



**MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN
SECUNDARIA OBLIGATORIA, BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL
Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2014-15

**Evaluación del programa de simulación
NETLOGO como herramienta motivadora y
eficaz para trabajar destrezas científicas.**

ESPECIALIDAD: BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

APELLIDOS Y NOMBRE: ALMARZA DÍAZ, DAVID

DNI: 52889363N

CONVOCATORIA: JUNIO

TUTOR/A: MARTA LÓPEZ GARCÍA

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Facultad de Educación

INDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	3
1.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
1.3 OBJETIVOS	8
2. METODOLOGÍA.....	8
2.1 PARTICIPANTES	8
2.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
2.3 FASES DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
2.3.1 Desarrollo de la actividad.....	10
2.3.2 Evaluación de la actividad	10
2.4 RECURSOS DIDÁCTICOS.....	11
2.4.1 La actividad “NAM LOLWE”	11
2.4.2 NetLogo y el modelo utilizado.....	12
2.4.3 Aula virtual	16
2.5 RECOGIDA DE DATOS	16
2.5.1 Los cuestionarios	17
2.5.2 Los test	20
2.5.3 El póster científico.....	31
2.6 ANÁLISIS DE DATOS.....	32
3. RESULTADOS	33
3.1 CUESTIONARIO DE OPINIÓN DE LOS ESTUDIANTES.....	33
3.2 CUESTIONARIO DE OPINIÓN DE LOS PROFESORES.....	37
3.3 TEST SOBRE LAS DESTREZAS CIENTÍFICAS	39
3.4 PÓSTER CIENTÍFICO.....	43
4. DISCUSIÓN	45
4.1 CONSECUCCIÓN DE LOS OBJETIVOS.....	45
4.2 RELACIÓN DE LOS RESULTADOS CON LA DOCENCIA.....	49
4.3 LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	49
5. CONCLUSIONES.....	50
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXOS	55

PALABRAS CLAVE: Netlogo, destrezas científicas, TIC, programas de simulación.

KEY WORDS: Netlogo, science process skills, ICT, simulation programs.

RESUMEN

Formar estudiantes competentes en el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) es actualmente un desafío para la enseñanza. Estas tecnologías pueden ser una herramienta didáctica potente y motivadora. Los programas de simulación están dentro de estas tecnologías y se enmarcan dentro de la modelización, la cual es una herramienta ampliamente utilizada en ciencia. Uno de estos programas es NetLogo, el cual permite implementar modelos basados en individuos. Estos modelos tienen la particularidad de cada individuo representado en el modelo posee unas características que lo hacen único. Se propuso una actividad a estudiantes de Biología de 4º de E.S.O en la que debían utilizar NetLogo para comprobar el alcance a nivel motivacional de este programa y su efectividad para facilitar la adquisición de destrezas científicas, más concretamente, la identificación y control de variables y la interpretación de datos presentados gráficamente. La motivación de los estudiantes se evaluó mediante un cuestionario de opinión que contestaron tras la actividad. La mejora en el desempeño de las destrezas científicas se midió comparando las calificaciones de un test previo a la actividad y otro posterior a esta. Por otro lado, se pidió la opinión sobre la actividad propuesta a los profesores de ciencias del centro donde se llevó a cabo la investigación. Los resultados no mostraron evidencias de una mejora estadísticamente significativa en el desempeño de las destrezas científicas. No obstante, la utilización de un programa de simulación y el alto nivel de indagación de la actividad fueron señalados como motivadores por los estudiantes. Los profesores evaluaron la actividad positivamente, señalando su potencial para trabajar contenidos procedimentales. Sin embargo, el tiempo requerido para preparar la actividad fue percibido como un inconveniente importante.

ABSTRACT

Training students in the use of ICT is a current challenge; these are a powerful and motivating teaching tool. Simulation programs are within these technologies and are part of broader subject called modelling which is commonly used in science. One of those programs is NetLogo which is a computer environment for implementing individual-based models. This modelling approach is characterized by representing individuals with unique features. An activity using NetLogo was posed to 4^o E.S.O. Biology students in order to evaluate the motivating power of this program and its efficacy to promote the acquisition of science skills such as variable control and identification and graphic data interpretation. The motivating power was assessed by means of a questionnaire which was answered by the students after doing the activity. The students answered a test before and after the activity, allowing the assessment of the science skills acquisition. In addition, the science teachers from the institution where the research was performed were asked for their opinion about the activity. No statistically significant improvement regarding science skills was found. However, the use of the simulation program and the high level of inquiry of the activity were pointed by the students as motivating. The teachers rated the activity positively, underlining its potential for working on procedural contents. Nonetheless, the time requirements for developing such an activity came across as an important inconvenience to the teachers.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) son uno de los agentes de cambio social de mayor peso actualmente. Su uso en diversos los ámbitos de la vida cotidiana es una realidad en la sociedad de este siglo. Por tanto, el mundo educativo tiene el reto de afrontar la formación de futuros ciudadanos competentes en el uso de las TIC (Domingo, M. y Marquès, P. 2011; López García M. y Morcillo Ortega, J., 2007), dado que esta competencia que se han convertido en una necesidad para desenvolverse en la sociedad de hoy (López García, M. y Morcillo Ortega, J., 2007). La importancia de la formación de los ciudadanos en este ámbito ha llevado a las instituciones educativas, tanto a nivel europeo como nacional, a integrarlas en sus programas educativos. En España, se han llevado a cabo diversas iniciativas en los últimos decenios para integrar las TIC en el sistema educativo, entre las que podría destacarse la formación del Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF) dependiente del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (Área, M. *et al.*, 2010).

Las TIC poseen un gran potencial didáctico, sin embargo, la realidad en España es que su uso no siempre sirve para innovar pedagógicamente. Estas tecnologías son utilizadas mayoritariamente como apoyo de la metodología expositiva tradicional. Existen diversas causas que explican este hecho tales como la falta de medios en los centros o la falta de interés del profesorado (Área, M. *et al.*, 2010). Se hacen necesarios por tanto, el estudio y la investigación sobre distintas prácticas docentes utilizando las TIC para cambiar la realidad presente en las aulas (Área, M. *et al.*, 2010; Domingo, M. y Marquès, P., 2011).

Una de estas potencialidades a destacar sobre las TIC es que suponen una herramienta útil a la hora de desarrollar habilidades de resolución de problemas (Huppert, J. *et al.*, 2002). Dentro del ámbito científico, se contemplan habilidades como la formulación de hipótesis o la observación, que junto con otras, conforman una serie de destrezas científicas o *Science Process Skills* (SPS), las cuales son promocionadas internacionalmente en la etapa de Educación secundaria (Aktamis, H. y Ergin, O. 2008). A nivel estatal, estas destrezas forman parte de los objetivos de las asignaturas del ámbito científico presentes en la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato según los Reales Decretos 1631/2006 y 1467/2007 (Gobierno de España, 2007) respectivamente.

Una de las herramientas que más se ha desarrollado en las últimas décadas, tanto en el campo de la investigación como de la docencia, son los programas de simulación. Estos programas son ampliamente utilizados en investigación en distintas disciplinas científicas y más concretamente, en Biología (Beaudouin, R. *et al.*, 2008; Breckling, B. *et al.*, 2006; Dornhaus, A. *et al.*, 2006). La simulación es una herramienta informática que se incluye dentro de una metodología de investigación más amplia, la modelización. Según Breckling *et al.* (2011) un modelo es una representación abstracta de la realidad que contiene información empírica o teórica sobre una serie de relaciones causa-efecto y que es utilizada para alcanzar un fin. La modelización es por tanto, también una posible estrategia a seguir en la resolución de problemas.

A nivel personal, conocí la modelización y distintos programas informáticos para implementar modelos durante mi etapa de estudiante de Licenciatura en Biología, la cual finalizó en 2014. Más concretamente, el primer contacto con este área de conocimiento lo tuve en la asignatura Dinámica de ecosistemas. La modelización pasó a ser entonces objeto de interés para mí y decidí, en efecto, aprovechar el año siguiente a haber cursado esta asignatura para seguir formándome en este tema y realizar un proyecto utilizando modelos durante mi estancia Erasmus en los Países Bajos. Además del modelo que utilicé para mi proyecto, utilicé hasta tres modelos diferentes en otras asignaturas que cursé durante ese año, a pesar de que esas asignaturas no estaban relacionadas directamente con la modelización. De esta manera, tuve distintas experiencias de trabajo con modelos siendo estudiante y pude comprobar el potencial de distintos enfoques de modelización para trabajar los contenidos de una asignatura.

Tras esta experiencia previa como estudiante sobre la modelización y los programas de simulación, y en el contexto de la formación como docente, la oportunidad de llevar a cabo una experiencia de investigación educativa en un centro de Educación secundaria, planteaba un escenario en el que se podría estudiar si mi experiencia particular podría ser reproducible este nivel. No obstante, la modelización o el empleo de programas de simulación no parece un fin adecuado a esta etapa educativa y por tanto, debe constituir más un medio que un fin. Precisamente, mediante estos programas podemos trabajar distintas destrezas científicas, las cuales sí constituyen objetivos dentro de esta etapa como se ha mencionado anteriormente. De esta manera se cumpliría, mediante el uso de estos programas, una doble función:

se trabajarían destrezas científicas y se mostraría una herramienta utilizada en la investigación científica actual a los estudiantes.

1.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Esta doble función del empleo de los programas de simulación hace que el escenario planteado para llevar a cabo este proyecto de investigación educativa quede vertebrado por dos ejes fundamentales, por un lado se encuentran las destrezas científicas o SPS mientras que por otro están los programas de simulación.

De estos dos elementos, el que primero se comenzó a estudiar fueron las destrezas científicas. Tal y como apuntan Aydinli *et al.* (2011) hace ya más de cuarenta años que las SPS han sido extensamente reconocidas y promocionadas en el ámbito educativo como esenciales. Destrezas como plantear hipótesis, manipular el mundo físico y sacar conclusiones de manera razonada a partir de unos datos contribuyen a que los alumnos en edad escolar mejoren su capacidad de pensar, lo que constituye un objetivo principal en Educación (Padilla, M., 1990). Durante las décadas de los 60 y los 70 hubo diversas iniciativas para promocionar y potenciar la enseñanza de las ciencias. Entre estas destaca el programa *Science - A Process Approach* llevado a cabo por la comisión educativa de la *American Asociation for the Advancement of Science*. Este programa hacía hincapié en la enseñanza de las ciencias basándose en contenidos procedimentales. Este enfoque consiguió que los estudiantes mejoraran su aprendizaje en distintas disciplinas científicas (Martin, R. *et al.*, 1997). Es ya en este programa donde se comienza a hablar de las SPS, las cuales fueron clasificadas en dos tipos principales, destrezas científicas básicas y destrezas científicas integradas (Padilla, 1990). Entre las SPS básicas encontramos la observación, el planteamiento de hipótesis, la toma de datos y la predicción. Entre las destrezas integradas están el control e identificación de variables, la expresión gráfica de datos, la interpretación de los datos y la formulación de modelos (Aydinli, E. *et al.*, 2011; Padilla, M., 1990; Sukarno *et al.*, 2013).

Esta investigación, por motivos que se explican más adelante en este apartado, se centra en el estudio del aprendizaje de destrezas científicas de tipo integrado, más concretamente, en la identificación de variables, el control de variables y de la interpretación de datos expresados en forma de gráfico. Amiel Pérez (2007) define una variable dentro del método científico como: “todo aquello que tiene características propias –que la distingue de lo demás– que es susceptible de cambio o modificación y

la podemos estudiar, controlar o medir en una investigación.” (párr. 2). Las variables de una investigación científica pueden clasificarse en variables independientes y variables dependientes. Las primeras son manipuladas por el investigador para provocar un efecto que se manifiesta en las segundas. Además, se suele añadir el concepto de variables controladas, término que se refiere a las demás variables, las cuales deben mantenerse constantes en una investigación (Cordón Aranda, R., 2008). La destreza científica de control de variables se refiere, precisamente, a mantener constantes las variables que no son los factores objeto de estudio (Lin, X. y Lehman, J., 1999).

La construcción de modelos como representación de la realidad es también una tarea que se considera dentro de las SPS (Padilla, 1990) como ya se ha mencionado. La competencia en construir modelos requiere de capacidades como estructurar el escenario sobre el que se va a hacer el modelo, traducirlo a un lenguaje matemático, analizar resultados, establecer predicciones y analizar y criticar el modelo construido para mejorarlo. El estudio de modelos matemáticos tales como las funciones derivables, ecuaciones diferenciales y la modelización estadística están presentes en el ámbito académico en el Bachillerato y a lo largo de los estudios universitarios científicos y tecnológicos. No obstante, la elevada complejidad de estos enfoques hace que no se aborden en etapas educativas previas (Ginovart, M. *et al.*, 2012). En general, en estos modelos se les atribuyen las mismas características a todos los individuos considerados, una asunción que resulta especialmente poco aplicable en Biología. En los años 90 apareció un enfoque distinto, modelos en que cada individuo representado posee una serie de características diferenciales que le hacen identificable frente al resto. Este tipo de modelos se denominan IBMs por sus siglas en inglés *Individual-based Models* (Breckling, B. *et al.*, 2011). Este enfoque se ha vuelto muy popular y de gran utilidad en investigación científica, especialmente en Biología y Ecología (Breckling, B. *et al.*, 2006).

A nivel educativo, los IBMs ofrecen una serie de ventajas ya que no requieren de un nivel alto en conocimientos matemáticos y estadísticos para su uso o la comprensión de cómo están contruidos (Ginovart, M. *et al.*, 2012). Además, por sus características hacen que sean especialmente apropiados para trabajar las destrezas de identificación y control de variables e interpretación de datos. Los IBMs requieren mucha más información para su construcción que los modelos matemáticos antes comentados. Pero esto, que supone una crítica a este enfoque cuando se compara con otros (Breckling, B. *et al.*, 2011), hace que los modelos resultantes posean diversas variables que pueden manipularse y que se obtenga una gran cantidad de

datos con unas pocas simulaciones. Por tanto, al utilizar uno de estos modelos se hace preciso poner en práctica las destrezas científicas mencionadas, lo que hace que sean muy útiles para estudiarlas.

La implementación de IBMs requiere normalmente del uso de software. De hecho, su uso de manera extendida ha ido de la mano del desarrollo de ordenadores potentes, disponibles al público en general y capaces de operar la gran cantidad de cálculos que requieren en su implementación (Breckling, B. *et al.*, 2011). Un programa especializado en implementar este tipo de modelos es NetLogo. Este programa se caracteriza por un compromiso entre ofrecer una interfaz intuitiva y un lenguaje de programación fácil de usar que permite al usuario construir sus propios modelos o modificar otros y la capacidad de construir e implementar modelos complejos (Wilensky, U., 1999). De hecho, se ha recomendado su uso a la hora de proponer actividades de uso de modelos a estudiantes de educación secundaria (Ginovart, M. *et al.*, 2012).

La modelización y el uso de programas de simulación es una práctica casi ausente en las aulas de educación secundaria de España (Cordón Aranda, R., 2008; Ginovart, M. *et al.*, 2012) a pesar de existir algunos ejemplos satisfactorios (Cañizares Millán, M., 2005). A una escala internacional podemos encontrar ejemplos como el de Huppert, J. *et al.* (2002), quienes utilizaron un programa de simulación para abordar contenidos de Microbiología en una clase de secundaria. De manera más general, existen otras herramientas de simulación no enfocadas a la modelización que permiten la incorporación al aula de tareas innovadoras. En este sentido sí podemos encontrar una tendencia al alza en el uso de herramientas de este tipo tales como software educativo y los denominados *serious games*, los cuales han probado tener un impacto positivo en el proceso de aprendizaje (Betancourt Díaz, C. *et al.*, 2008; Connolly, T. *et al.*, 2012; Stege, L. *et al.*, 2011).

1.3 OBJETIVOS

Teniendo en cuenta los dos ejes principales descritos que se analizan en este proyecto de investigación, se establecieron los siguientes objetivos:

1. Evaluar el impacto en los estudiantes a nivel motivacional del uso de programas de simulación, en este caso Netlogo, aprovechando sus características para plantear una actividad de un nivel de indagación alto.
2. Analizar la efectividad de este programa para facilitar la adquisición de destrezas científicas, más concretamente, la identificación y control de variables y la interpretación de datos presentados gráficamente.

2. METODOLOGÍA

2.1 PARTICIPANTES

Este proyecto de investigación fue llevado a cabo como parte del periodo del Practicum durante el Máster de formación del profesorado de la Universidad Complutense de Madrid (2014-2015). El centro donde desarrollé este periodo fue el I.E.S Barrio de Bilbao. Este centro está situado en el distrito de Ciudad Lineal de Madrid, en el barrio de Pueblo nuevo. Este barrio y los colindantes se caracterizan actualmente por ser de un nivel socioeconómico medio-bajo, con una población grande de inmigrantes o hijos de inmigrantes procedentes de Sudamérica y Centroamérica, algo que se cita expresamente en la Programación Anual del centro.

Los estudiantes del grupo de 4º de E.S.O que cursan la asignatura de Biología y Geología fueron quienes realizaron la actividad planteada para llevar a cabo esta investigación. Esta clase estaba formada por 17 estudiantes, de los cuales alrededor del 50% eran inmigrantes. Cabe mencionar que de los 17, 3 estudiantes eran repetidores. El nivel de competencias en el uso de TIC de esta clase era medio-bajo y no habían realizado actividades similares a esta anteriormente. No obstante, en la asignatura Biología y Geología utilizaban regularmente una plataforma virtual de enseñanza.

2.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

NetLogo (Wilensky, U., 1999) es un programa de simulación que ofrece múltiples escenarios para trabajar sobre diferentes temas relacionados con la Biología o las Ciencias de la Tierra. En esta investigación se ha utilizado la simulación “Lake Victoria System Study” (Marlantes, A., 2010), que permite el estudio de la dinámica del ecosistema del Lago Victoria. Para ello, los alumnos pueden modificar el impacto que tiene sobre dicho ecosistema la modificación de diversos parámetros aplicados a representantes de los distintos niveles tróficos, pudiendo incluir también el derivado de la intervención del hombre a través de la pesca.

Los 17 estudiantes participaron en una actividad durante tres días, en sesiones de una hora, en la que aprendieron a manejar el modelo mencionado implementándolo en NetLogo y la elección del objetivo del estudio y, por tanto, de los parámetros que se deben modificar, era decisión de cada alumno (ver apartado 2.3.1 DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD). Tras esta actividad, se recogieron datos de distintas formas para la evaluar la consecución de los objetivos.

La metodología seguida para la evaluación de la actividad ha sido tanto cualitativa como cuantitativa, con el fin de obtener el máximo de información sobre la actividad planteada con objeto de facilitar la posterior interpretación de los resultados (Bisquerra, R., 2000).

La evaluación del objetivo de este estudio relacionado con la capacidad de motivación del uso de los programas de simulación se ha basado en datos subjetivos obtenidos a partir de cuestionarios de opinión respondidos tanto por los alumnos participantes como por sus profesores, tratándose, por tanto, de una evaluación cualitativa.

La evaluación del desarrollo de destrezas científicas a partir de la realización de la actividad se ha llevado a cabo mediante la calificación de test sobre el conocimiento de destrezas científicas realizados antes y después de la actividad así como de la actividad final entregada por los estudiantes que consistió en la entrega de un póster científico con el resumen de sus investigaciones (individuales).

2.3 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

En la investigación llevada a cabo pueden distinguirse dos fases, las cuales son: el desarrollo de la actividad y la evaluación posterior.

2.3.1 Desarrollo de la actividad

Esta fase comprende tres sesiones de una hora de duración (23, 25 y 26 de marzo de 2015). Estas fueron llevadas a cabo en el aula de informática del centro. El Departamento TIC del centro se encargó de instalar NetLogo en los ordenadores antes del comienzo de esta fase:

- **Sesión 1:** esta sesión comenzó con la realización de un **pretest sobre las destrezas científicas** (ver apartado 2.5 RECOGIDA DE DATOS). Una vez finalizado, los estudiantes comenzaron con la actividad planteada, la cual se llamó “Nam Lolwe”. Esta se describe en el apartado 2.4 RECURSOS DIDÁCTICOS.
- **Sesión 2:** al inicio de esta sesión, el profesor realizó una explicación que duró 5 minutos sobre los conceptos de variable y de control de variables. Para ello se apoyó en unos apuntes redactados por él mismo, los cuales se adjuntan en el Anexo III. Los estudiantes continuaron con la actividad “Nam Lolwe”. A final de la sesión entregaron el primero de los productos que debían entregar, la contestación a una serie de preguntas sobre el modelo y su manejo.
- **Sesión 3:** esta sesión comenzó con una nueva explicación de unos 5 minutos por parte del profesor sobre la interpretación de datos expresados gráficamente. Los apuntes utilizados también se incluyen en el Anexo III. Los estudiantes finalizaron la actividad planteada, entregando un **póster científico** describiendo su trabajo realizado con el modelo y el programa NetLogo.

2.3.2 Evaluación de la actividad

Esta fase comprende dos niveles, ya que se obtuvieron datos procedentes de los estudiantes y datos procedentes de los profesores. Los estudiantes contestaron el día 8 de Abril conjuntamente al **test posterior a la actividad** y a un **cuestionario de opinión**. Los profesores contestaron al cuestionario de opinión el día 9 de Abril. Se pidió la colaboración de los profesores de los departamentos de ciencias, los cuales eran dos profesores. Mi tutor en el centro y profesor de Biología y Geología y la profesora de Física y Química. Debido a que la profesora de Física y Química no asistió a la actividad, respondió al cuestionario después de que le mostrara

personalmente la actividad “Nam Lolwe”, NetLogo y el funcionamiento del modelo utilizado. El desfase de tiempo entre el fin del desarrollo de la actividad y la evaluación fue debido a la Semana Santa.

