

### CÓMO UTILIZAR ESTE RECURSO

La imagen de este recurso, que muestra a un rebaño de ñus en el Serengueti, puede servir como fenómeno para explorar los conceptos clave que se describen a continuación.

La práctica pedagógica de utilizar fenómenos para contextualizar la comprensión de conceptos y temas científicos es una [práctica de implementación](#) apoyada por los Estándares Científicos para las Próximas Generaciones (NGSS, por sus siglas en inglés). Los fenómenos son acontecimientos observables que los estudiantes pueden usar para generar preguntas científicas que promuevan la investigación o para diseñar soluciones a problemas que sean conducentes al aprendizaje. De este modo, los fenómenos conectan el aprendizaje con lo que ocurre en el mundo y, al mismo tiempo, brindan a los estudiantes la oportunidad de aplicar el conocimiento mientras lo profundizan/mejoran/desarrollan.

Las secciones “Sugerencias para la implementación” y “Consejos didácticos” ofrecen opciones para incorporar las imágenes a un plan o unidad de estudio, y se pueden modificar para utilizarse como actividad independiente o para complementar una lección existente. La “Hoja de trabajo para el estudiante” incluye las imágenes y la sección de “Información general”.

Para encontrar información adicional relacionada a la pedagogía e implementación de este material, incluida la audiencia sugerida y el tiempo estimado de la clase, favor de visitar la [página web de este recurso](#).

### CONCEPTOS CLAVE

- A. El tamaño de las poblaciones se ve afectado por varios factores, como las enfermedades, la disponibilidad de recursos y los efectos del ser humano. El rebaño de ñus que se encuentra en el Serengueti es el rebaño de herbívoros más grande de la Tierra. Su población experimentó un crecimiento logístico tras la implementación de un programa de vacunación que erradicó una enfermedad viral llamada peste bovina o *rinderpest*,
- B. Las poblaciones se pueden contar y monitorear utilizando diversos métodos. Los gestores de vida silvestre utilizan esta información para decidir cuándo es necesaria una intervención en el manejo de las poblaciones.

### INFORMACIÓN GENERAL

Los ñus son una especie de antílope que se encuentra en Sudáfrica. El rebaño de ñus del Parque Nacional Serengueti, en Tanzania, es el rebaño de herbívoros más grande de la Tierra. Los científicos comenzaron a monitorear el tamaño poblacional de los grandes mamíferos del Serengueti en la década de 1960. Durante las décadas siguientes, notaron algo inusual: la población de ñus estaba aumentando a un ritmo mucho mayor comparado con años anteriores. Los científicos determinaron que este aumento se debía a varios factores. Uno de los factores fue un programa de vacunación que erradicó la peste bovina o *rinderpest*, una enfermedad viral que mata a los ñus.

El rápido crecimiento de la población de ñus preocupaba a los gestores de vida silvestre, ya que los aumentos poblacionales rápidos pueden ocasionar daños a los ecosistemas al agotar los alimentos y otros recursos. Los gestores tuvieron que decidir si controlaban la población de ñus o permitían que continuara creciendo sin control.

## SUGERENCIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Las siguientes sugerencias describen varias opciones para incorporar las imágenes a una unidad de estudio como fenómenos:

