

A university didactic proposal for teaching genetic drift in Biological Sciences

Julián Alonso Valetti

Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina

jvaletti@exa.unrc.edu.ar

Contextos de Educación

núm. 39, 2025

Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina

ISSN-E: 2314-3932

Periodicidad: Semestral

contextos@hum.unrc.edu.ar

Recepción: 29 julio 2025

Aprobación: 26 septiembre 2025

DOI: <https://doi.org/10.63207/4g5jhp49>

URL: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/693/6935440003/>

Resumen: Este trabajo presenta una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de deriva génica en la asignatura Genética de Poblaciones (Licenciatura y Profesorado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Río Cuarto). La experiencia docente evidencia que los estudiantes presentan dificultades para comprender el rol de la deriva génica en la evolución, persistiendo la concepción alternativa de que el cambio evolutivo ocurre exclusivamente por selección natural. Ante este obstáculo, se plantea una secuencia de enseñanza basada en la estrategia de Indagación Dialógica Problematicadora (IDP), con el objetivo de favorecer la construcción activa del conocimiento y la integración de las fuerzas evolutivas. La propuesta se organiza en tres momentos: (1) actividades previas, destinadas a explicitar ideas previas y problematizar el mantenimiento de polimorfismos en poblaciones naturales, mediante lectura y simulaciones computacionales; (2) actividades durante el tratamiento del tema, centradas en modelizar el “muestreo génico” y explorar el efecto del tamaño poblacional sobre la deriva, utilizando recursos analógicos y digitales; y (3) una instancia integradora, donde los estudiantes analizan situaciones problemáticas que involucran la acción conjunta de fuerzas evolutivas. El enfoque promueve el diálogo, la argumentación y la participación activa, desplazando la interacción docente-estudiante desde un modelo transmisivo hacia una construcción colectiva del conocimiento. Esta secuencia favorece la identificación de obstáculos conceptuales y contribuye a la comprensión profunda de procesos estocásticos en evolución, esenciales para interpretar la dinámica genética poblacional.

Palabras clave: Deriva génica, enseñanza de la biología, obstáculos de aprendizaje, indagación dialógica.

Abstract: This paper presents a teaching proposal for the concept of genetic drift in the Genética de Poblaciones course (Universidad Nacional de Río Cuarto). Teaching experience shows that students often struggle to understand the role of genetic drift in evolution, and that the alternative conception that evolutionary change occurs exclusively through natural

selection persists. To address this obstacle, a teaching sequence based on the Dialogic Problematizing Inquiry (DPI) strategy is proposed, aiming at fostering active knowledge construction and integration of evolutionary forces. The proposal is organised into three stages: (1) preliminary activities designed to elicit prior ideas and problematize the maintenance of polymorphisms in natural populations, through reading and computer simulations; (2) activities during the unit, focused on modelling “gene sampling” and exploring the effect of population size on genetic drift, using analog and digital resources; and (3) a final integrative stage in which students analyse problem-based situations involving the combined action of evolutionary forces. This approach promotes dialogue, argumentation, and active student participation, shifting teacher-student interaction from a transmissive model toward collective construction of knowledge. The sequence favours the identification of conceptual obstacles and contributes to a deeper understanding of stochastic processes in evolution, which are essential for interpreting population genetic dynamics.

Keywords: Genetic drift, biology teaching, learning obstacles, dialogic inquiry.

CONTEXTUALIZACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN

Este trabajo propone una estrategia didáctica para la enseñanza de la asignatura Genética de Poblaciones — optativa en el Profesorado y obligatoria en el cuarto año de la Licenciatura en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Río Cuarto—, que habitualmente cuenta con una matrícula de entre 10 y 15 estudiantes. Durante el cuatrimestre se espera que los estudiantes conozcan los fundamentos de la genética de poblaciones y los mecanismos básicos de la evolución, analicen la composición y estructura genética de las poblaciones y su variación en el espacio y en el tiempo, comprendan el proceso evolutivo como resultado de la acción conjunta de fuerzas estocásticas y determinísticas¹, y apliquen modelos explicativos para interpretar la variación genética de las poblaciones en el espacio y en el tiempo. Asimismo, se busca que puedan utilizar los conceptos y procedimientos de la teoría genético-poblacional para resolver problemas prácticos.

La Genética de Poblaciones se ocupa de comprender cómo las leyes de Mendel² y otros postulados genéticos se aplican al estudio de las poblaciones. Esta disciplina resulta esencial para interpretar la evolución biológica, la cual es entendida como un cambio gradual en la composición genética poblacional. Para ello, los genetistas de poblaciones analizan fenómenos como segregación, recombinación, transposición y mutación, considerando simultáneamente factores ecológicos y evolutivos tales como el tamaño poblacional, los patrones de apareamiento, la distribución geográfica, la migración y la selección natural. Dada la complejidad de estas interacciones, el estudio del proceso evolutivo requiere múltiples aproximaciones, entre ellas: la construcción de modelos teóricos, la realización de observaciones descriptivas y la experimentación controlada (Hartl y Clark, 2007). En este contexto, el eje estructurante de la asignatura es el principio de Hardy-Weinberg. Este modelo matemático describe una población diploide con reproducción sexual en la que no ocurre evolución, es decir, donde las frecuencias alélicas permanecen constantes entre generaciones (Hartl y Clark, 2007). Desde una perspectiva evolutiva, este principio se interpreta como una hipótesis de inercia evolutiva, dado que supone la ausencia de cambios en las frecuencias génicas bajo ciertas condiciones ideales. No obstante, las poblaciones naturales suelen presentar desviaciones respecto de este equilibrio, cambiando sus frecuencias alélicas y genotípicas³, lo que indica la acción de una o más fuerzas evolutivas: mutación, selección, migración o deriva, actuando en forma individual o combinada. Este análisis constituye el núcleo central de la genética de poblaciones. Desde las unidades iniciales del programa de la asignatura se enfatiza que los modelos son herramientas esenciales para comprender procesos complejos. Un modelo permite simplificar intencionalmente una situación real, focalizando la atención en los factores más relevantes y descartando variables secundarias. Uno de los modelos más importantes en genética de poblaciones es el modelo matemático, que es un conjunto de hipótesis las cuales especifican relaciones matemáticas entre mediciones o cantidades mensurables en un proceso o sistema. Este tipo de modelo expresa las relaciones cuantitativas hipotéticas entre variables y parámetros; revela cuál parámetro es más importante en un sistema, y por ello sugiere la realización de observaciones y experimentos críticos. De esta manera, los modelos sirven como guía para la colección, organización e interpretación de datos observados y permiten efectuar predicciones acerca del comportamiento de un sistema que puede ser confirmado o rechazado. La validez de un modelo puede ser probada si las hipótesis sobre las cuales se basa y las predicciones que a partir de él se realizan son consistentes con las observaciones (Hartl y Clark, 2007).