2.4 RECURSOS DIDÁCTICOS

Los recursos utilizados durante este proyecto de investigación fueron:

- La actividad “Nam Lolwe” (Anexo I).
- Apuntes sobre el concepto de variable, su identificación, control e interpretación de datos en forma de gráfica (Anexo III).
- Ejemplo de Póster científico (Anexo IV).
- NetLogo (Wilensky, U., 1999) y el modelo “Lake Victoria Complex System Study” (Marlantes, A., 2010).
- Aula Virtual

2.4.1 La actividad “NAM LOLWE”

En este apartado se hace mención sobre la mecánica de la actividad planteada en su conjunto. Net Logo y el funcionamiento del modelo utilizado son descritos en el apartado siguiente. La actividad se llamó “Nam Lolwe” porque este es el nombre del Lago Victoria en la lengua de la etnia keniana de los Lou. Una descripción de esta actividad más profundidad y a un mayor nivel de concreción curricular se adjunta en el Anexo I. La actividad consistió en el uso del programa NetLogo (Wilensky, U., 1999) para implementar el modelo “Lake Victoria Complex System Study” (Marlantes, A., 2010). La actividad se planteó como actividad final de las unidades didácticas relativas al estudio de los ecosistemas.

El modelo utilizado pretende representar las relaciones tróficas entre distintas especies de seres vivos presentes en el Lago Victoria. Estas especies son las algas, distintas especies de peces y los humanos, los cuales pueden pescar a los peces. El objetivo principal de la actividad era que cada estudiante llevara a cabo un pequeño proyecto de investigación utilizando el modelo y NetLogo, para ello se dividió en dos etapas:

- Familiarización de los estudiantes con el modelo y NetLogo.
- Estudio del efecto de un factor presente en el modelo.

Los estudiantes realizaron la primera etapa por parejas, mientras que la segunda debía ser realizada individualmente. La primera etapa consistía en que los estudiantes contestaran a 6 preguntas sobre el modelo implementado y su manejo en NetLogo, para lo cual tenían que comenzar a utilizar el modelo de forma autónoma y comprender su funcionamiento. Un ejemplo de las respuestas a estas preguntas por parte de una pareja de estudiantes se muestra en el Anexo V. En la segunda etapa, cada estudiante tenía que elegir un factor del ecosistema del Lago Victoria representado en el modelo y estudiar su efecto. El factor era escogido libremente por cada estudiante. Para completar esta parte de la actividad, los estudiantes tenían que elaborar un **póster científico** que describiera su estudio.

2.4.2 NetLogo y el modelo utilizado

NetLogo es, más que un programa de simulación, un ambiente para construir IBMs (Wilensky, U., 1999). En la Imagen 1 se puede observar la interfaz que ve el usuario cuando decide implementar el modelo. Se puede observar el modelo sobre el lago Victoria ya cargado, si no fuera así, el cuadrado donde se ve el ecosistema sería negro. Este cuadrado es el escenario que representa el ecosistema, se muestra a mayor detalle en la Imagen 2. Este escenario suele ser un mundo de dos dimensiones para todos los modelos, de tamaño configurable por el usuario. El resto de botones y gráficas son accesorios y el usuario puede elegir cuales quitar y cuales añadir.

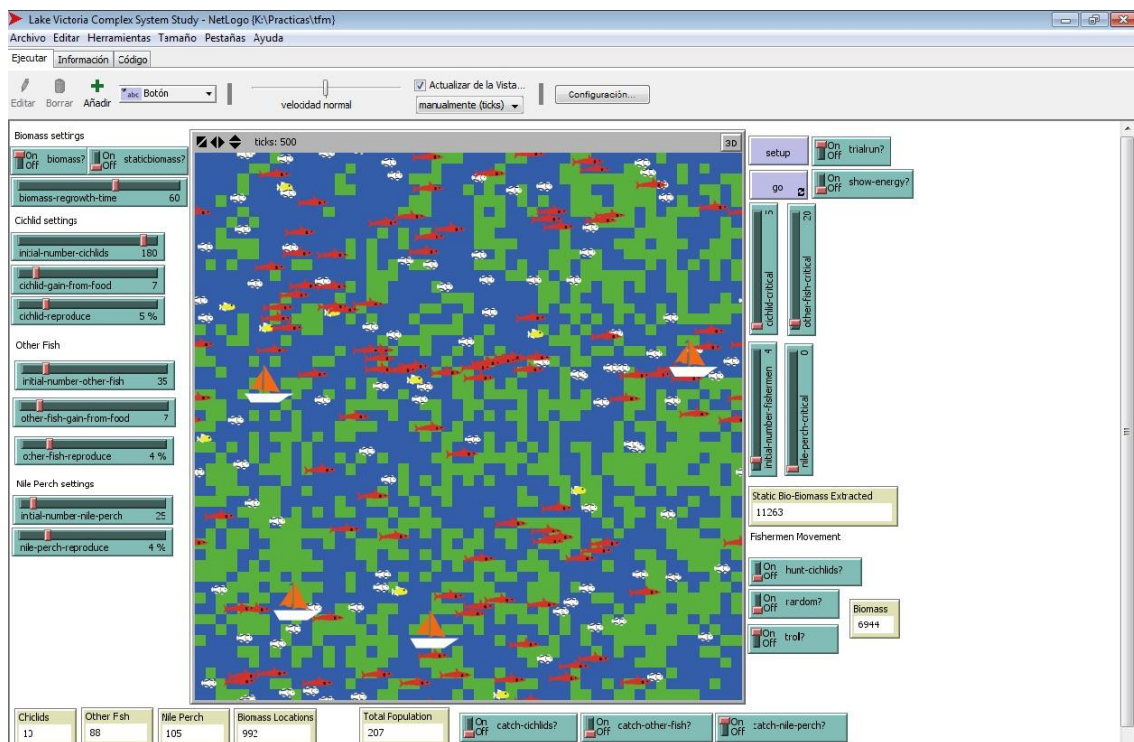


Imagen 1: Captura de pantalla del programa NetLogo con el modelo Lake Victoria Complex System Study.

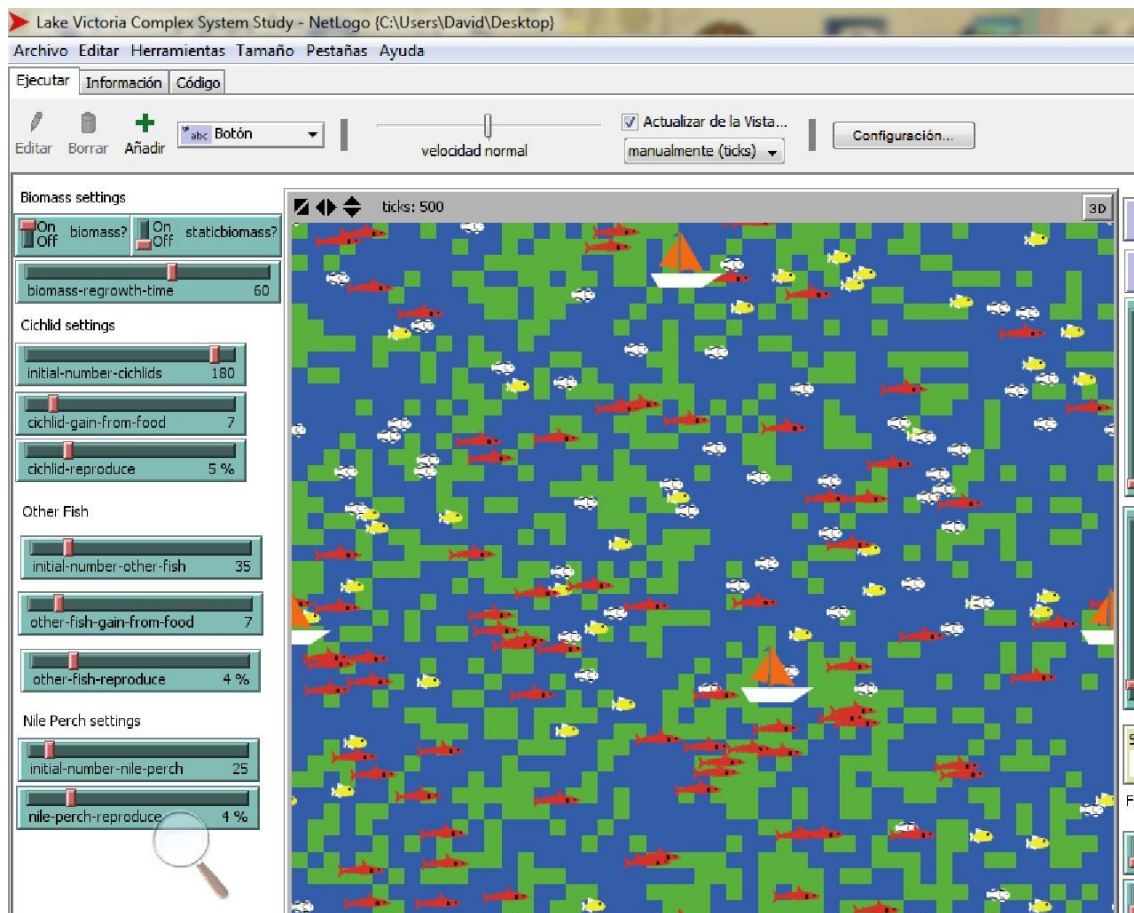


Imagen 2: Captura de pantalla del programa NetLogo con el modelo Lake Victoria Complex System Study.

El modelo que se observa en esa pestaña (Ejecutar), debe estar programado en la pestaña Código (Ver Imagen 3). NetLogo es un lenguaje de programación sencillo en el que la mayoría de funciones más utilizadas poseen un comando específico ya creado. A esta pestaña puede acceder cualquier usuario cuando abre un modelo, así puede modificarlo o comenzar a programar desde cero si abre un archivo nuevo.

```

Lake Victoria Complex System Study - NetLogo (C:\Users\David\Desktop)
Archivo Editar Herramientas Tamaño Pestañas Ayuda
Ejecutar Información Código
Buscar... Comprobar | Procedimientos |  Sangrado automático
;; I initially used Wilensky's Wolf Sheep Predation Model to code this program (p1
;; ended up reprogramming from scratch.

breed [cichlids cichlid]
breed [other-fish an-other-fish]
breed [nile-perch a-nile-perch]
breed [fishermen fisherman]
turtles-own [energy] ; all agents have energy (Chiclids, nile-perch, and ot
patches-own [countdown]

;start of setup phase
to setup
;; (for this model to work with NetLogo's new plotting features,
;; __clear-all-and-reset-ticks should be replaced with clear-all at
;; the beginning of your setup procedure and reset-ticks at the end
;; of the procedure.)
__clear-all-and-reset-ticks
ask patches [ set pcolor green ]
if biomass?
[ask patches [
set countdown random biomass-regrowth-time
set pcolor one-of [green blue]]]

if staticbiomass? ;this command sets all the biomass to green
[ask patches
[set pcolor green]]

```

Imagen 3: Captura de pantalla mostrando parcialmente el código del modelo Lake Victoria Complex System Study.

El modelo utilizado simula relaciones tróficas presentes en el Lago Victoria. Las algas (cuadros verdes en la Imagen 2) se incluyen como los productores, los cíclidos (peces amarillos) y un conjunto llamado “Otros peces” (peces blancos) actúan como consumidores primarios, la perca del Nilo (peces rojos) es el consumidor secundario y por último, se encuentran los pescadores (barcos) (Marlantes, 2010). Al ser un IBM, aunque todos los individuos poseen los mismos parámetros, cada uno posee un valor distinto para cada parámetro. Por ejemplo, cada pez tendrá un nivel de energía distinto según los desplazamientos que haga y según lo que coma. Esta propiedad es igual para los cuadrados que componen el espacio del modelo. Como se puede ver en la Imagen 2, en algunos hay algas y en otros no.

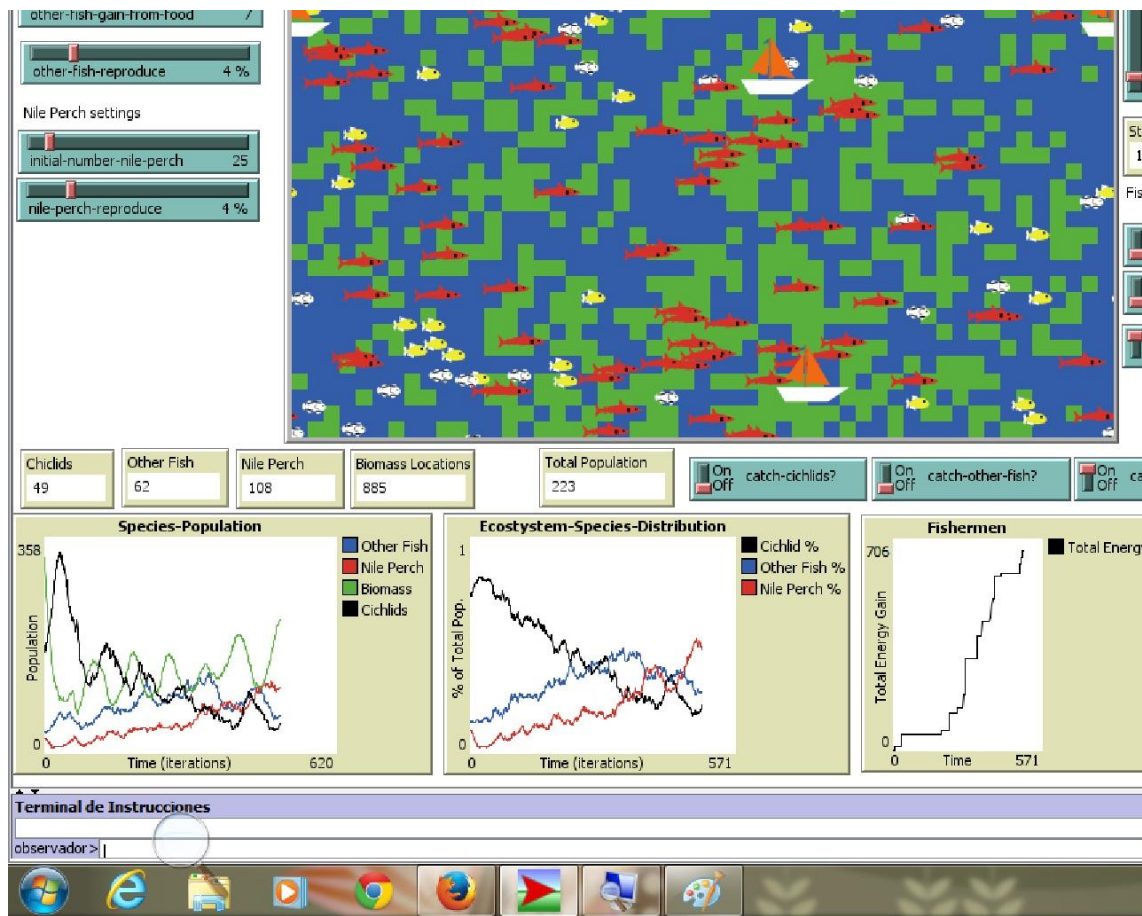


Imagen 4: Captura de pantalla mostrando las gráficas generadas con el modelo Lake Victoria Complex System Study.

El modelo fue presentado a los estudiantes sin modificar y presenta multitud de opciones a la hora de poner a funcionar el modelo. Se puede elegir qué tipo de pez pescarán los pescadores, el patrón de movimiento en el escenario de estos, eliminar los productores, la eficiencia de cada tipo de pez al alimentarse, etc. Los botones para manipular estos parámetros se pueden ver en las Imágenes 1 y 2. Al hacer funcionar cualquier modelo, NetLogo puede expresar en forma de gráfico lo que está sucediendo, dibujando distintas gráficas en tiempo real según avanza la simulación. La información que es reflejada gráficamente en este modelo es el número de individuos de cada especie y la biomasa de los productores (gráfica de la izquierda), el porcentaje que eso supone en la composición de especies total (gráfica central) y la energía que obtienen los pescadores al pescar (gráfica de la derecha) (Ver Imagen 4).

Dado que la interfaz del modelo está en inglés y que los estudiantes no habían utilizado NetLogo antes, se elaboró una guía explicativa sencilla que puede encontrarse en el Anexo II.

2.4.3 Aula virtual

El Aula virtual era una plataforma virtual de enseñanza dependiente de la Comunidad de Madrid, basada en Moodle 2.6. Esta se empleó para poner a disposición de los estudiantes todos los materiales de la actividad, es decir, la actividad “Nam Lolwe propiamente dicha, así como la Guía básica de NetLogo, el ejemplo de un póster científico y los apuntes sobre el concepto de variable, su identificación, control e interpretación de datos expresados en forma de gráfico. Además, los estudiantes realizaron mediante el Aula virtual el test posterior a la actividad y el cuestionario de opinión.

2.5 RECOGIDA DE DATOS

Como ya se ha indicado en el apartado 2.1, se recogieron datos mediante cuatro instrumentos diferentes, que según el objetivo al que responden se organizan así:

- Objetivo 1:
 - Cuestionario de opinión de los estudiantes.
 - Cuestionario de opinión de los profesores.

- Objetivo 2:
 - Test sobre SPS antes y después de la actividad realizada por los estudiantes.
 - Póster científico entregado por los estudiantes.

A continuación, se hace una descripción de cada uno de estos instrumentos, para ello se agrupan en cuestionarios, test y el póster científico.

2.5.1 Los cuestionarios

Dado que el uso de programas de simulación en la práctica educativa tiene un componente subjetivo como es la motivación o el interés que se despierta en el estudiante (Ginovart, M. *et al.*, 2012; Stege, L. *et al.*, 2011), es necesario también estudiar este aspecto. Para ello se pidió a los estudiantes que contestaran a 8 preguntas sobre su opinión acerca de la actividad. Además, es interesante conocer la opinión de los profesores para comprobar si esta actividad sería viable y extensible a otros estudiantes ya que uno de los principales motivos del bajo aprovechamiento del potencial de las TIC en las aulas se debe a la falta de iniciativa del profesorado (Domingo, M. y Marquès, P., 2011; López García, M. y Morcillo Ortega, J., 2007). En el caso del cuestionario de los profesores se incluyeron 7 preguntas. Ambos cuestionarios se incluyen en las dos páginas siguientes.

El cuestionario de los profesores era semiabierto, constaba de 6 preguntas cerradas y una abierta, mientras que el de los estudiantes era cerrado. Las preguntas cerradas tienen todas el mismo formato, y constituyen una escala de Likert (Bisquerra, R., 2000). La persona que contesta debe expresar su grado de conformidad respecto a una frase que refleja su actitud sobre algún aspecto de la actividad. El grado de conformidad estaba dividido en cuatro rangos. Se eliminó un rango intermedio como podría ser el de “indiferente” para conseguir que los estudiantes y los profesores inclinaran su opinión hacia un lado de la escala y obtener así información significativa.

Cuestionario de opinión de los estudiantes

Preguntas sobre la actividad: Indica tu grado de conformidad con las siguientes frases rodeando un número siendo 1 muy en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 de acuerdo, 4 muy de acuerdo.

1.- La actividad Nam Lolwe fue interesante.

1 2 3 4

2.- La actividad Nam Lowle me sirvió para aprender sobre las redes tróficas.

1 2 3 4

3.- La actividad Nam Lolwe me sirvió para aprender a reconocer las variables de una investigación.

1 2 3 4

4.- Las explicaciones de la actividad eran claras y sabía lo que tenía que ir haciendo.

1 2 3 4

5.- Creo que aprendo más con este tipo de actividades que con las explicaciones en clase.

1 2 3 4

6.- Poder diseñar mi propia investigación y ponerla en práctica con un modelo es interesante.

1 2 3 4

7.- Poder simular los procesos que se dan en el ecosistema de la actividad es motivador.

1 2 3 4

8.- Me gustaría utilizar Netlogo para estudiar otros temas de Biología.

1 2 3 4

Cuestionario de opinión de los profesores:

Destrezas científicas integradas: Identificación y control de variables e interpretación de datos.

Lee las siguientes frases y rodee el número según su grado de conformidad, siendo 1 muy en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 de acuerdo, 4 muy de acuerdo.

1.- Esta actividad es interesante desde el punto de vista didáctico.

1 2 3 4

2.- Utilizar programas de simulación es útil para abordar contenidos científicos porque permiten tratarlos con mayor realismo.

1 2 3 4

3.- Es importante que los estudiantes se familiaricen con el uso de programas de simulación.

1 2 3 4

4.- Yo utilizaría Netlogo en alguna de mis clases.

1 2 3 4

5.- El desarrollo de esta actividad lleva demasiado tiempo como para ponerla en práctica.

1 2 3 4

6.- Creo que se podría alcanzar el mismo nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes con métodos que necesiten menos tiempo.

1 2 3 4

7.- Escribe alguna ventaja o inconveniente que destacarías de esta actividad:

2.5.2 Los test

El test previo y el posterior a la actividad en esta investigación constituyen los instrumentos para obtener una medida objetiva del grado de desarrollo de las destrezas científicas por parte de los estudiantes. Este método de evaluación es común a la hora de evaluar SPS (Betancourt Díaz *et al.*, 2008; Chen, Z. y Klahr, D., 1999; Feyzioglu, B. *et al.*, 2012; Shaw, E. *et al.*, 1988; Stege, L. *et al.*, 2011).

El primer test fue realizado en papel mientras que el segundo lo contestaron utilizando la plataforma virtual educativa. Para ambos test los estudiantes dispusieron de 20 minutos. En principio estaba programado hacer ambos en papel, pero a petición del centro se realizó el segundo virtualmente para ahorrar recursos. Dado que los estudiantes manejaban esta herramienta con frecuencia no se consideró que esto fuera un factor que afecte a los resultados.