### Participación, conocimiento previo y contexto:

- Comienza la lección hablando a los estudiantes sobre Parque Nacional de Tanzania, famoso por sus poblaciones de animales. Explica a los estudiantes que explorarán algunos animales con los que probablemente estén familiarizados (elefantes, leones, etc.) y otros con los que posiblemente estén menos familiarizados.
  - Muéstrales el inicio (0:00–2:20) del cortometraje [Serengeti: Nature's Living Laboratory \(disponible en inglés\)](#), que hace una presentación del Parque Nacional del Serengueti.
  - Dependiendo de qué familiarizados estén los estudiantes con el Serengueti, puede ser útil mostrarles la ubicación del Serengueti en un mapa o pedirles que lo localicen utilizando una herramienta o aplicación de cartografía en línea.
  - Dependiendo de qué tan familiarizados estén los estudiantes con los grandes herbívoros, aclara que examinarán una imagen que muestra una población de animales (ñus) que viven en el Serengueti.
- Muestra la imagen y pide a los estudiantes que hagan observaciones comenzando los enunciados con descripciones como “Puedo ver...”, “Me recuerda a...” y “Me pregunto si...”
  - La imagen es una captura de pantalla de una escena del cortometraje *Serengeti: Nature's Living Laboratory* (minuto 7:57). Puedes señalarle esto a los estudiantes más adelante, al llegar a esa escena del cortometraje.
- Utiliza un protocolo piensa-comparte (*think-pair-share*) para que los estudiantes compartan sus observaciones y preguntas sobre la imagen. Registra los comentarios de la clase, tomando nota cuando los estudiantes hagan observaciones similares y atendiendo a la variedad de preguntas que realicen.
  - Los estudiantes pueden observar que hay “muchos” ñus como en una pradera y que parecen ser los animales principales de la imagen.
  - Es posible que los estudiantes se pregunten lo siguiente: qué son los ñus, qué comen, por qué hay tantos, cómo se cuenta o monitorea su población y cuáles son los beneficios e inconvenientes de vivir en grupos tan grandes.
  - Si los estudiantes no formulan preguntas relacionadas con el tamaño o censo de la población, pídeles que analicen cómo los científicos podrían calcular el número de ñus que viven en el Serengueti.
- Pide a los grupos de estudiantes que intercambien ideas sobre la información que necesitarían saber sobre la población de ñus para poder calcular su tamaño.
  - Es posible que los estudiantes identifiquen factores como: cuántos ñus nacen o mueren en un período determinado, si su densidad es uniforme dentro del grupo y cómo varía dicha densidad en el Serengueti, etc.
  - Si los estudiantes necesitan un ejemplo más simple y cercano, en una hoja grande de papel o en una pizarra, coloca frijoles u otros objetos pequeños. Pide a los estudiantes que analicen cómo podrían calcular el tamaño de la “población” de los frijoles o de los objetos.
  - Como actividad adicional, los estudiantes podrían intercambiar ideas sobre métodos más específicos para determinar el tamaño de la población de ñus. Pueden sugerir realizar un conteo directo (estudio aéreo, etc.), tomar muestras de una o varias localidades o utilizar un método de marcaje-recaptura. Una vez que los estudiantes presenten sus ideas, pídeles que analicen las ventajas y

- desventajas de cada método propuesto (precisión, costo, viabilidad a largo plazo, potencial de subestimar o sobreestimar el tamaño poblacional, etc.).
- Si quisieras que los estudiantes realizaran un análisis más profundo sobre el cálculo del tamaño de la población, considera utilizar los siguientes recursos de BioInteractive: El video [El gran censo de elefantes](#), el “Haz clic & aprende” [Survey Methods \(disponible en inglés\)](#), o la actividad [Modeling Animal Survey Methods \(disponible en inglés\)](#).
  - Muestra el fragmento (2:20–4:56) del cortometraje *Serengeti: Nature’s Living Laboratory*, que nos enseña el trabajo realizado por el biólogo Tony Sinclair en el Serengeti. El cortometraje también describe el método que utilizó para determinar el tamaño de las poblaciones de los grandes mamíferos del Serengeti.
    - Si les pediste a los estudiantes que propusieran métodos específicos para contar ñus, pueden compararlos con el que utilizó Sinclair.
  - Ahora, pide a los estudiantes que lean la “Información general” de la imagen. Mientras ellos leen, pídeles que se concentren en lo siguiente:
    - ¿Qué factor o factores se mencionan en la “Información general” que pueden afectar el tamaño de la población?
    - ¿Qué significa “erradicar” una enfermedad?
  - Pide a los estudiantes que vuelvan a la imagen original y que destaquen/identifiquen las preguntas de razonamiento que hicieron (las preguntas de “cómo” o “por qué”). También pueden reformular algunas de sus otras preguntas para llegar al razonamiento. Ejemplos de preguntas:
    - ¿Por qué hay tantos ñus en el Serengeti?
    - ¿Cómo ha cambiado la población de ñus con el transcurso del tiempo?
    - ¿Qué factores afectan al tamaño de la población de ñus? ¿Cómo afectan los factores bióticos o abióticos al tamaño de la población de ñus?
    - ¿Cuántos ñus hay? ¿Cómo cuentan los científicos el número de ñus?
      - Los estudiantes pueden tener dificultades con las preguntas de “cómo”. Puede ser útil dar ejemplos y contraejemplos de preguntas que no resultan en un razonamiento, como es el caso de la primera pregunta de la viñeta anterior.
  - ¿Cómo deciden los gestores de vida silvestre controlar el crecimiento o el tamaño de una población?
  - Pide a cada estudiante que elija una o dos preguntas para compartir con un grupo pequeño, y luego que cada grupo seleccione una o dos preguntas para compartir con la clase. Toma nota de cuando los estudiantes tengan preguntas similares dentro de sus grupos o cuando los grupos tengan preguntas similares.
  - Pasa a la siguiente sección “Exploración, investigación y evaluación”. Informa a los estudiantes que explorarán un subconjunto de sus preguntas a través de las siguientes actividades, en especial las preguntas relacionadas con factores que afectan al tamaño de la población.