En el abordaje del contenido de la asignatura, el concepto y los procesos de acción de la deriva génica⁴ se profundizan en las unidades 6 a 8, luego de haber trabajado los principios de equilibrio de Hardy-Weinberg, Endogamia por consanguinidad, Mutación, Migración y Selección Natural. En este contexto, la experiencia docente acumulada en los últimos años en el equipo de la cátedra, evidencia que los estudiantes presentan dificultades significativas para comprender el papel de la deriva génica en los procesos evolutivos. Este obstáculo es particularmente notorio en las fuerzas evolutivas estocásticas, en comparación con las determinísticas (mutación, migración y selección). En el ámbito educativo, el término “obstáculo” se refiere a factores internos o externos que interfieren con la construcción significativa del conocimiento (Astolfi, 1994). Estos pueden incluir dificultades cognitivas, creencias previas, concepciones alternativas o limitaciones didácticas, y su identificación resulta esencial para comprender los procesos de aprendizaje y diseñar intervenciones pedagógicas más efectivas. En el contexto de la enseñanza de la biología evolutiva, los obstáculos no solo derivan de la complejidad conceptual inherente a los procesos evolutivos, sino también de factores socioculturales, epistemológicos y afectivos que influyen en la interpretación de los fenómenos naturales. Galli y Meinardi (2015) realizaron un estudio orientado a identificar obstáculos en el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural en estudiantes de nivel medio. Estos autores señalan que los factores que más dificultan la enseñanza y el aprendizaje del proceso evolutivo de las poblaciones, cuando se aborda exclusivamente desde la perspectiva de la selección natural, incluyen: la influencia de valores e ideas religiosas; la persistencia de concepciones alternativas; la inadecuación de los materiales y estrategias didácticas; y el insuficiente desarrollo cognitivo de los estudiantes. Aunque algunos de estos factores también se observan en el nivel universitario, suelen resolverse con el avance de las actividades. No obstante, persiste un obstáculo particularmente relevante: la dificultad para comprender el papel de la deriva génica en la evolución de las poblaciones. En relación con esto último, se comenta en el siguiente párrafo como abordamos desde la orientación el tema para poder identificar este obstáculo y posteriormente proponer una estrategia de enseñanza alternativa a la desarrollada en los últimos años.

En la asignatura Genética de Poblaciones, la enseñanza de los conceptos se complementa con instancias prácticas que incluyen modelos de simulación y la resolución de situaciones problemáticas. Inicialmente, se abordan los procesos evolutivos de manera individual —mutación, migración, selección natural y deriva génica— para, luego, integrarlos y analizar su interacción en la evolución de las poblaciones. Durante varios años, las actividades propuestas en las guías prácticas respondían a un enfoque epistemológico próximo al modelo de transmisión-recepción (De Longhi, 2007), en el cual los problemas planteados tenían un carácter predominantemente aplicativo y evaluativo siendo, en su mayoría cerrados, cuantitativos y fuertemente orientados a la obtención de un resultado correcto, con un marcado énfasis en el componente matemático (Perales, 1998). Este enfoque nos permitía detectar dificultades en la integración de los procesos evolutivos actuando conjuntamente, aunque no brindaba herramientas para comprender las causas de dichas dificultades. La interpretación más habitual atribuía estos problemas al mayor grado de abstracción de la deriva génica, lo que nos llevaba a introducir modificaciones puntuales en la explicación de este tema, sin cuestionar el modelo metodológico subyacente. En los últimos años, se implementaron cambios en las guías prácticas y en su enfoque, orientándolos hacia un posicionamiento epistemológico de corte constructivista (De Longhi, 2007). En este nuevo marco, el estudiante asume un rol activo, enfrentando problemas abiertos que promueven la discusión permanente entre pares y con los docentes, siempre en articulación con la teoría. Este giro metodológico impactó también en el desarrollo de las clases teóricas, generando una mayor participación estudiantil y modificando la dinámica de interacción en el aula. De este modo, se transitó de un circuito dialógico cerrado, caracterizado por el flujo unidireccional de información docente-estudiante, hacia un “diálogo guiado” (De Longhi et al., 2012). Este cambio favoreció la indagación de lo que Giordan y Vecchi (1988), retomados por De Longhi (2014), denominan el “iceberg del conocimiento”, permitiendo acceder a

las ideas previas, concepciones y marcos de referencia que subyacen a las respuestas de los estudiantes. A partir de estas instancias de interacción activa, emergen las “partes sumergidas del iceberg”, evidenciando la presencia de obstáculos en el aprendizaje. De esta manera, uno de los hallazgos más relevantes fue la persistencia de una concepción alternativa fuertemente arraigada: la idea de que el proceso evolutivo ocurre exclusivamente por selección natural. Esta visión sugiere que durante la escolaridad secundaria y las etapas iniciales de la formación universitaria, la enseñanza de la evolución se centra predominantemente en el adaptacionismo, lo que conduce a la simplificación conceptual de que “evolución es igual a adaptación”.

Este escenario refuerza la necesidad de diseñar y evaluar estrategias didácticas específicas que promuevan la comprensión profunda de los procesos aleatorios, como la deriva génica, dada su importancia para interpretar la dinámica evolutiva de las poblaciones. En este sentido, la Indagación Dialógica Problematicadora (IDP) constituye una estrategia que potencia la construcción activa del conocimiento mediante el diálogo colaborativo y la problematización (De Longhi et al., 2012; 2014), fomentando un aprendizaje profundo y contextualizado. En el ámbito de la genética de poblaciones, la implementación de la IDP puede desempeñar un papel crucial dando un mayor protagonismo a los estudiantes en la construcción significativa del concepto deriva génica. El propósito que persigue un docente al implementar IDP es el de activar un proceso de búsqueda de respuestas fundadas a una situación que se plantea como problema (De Longhi y Bermudez, 2015). En este caso en particular, se buscará que los estudiantes analicen y discutan situaciones problemáticas relacionadas con la deriva génica, permitiéndoles identificar y comprender los factores que influyen en la evolución de las poblaciones. Este enfoque promoviendo el protagonismo estudiantil en la construcción del conocimiento, ayudaría a la reflexión crítica y la aplicación práctica de los conceptos aprendidos. Además, la IDP facilitaría la integración de la deriva génica con otras fuerzas evolutivas, como la selección natural, la mutación y el flujo génico. A través del diálogo y la problematización, los estudiantes pueden desarrollar una visión holística de los procesos evolutivos, comprendiendo cómo interactúan estas fuerzas en la dinámica genética de las poblaciones.

A partir de esta problemática, se presenta una propuesta didáctica orientada a que los estudiantes comprendan en profundidad el concepto de deriva génica e integren esta fuerza evolutiva en la interpretación y comprensión de la evolución de las poblaciones.

DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Planificando la secuencia del tratamiento del tema deriva génica, se plantean tres momentos: 1) inicio o incentivación y recuperación de ideas previas; 2) desarrollo, que promueva la construcción de significados compartidos; y 3) de cierre o fin de la legitimación de lo dado.

1. Actividades previas a tratar el tema de deriva génica, con el objetivo de explicitar y problematizar concepciones alternativas de los estudiantes, para arribar de modo compartido a reflexiones en torno a la cantidad de polimorfismos⁵ presentes en poblaciones naturales.
2. Actividades durante el tratamiento de la unidad de deriva génica, con el objetivo de modelizar el “muestreo de genes” cuando ocurre el efecto de deriva génica y de retomar el problema del momento anterior para buscar nuevas respuestas, empleando los conceptos de deriva génica.
3. Actividades en la integración final de las unidades, con el objetivo de abordar en conjunto diferentes fuerzas evolutivas actuando simultáneamente (entre ellas la deriva génica) y aplicarlas a una situación problemática.

A su vez, como se explicita al final de cada momento, estas instancias tienen una correlación con las etapas planteadas por De Longhi y Bermudez (2015) en la implementación de una estrategia de Indagación Dialógica Problematizadora.

A continuación, se describen las actividades previstas para cada instancia.

PRIMER MOMENTO. ACTIVIDADES PREVIAS AL TRATAMIENTO DEL CONCEPTO DE DERIVA GÉNICA

La primera actividad se plantea luego de haber abordado en la clase teórica el concepto de polimorfismo, pero antes de introducir el tema de deriva génica. Esta consiste en el análisis y la puesta en común de reflexiones entre los estudiantes, a partir de la lectura de un breve texto, que describe la presencia de polimorfismos en niveles intermedios en la mayoría de las poblaciones.

El eje del problema será proponer explicaciones a la presencia de altos niveles de variabilidad genética, considerando todos los conceptos trabajados hasta el momento en la asignatura (mutación, migración y selección natural).