Los test fueron desarrollados personalmente y se incluyen en las páginas siguientes. Como se indica en el Objetivo 2, las destrezas científicas evaluadas fueron:

- La identificación de variables
- El control de variables
- La interpretación de datos presentados gráficamente

Se prepararon 5 preguntas en cada uno de los test para evaluar cada una de estas destrezas, sumando por tanto 15 preguntas cada test. Las preguntas fueron supervisadas por la tutora de la Universidad y se cumplió con sus recomendaciones. Se mantuvo la misma dificultad en ambos test redactando las preguntas por pares, para cada pregunta presente en el test previo se escribió una pregunta homóloga en el test posterior. La redacción de las preguntas se hizo siguiendo distintos planteamientos, según el ejemplo de Shaw *et al.* (1988), para intentar que este aspecto no influyera en el rendimiento de los estudiantes. En esta línea, se advirtió a los estudiantes de que la calificación en esta prueba no sería tenida en cuenta para su calificación en la asignatura y se pidió sinceridad en las respuestas. Además, las respuestas incorrectas no penalizaban para que pudieran contestar libremente al test. Por último, cabe mencionar que el orden de las preguntas de los test presentados a los estudiantes fue al azar para evitar que estos contestaran siguiendo un patrón determinado para cada destreza científica.

Pretest:

Destrezas científicas integradas: Identificación y control de variables e interpretación de datos.

1.- En un experimento o en una investigación científica entendemos por variable:

- a) Las incógnitas x e y, para las que hay que averiguar su valor.
- b) Aquello que tiene características propias y puede cambiar o ser modificado.
- c) Es un fenómeno que provoca un efecto en el experimento.

2.- La variable dependiente en un experimento científico es:

- a) La variable que es constante en el tiempo.
- b) La variable que se ve alterada por el efecto de otras variables.
- c) La variable que es la causa del resultado observado en el experimento.

3.- Alberto quería responder a la siguiente pregunta: ¿Cómo influye en el peso de mi perro el número de veces que le doy de comer al día? Para contestarla planteó un experimento, ¿cuál es la variable independiente?

- a) Peso del perro
- b) Número de veces que se le da de comer al perro
- c) Raza del perro

4.- María siempre ha creído la siguiente hipótesis sobre sus plantas: "Cuanto más fertilizante eche a mis plantas, más crecerán." Para comprobar si esto era cierto diseñó un experimento. ¿Cuál es la variable independiente?

- a) Cantidad de fertilizante
- b) Crecimiento de la plantas
- c) Horas de luz

5.- Un equipo de científicos llevó a cabo una investigación para comprobar el efecto de la leche materna en bebés. Para ello comparó el peso de distintos bebés que se habían alimentado de leche materna durante períodos de tiempo diferentes. ¿Reconoces la variable independiente de este estudio?

- a) La calidad de la leche materna
- b) El peso de los bebés
- c) El tiempo que pasa alimentándose de leche cada bebé

6.- Antonio, un veterano granjero, ha comprobado que sus gallinas ponen huevos de mayor tamaño si la base de su alimento son los cereales integrales en lugar de pienso. Este conocimiento lo ha obtenido fruto de una investigación probando distintos de dieta. ¿Cuál de las siguientes es una variable controlada?

- a) La frecuencia de la alimentación
- b) El tamaño de los huevos
- c) El tipo de alimento

7.- Un grupo de famosos científicos ha descubierto que si disminuyendo el número de bollos ingeridos por semana se reduce significativamente el nivel de colesterol en sangre en adolescentes. ¿Cuál sería una variable controlada en esa investigación?

- a) El número de bollos ingeridos
- b) El nivel de colesterol en sangre
- c) La edad de las personas

8.-Unos investigadores querían saber cómo influye la temperatura en la germinación de una especie de planta. Para ello han mantenido semillas a 0, 15, 25, y 40°C durante varias semanas. En caso de que se produjera germinación, anotaban en qué momento sucedía. ¿Qué crees que hicieron con la variable horas de luz?

- a) Aumentar el número de horas de luz en los grupos sometidos a temperaturas más altas.
- b) Mantenerla constante en todos los casos.
- c) Era indiferente para el experimento esa variable.

9.- Una empresa farmacéutica está desarrollando un fármaco que reduce el estrés, el cual es medido por la concentración de cortisol en la saliva. Para conocer los efectos de este fármaco administran distintas concentraciones del fármaco a distintos grupos de personas de la misma edad y lugar de procedencia. ¿Cuál es una variable controlada?

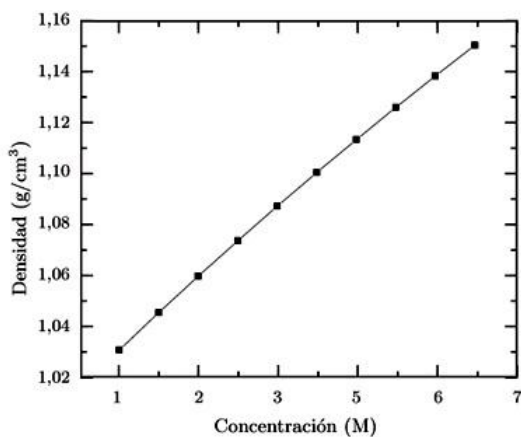
- a) Concentración de cortisol en saliva
- b) Edad de las personas
- c) Concentración del fármaco

10.-Un empresa de tecnología tras un proyecto de investigación, ha descubierto que los circuitos que fabrica poseen un 35 % menos de resistencia a la conducción si son fabricados con una aleación de aluminio en lugar de una aleación de cobre. ¿Qué hicieron con la variable tamaño del circuito?

- a) En este caso esa variable es indiferente.
- b) Redujeron un 35 % el tamaño en los fabricados con aluminio porque son más rápidos.
- c) Fabricaron todos del mismo tamaño.

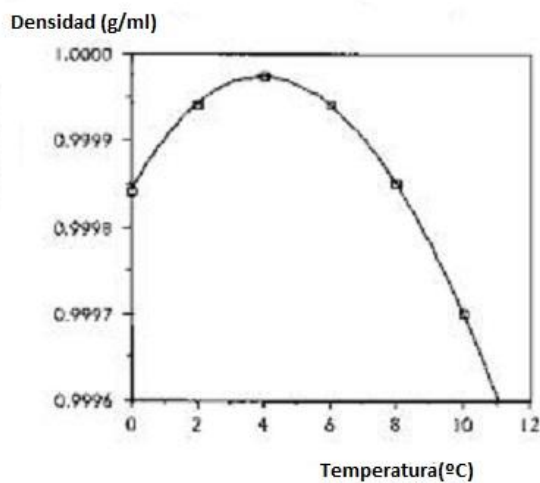
11.- La siguiente figura muestra la relación entre la densidad de una disolución y la concentración de una sustancia en esa disolución. Observando la gráfica podemos afirmar:

- a) Si aumentamos la concentración de la sustancia en la disolución, aumentará la densidad de la disolución.
- b) El incremento en la densidad es mayor a altas concentraciones, es decir, el incremento en la densidad al pasar de 5M a 6M es mayor que al pasar de 1M a 2M.
- c) La concentración no influye en la densidad.



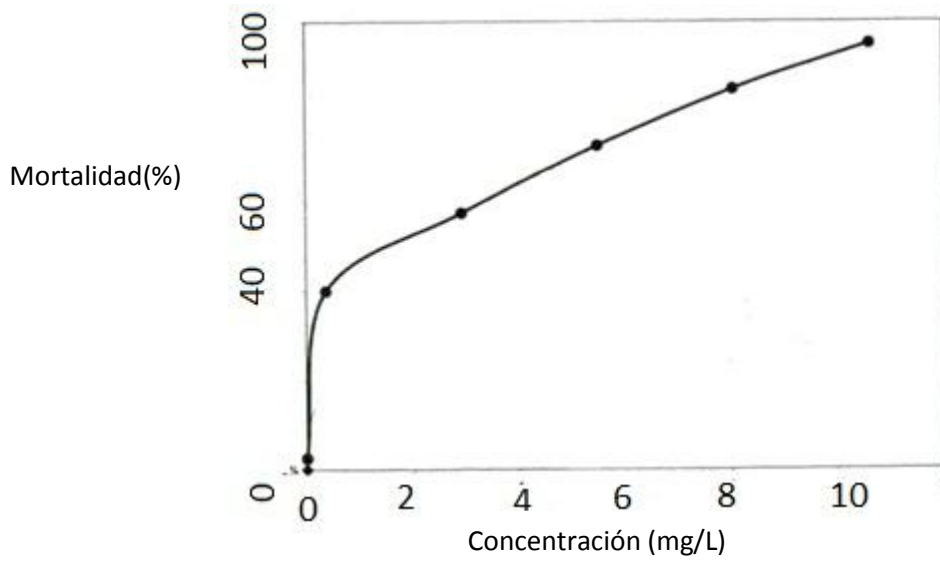
12. La figura que aparece a continuación muestra la relación entre la temperatura de una disolución y su densidad. Según la gráfica:

- a) La densidad aumenta al aumentar la temperatura.
- b) La densidad es inversamente proporcional a la temperatura.
- c) La densidad es máxima a 4°C.



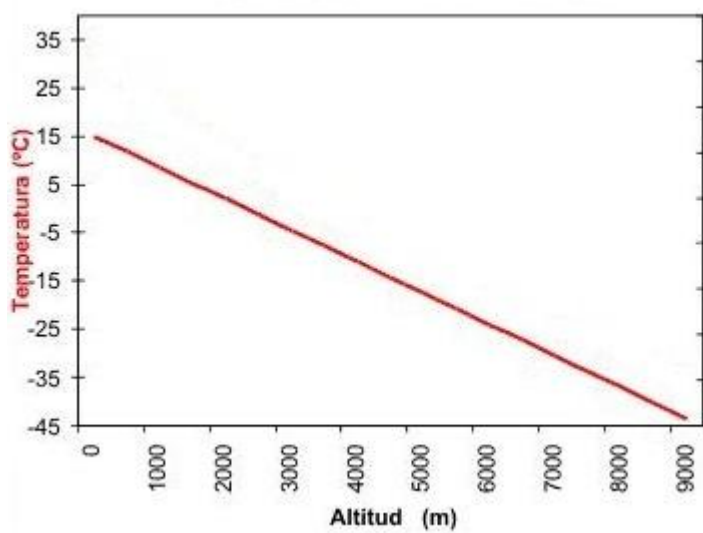
13.-La siguiente imagen representa la mortalidad (%) de una especie producida por una sustancia. La gráfica indica que:

- a) A bajas dosis esa sustancia no es tóxica.
- b) La especie es muy sensible a la presencia de esta sustancia.
- c) Un gran número de individuos sobrevive a altas concentraciones.



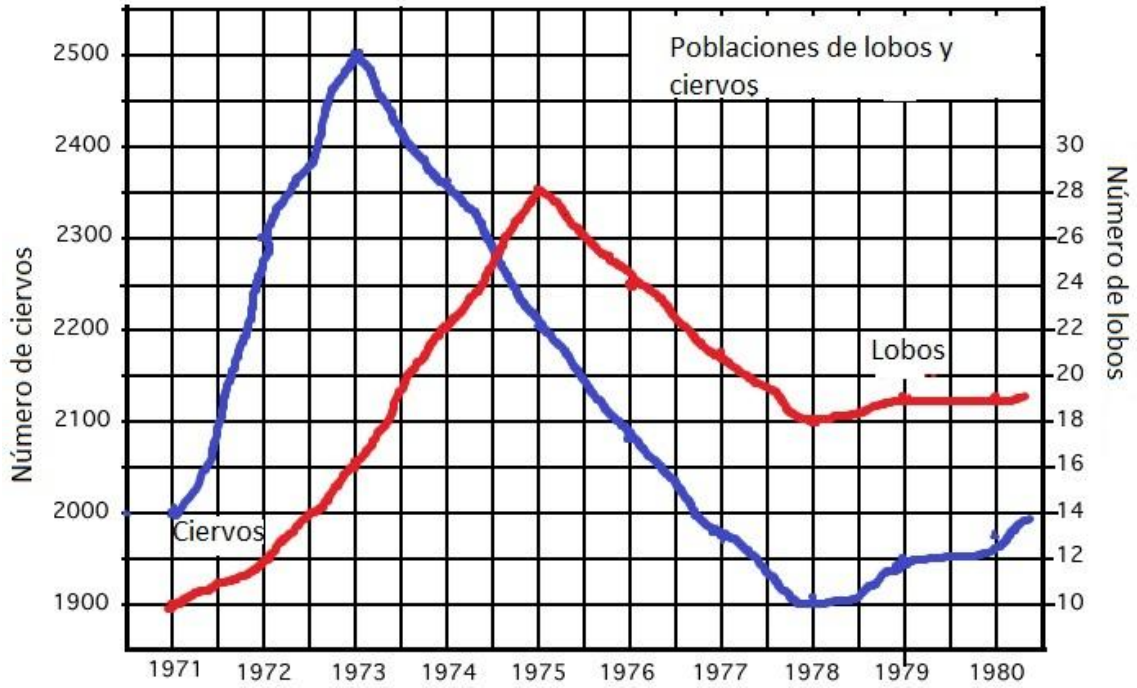
14.- Esta figura muestra cómo cambia la temperatura con la altitud. La gráfica muestra que:

- a) La temperatura es constante ya que la línea es recta.
- b) La temperatura es independiente de la altitud.
- c) La temperatura es inversamente proporcional a la altitud.



15.- La siguiente gráfica muestra la evolución de las poblaciones de lobos y ciervos en un periodo de tiempo determinado. Atendiendo a la gráfica podemos decir que:

- a) Si aumentan los lobos, disminuyen los ciervos.
- b) Si disminuyen los lobos, disminuyen los ciervos.
- c) Si aumentan los ciervos, disminuyen los lobos.



Postest:

Destrezas científicas integradas: Identificación y control de variables e interpretación de datos.

- 1.- Cuando hablamos de variables dentro de una experiencia científica, nos referimos a:
 - a) Los aspectos que pueden cambiar a lo largo tiempo.
 - b) Las incógnitas que se deben resolver.
 - c) Son las causas que provocan los efectos en el experimento.

- 2.- La variable independiente en una investigación es:
 - a) La variable que modifica el investigador para estudiar su efecto.
 - b) La variable que cambia como resultado de modificar otras.
 - c) La variable con la que se mide el resultado de la investigación.

- 3.-Unos investigadores querían conocer la respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cómo afecta el número de galletas en el desayuno a la concentración de azúcar en sangre? Indica cual es la variable dependiente.
 - a) Número de galletas
 - b) Concentración de azúcar en sangre.
 - c) Edad de la persona

4. Un equipo de científicos diseñó un experimento para comprobar la siguiente hipótesis: "El nivel de estrés de una persona es mayor cuanto mayor es el nivel de ruido debido al tráfico." ¿Cuál es la variable dependiente aquí?
 - a) Nivel de estrés
 - b) Nivel de ruido debido al tráfico
 - c) Número de personas

- 5.- Roberto realizó un experimento en su clase de ciencias, en él estudió como cambiaba la intensidad del color de una disolución al añadir gotas de cloro. Comenzó añadiendo una gota y la disolución pasó de ser transparente a tener un tono rosáceo. Siguió añadiendo gota tras gota y observó que la intensidad del color rosa aumentaba. ¿Cuál es la variable dependiente?
 - a) La cantidad de agua de la disolución.
 - b) La intensidad de color de la disolución
 - c) El número de gotas de cloro añadidas.

6.- Manuel, un veterano agricultor, ha comprobado que sus tomates alcanzan un mayor tamaño si utiliza abono de oveja en lugar de conejo. Este conocimiento lo ha obtenido fruto de una investigación probando distintos tipos de abono. ¿Cuál de las siguientes es una variable controlada?

- a) La frecuencia de aplicación del abono
- b) El tamaño de los tomates
- c) El tipo de abono

7.- Un equipo de prestigiosos científicos ha descubierto que aumentando el número de horas de descanso por día se reduce significativamente el nivel de estrés (medido por la concentración de cortisol en sangre) en adultos de entre 30 y 50 años. ¿Cuál sería una variable controlada en esa investigación?

- a) El número de horas de descanso
- b) La concentración de cortisol en la saliva
- c) La edad de las personas

8.-Un grupo de investigadores quería saber cuál es el efecto de la dieta en la fase reproductiva de una especie de moscas. Por ello alimentaron distintos grupos de moscas con distintos tipos de flores o con una mezcla de agua y azúcar. A continuación, anotaban el número de huevos puestos al día por cada mosca. ¿Qué crees que hicieron con la variable temperatura?

- a) Esta variable no hay porqué tenerla en cuenta en esta investigación.
- b) Se mantuvo la misma temperatura para todos los grupos de moscas.
- c) Redujeron o aumentaron la temperatura en función del tipo de flor proporcionada.

9.- Una importante compañía de cosméticos está trabajando en el desarrollo de una nueva gama de productos hidratantes para la piel. El nivel de hidratación de la piel se mide mediante una técnica llamada corneometría. Para conocer la efectividad de una crema de manos piden a varios grupos de voluntarios del mismo sexo y edad que utilicen el producto durante un tiempo a diferentes dosis establecidas. ¿Cuál es una variable controlada?

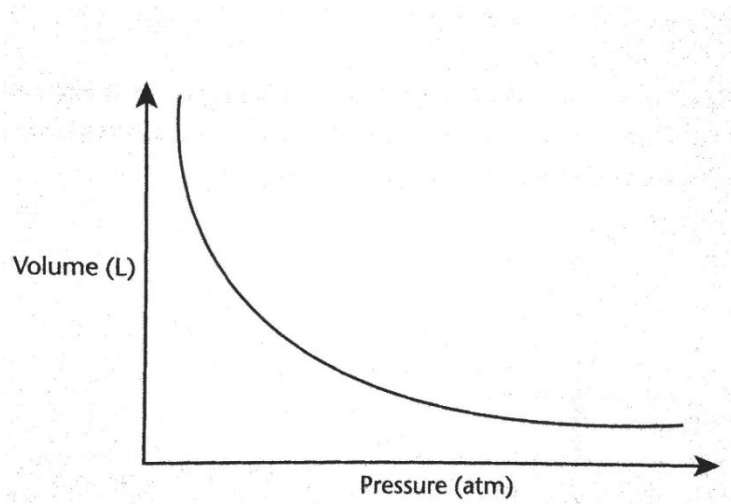
- a) El nivel de hidratación de la piel
- b) Sexo de los voluntarios
- c) Dosis aplicadas de la crema de manos

10.-En el departamento de investigación de una compañía que fabrica aviones, han descubierto que pueden reducir el peso del fuselaje de los aviones un 15 % si los fabrican de una aleación de distintos materiales en lugar de todo en aluminio. ¿Qué hicieron con la variable tamaño del avión?

- a) Para estudiar esto no es necesario tener en cuenta esa variable.
- b) El tamaño de los aviones de menos peso era un 15 % más pequeño.
- c) El tamaño del fuselaje era en todos los aviones igual.

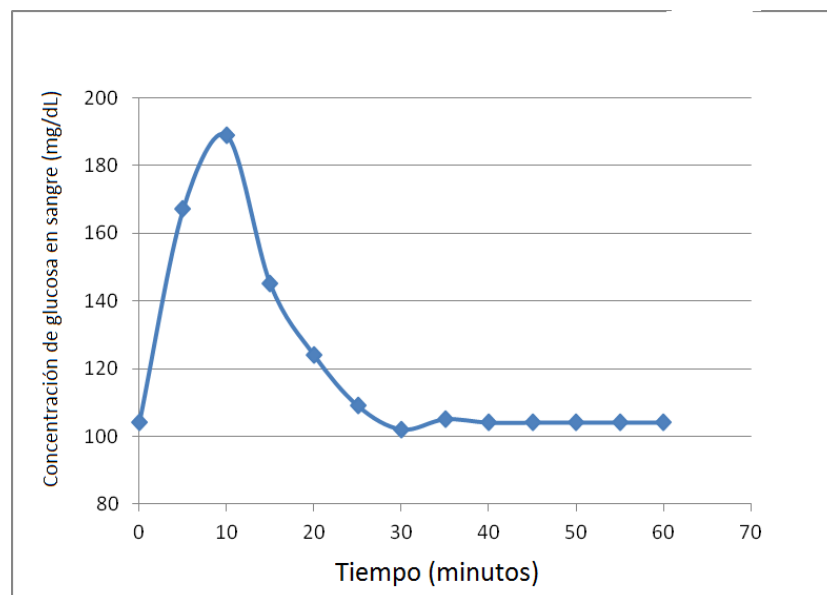
11.- La imagen mostrada a continuación enseña la relación entre el volumen que ocupa un gas y la presión a la que está. Observando la gráfica podemos afirmar:

- a) Si aumentamos la presión el volumen del gas se reduce.
- b) Si aumentamos la presión del gas al principio aumenta el volumen y luego se reduce rápidamente.
- c) El volumen del gas es independiente de su presión.



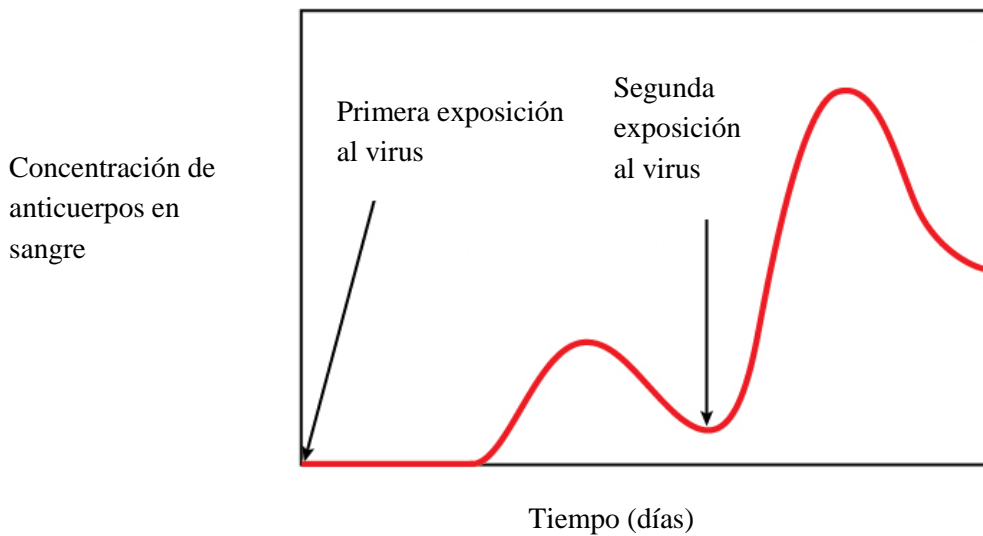
12. La siguiente figura muestra el nivel de azúcar en sangre tras comer una chocolatina, según esta figura:

- a) El nivel de azúcar en sangre disminuye.
- b) El nivel de azúcar en sangre es directamente proporcional a la cantidad de chocolatina ingerida.
- c) El nivel de azúcar en sangre es máximo 10 minutos después de ingerir la chocolatina.