### Exploración, investigación y evaluación:

- Exploración:
  - Pide a los estudiantes que elaboren un modelo matemático simple sobre cómo el tamaño de una población cambia con el tiempo. Su modelo debe incluir varias tasas (natalidad, mortalidad, etc.) que afecten al tamaño de la población. Puede ser útil estructurar esta tarea de la siguiente manera:
    - Pide a los estudiantes que presten atención al cambio del tamaño de la población durante un periodo de tiempo determinado. Explícales que esto se puede representar matemáticamente con la notación  $\Delta N$ , donde el símbolo  $\Delta$  (delta) representa el “cambio” y la variable  $N$  representa el tamaño

de la población. (Si los estudiantes están familiarizados con ecuaciones diferenciales, puedes utilizar  $dN/dt$  en su lugar).

- Comenta a los estudiantes que  $DN$  se ve afectado por la tasa de natalidad de la población, que representarás con la variable  $B$ . Pregunta a los estudiantes cómo un aumento en la tasa de natalidad ( $B$ ) afectaría  $DN$ ; es decir, si aumentaría o disminuiría el tamaño de la población.
  - Pídeles a los estudiantes que compartan ideas sobre qué otras *tasas* podrían afectar al tamaño de la población. Idealmente, los estudiantes deberían incluir en sus respuestas tasas de natalidad y mortalidad y posiblemente también de inmigración y emigración (aunque éstos no se incluyen en la actividad “Haz clic & aprende” sobre *Population Dynamics* que se muestra a continuación). Los estudiantes también podrían identificar factores que afectan estas tasas, como la disponibilidad de alimento o la depredación. Si es así, aclara la diferencia entre los factores bióticos y abióticos que afectan estas tasas, y los que afectan las tasas en sí.
  - En última instancia, de manera general, los modelos matemáticos de los estudiantes deberían expresar lo siguiente:  $DN = B - D$ , donde  $N$  representa la tasa de natalidad y  $D$  la tasa de mortalidad.
- Investigación:
    - Pide a los estudiantes que utilicen la actividad de “Haz clic & aprende” [Population Dynamics \(disponible en inglés\)](#) para explorar modelos de crecimiento poblacional exponencial y logístico. La hoja de trabajo que acompaña a la actividad del “Haz clic & aprende” incluye varios estudios de caso del Parque Nacional de Gorongosa y del Parque Nacional del Serengueti, este último enfocado en el ñu.
      - Esta actividad de “Haz clic & aprende” es más apropiada para clases de biología avanzada (cursos de Bachillerato especializado, Biología IB o AP, por sus siglas en inglés, y universitarios) por lo que se deberá modificar bastante para estudiantes de nivel básico.
      - Antes de presentar las ecuaciones del modelo, o en su lugar, podría ser útil mostrar algunas gráficas como ejemplo y hacer que los estudiantes las describan cualitativamente (incluidas las diferentes fases del crecimiento exponencial y logístico). Considera la posibilidad de elaborar varias gráficas con el mismo tamaño poblacional inicial ( $N_0$ ), pero con diferentes tasas de crecimiento ( $r$ ), y luego pide a los estudiantes que comparen las diferencias en el crecimiento poblacional a lo largo del tiempo.
      - Por lo general, los estudiantes tienen un conocimiento intuitivo sobre la capacidad de carga de la población. Sin embargo, es posible que necesiten apoyo para entender cómo cambia la tasa de crecimiento poblacional a medida que las poblaciones se acercan a la capacidad de carga. Podría ser útil analizar los factores que disminuyen el ritmo del crecimiento poblacional a medida que su tamaño aumenta (competencia, depredación, enfermedades, etc.).
    - La Parte 3 de la hoja de trabajo de la actividad de “Haz clic & aprende” de [Population Dynamics \(disponible en inglés\)](#) muestra una gráfica de los tamaños poblacionales de ñus y cebras del Serengueti a lo largo de varias décadas. Al final de este documento se encuentra la gráfica la cual se divide en tres partes (**Figuras 1a-c**). Comienza mostrando la **Figura 1a** a los estudiantes, que ilustra el estado de las poblaciones antes y después de 1960.
      - La línea vertical en esta gráfica indica que en 1960 comenzó un programa de vacunación para erradicar la peste bovina o *rinderpest*. La peste bovina, o *rinderpest*, es una enfermedad viral que mata a determinados mamíferos ungulados. Se administraron vacunas al ganado doméstico de la zona, pero no a los ñus o a las cebras directamente.