CONSIGNA

Lee el siguiente texto:

Varios estudios realizados por genetistas de poblaciones en diferentes especies han demostrado que, la mayoría de los genes, poseen polimorfismo en frecuencias intermedias. Si bien, aquellos polimorfismos que afectan a la secuencia codificante y que producen cambios importantes en la estructura de la proteína o en el mecanismo de regulación de la expresión, pueden traducirse en diferentes fenotipos, en aquellos polimorfismos que afectan la secuencia no codificante no se traduce en diferencias fenotípicas.

Luego de la lectura, reflexiona:

Considerando las fuerzas evolutivas determinísticas vistas hasta el momento (mutación, migración y selección natural) ¿Qué podría decir respecto al mantenimiento de los polimorfismos? Argumenta tu respuesta.

Posteriormente a la lectura y el análisis individual, se invitará a los estudiantes a exponer y argumentar sus ideas. Las respuestas se registrarán en el pizarrón, destacando las relaciones entre aquellas que resulten similares, y se fomentará el planteo de dudas e interrogantes, así como la indagación sobre conocimientos previos relacionados con la deriva génica.

Manteniendo esta actividad abierta, se solicitará a los estudiantes la realización de simulaciones mediante los programas Populus y Micro. Para ello, deberán considerar diferentes frecuencias alélicas iniciales y modificar parámetros del modelo (por ejemplo, tasa de mutación, tasa de migración y variación en las aptitudes de los genotipos), con el propósito de contrastar las hipótesis y predicciones elaboradas previamente respecto al mantenimiento del polimorfismo. El análisis se centrará en observar los cambios en las frecuencias alélicas a lo largo del tiempo y en evaluar si dichas frecuencias se mantienen en valores intermedios o tienden a fijarse.

Una vez realizadas las simulaciones, se retomará la puesta en común. Se pedirá a los estudiantes que expliquen las observaciones realizadas en las distintas corridas de los programas, mientras el docente orienta los intercambios para promover la discusión en torno a si alguna fuerza evolutiva por separado o la acción combinada de varias de ellas puede dar lugar al mantenimiento de polimorfismos en frecuencias intermedias. De este modo, se retomará lo discutido en la primera actividad de lectura, vinculando la reflexión inicial con la interpretación de los resultados obtenidos mediante simulación y el mantenimiento de los polimorfismos con las fuerzas determinísticas

Estas dos actividades, previas a la incorporación del concepto de deriva génica, pretenden que los estudiantes identifiquen que las fuerzas evolutivas trabajadas hasta el momento no son suficientes para explicar por sí solas la presencia de altos niveles de polimorfismo en frecuencias intermedias en poblaciones naturales. Las diferentes interpretaciones que surjan podrán dar lugar a una discusión amplia, que se orientará mediante la incorporación de preguntas guía, en caso de que no aparezcan espontáneamente:

¿Cuáles son los modelos de selección que permiten mantener el polimorfismo?

¿En qué niveles se mantienen los polimorfismos cuando se produce un equilibrio entre selección y mutación?

Tal como señala Astolfi (2003), para superar los errores conceptuales es necesario que estos salgan a la luz. Por ello, el objetivo no es forzar una interpretación correcta ni evidenciar el error, sino mostrar que una misma situación puede ser interpretada de distintas maneras. Esta discusión permanecerá abierta y será retomada, en la segunda instancia, al incorporar el concepto de deriva génica como fuerza evolutiva.

Finalmente, como cierre de este momento y puente hacia el siguiente, se entregará a los estudiantes un texto sobre Motoo Kimura y la Teoría Neutral (Crow, 1995). Kimura propuso que la mayoría de los polimorfismos observados a nivel molecular son selectivamente neutros y que las fluctuaciones en sus frecuencias están determinadas por deriva genética (Falconer y Mackay, 1996).

En estas primeras actividades, se estarían trabajando las cuatro etapas iniciales propuestas por De Longhi y Bermudez (2015) en la implementación de una IDP: 1) Presentación del problema a los estudiantes; 2) Activación y confrontación de las ideas de los estudiantes; 3) Re-direccionamiento de las intervenciones y respuesta al problema y 4) Recuperación de las intervenciones y realización de cierres parciales.

SEGUNDO MOMENTO. DURANTE EL TRATAMIENTO DE LA UNIDAD DE DERIVA GÉNICA

En esta segunda instancia se proponen dos actividades principales. La primera actividad tiene como objetivo modelizar el “muestreo de genes” que ocurre como consecuencia del efecto de deriva génica. El proceso de modelización implica abstraer e idealizar un fenómeno, integrando entidades conceptuales, sus relaciones y propiedades para describir la estructura, el funcionamiento del sistema y generar predicciones que orienten la interpretación del fenómeno (Gómez, 2006). La segunda actividad consiste en retomar el ejercicio de simulación realizado en la primera instancia, incorporando ahora el nuevo conocimiento sobre deriva génica. En esta ocasión, además de modificar parámetros como tasa de mutación, tasa de migración y aptitudes de los genotipos, se variará el tamaño poblacional con el propósito de analizar sus efectos en la dinámica génica.

Los estudiantes comenzarán explorando el incumplimiento del supuesto de Hardy-Weinberg que establece que la población debe ser muy grande, y las consecuencias que esto genera sobre la estabilidad y permanencia de las frecuencias génicas en las poblaciones. En poblaciones pequeñas, las frecuencias alélicas están sujetas a fluctuaciones aleatorias derivadas del muestreo de gametos. Este cambio azaroso, denominado proceso dispersivo, se diferencia de los procesos sistemáticos (selección, mutación y migración) en que solo puede predecirse su magnitud, pero no su dirección (Fontdevila y Moya, 2000).

Habiendo abordado en la clase teórica los supuestos de la “Población Ideal” y las consecuencias del proceso dispersivo —tales como diferenciación entre subpoblaciones, reducción de la variación genética dentro de poblaciones pequeñas y aumento de la homocigosis a expensas de la heterocigosis— se propondrá la primera actividad práctica. Esta consiste en simular el proceso dispersivo mediante un muestreo aleatorio, utilizando materiales simples: una bolsa de papel y fichas de colores. La bolsa representará la población y cada ficha un gameto. Por ejemplo, 100 fichas dentro de la bolsa equivaldrán a una población diploide de 50 individuos. Si de esas 100 fichas, 40 son rojas y 60 blancas, se establecerán frecuencias iniciales para dos alelos (p y q) de un locus dialélico.

Los estudiantes trabajarán en grupos, “confeccionando” una población artificial de 50 individuos y frecuencias alélicas iniciales de 0,5 para p y q . A continuación, se les pedirá que diseñen y modelicen la evolución de las frecuencias durante 10 generaciones, simulando en cada una un cuello de botella, reduciendo la población al 20 % de su tamaño original.

Se espera que sigan los pasos indicados en el cuadro 1, aunque inicialmente se fomentará la discusión para que elaboren su propio modelo. Posteriormente, repetirán la experiencia modificando el paso “d”, extrayendo solo “5 individuos diploides”, previa predicción sobre el efecto en la fluctuación alélica. Finalmente, se realizará una tercera experiencia con “40 individuos diploides”. Al finalizar, se llevará a cabo una puesta en común. Los grupos presentarán en el pizarrón los gráficos obtenidos, comparando los resultados con sus predicciones y discutiendo el impacto del tamaño muestral en la representatividad genética.

Luego, los estudiantes continuarán trabajando en grupos con simulaciones computacionales mediante los programas Deriva Genética I y II (Pelayo Casares), para analizar poblaciones variando tamaño poblacional y frecuencias iniciales (véase Anexo 1 para ejemplos de salidas con poblaciones de 50 y 200 individuos). Esta transferencia a nuevas situaciones permitirá aplicar lo aprendido y evaluar el progreso en la comprensión del concepto. Finalmente, se retomará la discusión para reafirmar el efecto del tamaño poblacional en la variación aleatoria de las frecuencias génicas.