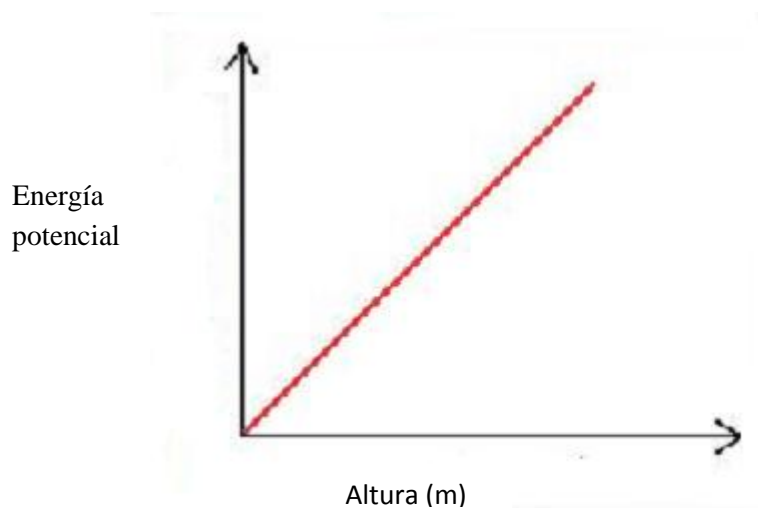
13.- La siguiente imagen muestra la respuesta del sistema inmunitario del cuerpo humano tras dos exposiciones a un virus. Los anticuerpos son proteínas que reconocen moléculas extrañas (como las proteínas de un virus por ejemplo) y se unen a ellas para facilitar su eliminación. Según la gráfica:

- a) Las exposiciones al virus no producen ninguna reacción del sistema inmunitario.
- b) El sistema inmunitario es más eficaz en la lucha contra el virus tras la segunda exposición.
- c) Las respuestas de sistema inmunitario tras primera exposición y tras la segunda son iguales.



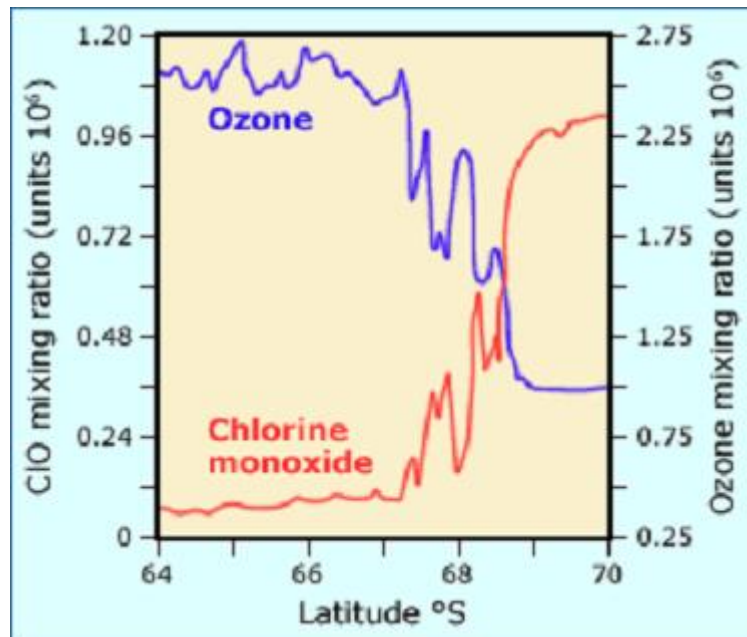
14.- Esta gráfica representa cómo cambia la energía potencial de un objeto con la altura respecto a un punto de referencia. La gráfica muestra que:

- a) La energía potencial es constante ya que la línea es recta.
- b) La energía potencial es independiente de la altura a la que esté el objeto.
- c) La energía potencial es directamente proporcional a la altura.



15.- La gráfica que se muestra a continuación muestra los niveles de ozono y de monóxido de cloro en la estratosfera a diferentes latitudes. Atendiendo a la gráfica podemos decir que:

- a) Si aumenta el monóxido de cloro, disminuye el ozono.
- b) Si aumenta el monóxido de cloro, aumenta el ozono.
- c) Si disminuye el ozono, disminuye el monóxido de cloro.



2.5.3 El póster científico

Este instrumento fue utilizado para tener una referencia del proceso de aprendizaje. Es también una información objetiva que permite comprobar el desempeño de las destrezas científicas por parte de los estudiantes durante la actividad. De él se obtuvo información sobre si los estudiantes determinaban las variables dependiente e independiente correctamente, si hacen referencia al control de variables y si la interpretación de los datos en forma de gráfica es correcta. Esta forma de evaluación complementa al test y es un indicador más fiable sobre el transcurso de la actividad (Stone, E., 2014).

Los alumnos recibieron indicaciones acerca de la forma en que se debe organizar la información en un póster científico y se les proporcionó un ejemplo a modo de guía que figura en el Anexo IV.

A partir de los datos recogidos se realizaron diferentes análisis:

- **Cuestionario de opinión de los estudiantes.**

Se resumió la información sobre las respuestas para cada pregunta mediante un gráfico de barras. Además, se calculó el valor obtenido según la escala de Likert. Esta información se completó analizando cualitativamente las respuestas, destacando los datos más significativos, para evitar posibles errores en la interpretación. Expresar únicamente el dato de la suma obtenida en el cuestionario puede resultar poco claro puesto que diferentes combinaciones de valores pueden dar lugar a puntuaciones idénticas (Bisquerra, R., 2000).

- **Cuestionario de opinión de los profesores.**

En este caso al haber sido solo dos los profesores que contestaron al cuestionario, sus respuestas se resumieron en una tabla en la que se incluye también las respuestas a la pregunta abierta.

- **Test sobre destrezas científicas antes y después de la actividad realizada por los estudiantes.**

Los datos obtenidos mediante los test fueron analizados estadísticamente. Se comprobó si los datos en el test posterior a la actividad fueron significativamente mayores que los del test previo. Para ello se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Se eligió esta prueba no paramétrica por el reducido número de muestra (Canavos, G., 1988). Dado que se contaban con cinco preguntas específicas para cada destreza científica, se procedió a realizar este mismo análisis para cada uno de esos bloques de preguntas con el objetivo de evaluar cada destreza por separado. También se analizaron todos estos datos mediante técnicas de estadística descriptiva, la media y la desviación típica (Canavos, G., 1988). Todos los análisis fueron realizados con un nivel de significación igual a 0,05. Para llevar a cabo todos los análisis así como para la presentación gráfica de los datos el paquete estadístico R (R Core Team, 2013). Por último, para mostrar los resultados del test a un mayor nivel de detalle, se recogió en una tabla el número de estudiantes que respondió acertadamente a cada pregunta en cada test.

- **Póster científico entregado por los estudiantes.**

Para los datos obtenidos de los pósteres se hace una descripción cualitativa del grado de éxito en la puesta en práctica de las destrezas científicas. Además, con intención de aprovechar al máximo la información que proporciona este documento se hace mención a los temas elegidos por los estudiantes a la hora de llevar a cabo su trabajo con NetLogo. Un ejemplo de uno de los póster entregado por uno de los estudiantes de incluye en el Anexo VI.

3. RESULTADOS

Los resultados se muestran y describen según los instrumentos utilizados para su recogida.

3.1 CUESTIONARIO DE OPINIÓN DE LOS ESTUDIANTES

La buena acogida de la actividad en general por parte de los estudiantes puede verse en el gráfico 1. Las puntuaciones máxima y mínima serían 32 y 8 respectivamente. Ningún estudiante obtuvo la calificación máxima pero son puntuaciones altas mayoritariamente. Todas las puntuaciones fueron mayores de 16, lo que indica que todos los estudiantes manifestaron estar de acuerdo con al menos una las ideas propuestas sobre la actividad.

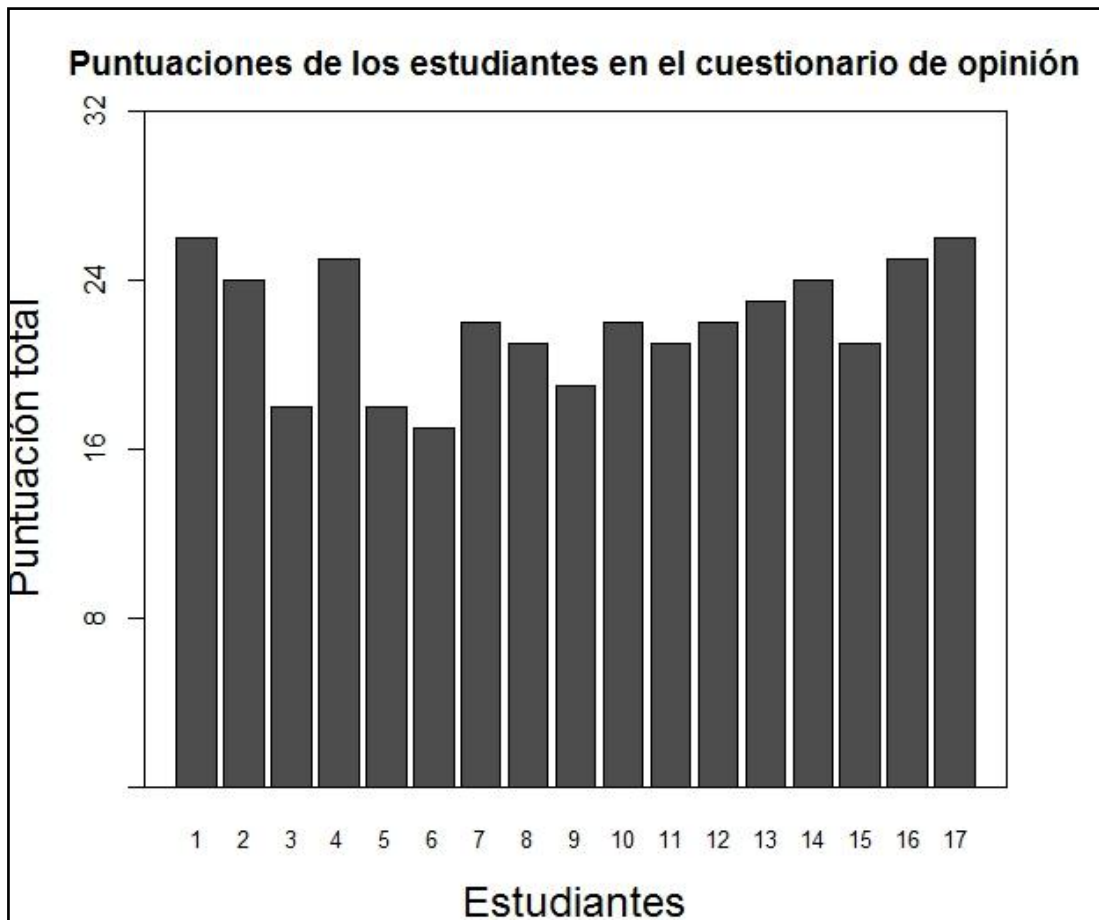


Gráfico 1: Puntuación obtenida por cada estudiantes sumando el total de los valores de los rangos marcados en sus respuestas al cuestionario de opinión de la actividad.

En la Tabla 1 se muestran las respuestas de los estudiantes al cuestionario de opinión, esta información se resume en el gráfico 2. En este gráfico también se puede apreciar que la opinión general sobre la actividad es buena. Esto se manifiesta en que solamente en la cuestión 8, referente al uso de NetLogo para trabajar futuros contenidos de Biología, el número de estudiantes que manifiesta su no conformidad con esta idea es superior al número de los que sí lo hacen. Además, el número de estudiantes que contesta en alguna ocasión estar muy en desacuerdo con alguna frase es bastante menor al número de estudiantes que manifiesta estar muy de acuerdo en alguna de sus respuestas.

Tabla 1: Respuestas de los estudiantes al cuestionario de opinión. Las posibles respuestas van de 1 a 4 siendo 1 muy en desacuerdo y 4, muy de acuerdo. Tamaño de la muestra, n = 17.

Preguntas del cuestionario	Nº estudiantes			
	1	2	3	4
1.- La actividad NamLolwe fue interesante.	0	7	9	1
2.- La actividad NamLowle me sirvió para aprender sobre las redes tróficas.	0	5	7	5
3.- La actividad NamLolwe me sirvió para aprender a reconocer las variables de una investigación	1	4	9	3
4.- Las explicaciones de la actividad eran claras y sabía lo que tenía que ir haciendo.	0	7	7	3
5.- Creo que aprendo más con este tipo de actividades que con las explicaciones en clase.	1	6	8	2
6.-Poder diseñar mi propia investigación y ponerla en práctica con un modelo es interesante.	1	3	10	3
7.-Poder simular los procesos que se dan en el ecosistema de las actividades es motivador.	0	5	9	3
8.- Me gustaría utilizar Netlogo para estudiar otros temas de Biología.	3	6	7	1

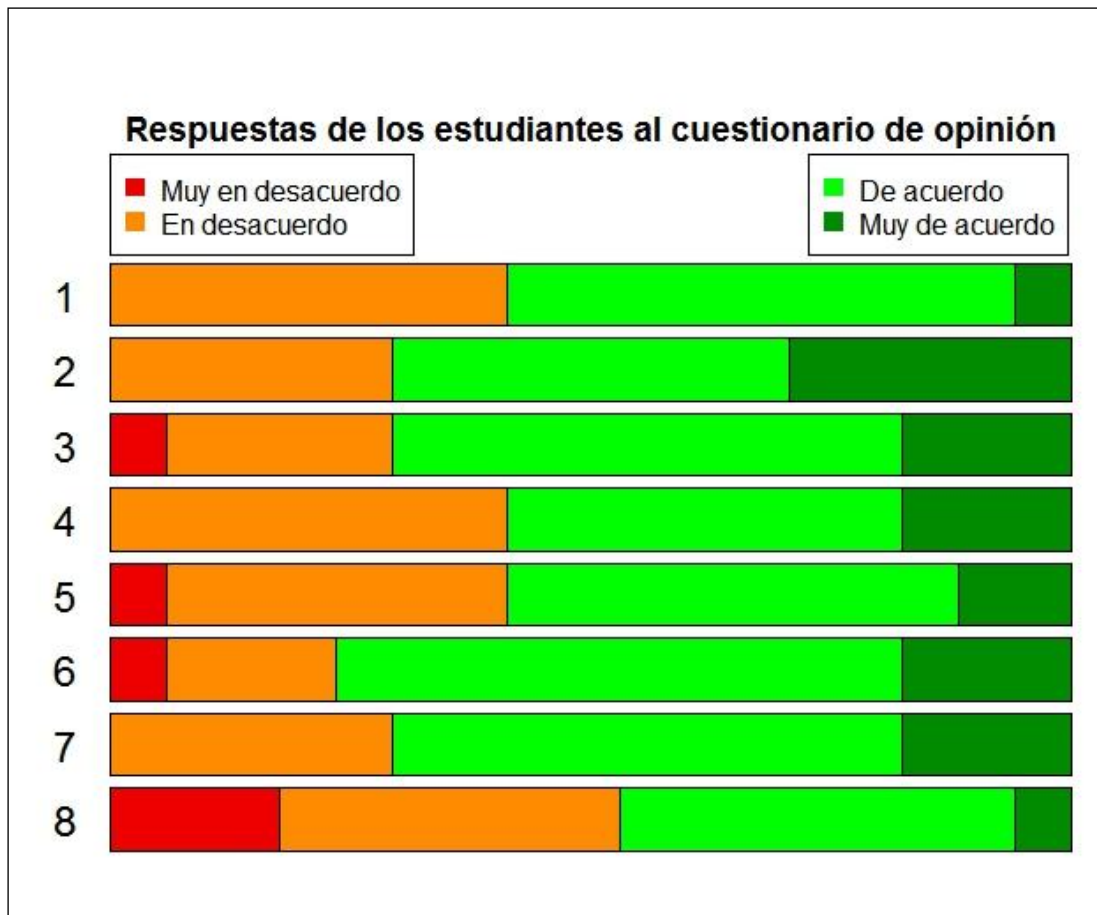


Gráfico 2: Respuestas de los estudiantes a las preguntas del cuestionario de opinión sobre la actividad. Las dimensiones de cada color en cada barra son proporcionales al número de estudiantes que marcó ese rango.

La frase con la que los estudiantes demostraron estar más de acuerdo es la 6, la cual trata sobre la posibilidad de llevar a cabo su propia investigación utilizando un modelo para ello. Esta percepción positiva por parte de los estudiantes acerca de la utilización de un programa de simulación se ve apoyada por el alto grado de conformidad con la frase 7. Sobre esta frase cabe destacar además que ningún estudiante manifestó estar muy en desacuerdo. Por otro lado, se puede observar un nivel de conformidad similar a la frase 7 en las frases 2 y 3. Estas estaban relacionadas, respectivamente, con el aprendizaje de los contenidos teóricos, en este caso las redes tróficas y con el aprendizaje de la destreza científica de identificación de variables. Destaca especialmente el alto grado de conformidad con la frase 2, la cual es la cuestión con mayor número de respuestas para el rango “muy de acuerdo”.

3.2 CUESTIONARIO DE OPINIÓN DE LOS PROFESORES

En la Tabla 2 se muestran las respuestas de los profesores a las preguntas del cuestionario planteado. Las preguntas del cuestionario fueron:

Tabla 2: Respuestas de los profesores al cuestionario de opinión. En la preguntas de la 1 a la 6 las posibles respuestas van de 1 a 4 siendo 1 muy en desacuerdo y 4, muy de acuerdo.

Preguntas del cuestionario	Profesor de Biología y Geología	Profesora de Física y Química
1.- Esta actividad es interesante desde el punto de vista didáctico.	4	4
2.- Utilizar programas de simulación es útil para abordar contenidos científicos porque permiten tratarlos con mayor realismo.	4	4
3.- Es importante que los estudiantes se familiaricen con el uso de programas de simulación.	4	3
4.- Yo utilizaría Netlogo en alguna de mis clases.	3	2
5.- El desarrollo de esta actividad lleva demasiado tiempo como para ponerla en práctica.	2	3
6.- Creo que se podría alcanzar el mismo nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes con métodos que necesiten menos tiempo.	2	3
7.- Escribe alguna ventaja o inconveniente que destacarías de esta actividad:	<ul style="list-style-type: none"> • “Según el tipo de grupo (habilidades y capacidades) la actividad puede durar más o menos tiempo” • “El idioma puede ser un inconveniente.” 	<ul style="list-style-type: none"> • Ventaja: “Se pueden trabajar una gran variedad de procedimientos.” • Inconveniente: “Requiere un tiempo de preparación grande.”

Según estas respuestas se puede decir que los profesores tienen una buena percepción de esta actividad y reconocen en ella un gran potencial en su aplicación docente. No obstante, en el caso de la profesora de Física y Química destaca como un inconveniente la gran cantidad de tiempo que hay que invertir en esta actividad. Frente a esta opinión, el profesor de Biología y Geología manifestó que no es posible alcanzar el nivel de aprendizaje que se obtiene mediante esta actividad con otros métodos. Por otro lado, este mismo profesor indica como un posible inconveniente el idioma ya que el modelo y los botones que deben usarse al modificar los parámetros están en inglés. Por último, es notable que ambos profesores estén de acuerdo en la importancia de que los estudiantes se familiaricen con programas de simulación.

3.3 TEST SOBRE LAS DESTREZAS CIENTÍFICAS

A continuación, se muestran los resultados de los test y pósteres entregados por los estudiantes y que sirvieron para analizar su nivel de desarrollo en las destrezas científicas objeto de estudio, es decir, identificación de variables, control de variables e interpretación de datos en forma de gráfica.

