particular.

Desde este contexto de trabajo, si ahora consideramos que una población es un grupo de organismos de una misma especie que habita un determinado lugar en donde se provee de recursos para su subsistencia y reproducción, y que evoluciona en el tiempo -con cierto grado de estocasticidad- mediante la “aparición” de nuevos organismos -debido a nacimientos o inmigración-, y la “desaparición” de otros -producto de muertes o emigración-; también es posible desarrollar un experimento-juego que ponga en acción tanto a los “objetos lúdicos reales” ya mencionados como a su contraparte “virtual” o algorítmica, para así obtener una representación de la dinámica poblacional. En este caso, por supuesto, resulta necesario definir y establecer ciertas “reglas de juego” que nos permitan emular tales procesos.

La construcción, puesta en práctica y evaluación de la estrategia educativa descrita se realizó a partir del diálogo permanente entre todos los participantes de la experiencia, promoviendo el trabajo grupal mediante diversos dispositivos, en un contexto de alta interacción caracterizado como aula-taller o aula-laboratorio.

**Resultados:** La metodología de trabajo descrita fue puesta en práctica en el Taller de Introducción a la Física Computacional que se dicta en el 2º año de la Licenciatura en Física de la Universidad Nacional de Rosario. Para ello, se definieron y articularon una serie de segmentos programados que, basados en la noción de experimento-juego, cumplen con el propósito de estructurar flexiblemente su desarrollo.

Durante el primer segmento de la propuesta, se propone, discute y acuerda con todos los participantes cómo realizar un experimento-juego de carácter cooperativo que nos permita determinar la cantidad de veces que sale cada cara de un dado a partir de un número estipulado de lanzamientos. A partir del interrogante “¿qué esperamos obtener?” como promotor reflexivo y mediante oportunas intervenciones de los docentes-facilitadores en diálogo permanente entre todos los participantes, esta actividad grupal permite “poner en acción” una serie de conceptos: azar, sucesos aleatorios, imprevisibilidad, variables aleatorias, frecuencia absoluta, frecuencia relativa, independencia de sucesos, probabilidad, sucesos equiprobables y funciones de distribución, entre otros. Para realizar esta actividad, el grupo-clase se divide al azar usando una técnica grupal simple en 4 (cuatro) equipos de trabajo a los efectos de promover la integración de todos los participantes en este espacio de aprendizaje. Cada grupo recibe una caja con una cantidad similar de dados. Entre todos los participantes acuerdan que van a generar un total de 1500 sucesos -en donde cada uno de ellos se corresponde con arrojar un dado- para obtener la frecuencia de aparición de cada una de las caras. En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos por los equipos de trabajo y el resultado de la integración

cooperativa de todos los registros, arribando a una estimación de las frecuencias relativas ( $f_r$ ) de aparición de cada cara, que los participantes comparan con la probabilidad teórica asignada a tal evento ( $1/6$ ). La tabla de resultados es un nuevo artefacto didáctico que promueve reflexiones en torno a todo lo realizado y a los conceptos involucrados, poniendo fundamentalmente en discusión los supuestos implícitos que subyacen en el desarrollo de la actividad.