Cuadro 1:
Pasos para el diseño y modelización de la evolución de las frecuencias alélicas

- a) Coloquen las fichas en una bolsa de papel (50 blancas y 50 rojas, para obtener un tamaño poblacional de 50 y frecuencias alélicas p y q de 0.5).
- b) Formulen una hipótesis que explique el efecto de la deriva génica sobre las frecuencias alélicas con el transcurrir de las generaciones.
- c) Redacten una predicción de los posibles resultados que se espera observar sobre el efecto de la deriva génica en la población inicial.
- d) Extraigan al azar "10 individuos diploides" (un estudiante introduce la mano en la bolsa y sin ver irá sacando de a dos fichas hasta completar 10 extracciones). Esto representa una reducción al 20% del tamaño de la población.
- e) Contabilicen el número de cada genotipo (cada extracción) y el número de alelos "rojos" y "blancos" de la nueva población sobreviviente. Con estos números determinarán las frecuencias observadas genotípicas y alélicas.
- f) Restablezcan el número de individuos de la población inicial ($N=50$) usando las nuevas frecuencias alélicas. (Este paso es para posteriormente comparar con las simulaciones de los modelos que mantienen un tamaño constante. Por ejemplo, si aparecieron 6 rojos y 14 blancos, a los 20 alelos de la nueva población deben agregarse 80 alelos en dicha proporción, es decir: $(6/20)*80 = 24$ rojos y $(14/20)*80 = 56$ blancos y se llega nuevamente al total de 100 alelos en la población).
- i) Repitan el procedimiento por otras 9 generaciones:

Generaciones	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frecuencia de rojos											
Frecuencia de blancos											

- j) Grafiquen la frecuencia de rojos y blancos a través de las generaciones.
- k) Preparen un resumen de los resultados para discutir los valores obtenidos con los de los demás compañeros.

La segunda actividad de este momento consiste en retomar las simulaciones planteadas en el primer momento, incorporando el conocimiento trabajado sobre deriva génica. Utilizando el software PopG (Felsenstein, 2016), los estudiantes repetirán las simulaciones anteriores, pero incluyendo el tamaño poblacional como parámetro variable, además de las tasas de mutación, migración y aptitudes genotípicas (Véase Anexo 2 para ejemplos de salida).

Tras realizar varias simulaciones y redactar en grupo sus resultados y conclusiones, se llevará a cabo una discusión plenaria, contrastando lo observado con lo obtenido en la primera instancia y reflexionando sobre la interacción entre las diferentes fuerzas evolutivas.

En este segundo momento se trabajarían las etapas 5, 6 y 7 propuestas por De Longhi y Bermudez (2015) en la implementación de una IDP: 5) Introducción de conocimiento nuevo; 6) Vuelta al problema original y revisión de las respuestas iniciales de los estudiantes para enriquecer sus argumentos y 7) Metacognición.

TERCER MOMENTO. INTEGRACIÓN FINAL DE LAS UNIDADES

La tercera instancia corresponde a una actividad de transferencia desarrollada en la unidad integradora, luego, de haber trabajado y analizado todas las fuerzas evolutivas. El objetivo es proponer una situación problemática en la que intervengan, de manera conjunta, las diferentes fuerzas evolutivas, favoreciendo la integración conceptual.

Para ello, se entregará a los estudiantes un texto base acompañado de preguntas orientadoras, destinadas a guiar la discusión inicial:

CONSIGNA Lee el siguiente texto “De entre las distintas especies de guepardos que existieron en el Plio-Pleistoceno, la que dio lugar al guepardo actual (*Acinonyx jubatus*) fue *Acinonyx pardinensis*, un animal de gran tamaño, más robusto pero menos veloz que el actual, disperso por África, sur de Europa y Oriente Medio. Con la llegada de los hielos, gran parte del hemisferio norte, se congeló o pasó a un clima frío (taiga, tundra, estepa), mientras que, en las regiones tropicales, la falta de agua retenida en los glaciares polares provocó un clima más seco. Con el paso del tiempo, muchos caracteres hasta entonces comunes fueron sustituidos por otros raros (delgadez, tamaño pequeño, mayor velocidad)”. Luego de la lectura, reflexiona: *¿Qué interpretación daría a los cambios evolutivos ocurridos que derivaron en la especie de guepardo actual? ¿Qué procesos evolutivos actuaron? Argumenta tu respuesta.*

Posteriormente, tras la discusión y puesta en común, se incorporarán nuevos datos e interrogantes para profundizar el análisis en el marco de un debate general con toda la clase.

“En épocas precedentes, los guepardos estaban mucho más diversificados y eran más abundantes, tanto que su área de distribución abarcaba toda África, gran parte de Eurasia e incluso América del Norte” *¿Cambiaría su interpretación sobre los cambios evolutivos ocurridos que derivaron en la especie de guepardo actual?*

“Como consecuencia del cambio climático, la mayor parte de los guepardos se extinguieron y solo quedaron unos pocos miles de *A. pardinensis* (o quizá, solo unos cientos) en Oriente Próximo y parte de África, mucho más delgados, estilizados y veloces que la forma característica de la especie original.” “En la actualidad, la nueva especie resultante, *Acinonyx jubatus*, es uno de los mamíferos con menor diversidad génica” *¿Cambiaría su interpretación sobre los cambios evolutivos ocurridos que derivaron en la especie de guepardo actual?*

Luego de esta instancia, y tras una exposición grupal, se solicitará a los estudiantes que redacten un informe escrito sobre la situación planteada. En el Anexo 3 se presenta un ejemplo ilustrativo de cómo podría estructurarse dicha redacción, incluyendo los datos proporcionados y otra información complementaria.

Como actividad ampliatoria, se retomará el ejemplo propuesto por Galli y Meinardi (2015) para trabajar el tema de la evolución por selección natural (Parte b del ejercicio de los Peces, página 106; ver Anexo 4). El análisis permitirá observar que, al igual que en el caso del guepardo, la mayor frecuencia de peces ciegos en ambientes cavernícolas puede explicarse no solo por selección natural, sino también por un efecto cuello de botella, destacando la interacción de ambas fuerzas evolutivas en la explicación del fenómeno.

Este último momento se correspondería con las etapas 8 y 9 propuestas por De Longhi y Bermúdez (2015) en la implementación de una IDP: 8) Transferencia y síntesis final; 9) Planteo de nuevos problemas y evaluación del proceso.

REFLEXIONES FINALES

Durante el desarrollo de las actividades y la incorporación progresiva de argumentos e información para explicar la situación planteada, el rol del docente consistiría en motivar la participación activa, promoviendo que todos los estudiantes intervengan con sus aportes. Al mismo tiempo, se debe legitimar y orientar la discusión, sin descartar contribuciones que, aunque no resulten absolutamente relevantes para el problema central, puedan enriquecer el proceso de construcción colectiva. Como sostienen De Longhi y Bermúdez (2015), este tipo de dinámicas problematizadoras “pone en juego procesos lingüístico-cognitivos propios del área y el uso de lenguajes específicos, poniendo a prueba no solo lo que sabe sino también la capacidad de interpretar, seleccionar información relevante, establecer relaciones, dar respuestas hipotéticas, argumentar, discutir, fundamentar, desarrollar actitudes, proceder con una lógica científica y expresar decisiones” (p. 22).

El propósito general de las actividades propuestas es transformar el modo comunicativo entre docentes y estudiantes, así como la relación de estos últimos con el contenido. Previamente, la interacción se caracterizaba por una comunicación transmisiva y unidireccional, basada en un circuito dialógico de secuencia triádica (Iniciación-Respuesta-Feedback: IRF), en el cual el docente definía el conocimiento nuevo y la finalidad del intercambio era la valoración y acompañamiento del estudiante (De Longhi, 2007). La implementación de esta propuesta, en cambio, requiere un posicionamiento epistemológico constructivista, sustentado en la estrategia de Indagación Dialógica Problematizadora (IDP) (De Longhi y Bermúdez, 2015). Bajo este enfoque, el rol docente se desplaza desde la simple transmisión de información hacia la facilitación y animación del proceso de construcción colectiva, evitando la unidireccionalidad y promoviendo la circularidad del intercambio comunicativo (De Longhi et al., 2012).