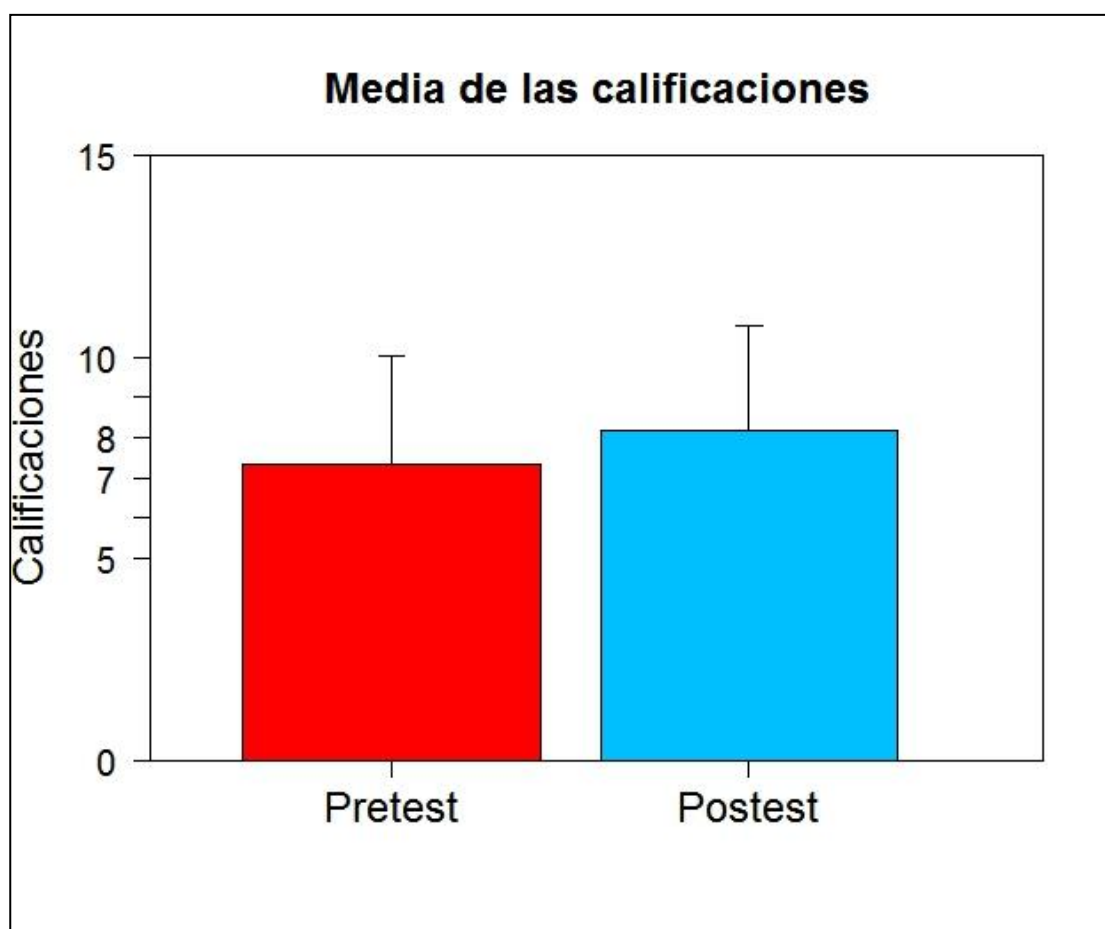


Gráfico 3: Media y desviación típica de las calificaciones obtenidas por los estudiantes en los test antes (Pretest) y después (Posttest) de la actividad.

Como refleja el gráfico 3, la media de las calificaciones obtenidas en el test posterior a la actividad es ligeramente superior a la media del test previo. En concreto, **la media del test posterior fue de 8,18** con una desviación típica de 2,60, mientras que la media del **test previo fue de 7,35** con una desviación típica de 2,69 (hay que recordar que la calificación máxima era de 15). No obstante, tras el análisis de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon no se obtuvieron diferencias significativas entre las calificaciones de ambos test, ni en la calificación total ni en las parciales según las destrezas científicas. Se compararon las calificaciones totales de los test y de cada bloque de preguntas para cada destreza científica con un nivel de significación en todos los análisis de 0,05 (Ver tabla 3).

Tabla 3: Datos obtenidos tras la prueba de rangos con signo de Wilcoxon.

	Estadístico, V	p-valor
Calificaciones totales	44	0,1879
Identificación de variables	63	0,4043
Control de variables	13,5	0,0724
Interpretación de gráficos	40,5	0,3741

Sin embargo, cabe destacar que para la destreza de control de variables se obtuvo un aumento bastante grande, y consecuentemente se observa que el p-valor de ese análisis aunque no llega a ser significativo, se acerca bastante al nivel de significación 0,05. Esta mayor diferencia en las calificaciones correspondientes al control de variables también puede observarse en el gráfico 4 en el que se comparan las medias de las calificaciones por parciales según las destrezas científicas. De este gráfico también se deduce que en las otras destrezas hubo cierto aumento en la media de las calificaciones.

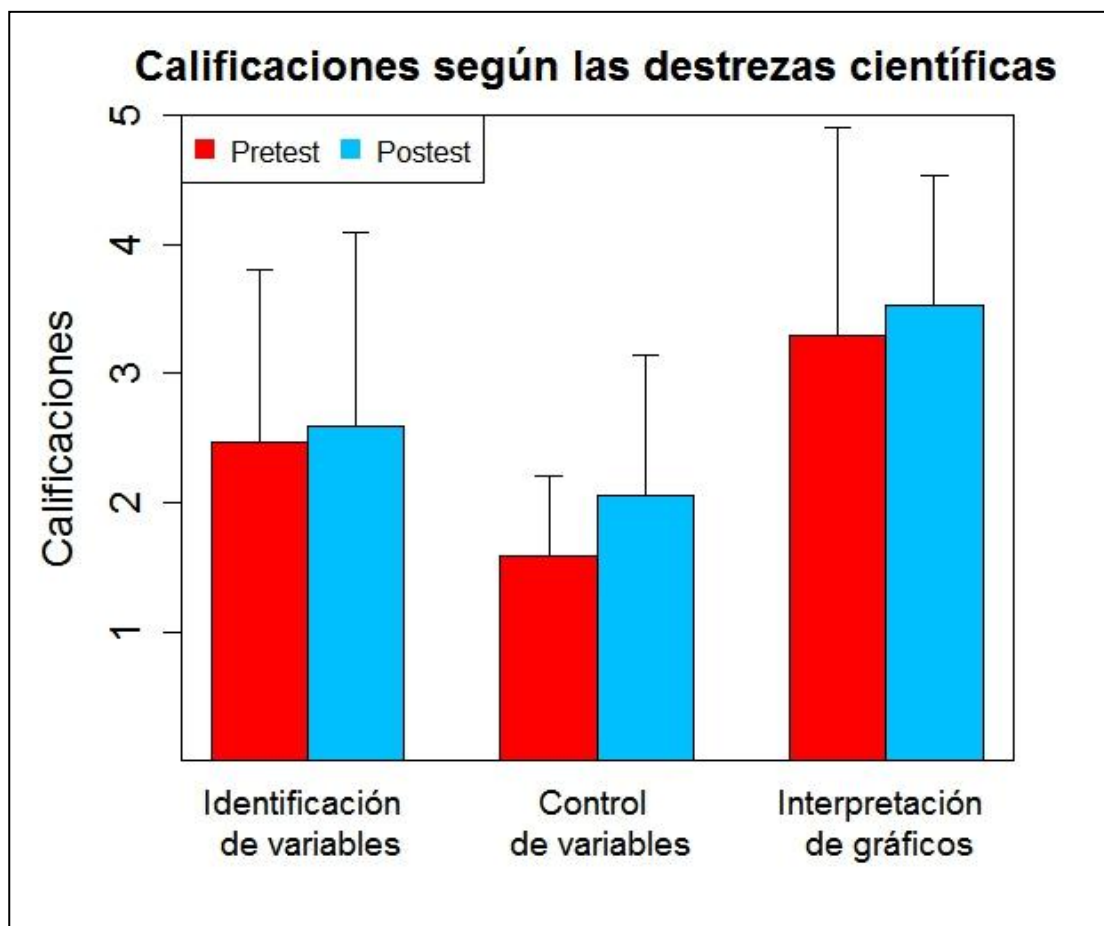


Gráfico 4: Media y desviación típica de las calificaciones obtenidas por los estudiantes en los test antes (Pretest) y después (Postest) de la actividad en cada destreza científica.

Por último, en la tabla 4 se muestran los resultados sobre cada pregunta de los test. Cabe destacar que hubo un aumento en el número de estudiantes que respondió correctamente en todas las preguntas salvo en tres, las cuales fueron la 2, la 8 y la 11. Es también notable que la pregunta 7 fue a la que menos estudiantes contestaron correctamente tanto en el test previo a la actividad como en el posterior. Ningún estudiante contestó acertadamente a esta pregunta en el pretest, sin embargo, dos estudiantes sí contestaron con acierto en el postest. La pregunta 13 fue la que mayor número de estudiantes respondió correctamente en ambos test. Esta fue acertada por todos los estudiantes en el postest, mientras que en el test previo el número de estudiantes que respondió acertadamente fue de trece.

Tabla 4: Número de estudiantes que respondió correctamente a cada pregunta en el Pretest y en el Postest. Número de estudiantes total, n=17.

Número de estudiantes		
Pregunta	Pretest	Postest
Identificación de variables		
1	7	10
2	11	4
3	8	9
4	8	11
5	8	10
Control de variables		
6	4	6
7	0	2
8	12	9
9	6	8
10	5	10
Interpretación de gráficos		
11	12	3
12	9	15
13	13	17
14	12	11
15	10	14

3.4 PÓSTER CIENTÍFICO

En primer lugar se describirá hasta qué punto los estudiantes desempeñaron las destrezas científicas objeto de estudio durante su trabajo con el programa de simulación. Después se pasará a comentar otros aspectos interesantes sobre los que se puede obtener información a partir de esta fuente.

Respecto a la **identificación de variables** cabe destacar que un total de 5 estudiantes cometieron algún error en ese área del total de 17. De esos 5, en 4 de los casos la variable estaba mal determinada, es decir, calificaron como variable independiente y/o de variable dependiente una variable que no era realmente tal para lograr el objetivo propuesto según lo manifestaban. Un ejemplo sería el de un estudiante que habiendo modificado el número inicial de Percas del Nilo en el modelo, indica que la variable independiente es el número de pescadores. Es destacable que en uno de esos casos el error fue cometido por el error al confundir los conceptos de depredador y productor en el ecosistema. El quinto de estos estudiantes cometió el error de denominar como variable independiente la dependiente y viceversa.

En cuanto al **control de variables**, solo uno utilizó el término de variables controladas. No obstante, otros 6 hicieron mención de alguna manera a que solo se modificaron las variables necesarias para cumplir con el objetivo previsto y el resto de parámetros se mantuvieron constantes.

La **interpretación de los datos** obtenidos en las gráficas de NetLogo fue en general buena, la mayoría incluyó alguna descripción de los datos y supo interpretarlos correctamente. Solo 2 estudiantes no incluyeron ningún tipo de descripción sobre sus datos, en cambio otros 2 a pesar de hacerla no realizaron una interpretación correcta.

Atendiendo de manera global a los números para cada destreza, se puede observar que los números de estudiantes que desarrollaron correctamente cada destreza durante la actividad guardan la misma relación que en los datos de los test (ver Gráfico 4 y Tabla 4). Es decir, la interpretación de datos es la destreza que más estudiantes desempeñan correctamente (13), seguida por la identificación de variables (12), mientras que el control de variables (7) queda como la destreza que menos estudiantes desarrollaron con éxito.

Otra destreza científica importante sería el planteamiento de hipótesis. Un total de 7 estudiantes planteó una hipótesis como punto de partida para su trabajo con el programa de simulación. Uno de estos rechazó correctamente su hipótesis mientras que otro no la rechazó aunque los resultados indicaban que su hipótesis era falsa. El resto confirmó que su hipótesis era correcta acertadamente. Otros 3 estudiantes decidieron formular un objetivo en su póster en lugar de una hipótesis. Por último, un estudiante formuló la pregunta que pretendía responder con su proyecto, sin embargo, no la respondió claramente.

Por último, se recogió información sobre los temas escogidos por los estudiantes para llevar a cabo su proyecto. El tema más elegido con diferencia fue el estudio de los pescadores en el ecosistema, el cual fue objeto de estudio para 9 estudiantes. No obstante, este tema fue estudiado de diferentes maneras, ya fuera haciendo funcionar el modelo con pescadores y sin ellos, variando su número o su estrategia de desplazamiento para moverse por el lago. Otro tema relacionado con este fue elegido por 2 estudiantes, quienes modificaron las especies que los pescadores pescaban. En otra línea, 4 estudiantes estudiaron el papel de las percas del Nilo en el ecosistema, ya fuera variando su número inicial o eliminándolas totalmente del ecosistema. Por último, hubo un estudiante que decidió estudiar el efecto que tendría en el ecosistema la ausencia de los productores, en este caso las algas.

4. DISCUSIÓN

4.1 CONSECUCIÓN DE LOS OBJETIVOS

Los dos ejes centrales en esta investigación han sido la aplicación docente de un programa de simulación y el aprendizaje de destrezas científicas. Siguiendo estos dos ejes se formularon dos objetivos diferenciados aunque altamente relacionados en la actividad que se planteó a los estudiantes. En primer lugar se discutirá sobre el primero de los objetivos formulados a la luz de los resultados obtenidos. Este objetivo era:

1. Evaluar el impacto en los estudiantes a nivel motivacional del uso de programas de simulación, en este caso Netlogo, aprovechando sus características para plantear una actividad de un nivel de indagación alto.

En general el uso de TIC en la práctica docente es reconocido como una práctica que motiva a los estudiantes y hace que aumente su atención (Domingo, M. y Marquès, P., 2011). El empleo de programas de simulación en el ámbito académico no está muy extendido (Ginovart, M. *et al.*, 2012), sin embargo, otras plataformas como los videojuegos educativos o *serious games* que podrían ser comparables a aquellos, han demostrado ser una herramienta interesante para los estudiantes (Connolly *et al.*, 2012; Stege, L. *et al.*, 2011). Respecto la actividad que fue planteada, encontramos que la mayoría de estudiantes señaló que había encontrado motivador el hecho de poder realizar simulaciones, lo cual fue preguntado explícitamente en la pregunta 7 del cuestionario de opinión (ver Tabla 1 y Gráfico 2). Además, es destacable que dentro de los que manifestaron que no fue motivador, ninguno marcó la opción de mayor disconformidad. Por tanto, se podría decir que la actividad planteada sigue la línea que se menciona en la bibliografía citada. No obstante, los estudiantes con sus respuestas a la pregunta 8 indicaron en su mayoría que NetLogo no sería una herramienta deseable para abordar otros temas de Biología. Esta misma opinión fue manifestada por la profesora de Física y Química encuestada (ver Tabla 2). Estas opiniones contrastan con las recomendaciones de Ginovart *et al.* (2012), quienes proponen esta plataforma como una buena herramienta pedagógica para implementar IBMs. Es posible que esto fuera debido a que los estudiantes no habían utilizado este programa antes, por lo que no estaban familiarizados con él y a que por el tiempo disponible no les fue mostrado el potencial de este programa al margen del modelo sobre el Lago Victoria.

En efecto, el tiempo destaca como un factor limitante para el uso de estas herramientas. La profesora encuestada así lo manifiesta, lo que concuerda con otras experiencias en la aplicación de las TIC en el ámbito docente (Domingo, M. y Marquès, P., 2011).

Por otro lado, el primer objetivo planteado señala el potencial de los IBM para proponer actividades de un alto nivel de indagación. Esto también lo destacan Ginovart *et al.* (2012). En este sentido, una mayoría clara de los estudiantes manifestó que la actividad planteada era interesante al poder plantear ellos mismos su proyecto de investigación y llevarlo a cabo con el programa (ver Gráfica 2, pregunta 6). Este interés debe ser advertido por los docentes como una oportunidad para captar la atención de los estudiantes y para trabajar diferentes contenidos, valiéndose precisamente del potencial de las TIC para proponer a los estudiantes actividades innovadoras que rompan con la inercia predominante hasta ahora en el uso de las TIC en las aulas. Una inercia que según señalan Área *et al.*, 2010 consiste en la utilización mayoritaria de estos recursos para apoyar las clases expositivas del profesor. A este respecto, es esperanzadora la opinión de los dos profesores a los que se les pidió opinión ya que encontraron la actividad “Nam Lolwe” interesante, señalaron la importancia del aprendizaje en el uso de programas de simulación y valoraron el potencial de estos programas para tratar con realismo los contenidos. Por tanto, parece necesaria la implantación de medidas para superar el obstáculo ya mencionado del tiempo requerido al utilizar estas herramientas. Sin embargo, saber qué tipo de medidas serían necesarias y el análisis de otras posibles causas que frenan la iniciativa de los profesores a la hora de utilizar estos métodos excede los objetivos de este trabajo.

Por último, respecto a la discusión sobre el primer objetivo, cabe añadir una reflexión sobre la opinión global de los estudiantes acerca de la actividad. Según los resultados mostrados en el Gráfico 1 la actividad tuvo un grado de aceptación bueno aunque mejorable. Así, la actividad planteada parece ser una alternativa metodológica útil para motivar a los estudiantes. No obstante, se debería trabajar para hacerla más atractiva para los estudiantes. Puesto que el uso NetLogo fue indicado como poco deseable, se podría intentar emplear una línea de trabajo con él diferente. Una posibilidad que ha demostrado tener resultados positivos es la que describen Alvarado *et al.* (2014), en la que los estudiantes diseñaron y construyeron su propio modelo. Sin embargo, esto requeriría una inversión de tiempo mucho mayor. En el estudio mencionado esta inversión es rentable porque se propone un proyecto colaborativo entre distintas asignaturas de ciencias y NetLogo se señala como una herramienta a utilizar en distintos cursos a los largo de la Educación Secundaria.

A continuación, se aborda la discusión del segundo de los objetivos planteados, el cual fue:

2. Analizar la efectividad de este programa para facilitar la adquisición de destrezas científicas, más concretamente, la identificación y control de variables y la interpretación de datos presentados gráficamente.

Tal y como se puede ver en los Gráficos 3 y 4, los resultados sobre el desempeño de las destrezas científicas fueron ligeramente más altos tras la realización de la actividad, aunque no de manera significativa. Unos resultados similares fueron encontrados por Betancourt Díaz *et al.* (2008), quienes tampoco encontraron un incremento significativo en las calificaciones tras el uso de un software educativo. En cambio hay multitud de ejemplos en que sí se detectó un aumento significativo en las calificaciones, pudiendo atribuir un valor pedagógico a los distintos programas utilizados (Cañizares Millán, M., 2005; Connolly, T. *et al.*, 2012; Huppert, J. *et al.*, 2002; Stege, L. *et al.*, 2011). Por otro lado, Alvarado *et al.* (2014) hacen una descripción cualitativa del desarrollo de habilidades por parte de los estudiantes durante la utilización de NetLogo. Esto complica la comparación con este trabajo ya que aquí el análisis es cuantitativo, pero lleva a pensar que NetLogo es una herramienta pedagógica potencialmente útil.

Lin y Lehman (1999) llevaron a cabo una investigación sobre la destreza científica de control de variables utilizando un programa de simulación. Tampoco encontraron evidencias significativas de la mejora de esta destreza, sin embargo, sí encontraron una mejora significativa en la habilidad de los estudiantes de razonar sus respuestas y las decisiones que tomaban en las simulaciones. En cambio, Huppert *et al.* (2002) sí encontraron una mejora significativa en las destrezas científicas de estudiantes de Biología de secundaria tras el uso de un programa de simulación. A la vista de estos datos, se hace difícil la interpretación de los resultados encontrados para llegar a una conclusión firme sobre la efectividad de NetLogo para facilitar la adquisición de destrezas científicas. No obstante, parece confirmarse su gran potencial como herramienta pedagógica, así como en general la utilización de programas de simulación.

Una evidencia de esta potencialidad se puso de manifiesto al evaluar los pósteres científicos entregados por los estudiantes. En ellos se pudo observar que los estudiantes pusieron en práctica distintas destrezas científicas durante el desarrollo de la actividad. Es cierto que los estudiantes las emplearon con distinto grado de éxito y que no todos los estudiantes emplearon las tres destrezas científicas que se estudian en este trabajo, sin embargo, cabe destacar que pusieron otras destrezas en práctica como el planteamiento de hipótesis (Padilla, M., 1990). Esto quiere decir que el empleo de este programa permitió que los estudiantes pusieran en práctica distintas destrezas científicas, lo cual sería complicado utilizando una metodología tradicional. Así, se confirma en este caso que NetLogo es un ambiente de simulación que permite trabajar distintas destrezas científicas, a pesar de que las para las destrezas de identificación y control de variables e interpretación de datos en forma de gráfica no se obtuviera una mejora significativa.

Por último, atendiendo a los temas escogidos por los estudiantes para llevar a cabo la actividad, se hace visible el poco aprovechamiento por parte de estos de las opciones que ofrecía el modelo. Los estudiantes abordaron un número de temas bastante limitado y distintos estudiantes modificaron los mismos parámetros, dejando muchos de estos sin haber sido estudiados. Esto parece apoyar la idea de que otra línea de trabajo con NetLogo habría sido más positiva, es decir, haber dedicado más tiempo a que los estudiantes utilizaran NetLogo y lo llegaran a conocer más en profundidad para que hubieran podido llegar a aprovechar en más profundidad su potencial. Una vez más el tiempo puede haber sido un factor limitante en el aprovechamiento de la actividad.

4.2 RELACIÓN DE LOS RESULTADOS CON LA DOCENCIA

Los resultados de este trabajo son producto de la puesta en práctica de una actividad en la que se utilizó un recurso TIC innovador y que está poco extendido en el ámbito académico. Por tanto, constituye una experiencia con escasa aplicación previa y que sirve para arrojar luz sobre sus ventajas e inconvenientes de los programas de simulación como herramienta docente. Como se puede ver en los resultados parece que la utilización de NetLogo no hizo que las destrezas científicas de los estudiantes mejoraran significativamente, sin embargo, sí hubo una tendencia de mejora en general y lo que es más importante, se puso de manifiesto que es un ambiente que permite trabajar distintas destrezas científicas.

De hecho, los profesores encuestados manifestaron que es importante que los estudiantes se familiaricen con programas de simulación y valoraron el potencial de esta herramienta para trabajar contenidos de tipo procedimental, los cuales son más difíciles de abordar desde una metodología expositiva.

4.3 LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Las limitaciones de esta investigación y que por tanto condicionan la posible construcción de conclusiones a partir de los resultados obtenidos tienen diversos orígenes. Las más importantes son el número de estudiantes que participó en la investigación y los materiales utilizados para recoger información. El reducido número de estudiantes que participó en el estudio hace que sea difícil extrapolar los resultados a otros grupos de estudiantes. En cuanto a los materiales de recogida de información, hubiera sido deseable haberlos validado, lo que habría aumentado el nivel de fiabilidad de las pruebas que se hicieron.

En efecto, la construcción y validación de pruebas específicas para este tipo de actividades podría ser una de las futuras líneas de investigación. Esta línea sería un importante complemento a la continuación de posibles investigaciones sobre el empleo de programas de simulación como herramienta pedagógica y en concreto de NetLogo. En otro orden de cosas, habría sido interesante preguntar a los estudiantes sobre por qué desearían o no utilizar NetLogo para otros contenidos. Esta posible futura línea de investigación sería interesante puesto que hay experiencias positivas previas con NetLogo (Alvarado, A. *et al.*, 2014) y es una herramienta recomendada (Ginovart, M. *et al.*, 2012). Además de lo visto en esta investigación sobre su potencial pedagógico, parece necesario investigar sobre cómo podemos adaptar esta herramienta a la realidad de nuestras aulas para que funcione lo mejor posible.