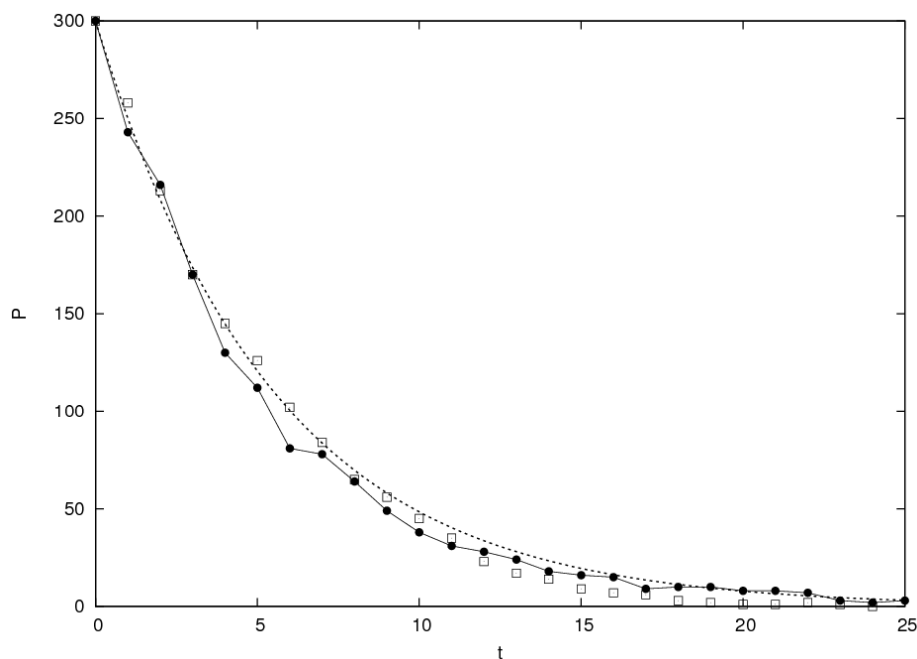
Equipos de trabajo	Caras del dado						Total de sucesos
	1	2	3	4	5	6	
#1	54	61	63	57	63	72	370
#2	57	57	69	64	61	72	380
#3	62	61	76	63	69	69	400
#4	64	62	60	61	48	55	350
$f_a$	<b>237</b>	<b>241</b>	<b>268</b>	<b>245</b>	<b>241</b>	<b>268</b>	<b>1500</b>
$f_r$	<b>0.158</b>	<b>0.161</b>	<b>0.179</b>	<b>0.163</b>	<b>0.161</b>	<b>0.179</b>	

**Tabla 1:** Frecuencias absolutas ( $f_a$ ) y relativas ( $f_r$ ) correspondientes a cada cara de un dado obtenidas por los equipos de trabajo para un total de 1500 eventos.

Finalizado este segmento, se propone la simulación computacional del experimento-juego realizado, ahora con “objetos lúdicos virtuales”. Para ello resulta necesario introducir una serie de conceptos relacionados con el diseño computacional de modelos estocásticos: números pseudoaleatorios, funciones generadoras y distribuciones de probabilidad asociadas, secuencias de números pseudoaleatorios y semillas, entre otros. De esta manera, supuestos, modelo y realidad pueden ser puestos en acción e interpelados, siendo posible comparar los resultados obtenidos en el segmento anterior con los simulados computacionalmente y, más aún, realizar ahora experimentos con un número mayor y arbitrario de sucesos. La codificación de los algoritmos se realiza en Fortran -lenguaje de programación usado en este espacio de aprendizaje-; habilitando, a partir de una “necesidad de uso”, esto es, adquiriendo sentido, el ingreso de nuevos conceptos y herramientas específicas.

En el tercer segmento de la propuesta se introduce el concepto de población y su posible evolución dinámica, producto del ingreso –nacimientos o inmigración- de individuos y del egreso -deceso o éxodo- de otros, ambos procesos de carácter estocástico. Se acuerda con todos los participantes cómo hacer para simular estos procesos; se decide modelar a los organismos con “dados” y se asume que la población queda representada por un conjunto de estos elementos. En la experiencia desarrollada, los participantes acordaron que al “perturbar” (arrojar) la población de dados, aquellos que mostraban la cara rotulada con 1 (uno) generaban

el ingreso de un individuo (nacimiento o inmigración), y los que mostraban caras con valores 5 (cinco) o 6 (seis), morían o emigraban. La población inicial se fijó en 300 individuos; para ello se realizaron dos series evolutivas con 150 dados iniciales cada una; en cada evento temporal se arrojan los dados y la población se modifica por el ingreso o egreso de individuos (se agregan y/o sacan dados). Para realizar este experimento-juego cooperativo se dividió nuevamente al grupo-clase en 4 (cuatro) equipos de trabajo, cada uno con un conjunto similar de dados. En la Fig. 1 se muestran los resultados obtenidos una vez integrados los registros de cada grupo (cuadrados vacíos).



**Fig. 1:** Evolución del tamaño de la población de dados “reales” (cuadrados abiertos) y dados “virtuales” (círculos llenos) en función del tiempo. La línea de puntos corresponde al modelo analítico que describe la evolución temporal de la población de dados en las condiciones establecidas.