Las instancias metodológicas planteadas buscan incrementar gradualmente la participación estudiantil, favoreciendo la incorporación progresiva de nuevos conocimientos y la elaboración de conceptos con niveles crecientes de complejidad. Este proceso se desarrolla a través de una dinámica en espiral, propia de una investigación exploratoria verbal (De Longhi y Bermúdez, 2015). Las actividades iniciales permiten indagar concepciones e ideas previas, identificando posibles obstáculos de aprendizaje (Galli y Meinardi, 2015). En estas etapas, el rol docente resulta clave para guiar el diálogo, fomentar la participación equitativa y promover la argumentación fundamentada, retomando las distintas intervenciones y realizando cierres parciales, en concordancia con la cuarta etapa de implementación de la IDP (De Longhi y Bermúdez, 2015). La actividad integradora final (Momento 3) posibilita evaluar el grado de comprensión del concepto de deriva génica y su papel en la evolución de las poblaciones. En este punto, los estudiantes ya han trabajado los distintos procesos evolutivos y cuentan con herramientas conceptuales para realizar una interpretación integral de la situación problemática.

La evaluación de las producciones estudiantiles permitirá revisar y ajustar la propuesta para futuras cohortes, además de constituir un insumo valioso para el cierre conceptual de la temática.

Finalmente, la valoración del impacto de esta propuesta requerirá un seguimiento temporal y el desarrollo de investigaciones adicionales que permitan analizar su efectividad a largo plazo.