5. CONCLUSIONES

- La propuesta de una actividad con un alto grado de indagación utilizando un programa de simulación resultó motivadora para los estudiantes.
- A pesar de que no se produjo un aprendizaje significativo en las destrezas científicas estudiadas, la tendencia observada permite suponer que la posibilidad de manipulación de distintos parámetros que ofrece NetLogo puede facilitar el desarrollo de distintas destrezas científicas.
- El tiempo requerido para realizar actividades como la propuesta parece un inconveniente importante a resolver.
- Un enfoque conjunto desde distintas asignaturas de ciencias, que vieran los programas de simulación y en concreto NetLogo como una herramienta útil, podría permitir que se aprovechara más en profundidad su potencial y que el tiempo invertido se rentabilizara.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aktamis, H. y Ergin, O. (2008). The effect of scientific process skills education on students' scientific creativity, science attitudes and academic achievements. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9 (1). Obtenido de: http://www.ied.edu.hk/apfslt/v9_issue1/aktamis/index.htm#con [Último acceso: 24/4/2015]
- Alvarado, A., Mata, A. y Vargas, E. (2014). Emergencia de ideas matemáticas en secundaria con simulaciones participativas en NetLogo. *Revista AMIUTEM*, 2(1), 88-94. Obtenido de: <http://revista.amiutem.edu.mx/ojs/index.php/relecamiutem/article/view/12> [Último acceso: 10/5/2015]
- Amiel Pérez, J. (2007). Las variables en el método científico. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 73 (3). Obtenido de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000300007 [Último acceso: 24/4/2015]
- Área, M., Cepeda, O. y González, D. (2010). Un análisis de las actividades didácticas con TIC en aulas de Educación Secundaria. *Pixel-Bit*, 38, 187-199. Obtenido de: <http://www.sav.us.es/pixelbit/actual/15.pdf> [Último acceso: 25/4/2015]
- Aydinli, E., Dökme, I., Ünlü, Z., Öztürk, Z., Demir, R., y Benli, E. (2011). Turkish elementary school students' performance on integrated science process skills. *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, 15 ,3469–3475. Obtenido de: www.sciencedirect.com [Último acceso: 25/4/2015]
- Beaudouin, R., Monod, G. & Ginot, V. (2008). Selecting parameters for calibration via sensitivity analysis: An individual-based model of mosquitofish population dynamics. *Ecological Modeling*, 218, 29-48.
- Betancourt Díaz, C. Rodríguez Gómez, J. y Pujol Michelena, R. (2008). Diseño y evaluación de un software educativo para el aprendizaje de la reacciones químicas con el enfoque Ciencia Tecnología y sociedad. *Revista de investigación*, 64, 85-101.
- Bisquerra, R.(2000). *Métodos de investigación educativa : Guía práctica*. Grupo Editorial Ceac.
- Breckling, B., Jopp, F., y Reuter, H. (2011). Backgrounds and Scope of Ecological Modelling: Between Intellectual Adventure and Scientific Routine. Jopp, F., Reuter, H., Breckling, B. (Eds) . *Modelling Complex Ecological Dynamics*. (pp. 3-6). Localización: Springer.
- Breckling, B., Middelhoff, U., y Reuter, H. (2006). Individual-based models as tools for ecological theory and application: Understanding the emergence of organizational properties in ecological systems. *Ecological modeling*, 1 (9),102-113.

- Canavos, G. (1988). *Probabilidad y estadística: Aplicaciones y métodos*. [Edición digital]. Obtenido de: <https://estadisticaunicaes.files.wordpress.com/2012/05/george-c-canavos-probabilidad-y-estadistica-aplicaciones-y-metodos.pdf> [Último acceso: 4/5/2015]
- Cañizares Millán, M. (2005). Una experiencia de utilización de simulaciones informáticas en la enseñanza secundaria. *Educatio*, 23, 141-170.
- Chen, Z. y and Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child development*, 70(5), 1098–1120.
- Connolly, T., Boyle, E., MacArthur, E., Hainey, T., & Boyle, J. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, 59, 661–686. doi: 10.1016/j.compedu.2012.03.004
- Cordón Aranda, R. (2008). Enseñanza y aprendizaje de conocimientos científicos (contenidos procedimentales) en la educación secundaria obligatoria: Análisis de la situación, dificultades y perspectivas (Tesis doctoral, Universidad de Murcia). Obtenido de: <https://digitum.um.es/xmlui/bitstream/10201/3613/1/CordonAranda.pdf> [Último acceso: 25/4/2015]
- Domingo, M. y Marquès, P. (2011). Aulas 2.0 y uso de las TIC en la práctica docente [Classroom 2.0 Experiences and Building on the Use of ICT in Teaching]. *Comunicar*, 37, 169-175. doi: 10.3916/C37-2011-03-09
- Dornhaus, A., Klügl, F., Oechslein, C., Puppe, F., & Chittka, L. (2006). Benefits of recruitment in honey bees: effects of ecology and colony size in an individual-based model. *Behavioral Ecology*, 36, 336-344.
- Feyzioglu, B., Demirdag, B., Akyildiz, M. y Altun, E. (2012). Developing a Science Process Skills Test for Secondary Students: Validity and Reliability study. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 12(3), 1900-1906.
- Ginovart, M., Portell, X., Ferrer-Closas, P. y Blanco, M. (2012). Modelización basada en el individuo: una metodología atractiva para el estudio de biosistemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 30 (2), pp. 93-108. Obtenido de: http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2012m6v30n2/edlc_a2012m6v30n2p93.pdf [último acceso: 25/5/2015]
- Gobierno de España. 2007. Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín oficial del Estado 5 de enero de 2007, núm. 5, pp. 677-773.
- Gobierno de España. 2007. Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. Boletín Oficial del Estado, 6 de noviembre 2007, núm. 266, pp. 45381-45477.

- Huppert, J., Michal Lomask, S. y Lazarowitz, R. (2002). Computer simulations in the high school: Students' cognitive stages, science process skills and academic achievement in microbiology. *International Journal of Science Education*, 24 (8), 803-821. doi: 10.1080/0950069011004915. Obtenido de: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690110049150#.VTTNk5Meoh9> [Último acceso: 23/4/2015]
- Lin, X. y Lehman, J. (1999). Supporting Learning of Variable Control in a Computer-Based Biology Environment: Effects of Prompting College Students to Reflect on Their Own Thinking. *Journal of research in science teaching*, 36 (7), 837-858.
- López García, M. y Morcillo Ortega, J. G. Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. (2007). *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 562-576. Obtenido de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N3.pdf [Último acceso: 23/4/2015]
- Marlantes, A. (2010). Lake Victoria Complex System Study. NetLogo User Community Models. Obtenido de: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/community/Lake%20Victoria%20Complex%20System%20Study> [Último acceso: 15/3/2015]
- Martin, R., Sexton, C., Wagner, K. y Gerlovich, J. (1997). Major elementary science program models: looking back for the source of wisdom. En Martin, R., Sexton, C., Wagner, K. y Gerlovich, J. (Eds), *Science for All Children: Methods for Constructing Understanding*. Obtenido de: http://wps.ablongman.com/wps/media/objects/1513/1550154/CH10.QXD_1.pdf [Último acceso: 24/4/2015]
- Padilla, M. (1990). The Science Process Skills. *Research Matters - to the Science Teacher*, 9004. Obtenido de: <https://www.narst.org/publications/research/skill.cfm> [Último acceso: 20/3/2015]
- R Core Team. (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Obtenido de: <http://www.R-project.org/> [Último acceso: 8/5/2015]
- Shaw, E., McKenzie, D. y Kuehn, C. (1988, Abril). Assessing the skill of variable identification with multiple choice items. Artículo presentado en el encuentro anual de la National Association for Research in Science Teaching, Lake of the Ozarks, Missouri, Estados Unidos de América.
- Stege, L., van Lankveld, G., y Spronck, P. (2011). Teaching High School Physics with a Serious Game. *International Journal of Computer Science in Sport*, 10 (1), 29-39. Obtenido de: <http://ticc.uvt.nl/~pspronck/pubs/StegelJCSS2011.pdf> [Último acceso: 10/4/2015]
- Stone, E. (2014). Guiding Students to Develop an Understanding of Scientific

Inquiry: A Science Skills Approach to Instruction and Assessment. *CBE—Life Sciences Education*, 13, 90–101.

Sukarno, Permanasari, A. y Hamidah, I. (2013). The Profile of Science Process Skill (SPS) Student at Secondary High School (Case Study in Jambi). *International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER)*, 1 (1),79-83.

Wilensky, U. (1999). NetLogo. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL. Obtenido de: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. [Último acceso: 15/3/2015]



Tomada de PPS.

Nam Lolwe

David Almarza Díaz

Tutora: Marta López García

Máster de formación del profesorado. UCM. 2014/2015

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	57
1.1 Nivel y tema	57
1.2 Tiempo previsto	57
1.3 Requisitos conceptuales de los/as estudiantes	57
2. OBJETIVOS	58
3. CONTENIDOS	58
4. COMPETENCIAS BÁSICAS	59
5. GUÍA DE TRABAJO	61
5.1 Diseño de la actividad y Metodología	61
5.2 Recursos	63
5.3 Actividad de los/as estudiantes	63
6. SISTEMA DE EVALUACIÓN	68
6.1 Criterios de evaluación	68
6.2 Instrumento de evaluación	69
6.3 Criterio de calificación	69
7. REFERENCIAS	72
ANEXO II	73

1.INTRODUCCIÓN

1.1 Nivel y tema

Esta actividad está desarrollada para ser trabajada junto con los contenidos que aborden los siguientes epígrafes para la asignatura de Biología y Geología de 4º de E.S.O. según el Decreto 23/2007 que establece el currículum para la E.S.O. en la Comunidad de Madrid (2008):

“Análisis de las interacciones existentes en el ecosistema: Las relaciones tróficas. Ciclo de materia y flujo de energía. Identificación de cadenas y redes tróficas en ecosistemas terrestres y acuáticos. Ciclos biogeoquímicos.”

Estos epígrafes están emplazados dentro del Bloque 4 “La dinámica de los ecosistemas.” .

Más específicamente, esta actividad va dirigida al grupo de 4º de E.S.O del I.E.S. Barrio de Bilbao. Este centro se encuentra en un barrio de nivel socioeconómico medio-bajo, la clase está formada por 17 estudiantes, de los cuales alrededor del 50% son migrantes fundamentalmente de Sudamérica o Centroamérica y 3 son repetidores.

La actividad consistirá en el manejo de un programa informático que permite implementar modelos, en este caso siguiendo un enfoque basado en individuos. El software que se usará es Netlogo (Wilemsky, 1999) ya que su uso es simple y ofrece una versatilidad muy amplia. En concreto se usará un modelo que simula el ecosistema del Lago Victoria. Este ejemplo permitirá trabajar los conceptos asociados a las relaciones tróficas, así como otros tipos de relaciones, a la vez que se analiza el problema ambiental de la sobrepesca y sus implicaciones sociales. Por otro lado, ya que para su desarrollo se usará el programa informático antes mencionado, esta actividad es una oportunidad para mostrar a los/as estudiantes el potencial de las nuevas tecnologías y más específicamente, la implementación de modelos mediante programas informáticos como herramienta científica y para estudiar la realidad.

1.2 Tiempo previsto

El tiempo previsto para trabajar esta actividad son 2 sesiones. Al acabar la primera, los/as estudiantes deberán entregar la primera parte de la actividad (ver 5.1 Diseño de la actividad y Metodología). La segunda parte de la actividad podrá ser entregada en la clase siguiente a la 2ª sesión. Al inicio de la 2ª sesión se deberá explicar a los estudiantes como hacer el informe científico que deberán entregar y se les explicarán los criterios de calificación del mismo (ver 6.3 Criterios de calificación)

1.3 Requisitos conceptuales de los/as estudiantes

Los/as estudiantes deberán conocer el concepto de ecosistema y tipos de relaciones que se dan en él entre las especies que los componen. Es necesario que estén familiarizados con el concepto

de cadena trófica, depredación, y los distintos niveles dentro de las redes tróficas. En este sentido la actividad no sirve para explicar dichos conceptos si no que sirve para trabajarlos.

2.OBJETIVOS

Los objetivos de esta actividad se deducen de los objetivos planteados para la asignatura de Biología y Geología en el Decreto 23/2007 (Gobierno de España, 2007). Los objetivos pueden formularse en torno a tres dimensiones conceptual (C), procedimental (P) y actitudinal (A).

1. Comprender el funcionamiento de un ecosistema lacustre, interpretando algunas de las posibles relaciones entre los integrantes de dicho ecosistema. (C)
 - 1.1 Identificar los distintos ciclos de materia y flujos de energía que se establecen en un ecosistema lacustre. (P y C)
2. Conocer los impactos derivados de la explotación de los recursos pesqueros y considerar diversas medidas de prevención y corrección. (C y A)
3. Desarrollar destrezas científicas utilizando para ello herramientas de modelización que permitan llevar a cabo una investigación sobre un ecosistema lacustre, obteniendo datos para sacar conclusiones al respecto y plasmarlas en un póster científico. (P)
4. Desarrollar habilidades de trabajo en equipo y tomar conciencia de la importancia del trabajo en equipo en investigación. (A)

3.CONTENIDOS

1. Relaciones entre los organismos de un ecosistema lacustre.
 - 1.1 Identificación e los ciclos de materia y flujos de energía que se establecen en un ecosistema lacustre.
 - 1.2 Representación gráfica e interpretación de las relaciones tróficas del ecosistema. Biomasa y producción biológica.
2. Medidas para la prevención del agotamiento de un recurso natural renovable como la pesca.
 - 2.1 Concienciación de la problemática que supone la sobrepesca.
3. Investigación en un ecosistema lacustre utilizando un software de modelización que permite la obtención de datos. Elaboración de un póster científico.
4. Trabajo en equipo

4. COMPETENCIAS BÁSICAS

Las competencias básicas que se promueven en esta actividad han sido tomadas de las competencias básicas identificadas según el Real Decreto 1631/2006.

1. Competencia en comunicación lingüística.
2. Competencia matemática.
3. Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.
4. Tratamiento de la información y competencia digital.
5. Competencia social y ciudadana.
6. Competencia para aprender a aprender.

En la Tabla 1 se relacionan estas competencias básicas con los Objetivos y los Contenidos y en la Tabla 2 (ver sección 5.1 Diseño de la actividad y Metodología) se especifica cómo se trabaja cada competencia en cada una de las partes de la actividad.

Tabla 1. Relación de las Competencias básicas con los Objetivos y Contenidos de esta actividad. Los objetivos pueden formularse en torno a tres dimensiones conceptual (C), procedimental (P) y actitudinal (A).

Objetivos	Contenidos	Competencias básicas					
		1	2	3	4	5	6
<p>1. Comprender el funcionamiento de un ecosistema lacustre, interpretando algunas de las posibles relaciones entre los integrantes de dicho ecosistema. (C)</p> <p>1.1 Identificar los distintos ciclos de materia y flujos de energía que se establecen en un ecosistema lacustre. (P y C)</p>	<p>1. Relaciones tróficas entre los organismos de un ecosistema lacustre.</p> <p>1.1 Identificación los distintos ciclos de materia y flujos de energía que se establecen en un ecosistema lacustre.</p> <p>1.2 Representación gráfica e interpretación de las relaciones tróficas del ecosistema. Biomasa y producción biológica. Flujo de energía dentro del ecosistema.</p>	X	X	X	X	X	X
<p>2. Conocer los impactos derivados de la explotación de los recursos pesqueros y considerar diversas medidas de prevención y corrección. (C y A)</p>	<p>2. Medidas para la prevención del agotamiento de un recurso natural renovable como la pesca.</p> <p>2.1 Concienciación de la problemática que supone la sobrepesca.</p>			X		X	
<p>3. Desarrollar destrezas científicas utilizando para ello herramientas de modelización que permitan llevar a cabo una investigación sobre un ecosistema lacustre, obteniendo datos para sacar conclusiones al respecto y plasmarlas en un póster científico. (P)</p>	<p>3. Investigación en un ecosistema lacustre utilizando un software de modelización que permite la obtención de datos. Elaboración de un póster científico.</p>	X	X	X	X	X	X
<p>4. Desarrollar habilidades de trabajo en equipo y tomar conciencia de la importancia del trabajo en equipo en investigación. (A)</p>	<p>4. Trabajo en equipo</p>					X	X

5. GUÍA DE TRABAJO

5.1 Diseño de la actividad y Metodología

Esta actividad puede dividirse en dos partes según las tareas que serán encargadas a los/as estudiantes. En la Tabla 2 se indica cómo se desarrolla cada una de las Competencias Básicas en cada parte. En primer lugar los/as estudiantes deberán contestar una serie de preguntas que servirán para asentar unos contenidos básicos a la vez que permitirán que el alumno/a se familiarice con el software. A continuación, los/as estudiantes tendrán que seguir el proceso científico de investigación y elaborar un informe con estructura de artículo científico explicando su trabajo. La realización de ambas tareas será en equipos de 3 integrantes. Así, en la segunda parte de la actividad, cada equipo deberá plantear una pregunta y su hipótesis. Entonces tendrán que modificar los parámetros pertinentes en el modelo e interpretar los resultados obtenidos para sacar sus propias conclusiones y explicar razonadamente si queda respondida su pregunta y si su hipótesis era cierta.

La división de la actividad en dos fases permite que esta sea flexible y así pueda adaptarse al ritmo de aprendizaje de cada estudiante. Además, como los equipos tienen libertad para plantear las preguntas que ellos/as elijan, se consigue una actividad que admite una gran variedad de grados de dificultad en su ejecución y que serán, precisamente, determinados por los propios estudiantes. Así, los/as estudiantes pueden limitarse a plantear una pregunta sencilla o profundizar e incluso ampliar el modelo para contestar preguntas más complejas.

Por otra parte, el trabajo en equipo es otro eje principal en esta actividad y debe servir para que los/a estudiantes comprendan que hoy en día las tareas de investigación se desarrollan en equipo y que cada integrante puede aportar ideas que contribuyan al conocimiento común. No obstante, el papel del profesor/a en este punto es clave ya que deberá detectar y mediar en los posibles conflictos que puedan surgir. En caso de que aparezca algún problema, tendrá que propiciar que todos/as los/as integrantes del equipo puedan expresar sus ideas y promover que sean valoradas por el resto del equipo.

Tabla 2. Relación especificación de las Competencias básica para las preguntas planteadas en la actividad. Las preguntas se detallan en el apartado 5.3 Actividad de los/as estudiantes.

Producto	Competencias básicas		
	1	2	3
Partes 1 : Preguntas	En las preguntas se trabajan los conceptos sobre las relaciones tróficas y sobre la explotación de recursos. La adquisición de un léxico apropiado y su empleo por escrito desarrolla la capacidad de los/as estudiantes para expresarse correctamente en un contexto científico.	Para contestar las preguntas es necesario que los/as estudiantes analicen e interpreten datos en forma de gráfico, e incluso que comparen entre distintas gráficas lo que desarrolla su capacidad de procesar información.	En esta actividad se hace trabajar al estudiante sobre el funcionamiento de los ecosistemas y las relaciones entre sus distintas partes, esto le ofrece un conocimiento del mundo más completo. Por otro, lado al acercarse a un problema como es la sobreexplotación de recursos, el/la estudiante está mejor capacitado a la hora de decidir cómo establece relaciones en su vida y que hábitos decide tener.
Parte 2: Póster científico	La elaboración del póster hace que los/as estudiantes trabajen la comunicación escrita, así como que ayuda a que manejen la terminología científica de manera fluida.	En el póster deberán apoyarse en datos presentados en forma de tabla o gráfica para plantear sus argumentos razonadamente.	El trabajo de investigación fomenta en el/la estudiante capacidades para predecir las consecuencias de sus actos, para analizarlas adecuadamente y para relacionarlas con una dimensión colectiva.
Producto	Competencias básicas		
	4	5	6
Partes 1 : Preguntas	En esta actividad se guía a los estudiantes para que escruten la información dada y en el proceso de elaborar conclusiones. Además, se le acerca la implementación de modelos mediante un programa informático lo que aumenta sus capacidades a la hora de obtener información de diversas fuentes.	La toma de conciencia sobre problemas ambientales como la sobreexplotación pesquera y el conocimiento de medidas de prevención y/o alternativas dotan a los estudiantes de una mayor capacidad a la hora de entender problemas sociales.	El acercamiento de un enfoque como la modelización en la representación de la realidad, así como el uso de herramientas informáticas, hace que los/as estudiantes puedan conocerse mejor lo que les ayudará a potenciar aquellas áreas en las que necesitan para un posterior aprendizaje autónomo.
Parte 2: Póster científico	En esta actividad se desarrolla muy específicamente el tratamiento de información para construir conocimiento y plasmarlo adecuadamente de manera escrita.	El desarrollo de un trabajo colaborativo potencia las habilidades de los/as estudiantes para ser capaces de llevar a cabo tareas conjuntamente, respetando el trabajo de otras personas.	Con esta tarea se pone en práctica el afrontamiento de problemas y la adquisición de información para contestarlas, así como una metodología concreta de resolución de problemas.

5.2 Recursos

Se necesitará un aula de informática disponible durante dos sesiones y con un número de ordenadores suficiente para que los/as estudiantes puedan trabajar en equipos de 3. Sería muy recomendable que alguna de las versiones 5.x de NetLogo estuviera instalada en los ordenadores de antemano. Este programa es gratuito y de código abierto (Wilemsky, 1999). Puede descargarse en este link: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/download.shtml>.