Ya en el cuarto episodio de esta secuencia, se propone la modelización computacional de de la evolución de la población, ahora representada inicialmente por 300 “dados virtuales”. El código se desarrolla nuevamente en lenguaje Fortran y los resultados obtenidos se grafican con, embebiendo en el mismo programa la construcción del gráfico. Los valores obtenidos se muestran en Fig. 1 (círculos llenos). Nuevamente, se discuten similitudes y diferencias, pudiendo ahora realizar experimentos-juegos numéricos usando diversas secuencias de números pseudoaleatorios a partir de distintas semillas de inicialización. La propia gráfica es un nuevo promotor reflexivo que permite interpelar el experimento numérico que se está realizando; en particular, posibilita re-trabajar el concepto de variable aleatoria y su distribución de probabilidad asociada al ponerlos nuevamente en acción.

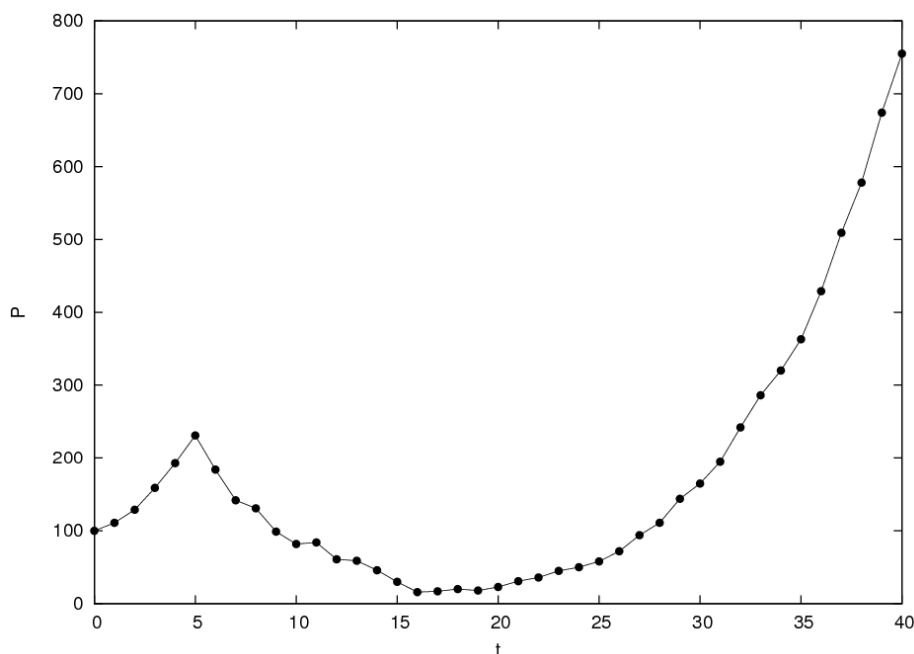
En el quinto episodio se propone a los participantes que analicen el sistema con el que estuvieron trabajando y vean si es posible construir algún modelo matemático que describa el comportamiento poblacional en las condiciones establecidas, usando todos los conceptos que involucrados en la acción. Se trata del pasaje hacia a una abstracción teórica de un nivel distinto a todo lo trabajado. Los docentes-facilitadores, en este caso, intervienen mucho más, ordenando y estructurando las ideas que van surgiendo en el diálogo permanente con todo el grupo. El grupo-clase construye la “ley estadística” o “modelo matemático” que representa la evolución del sistema en estudio, dada por:  $P(t) = N_0 (5/6)^t$  ; siendo  $N_0 = 300$  el valor inicial para el tamaño de la población.

Finalmente, el sexto segmento de la secuencia es utilizado para integrar todo lo realizado y evaluar la estrategia educativa. En términos de integración, se propone simular computacionalmente la evolución poblacional de un conjunto de organismos (virus o bacterias) que afectan a un ser vivo, considerando que se aplica un tratamiento que reduce el tamaño de la población a partir de un cierto tiempo de iniciada la enfermedad y que dicha terapia se interrumpe en algún momento posterior (Gómez Mármol, 2007). Nuevamente, se considera que los organismos están representados por “datos virtuales”. En función de todo lo expuesto en las etapas anteriores, ahora se asignan tasas de crecimiento y decrecimiento poblacional que entran en juego cuando hay una modificación “externa” de las condiciones evolutivas (aplicación e interrupción de un tratamiento). En la Fig. 2 se presentan los resultados obtenidos en una de las simulaciones; en este caso, se supusieron iguales tasas de crecimiento y decrecimiento poblacional (1/6), la población inicial se fijó en 100 individuos y se supuso que el mencionado tratamiento se iniciaba en el día 5 y era interrumpido el día 17.