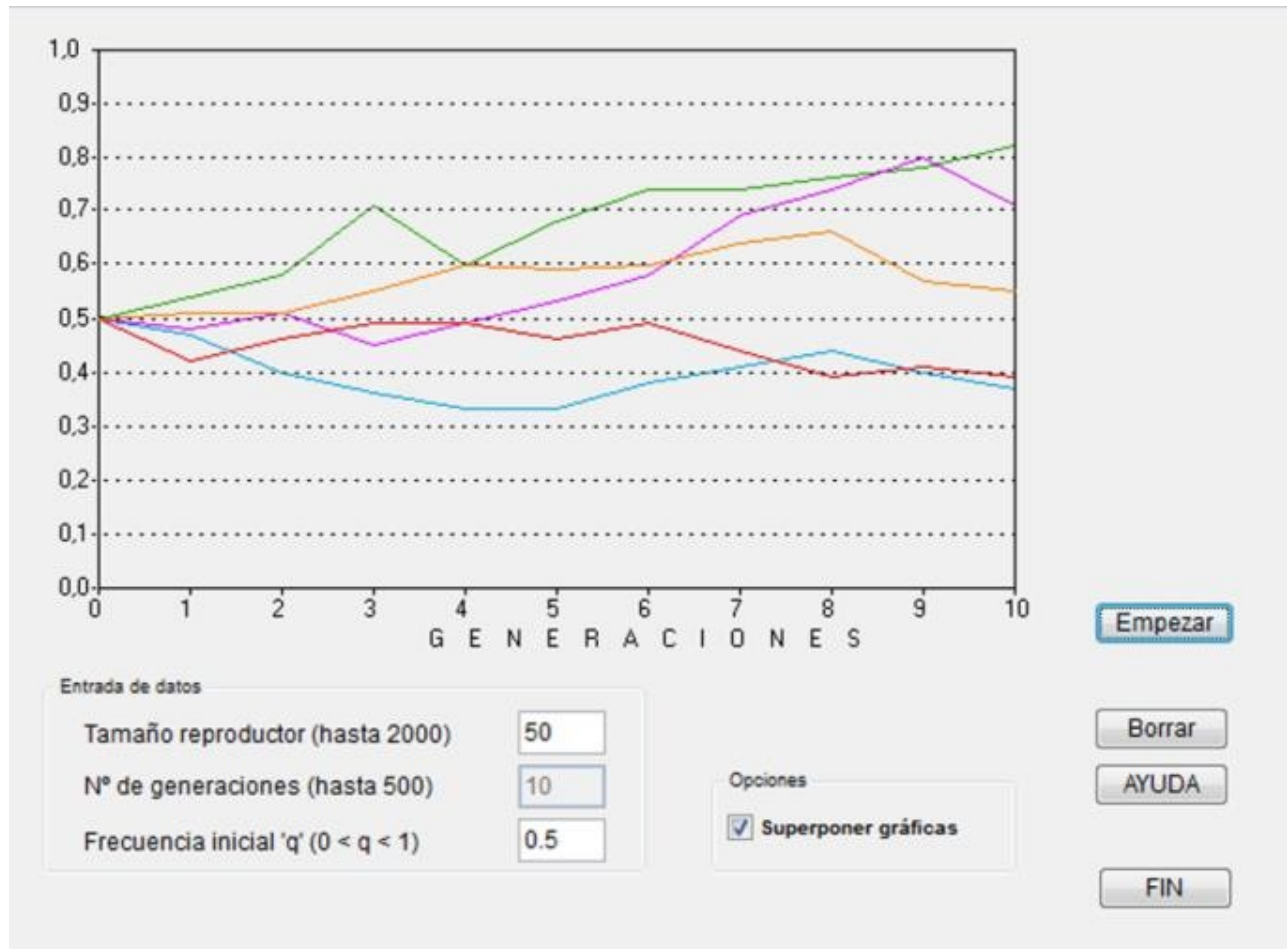
REFERENCIAS

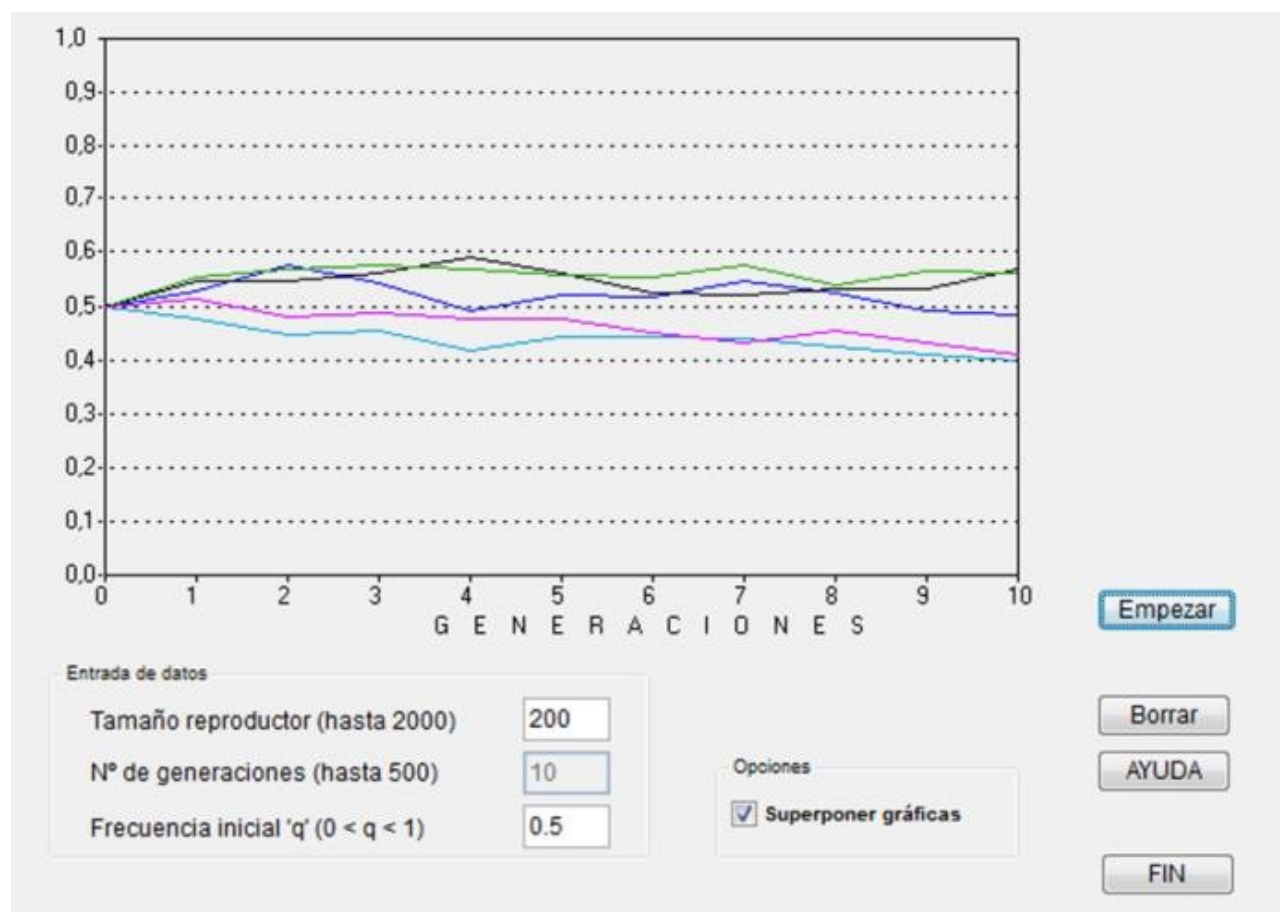
- Astolfi, J. P. (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias* 12(2), 206-216.
- Astolfi, J. P. (2003). *El "error", un medio para enseñar* (2da ed.) Diada Editora.
- Crow, J. F. (1995). Motoo Kimura (1924-1994). *Genetics*, 140(1), 1-5.
- De Longhi, A. L. (2007). Gestión de un proceso de formación docente para ciencias naturales. En: A. L. De Longhi y M. P. Echevarriarza (Comps.), *Diálogo entre diferentes voces. Un proceso de formación docente en Ciencias Naturales en Córdoba-Argentina* (pp. 11-34). Universitas Libros.
- De Longhi A. (2014). El conocimiento didáctico del profesor: una bisagra. En Libro de ponencias de I Jornadas Internacionales sobre Didáctica: *Didáctica general y didácticas específicas. La complejidad de las relaciones en el nivel superior*. Universidad Nacional de Villa María.
- De Longhi, A. L., y Bermudez, G. M. A. (2015). La indagación dialógica problematizadora. Su planificación y desarrollo para enseñar y aprender Biología. En: De A. L. Longhi, (Comp.), *Cuadernos de Didáctica para la formación docente inicial y continua. Tomo 1. Estrategias didácticas para enseñar Biología* (pp. 13-95). FCEfyN, Universidad Nacional de Córdoba.
- De Longhi, A. L.; Ferreyra, A.; Peme, C.; Bermudez, G. M. A.; Quse, L.; Martínez, S.; Iturralde, C.; Campaner, G. (2012). La interacción comunicativa en clases de ciencias naturales. Un análisis didáctico a través de circuitos discursivos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(2), 178-195.