Así mismo, los/as estudiantes deberán descargarse el modelo Lake Victoria Complex System Study (Marlantes, A., 2010): disponible en este link:
<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/community/Lake%20Victoria%20Complex%20System%20Study>

Por otro lado se necesitarán fotocopias para cada equipo de la actividad propuesta en el apartado 5.4 Actividad de los/as estudiantes, así como de la guía básica de NetLogo que se adjunta en el Anexo (ver Anexo II).

5.3 Actividad de los/as estudiantes

En las páginas siguientes se muestra el documento que debe ser presentado a los/as estudiantes. En él se plantea la actividad, se explican las tareas que deberá hacer cada equipo y los productos que deberán entregar al profesor/a para ser evaluado.

Nam Lolwe

Escenario

Nam Lolwe es el nombre que dan al lago Victoria las personas de la etnia Lou. Estas personas viven en África central, en el oeste de Kenia, este de Uganda y norte de Tanzania. Este lago es el más extenso de África y muchos grupo étnicos viven en sus inmediaciones y explotan sus recursos (Mallory y Chandler, 1999; ver Imagen 1).

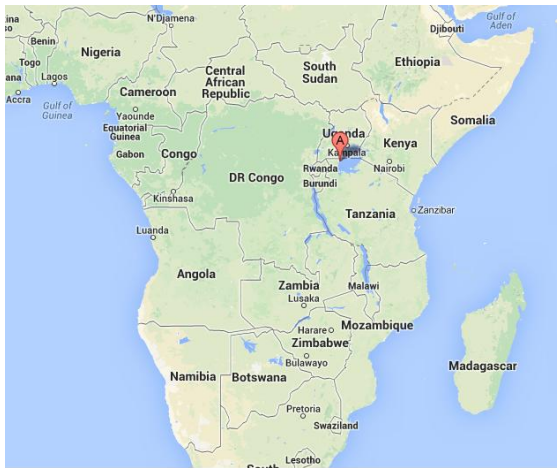


Imagen 1. Ubicación del Lago Victoria. Adaptado de Woolman, 2013.

En este lago la biomasa de peces estaba constituida en un 80% por un tipo de peces típicos de este lago, los cíclidos. Sin embargo, los pescadores locales decidieron introducir un pez más grande y más rentable para venderlos en el mercado. El pez introducido fue la perca del Nilo que es carnívoro y comenzó a alimentarse de los cíclidos y de otros peces. Los expertos pensaron que el ecosistema colapsaría ya que la especie introducida acabaría con los cíclidos, sin embargo esto no sucedió.

En esta actividad vamos a trabajar con un modelo muy sencillo sobre las relaciones tróficas en el lago Victoria, que intenta descubrir por qué no se cumplió la predicción de los expertos. Un modelo es una representación de la realidad, puede ser representado a través de diferentes formas como dibujos, esquemas, descripción por escrito...etc, y pueden ser implementados (puestos en funcionamiento) mediante un programa de ordenador. Vais a trabajar por equipos utilizando el programa NetLogo, haciendo funcionar este modelo. NetLogo es un programa que permite implementar modelos basados en individuos. Estos modelos se caracterizan porque cada individuo representado en el modelo tiene unos valores propios para los parámetros que se incluyen en el modelo (Breckling, B. *et al.* 2011). Esto quiere decir que en el modelo vais a ver distintos tipos de peces, sin embargo, igual que sucede en la realidad no todos los peces de una especie son exactamente iguales. En este modelo, cada pez tendrá un nivel de energía diferente.

Tendréis que familiarizaros con el modelo y el programa para realizar las diferentes tareas que se plantean a continuación. La duración de esta actividad es de 3 días en los que trabajareis con los ordenadores.

Tarea

Integrantes del equipo:

En esta actividad tendréis que cumplir **dos objetivos**, en primer lugar debéis contestar a las preguntas siguientes, para ello es imprescindible leer la **guía básica de NetLogo** que también se os entrega, especialmente el apartado 2. Descripción del modelo. Cuando hayáis acabado esta tarea, tendréis que plantear una investigación científica que explicareis en un póster. Tenéis que plantear una pregunta y una hipótesis para contestarla, entonces, usaréis el programa para, modificando los parámetros oportunos, contrastar vuestra hipótesis. Antes de comenzar leed también el apartado Producto.

1. Dibujad un esquema representando la cadena trófica que se da en el modelo.

2. ¿Qué especie actúa como productor primario en el modelo?

3. Presiona ahora los botones setup y go en NetLogo, debéis hacerlo siempre en este orden para que el modelo se resetee y luego comience a funcionar. Realizad esto varias veces y observad los resultados finales pueden variar de una vez a otra. Como en la realidad, cuando diferentes individuos interaccionan entre sí, pueden dar lugar a relaciones muy complejas en las que el azar también juega un papel importante. Sin embargo, siempre se observan unas tendencias generales para cada especie. Explica brevemente como cambia la distribución de especies a lo largo del tiempo.

4. Explicad brevemente porqué creéis que aumenta el número de “*Otros peces*”. Usad el concepto de nicho ecológico en vuestra explicación.

5. La sobrepesca y el agotamiento de los caladeros es un problema ambiental a escala mundial. Con este modelo podemos poner en práctica algunas ideas sobre este tema. Podría pensarse que si aumentamos el número de pescadores podremos obtener más peces. Cambia el número inicial de pescadores a 6, pon el botón troll en off y random en On. Haz que funcione así el modelo al menos tres veces. ¿Cuál es la tendencia? ¿Obtienes más energía total los pescadores si son 6 en vez de 4? ¿Qué pasa con la energía que obtiene cada pescador?

6. El consumo de especies que son consumidores de segundo orden o tercer orden es menos eficiente energéticamente ya que solo una pequeña parte de la energía se transmite de un nivel trófico a otro. Activad ahora el botón catch-other-fish y vuelve establecer a 4 el número de pescadores, pon a funcionar el modelo. ¿Qué medida os parece más acertada para aumentar la cantidad de pesca obtenida, ampliar el número de especies que pescamos o aumentar el número de barcos? Razonad vuestra respuesta.

Producto

Para esta actividad debéis entregar 2 productos. El primer producto consistirá en la hoja de las Tareas con las preguntas respondidas, esto debe entregarse al profesor al finalizar la primera sesión y lo podéis hacer por parejas. Después de acabar la primera tarea comenzareis la segunda. Podréis trabajar en ella con los ordenadores también en la próxima sesión. El segundo producto, el cual debéis entregarlo en la tercera sesión, consiste en elaborar un póster científico. El póster debe constar de los siguientes apartados y la extensión máxima es de 4 páginas:

Introducción: en este apartado no pueden faltar la pregunta y la hipótesis

Métodos: explicáis que habéis usado un modelo implementado en NetLogo para contestar la pregunta.

Resultados: mostráis los resultados obtenidos más destacables. Debéis referiros en el texto a las figuras o imágenes que pongáis. (Ver en el *Escenario* cómo se hace mención a la Imagen 1)

Conclusiones: debéis razonar si la pregunta queda respondida y si vuestra hipótesis era cierta o no.

Referencias: es una lista por orden alfabético con las citas a los materiales que hayáis usado para hacer el trabajo. En el *Escenario* podéis ver que hago referencia a un artículo al explicar qué es un modelo (Breckling *et al.* 2011). Esta cita debe aparecer así en el texto ya que hace referencia un artículo, y en Referencias se debe citar de la siguiente manera:

Breckling, B., Jopp, F., y Reuter, H. (2011). Backgrounds and Scope of Ecological Modelling: Between Intellectual Adventure and Scientific Routine. Jopp, F., Reuter, H., Breckling, B. (Eds) . Modelling Complex Ecological Dynamics. (pp. 3-6). Localización: Springer.

Si observáis, se pone los apellidos del autor o autores, el año de publicación, el título del libro, la editorial, y los capítulos consultados. Si citáis páginas web debéis hacerlo así: también hay que poner el autor o el nombre de una entidad, el nombre de lo que consultáis y la fecha de cuando lo hacéis:

Woolman, T. 2013. An Analysis of Hydrological Changes in Northwestern Lake Victoria, Tanzania. Emporia State University. Accedido 07/12/2014:

<http://academic.emporia.edu/aberjame/student/woolman3/index.htm>

En las referencias no debe aparecer ningún recurso que no citéis en el texto y todos los recursos que mencionéis en el texto deberán aparecer en las Referencias.

En el póster se valorará que relacionéis vuestras conclusiones con temas como explotación de recursos naturales pesqueros, desarrollo sostenible, problemática de la sobreexplotación de los recursos pesqueros y medidas de prevención a estos problemas

6. SISTEMA DE EVALUACIÓN

6.1 Criterios de evaluación

En la Tabla 3 se relacionan los Criterios de evaluación con los objetivos y Contenidos.

Tabla 3. Relación de los Criterios de evaluación con los Objetivos y los Contenidos.

Objetivos	Contenidos	Criterios de evaluación
<p>1. Comprender el funcionamiento de un ecosistema lacustre, interpretando algunas de las posibles relaciones entre los integrantes de dicho ecosistema. (C)</p> <p>1.1 Identificar los distintos ciclos de materia y flujos de energía e información que se establecen en un ecosistema lacustre. (P y C)</p>	<p>1. Relaciones tróficas entre los organismos de un ecosistema lacustre.</p> <p>1.1 Identificación los distintos ciclos de materia y flujos de energía e información que se establecen en un ecosistema lacustre.</p> <p>1.2 Representación gráfica e interpretación de las relaciones tróficas del ecosistema. Biomasa y producción biológica. Flujo de energía dentro del ecosistema.</p>	<p>1. Sabe identificar los distintos organismos según el nivel trófico en que se encuentren.</p> <p>1.1 Es capaz de elaborar un diagrama representando los flujos de energía y ciclos de materia de un ecosistema propuesto.</p>
<p>2. Conocer los impactos derivados de la explotación de los recursos pesqueros y considerar diversas medidas de prevención y corrección. (C y A)</p>	<p>2. Medidas para la prevención del agotamiento de un recurso natural renovable como la pesca.</p> <p>2.1 Concienciación de la problemática que supone la sobrepesca.</p>	<p>3. Reconoce la sobreexplotación pesquera como un problema a ambiental y valora la eficacia de distintas medidas para solucionarlo.</p>
<p>3. Desarrollar destrezas científicas utilizando para ello herramientas de modelización que permitan llevar a cabo una investigación sobre un ecosistema lacustre, obteniendo datos para sacar conclusiones al respecto y plasmarlas en un póster científico. (P)</p>	<p>3. Investigación en un ecosistema lacustre utilizando un software de modelización que permite la obtención de datos. Elaboración de un póster científico.</p>	<p>3. Es capaz de aplicar destrezas científicas básicas, plantear un problema, su hipótesis, determinar las variables a controlar e interpretar los resultados obtenidos para formular conclusiones.</p>
<p>4. Desarrollar habilidades de trabajo en equipo y tomar conciencia de la importancia del trabajo en equipo en investigación. (A)</p>	<p>4. Trabajo en equipo</p>	<p>4. Es capaz de mantener una relación buena con los/as compañero/as de equipo para llevar a cabo el trabajo.</p>

6.2 Instrumento de evaluación

Los instrumentos de evaluación serán las dos partes del producto que deberán entregar los/as estudiantes al profesor/a, es decir, las preguntas y el póster científico.

6.3 Criterio de calificación

El máximo de puntuación máxima de cada una de las partes será 10 puntos. El valor para la calificación final de la parte de las preguntas es el 40% mientras que el póster científico supondrá el 60%. El Criterio de evaluación 5.1, referente la capacidad de los/as estudiantes para el trabajo en equipo será evaluado y calificado mediante las observaciones del profesor/a durante las dos sesiones que dure la actividad. Debido a la dificultad de calificar esto, solo se penalizará a aquellos equipos en que se observen conductas que hagan que no todos los integrantes del equipo participen en el desarrollo de la actividad de alguna manera. La penalización supone que dicho equipo no podrá obtener más de 6 puntos en la calificación del informe científico.

Preguntas:

1. Dibujad un esquema representando la cadena trófica que se da en el modelo. (1 punto)

Los/as estudiantes para obtener el punto completo deberán establecer correctamente 4 niveles tróficos. Si establecen 3, situando a los pescadores y a la perca del Nilo en el mismo nivel ser calificará con medio punto. Cualquier otra respuesta será calificada con 0 puntos. No es necesario que escriban el nombre de cada nivel trófico.

2. ¿Qué especie actúa como productor primario en el modelo? (0,5 puntos)

Se debe identificar a las algas como los productores primarios, si es así se dará la puntuación completa, si no es así no se sumará ningún punto.

3. Presiona ahora los botones setup y go en NetLogo, debéis hacerlo siempre en este orden para que el modelo se resetee y luego comience a funcionar. Realizad esto varias veces y observad los resultados finales pueden variar de una vez a otra. Como en la realidad, cuando diferentes individuos interactúan entre sí, pueden dar lugar a relaciones muy complejas en las que el azar también juega un papel importante. Sin embargo, siempre se observan unas tendencias generales para cada especie. Explica brevemente como cambia la distribución de especies a lo largo del tiempo. (1 punto)

Se calificará con 0,5 puntos si se indica claramente que la población de cíclidos descende mientras que las de otros peces y la de la perca del Nilo aumenta. Se puntuará con 0,5 más si se describe detalladamente la gráfica identificando diferentes fases en la evolución de cada población.

4. Explicad brevemente porqué creéis que aumenta el número de “*Otros peces*”. Usad el concepto de nicho ecológico en vuestra explicación. (1,5 puntos)

Se calificará con la máxima puntuación si explican que los otros peces al ocupar el mismo nicho ecológico que los cíclidos, aumentan su población cuando la de los cíclidos desciende ya que desciende la competencia. Si no incorporan el concepto de competencia la puntuación máxima será de un punto. Si no incorporan el concepto de nicho ecológico no se sumará ningún punto.

5. La sobrepesca y el agotamiento de los caladeros es un problema ambiental a escala mundial. Con este modelo podemos poner en práctica algunas ideas sobre este tema. Podría pensarse que si aumentamos el número de pescadores podremos obtener más peces. Cambia el número inicial de pescadores a 6, pon el botón troll en off y random en On. Haz que funcione así el modelo al menos tres veces. ¿Cuál es la tendencia? ¿Obtienen más energía total los pescadores si son 6 en vez de 4? ¿Qué pasa con la energía que obtiene cada pescador? (2 puntos)

Se sumarán 0,5 puntos por identificar que se aumenta la cantidad total de energía obtenida al aumentar el número de pescadores. Se calificará con 1,5 punto más si los/as estudiantes apuntan que la cantidad de energía obtenida por cada pescador es menor que cuando hay menos pescadores.

6. El consumo de especies que son consumidores de segundo orden o tercer orden es menos eficiente energéticamente ya que solo una pequeña parte de la energía se transmite de un nivel trófico a otro. Activad ahora el botón catch-other-fish y vuelve establecer a 4 el número de pescadores, pon a funcionar el modelo. ¿Qué medida os parece más acertada para aumentar la cantidad de pesca obtenida, ampliar el número de especies que pescamos o aumentar el número de barcos? Razonad vuestra respuesta. (2 puntos)

Se calificará con 1 punto si identifican la medida de aumentar el número de especies que se pescan como más acertada. Se obtendrá hasta 1 punto más por el razonamiento. Aquí deberán señalar los/as estudiantes que tanto la cantidad de energía total obtenida por parte de los pescadores como la obtenida por cada pescador es mayor que si solo se pesca una especie, incluso aumentando el número de pescadores.

La nota obtenida en este apartado, la cual es sobre 8 puntos, será transformada a escala de 1-10.

Póster científico:

Los/as estudiantes sumarán 5 puntos si incluyen en el informe todo los apartados requeridos y si en cada apartado se ha incluido el contenido apropiado. Se descontará 0,25 por cada elemento ubicado en un apartado incorrecto, salvo la pregunta y las hipótesis que se restaría 1 punto.

Introducción: (1 punto) si faltan la pregunta y/o las hipótesis no se sumará ningún punto. Se sumará 0,25 si hacen una breve contextualización de la pregunta planteada y 0,75 si la pregunta y las hipótesis están planteadas correctamente y explican por qué las plantean. Se sumará 0,25 si emplean una cita o más en la contextualización

Métodos: (0,5 puntos) se sumarán 0,25 puntos si se explica que se utiliza NetLogo para llevar a cabo la investigación y se indica alguna razón de por qué como que nos permite simular muchos escenarios que no podríamos plantear en la realidad o que es barato y rápido. Se calificará con 0,25 más si indican los cambios fundamentales hechos al modelo necesarios para su investigación. Se sumará 0,25 puntos más si se incluye una cita o más al hablar de NetLogo.

Resultados: (1 punto) se otorgarán 0,5 puntos si los estudiantes incluyen al menos dos tablas y/o gráficas comparando la situación control inicial con los resultados obtenidos al modificarla. Se darán 0,25 puntos más si incluyen un breve texto descriptivo de los resultados. Se sumarán 0,25 puntos más si mencionan las figuras en el texto descriptivo.

Conclusiones: (1,5 puntos) Se otorgará 0,75 puntos si los/as estudiantes explican razonadamente si se cumple su hipótesis a la luz de los resultados e indican por qué. Se puntuará con 0,75 más el que los/as estudiantes hagan una reflexión relacionando su investigación y el problema de la sobrepesca y que propongan medidas de prevención.

Referencias: (1 punto) 0,75 serán por citar en el texto adecuadamente. En cada apartado se indica cuanto se dará por citar en cada caso. Por otro lado, se calificará con 0,25 puntos más si las citas están en orden alfabético y siguiendo los ejemplos dados. Se restará 0,1 puntos por cada cita no hecha de la manera indicada y si faltan o sobran citas. Si hay errores en algún punto, coma, etc no se restará puntuación.

7. REFERENCIAS

Breckling, B., Jopp, F., y Reuter, H. (2011). Backgrounds and Scope of Ecological Modelling: Between Intellectual Adventure and Scientific Routine. Jopp, F., Reuter, H., y Breckling, B. (Eds). *Modelling Complex Ecological Dynamics*. (pp. 3-6). Localización: Springer.

Comunidad de Madrid. (2008). Decreto 67/2007, de 10 junio, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial Comunidad Madrid*, 27 de junio de 2008.

Gobierno de España. (2007). Real Decreto- 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, 5 de enero de 2007, núm. 5, pp. 677-773.

Mallory, K. y Chandler, M. (1999), *Lake Victoria: Africa's Inland Sea*. New England: Lowell Institute.

Marlantes, A. (2010). *Lake Victoria Complex System Study*. NetLogo User Community Models. Obtenido de:
<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/community/Lake%20Victoria%20Complex%20System%20Study> [Último acceso: 15/3/2015]

PPS (Paradise Pet Shop). (2012). Obtenido de: <http://www.paradisepetshop.net/en/assorted-bag-of-cichlids-m.html> [Último acceso: 9/5/2015]

Wilensky, U. (1999). *NetLogo*. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL. Obtenido de: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. [Último acceso: 15/3/2015]

Woolman, T. (2013). *An Analysis of Hydrological Changes in Northwestern Lake Victoria, Tanzania*. Emporia State University. Obtenido de:
<http://academic.emporia.edu/aberjame/student/woolman3/index.htm> [Último acceso: 2/3/2015]

Guía básica de NetLogo
Lake Victoria
Complex System Study

David Almarza Díaz. 2014.

1. Introducción a NetLogo

Bienvenido/a a la Guía básica de NetLogo para el modelo Lake Victoria Complex System Study. En ella te mostraré como usar NetLogo.

En primer lugar debes abrir el programa NetLogo, si no está instalado puedes descargarlo aquí: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/download.shtml>

También debes tener descargado el modelo Lake Victoria Complex System Study que puedes encontrar aquí: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/community/Lake%20Victoria%20Complex%20System%20Study>

Si NetLogo está instalado, puedes abrirlo directamente haciendo doble clic en el archivo del modelo. Si lo haces así verás en la pantalla lo mismo que en la imagen 1. En caso de que abras NetLogo de otra forma la imagen será similar pero el cuadrado con los peces no aparecerá si no que será negro. Ese cuadrado es el mundo de NetLogo y en él es donde interactúan los individuos del modelo. Es como un tablero de ajedrez con cuadrados, cada cuadrado tiene unas coordenadas y los individuos pueden moverse de unos cuadrados a otros. Para abrir el modelo ve a Archivo y Abrir.

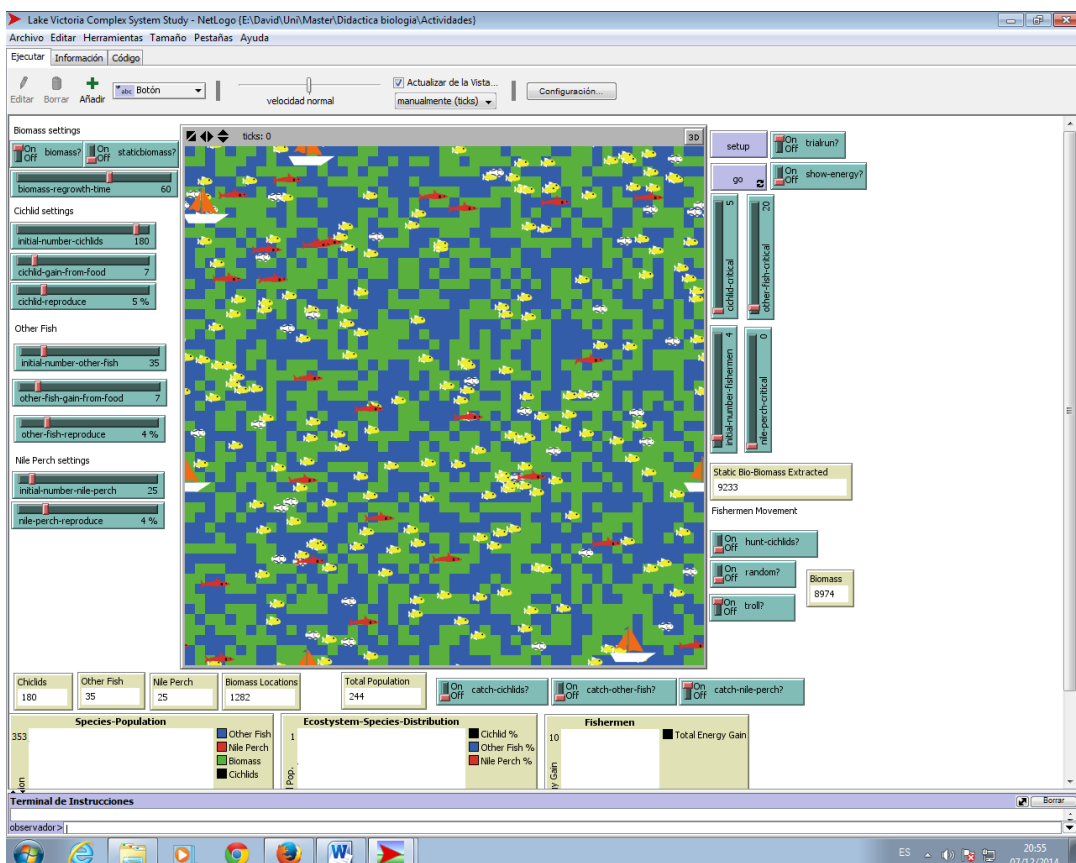
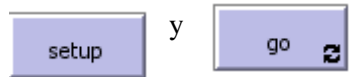


Imagen 1: Captura de pantalla del programa NetLogo con el modelo Lake Victoria Complex System Study.