Finalmente, los resultados obtenidos a partir de la evaluación cualitativa del desarrollo de esta primera experiencia de carácter exploratorio, y según las opiniones registradas de los propios participantes (estudiantes y facilitadores), indican que: (1) la propuesta es viable; (2) resulta atractiva, recreativa, entretenida y distendida; (3) promueve aprendizajes activos y significativos; (4) permite establecer una pequeña comunidad de aprendizaje cooperativo al promover la comunicación grupal en torno a objetivos compartidos cuya concreción se ve favorecida por el tono lúdico propuesto; (5) pone en tensión lo lúdico -en carácter de “no esperado”- con aquello que es considerado “formal” o “esperado” para una clase; expresada como “pérdida de tiempo necesaria”, según palabras de un estudiante y (6) algunos participantes sugieren que hubiese sido necesario contar con más tiempo o bien considerar la



posibilidad de reducir la cantidad de experimentos realizados durante las primeras etapas de trabajo.



**Fig. 2:** Simulación de la evolución de una población de organismos que afectan a un ser vivo suponiendo que se aplica un tratamiento a los 5 días de iniciada la enfermedad y que el mismo se interrumpe a los 17 días. En este caso, se supone el mismo valor para las tasas de crecimiento y decrecimiento poblacional ( $1/6$ ).

**Conclusiones:** Si bien la estrategia diseñada hace uso de un recurso ya conocido, como es el “uso de dados” y el “jugar con dados” para la introducción de una serie de conceptos de interés educativo, en nuestro caso creemos haber ampliado y enriquecido modestamente el tratamiento pedagógico del mismo al inscribir esta actividad en calidad de “experimento-juego cooperativo” en la secuencia didáctica que hemos presentado, siendo éste un constructo teórico que hemos elaborado y utilizado en estudios anteriores.

Las nociones de “objetos lúdicos reales” y “virtuales” -como objetos transaccionales y transicionales, y como promotores reflexivos, en las configuraciones didácticas dispuestas- son también otros constructos que permiten transitar y pensar a la práctica educativa, y al registro de la experiencia adquirida, desde otro lugar al asignarles sentido.

En este contexto, consideramos que las simulaciones computacionales y el desarrollo de experimentos-juegos numéricos se transforman en un desafío para la pequeña comunidad de aprendizaje; ponen conceptos, saberes y teorías en acción; hacen que emerjan supuestos subyacentes; interpelan modelos y realidades; desarrollan competencias en el diseño de algoritmos en un continuo “ir y venir” entre lo esperado y lo no esperado, entre las dudas, las equivocaciones y los “malos entendidos”; esto es, adquieren un sentido y nuevos sentidos.

Teniendo en cuenta todo esto, pensamos que la estrategia didáctica que hemos diseñado puede ser recreada para su aplicación en el ciclo básico de diversas carreras universitarias, así como en trayectos de formación inicial y permanente de educadores, tanto en el circuito educativo formal como en el no formal.

Finalmente, todo lo descrito en este estudio forma parte de un modesto programa de investigación educativa basado en nuestra propia práctica docente compartida (Stenhouse, 1998), asumiéndola como una estrategia de transformación que nos permite, a su vez, transformarnos como educadores, tanto en el tránsito reflexivo de la experiencia como en su registro y comunicación; apelando, en este caso, a la función epistémica de la escritura (Carlino, 2009).

### **Bibliografía**

Aizencang, N. (2005). *Jugar, aprender y enseñar: relaciones que potencian los aprendizajes escolares*. Buenos Aires: Manantial, 160 pp.

Carlino, P. (2009). *Escribir, leer y aprender en la universidad: una introducción a la alfabetización académica*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 200 pp.

Funtowicz, S.; Ravetz, J.R. (1997). *Epistemología política: Ciencia con la gente*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina, 94 pp.

Gómez Mármol, M. (2007). “Modelos matemáticos de poblaciones”. *Métodos Matemáticos para las Ciencias de la Salud*, Universidad de Sevilla. En: [http://www.us.es/por/estudios/grados/plan\\_158/asignatura\\_1580012](http://www.us.es/por/estudios/grados/plan_158/asignatura_1580012).

Navone, H.D.; Scancich, M.; Zorzi, A.F. (2013). “Datos, palitos, pixels y bits: alternativas didácticas para explorar la metodología de Monte Carlo en un tono lúdico”. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones* **20** (2): 275-288.

Stenhouse, L. (1998). *Investigación y desarrollo del currículum*. Madrid: Morata, 319 pp.