- De Longhi, A.L., Bermudez, G. M. A., Dubeux Abensur, P. L., Ruiz Moreno, L. (2014). Una estrategia didáctica para la formación de educadores en salud en Brasil: la indagación dialógica problematizadora (A teaching strategy for education in health in Brazil: dialogic problematizing inquiry). *Interface – Comunicação, Saúde, Educação* (Botucatu), 18(51), 759-769.
- Falconer, D. S. y Mackay, T. F. C. (1996). *Introducción a la genética cuantitativa*. Ed. Acribia SA.,
- Felsenstein, J. (2016). *PopG. Genetic simulation program. Copyright 1993-2016*. University of Washington and Joseph Felsenstein.
- Fontdevila, A. y Moya, A. (2000). *Introducción a la Genética de Poblaciones*. Ed. Síntesis.
- Galli, L. G. y Meinardi, E. (2015). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela secundaria de Argentina. *Ciênc. Educ., Bauru*, 21(1), 101-122.
- Giordan, A., y de Vecchi, G. (1988) *Los Orígenes del Saber: De las Concepciones Personales a los Conceptos Científicos*. Díada Editores.
- Gómez, A. (2006). El modelo cognitivo de ciencia y la ciencia escolar como actividad de formación. *Configuraciones Formativas. I. El estallido del concepto de formación*, 1, 139-156.
- Hartl, D. L. y Clark, A. G. (2007). *Principles of Population Genetics* (4th edition). Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Perales, F. J. (1998). La resolución de problemas en la Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Educación y Pedagogía*, 10(21), 119-143.

ANEXOS

ANEXO 1:

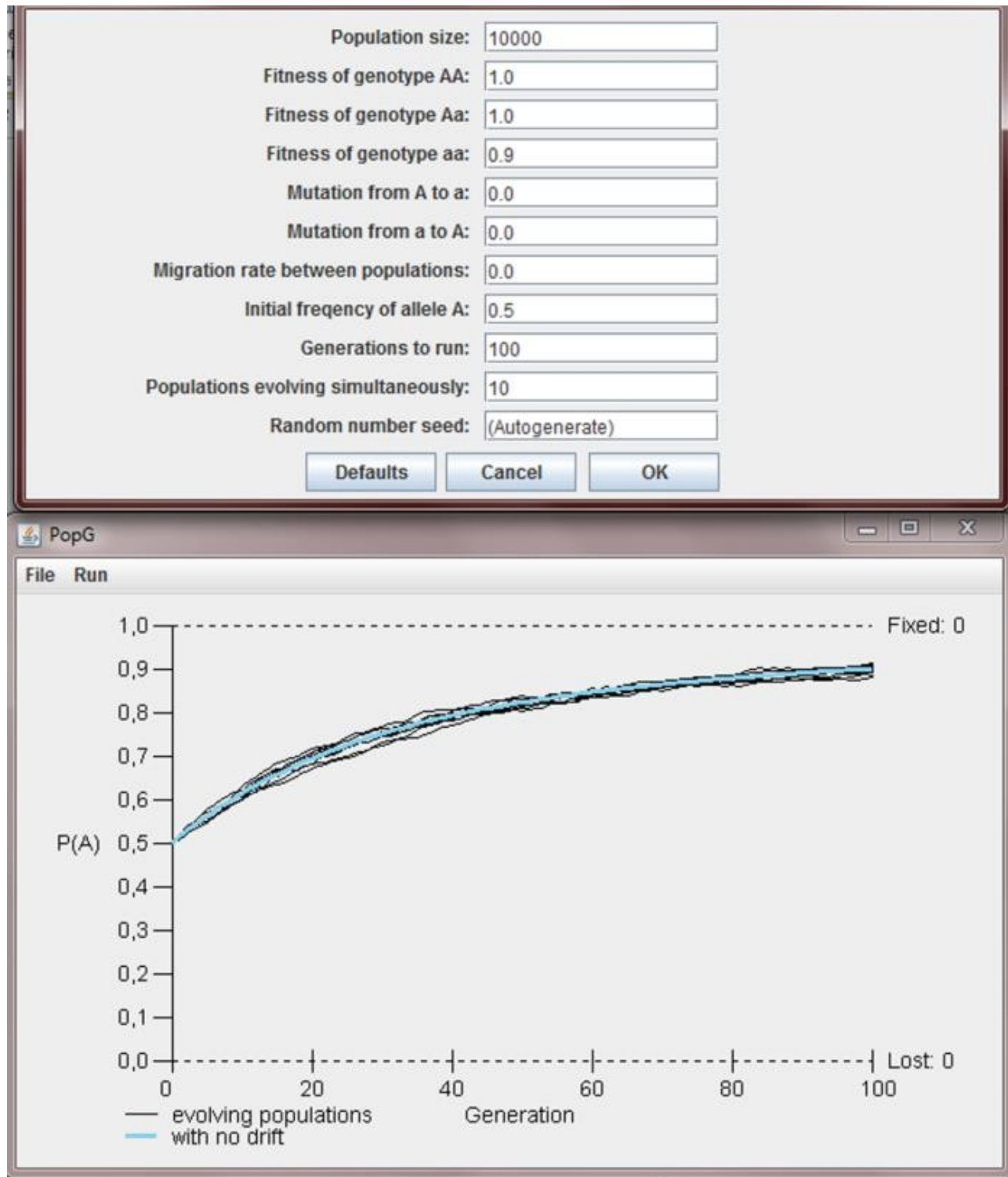
Posible salida de la simulación con el software Deriva Genética II de Pelayo Casares de 5 poblaciones a largo de 10 generaciones con tamaño de 50 Individuos (arriba) y 200 individuos (abajo)