En la Imagen 1 además del mundo NetLogo puedes ver una interfaz que te permite controlar el modelo y gráficos donde se mostrarán los datos conforme avance la simulación. Los dos botones básicos en NetLogo son



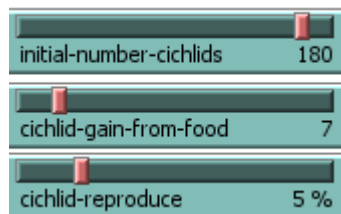
setup reinicia el modelo y restablece los valores iniciales en todos los parámetros del modelo mientras que go hace que el modelo se mantenga en simulación.

En este modelo, y en general en NetLogo, el tiempo se mide en ticks. Esta es una unidad de tiempo arbitraria. En la práctica quiere decir que en cada ticks se actualizan los valores de todas las variables del modelo y equivale a un tiempo real, por ejemplo 1 hora.

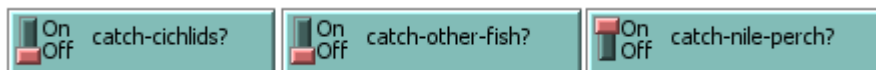
2. Descripción del modelo

El modelo Lake Victoria Complex System Study consta de 4 tipos de individuos: los cíclidos (cichlids), otros peces (Others fishes), las percas del Nilo (Nile Perch) y los pescadores (fishermen). Las percas del Nilo obtienen energía al comerse cíclidos u otros peces. Los cíclidos y los otros peces obtienen energía de las algas y los pescadores pescan percas del Nilo.

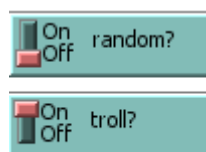
Puedes elegir el número inicial de pescadores y de cada tipo de pez. Para los cíclidos y otros peces puedes determinar además cuanta energía obtienen al comer algas. Esto no puedes hacerlo para las percas del Nilo porque estas obtendrán la energía del pez que se coman. Además, puedes elegir la probabilidad de cada tipo de pez se reproduzca en cada tick.



En principio los pescadores solo pescan percas del Nilo pero puedes seleccionar que también pesquen otras especies.

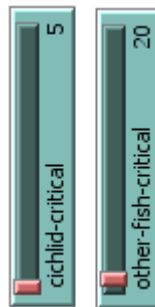


Por otro lado, puedes elegir como se mueven los pescadores por el lago. Puede elegir entre que se muevan siguiendo rutas al azar (random) o que sigan un línea recta (Troll)

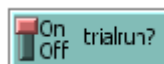


Cada individuo gasta energía al moverse de un cuadrado a otro. Si algún individuo se queda sin energía muere salvo los pescadores.

Por otra parte, puedes establecer un nivel de población mínimo que los pescadores deben respetar, si lo fijas, los pescadores no pescarán peces de esa especie si el número de individuos es menor a ese nivel. Esto es interesante por ejemplo para estudiar el efecto que tendría si implantamos una ley que indique cupos de pesca.



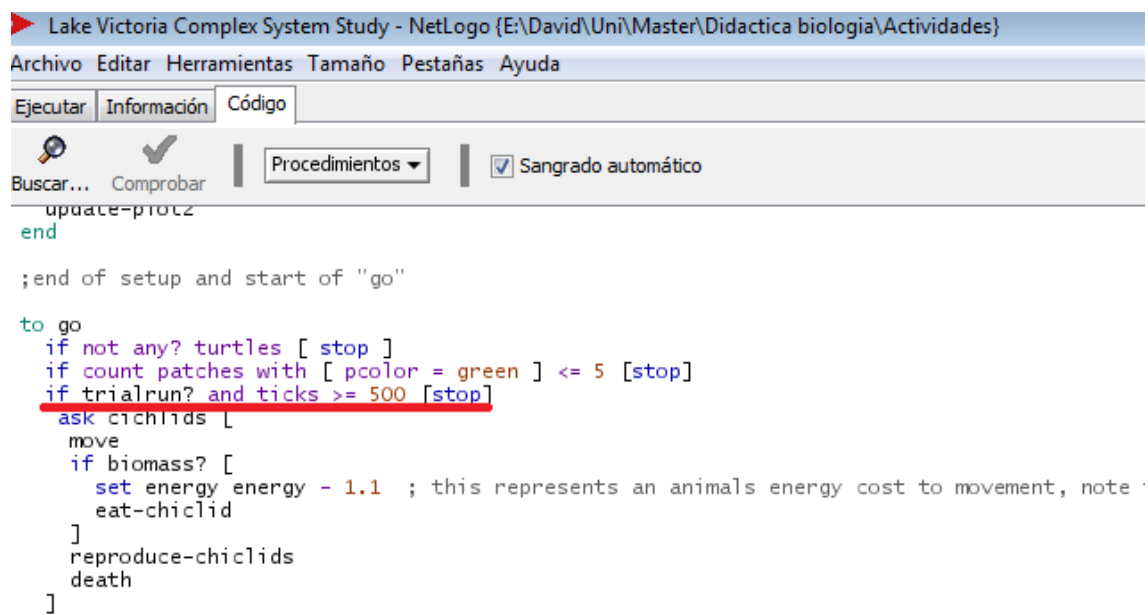
Por último, el botón trialrun sirve para que el modelo pare cuando han pasado 500 ticks, si no está encendido, el modelo entraría en un bucle y no pararía nunca de hacer simulaciones.



3. Conoce NetLogo más a fondo

La ventaja de NetLogo no es solo que podamos hacer funcionar modelos si no que podemos modificarlos o incluso crear uno desde cero. Y podemos hacer esto incluso sin conocimientos de programación. Para que veas un ejemplo, os muestro cómo se puede cambiar el botón trialrun para que el modelo pare en el número de ticks que vosotros queráis.

Haciendo clic en la pestaña Código se accede al código del modelo. Si buscas en el código donde se hace referencia trialrun veréis que dice que el modelo debe parar (stop) cuando el número de ticks sea mayor o igual a 500. Si cambiáis 500 por el número que queráis el modelo correrá hasta ese número la siguiente vez que hagáis la simulación.



```
update-procz
end

;end of setup and start of "go"

to go
  if not any? turtles [ stop ]
  if count patches with [ pcolor = green ] <= 5 [stop]
  if trialrun? and ticks >= 500 [stop]
  ask cichlids [
    move
    if biomass? [
      set energy energy - 1.1 ; this represents an animals energy cost to movement, note
      eat-chiclid
    ]
    reproduce-chiclids
    death
  ]

```

Imagen 2: Captura de pantalla mostrando parcialmente el código del modelo Lake Victoria Complex System Study.

Si quieres aprender más sobre cómo usar NetLogo y crear tus propios modelos entra en: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/>

Destrezas científicas:

Identificación, control e interpretación de variables.

CONCEPTOS

Variable:

- *Es cualquier aspecto de una investigación que puede cambiar (que puede variar ➡ es variable)*

Variable independiente:

- *Es la variable que no es afectada por otras variables (su valor no depende de otras ➡ es independiente).*
- *Es la que modifica el investigador para observar su efecto en la variable dependiente.*

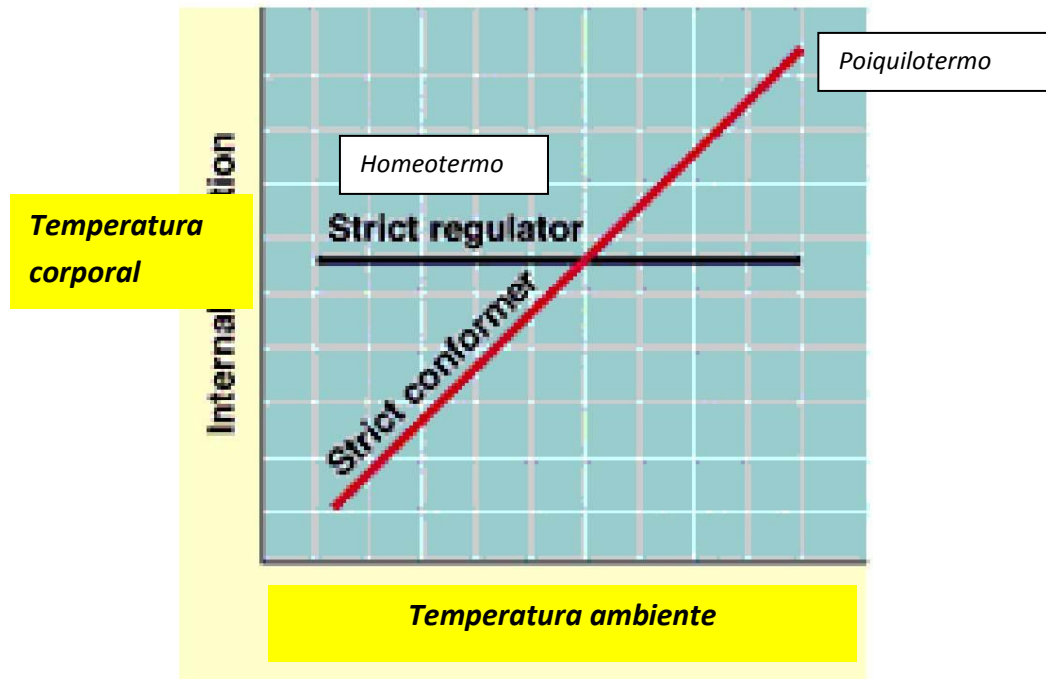
Variable dependiente:

- *Es la variable que se ve afectada por otras variables (su valor depende de otras ➡ es dependiente).*
- *Es la variable en la que mide el investigador, en ella se observa el efecto producido por la variable independiente.*

Variables controladas:

- *Son el resto de variables presentes en la investigación.*
- *El investigador/a las **mantiene constantes** para que no alteren el experimento.*

INTERPRETACIÓN DE VARIABLES



(a)

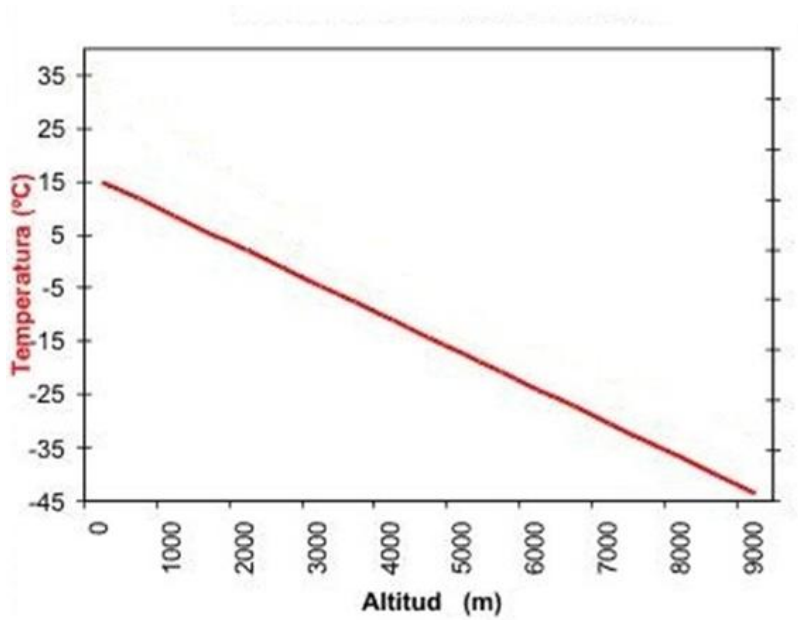
©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

Variable constante: Homeotermos. La temperatura corporal se mantiene igual, aunque la del medio varíe.

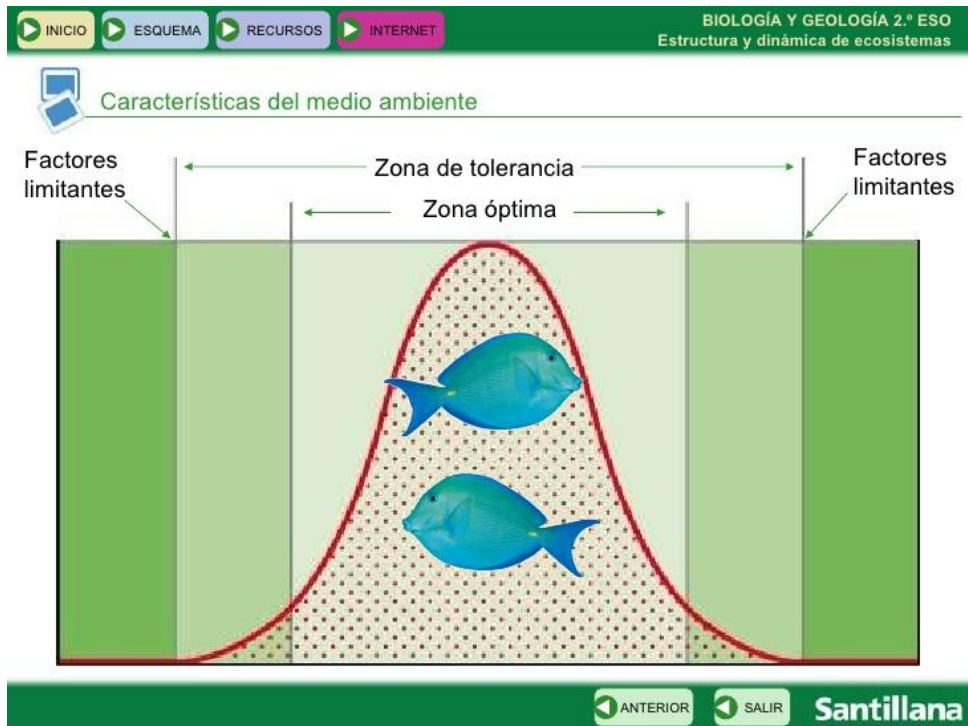
Relaciones entre variables:

- **Relación directa o positiva:** Poiquilotermos. Si una variable aumenta la otra aumenta y si una disminuye la otra disminuye.

- **Relación inversa o negativa:** Si una variable aumenta la otra disminuye y viceversa.



Óptimos y máximos.



La importancia de los Productores.

Introducción

La dinámica de los ecosistemas es un tema que se estudia continuamente. En este caso, se ha estudiado el papel de los Productores en un ecosistema de estepa compuesto por los Productores, lobos y ovejas. La hipótesis de la que se parte es que si no existieran los Productores el ecosistema acabaría por colapsar.

Método

Este estudio se ha realizado utilizando un modelo de cómo funciona el ecosistema, para hacer funcionar el modelo se ha empleado el programa Netlogo (Tisue & Wilemsky, 2004). Se puso a funcionar el modelo modificando las variables necesarias y se compararon las gráficas obtenidas. El uso de un modelo nos permite llevar a cabo este estudio que sería de muy difícil realización en la naturaleza.

- **Variable independiente:** Presencia de Productores
- **Variables dependientes:** Población de ovejas y población de lobos.

Resultados

Las gráficas obtenidas muestran que si en el ecosistema no hay Productores ambas especies (lobos y ovejas) acaban desapareciendo. Además, en la Figura 1 se ve que los lobos dependen de las ovejas, si aumentan las ovejas aumentan los lobos y si disminuyen las ovejas disminuyen los lobos.

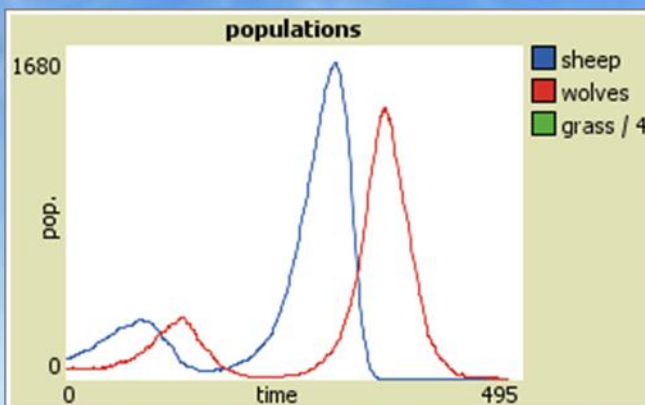


Figura 1. Ecosistema sin Productores.

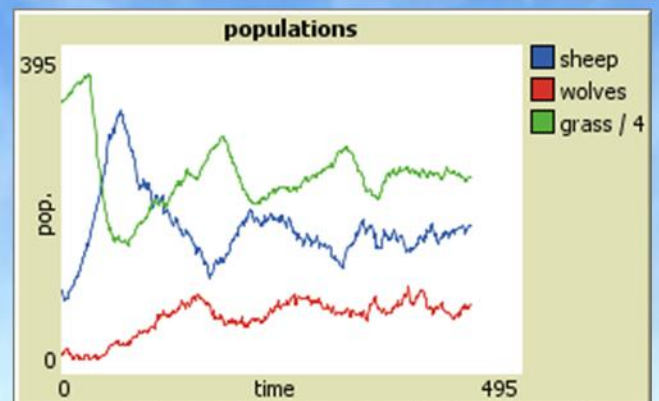


Figura 2. Ecosistema con Productores.

Discusión & Conclusiones

Se cumple la hipótesis planteada, es decir, si no hay Productores el ecosistema acaba por colapsar. Esto tiene sentido ya que si no hay productores no hay organismos que transformen la energía luminosa en materia orgánica, entonces la materia orgánica termina agotándose.

Referencias

Tisue, S. & Wilemsky, U. (2004). NetLogo: A Simple Environment for Modeling Complexity. Presented at the International Conference on Complex Systems, Boston.

Ejemplo de las respuestas de unos estudiantes a las preguntas planteadas al inicio de la actividad "Nam Lolwe".

Las preguntas se encuentran en el Anexo I. con el resto de la actividad.

Actividades Nam Lolwe

-Tavea 4/4

- 1- Algas → Cíclidos y otros peces → percas del Nilo → Pescadores
- 2- Actúan como productor las algas.
- 3- La población de cíclidos disminuye hasta casi desaparecer la población de otros peces aumenta su población en gran magnitud y las percas del Nilo duplican su población. la población total se mantiene en valores parecidos
- 4- Los cíclidos y los otros peces están en disputa por las algas pero como al principio predominan más los cíclidos, estos son cazados por las percas del Nilo y disminuye su población y los otros se alimentan mucho más de las algas.
- 5- - Las percas del Nilo disminuye debido a que su pesca es mayor con 6 pescadores
 - Obtienen más si son 6 pescadores.
 - Con 4 la energía se reparte equitativamente y con 6 el reparto de energía es desigual
- 6- Ampliar el nº de especies que pescamos porque para que una sola especie no reciba todas las consecuencias de la pesca y estas se repartan entre varias.

Ejemplo de un póster científico entregado por uno de los estudiantes

IMPORTANCIA DE LOS PESCADORES

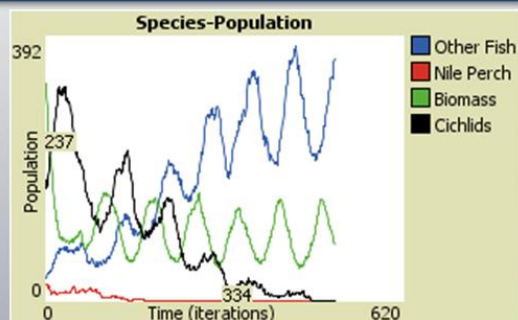
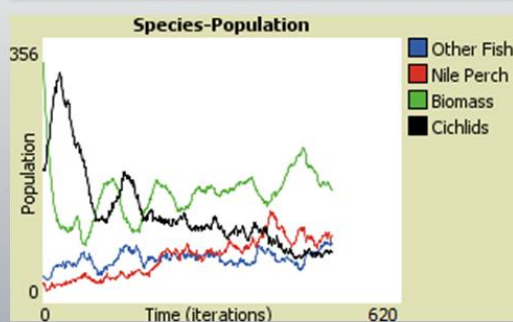
INTRODUCCIÓN: Se parte de una hipótesis en la que si hay un mayor número de pescadores , el numero de peces es menor, y si hay un numero de pescadores menor, el número de peces es mayor., es decir, un proporcionalidad inversa.

METODO: Estos datos se han conseguido utilizando un programa informático llamado "NETLOGO". Para que funcione el modelo hemos modificado las variables necesarias y se comparan las graficas obtenidas.

Variable independiente: Depredadores

Variable dependiente: La población de peces (perca del Nilo)

RESULTADOS: En la primera grafica se han utilizado unos valores , donde el numero de pescadores es de 6.
Y en la segunda unos valores donde el numero de pescadores es de 20



CONCLUSIÓN: La hipótesis planteada se cumple, sabiendo que si el numero de pescadores aumenta, el numero de peces disminuye.