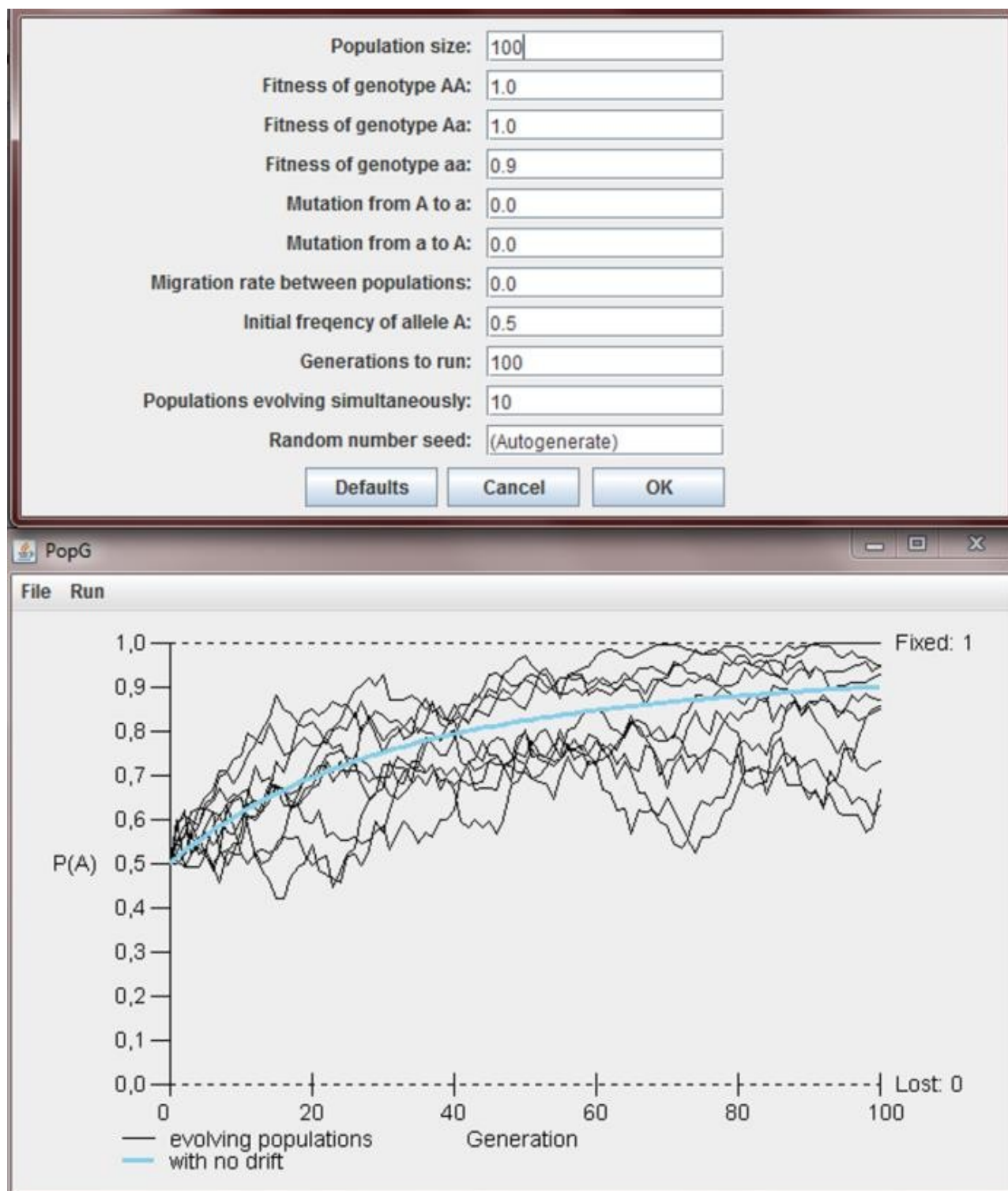


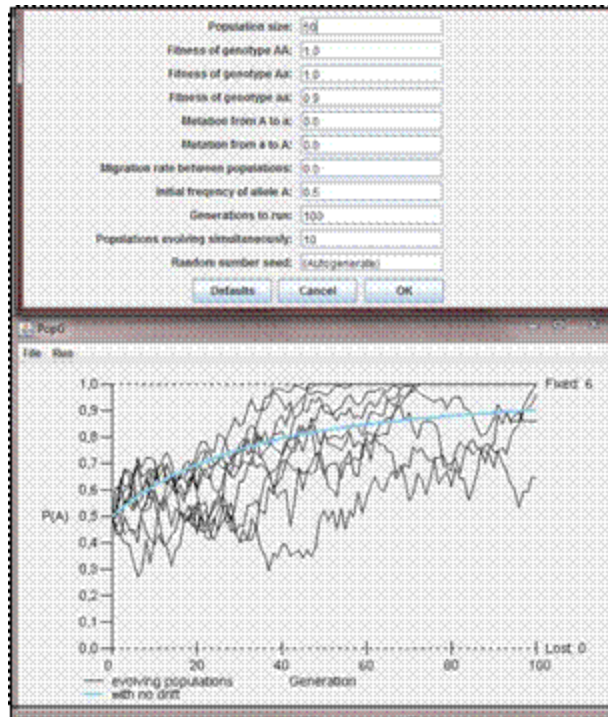


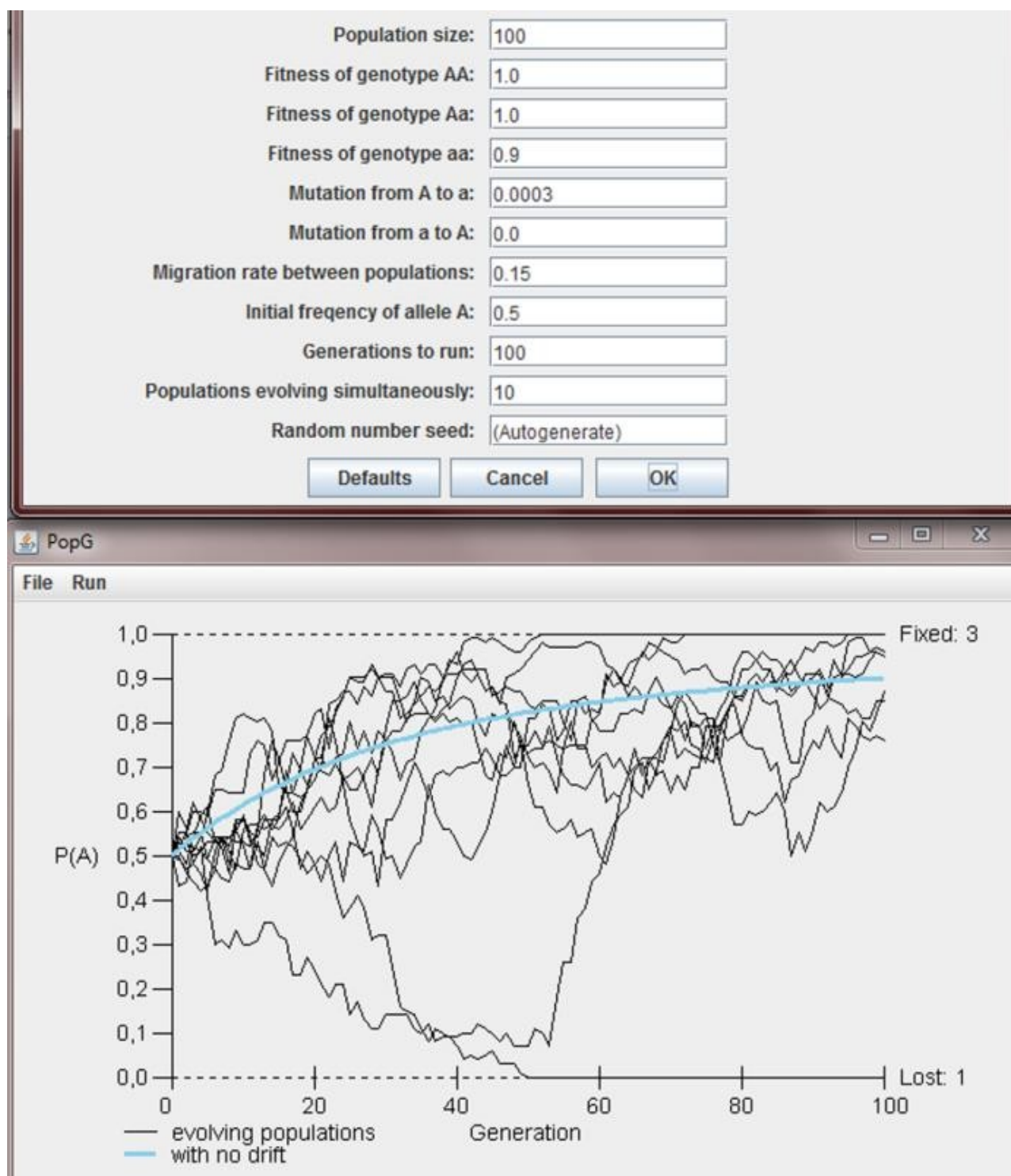
ANEXO 2:

Cuatro posibles salidas de simulación de 10 poblaciones a largo de 100 generaciones con frecuencias alélicas iniciales de 0.5 variando los coeficientes de selección, tasas de mutación y migración y tamaño poblacional.









ANEXO 3:

Posible narración académica de la situación planteada respecto a la evolución del guepardo *Acinonyx jubatus*.

“Un ejemplo típico de cuello de botella natural es el que sufrió el guepardo (*Acinonyx jubatus*) durante las glaciaciones del Pleistoceno. En épocas precedentes, los guepardos estaban mucho más diversificados y eran más abundantes, tanto que su área de distribución abarcaba toda África, gran parte de Eurasia e incluso América del Norte. De entre las distintas especies de guepardos que existieron en el Plio-Pleistoceno, la que dio lugar al guepardo actual fue *Acinonyx pardinensis*, un animal de gran tamaño, más robusto pero menos veloz que el actual, disperso por África, sur de Europa y Oriente Medio. Con la llegada de los hielos, gran parte del hemisferio norte se congeló o pasó a un clima frío (taiga, tundra, estepa), mientras que en las regiones tropicales, la falta de agua retenida en los glaciares polares provocó un clima más seco. Como consecuencia, la mayor parte de los guepardos se extinguieron y solo quedaron unos pocos miles de *A. pardinensis* (o quizá, solo unos cientos) en Oriente Próximo y parte de África, mucho más delgados, estilizados y veloces que la forma característica de la especie original. Habían perdido rápidamente muchos caracteres hasta entonces comunes, que fueron sustituidos por otros raros (delgadez, tamaño pequeño, mayor velocidad) que hasta entonces eran eliminados o simplemente pasados por alto por la selección natural, y que ahora eran precisamente los más adecuados para sobrevivir. En la actualidad, la nueva especie resultante, *Acinonyx jubatus*, es uno de los mamíferos con menor diversidad genética. Por si fuera poco, el guepardo ha sido cazado y expulsado de diversas zonas debido al avance de la agricultura, disminuyendo aún más su población.”

ANEXO 4:

“Problema de los Peces” planteado por Galli y Meinardi (2015) que podría ser utilizado en la instancia 3 de esta propuesta

“En un lago existe una población de peces que ha sido estudiada desde hace muchas décadas por un grupo de biólogos. Comparando las poblaciones más antiguas con las actuales los investigadores observaron un cambio en las aletas de los peces: la gran mayoría de los individuos de las poblaciones antiguas tiene aletas sin espinas, mientras que en las poblaciones actuales la mayoría de los individuos tiene aletas con espinas. Los investigadores observaron que las espinas eran una eficaz defensa contra sus depredadores. (a) ¿Cómo crees que explicaría un biólogo esta diferencia entre las poblaciones antiguas y las actuales? Hace unos años, debido a lluvias inusualmente fuertes, el nivel del lago subió, permitiendo que algunos peces ingresaran en un lago ubicado en un cueva a orillas del lago principal. Al bajar las aguas el lago de la cueva quedó aislado del lago principal. A la cueva no llega la luz solar, por lo que estos peces sobrevivieron en un ambiente totalmente oscuro. Cuando los biólogos estudiaron esta población de la cueva - años después- encontraron que estaba formada principalmente por individuos ciegos (tenían ojos muy pequeños y recubiertos con piel). (b) ¿Cómo podrías explicar, desde un punto de vista científico, por qué la población de las cuevas está formada principalmente por individuos ciegos?”

NOTAS

1. En genética de poblaciones, los **procesos determinísticos** son aquellos en los que la evolución de las frecuencias alélicas puede predecirse completamente a partir de ecuaciones matemáticas, sin interferencia del azar. Ejemplos clásicos incluyen la selección natural y la migración en poblaciones idealmente infinitas. En cambio, los **procesos estocásticos** dependen de fluctuaciones aleatorias, como la deriva genética, que puede provocar cambios impredecibles en la composición genética, especialmente en poblaciones pequeñas.

2. Las **leyes de Mendel** describen los principios básicos de la herencia genética. La primera ley establece que cada individuo posee un par de factores hereditarios (hoy conocidos como alelos) que se separan durante la formación de los gametos. La segunda ley postula que la herencia de un rasgo no afecta la herencia de otro, siempre que los genes estén en cromosomas diferentes.
3. Las **frecuencias génicas** (o alélicas) representan la proporción de cada alelo dentro de un locus en una población, mientras que las **frecuencias genotípicas** indican la proporción de individuos con un genotipo específico. Estas medidas son esenciales en genética de poblaciones, ya que permiten evaluar la variabilidad genética y son la base para modelos como el equilibrio de Hardy-Weinberg.
4. La **deriva génica** es un mecanismo evolutivo basado en fluctuaciones aleatorias en las frecuencias alélicas de una población de una generación a otra. Este efecto es especialmente significativo en poblaciones pequeñas, por lo que rompe el supuesto del equilibrio de Hardy-Weinberg donde las poblaciones deben ser muy grandes.
- 5 En biología evolutiva, **polimorfismo genético** en una población se refiere a la presencia de dos o más alelos en un mismo locus con frecuencias apreciables (generalmente $\geq 1\%$).

AmeliCA

Disponible en:

<https://portal.amelica.org/ameli/ameli/journal/693/6935440003/6935440003.pdf>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en portal.amelica.org

AmeliCA

Ciencia Abierta para el Bien Común

Julián Alonso Valetti

**Propuesta didáctica universitaria para enseñar deriva
génica en ciencias biológicas**

**A university didactic proposal for teaching genetic drift in
Biological Sciences**

Contextos de Educación

núm. 39, 2025

Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina

contextos@hum.unrc.edu.ar

ISSN-E: 2314-3932

DOI: <https://doi.org/10.63207/4g5jhp49>