- Pide a los estudiantes que predigan los efectos del programa de vacunación sobre las dos poblaciones de la Figura 1a y que discutan sus respuestas con un compañero.
- Las respuestas de los estudiantes pueden incluir, por ejemplo, que esperan que ambas poblaciones aumenten, que una aumente y que la otra se mantenga estable o que ambas se mantengan estables, etc.
- A continuación, muestra la **Figura 1b** a los estudiantes, que presenta a las mismas poblaciones de ñus y cebras hasta mediados de la década de 1970.
  - Pide a los estudiantes que analicen la gráfica y que hagan comentarios comenzando con los enunciados de “Puedo ver...”, “Predigo que...” y “Me pregunto si...”
  - Los estudiantes pueden notar que la población de ñus aumentó, pero la población de cebras se mantuvo relativamente estable.
  - Los estudiantes pueden predecir que, en los próximos años, la población de ñus seguirá creciendo exponencialmente y que la población de cebras permanecerá relativamente estable. De igual forma, pueden predecir que la población de cebras disminuirá debido a la competencia con el ñu, o que aumentará porque tiene “un retraso” en el inicio del crecimiento exponencial con respecto a la población de ñus.
  - Los estudiantes pueden preguntarse lo siguiente: por qué aumenta la población de ñus —si se debe al programa de vacunación, al aumento de la disponibilidad de alimento, a la disminución en la tasa de mortalidad por otros factores, etc.— y qué factores explican las diferencias entre las poblaciones de ñus y cebras.
  - La sección “Evaluación” describe cómo utilizar este estudio de caso para evaluar el conocimiento de los estudiantes sobre dinámica poblacional..
- Muestra otro fragmento (4:56–6:46) del cortometraje [El Serengeti: el laboratorio viviente de la naturaleza](#), que finaliza con Sinclair analizando el programa de vacunación que provocó un gran aumento en la población de ñus del Serengeti, y cómo les preocupaba a los gestores de vida silvestre que los ñus dañaran el ecosistema del parque.
- Evaluación:
  - Antes de mostrar a los estudiantes la última gráfica de ñus y cebras (**Figura 1c**), pídeles que analicen la siguiente pregunta: “Cuando la población de una especie crece exponencialmente, ¿qué sucede con las poblaciones de otras especies que habitan en la misma área?”
    - Las respuestas de los estudiantes pueden incluir que habrá una disminución de las poblaciones de las especies que compiten por recursos similares, pero que habrá un aumento de las poblaciones de las especies que cazan a aquellas especies con crecimiento exponencial.
  - Luego, pídeles a los estudiantes que analicen la siguiente pregunta: “Si fueras gestor de vida silvestre del Serengeti en la década de 1970 y tomaras alguna medida para controlar el crecimiento poblacional de los ñus, ¿qué medidas serían?”
    - Puede ser útil pedir a los estudiantes que se coloquen junto a algunos ejemplos de acciones (pegadas en la pared). Coloca hojas de papel milimetrado con medidas como “Implementaría un programa de sacrificio de ñus”, “Implementaría un programa para reducir la tasa de natalidad de los ñus”, “No tomaría medidas para controlar la población de ñus”, etc. Una vez que los estudiantes se hayan agrupado según la medida que eligieron, pide a los grupos (o a las parejas dentro de los grupos) que analicen por qué eligieron esa medida y cuáles son sus beneficios. También, invítalos a compartir ideas sobre posibles desventajas de la medida que eligieron.

- Pide a los grupos de estudiantes que compartan sus ideas. Como alternativa, cada estudiante podría buscar un compañero que haya elegido una medida diferente. Los compañeros pueden compartir las ventajas y las posibles desventajas de sus medidas y ver si cambian de opinión de acuerdo con lo discutido.
    - Antes de continuar, considera la posibilidad de que los estudiantes escriban sus respuestas a la pregunta anterior como un método formativo de evaluación. Deben incluir evidencias de la Figura 1b, así como demostrar una comprensión del crecimiento exponencial y logístico.
  - Muestra la **Figura 1c** a los estudiantes, la cual ilustra las poblaciones de ñus y cebras hasta el año 2010. Pide a los estudiantes que contesten las preguntas de la Parte 3 de la hoja de trabajo de la actividad de *“Population Dynamics (disponible en inglés)”*. Esta actividad evalúa la comprensión de los estudiantes sobre la capacidad de carga y el crecimiento logístico.
    - Según el nivel del curso, puede ser útil eliminar, reformular o reestructurar la pregunta 6 de la Parte 3, que requiere el uso de una ecuación logística diferencial.
  - Muestra otra sección (6:54–14:16) del cortometraje [El Serengeti: el laboratorio viviente de la naturaleza](#), que analiza cómo los científicos determinaron los factores que regulaban a la población de ñus del Serengeti y su capacidad de carga.
    - Pide a los estudiantes que vuelvan a analizar las medidas que habían propuesto para controlar (o no controlar) el crecimiento de la población de ñus. Pregunta si cambiarían sus decisiones según la nueva información que recibieron del cortometraje.
    - Los estudiantes pueden cambiar sus respuestas iniciales basándose en la nueva evidencia, o pueden argumentar que el riesgo de dejar crecer exponencialmente a la población de ñus los hubiera motivado a tomar medidas para controlarla.
    - Enfatiza que los gestores de vida silvestre utilizan la mejor evidencia disponible para tomar decisiones sobre el manejo de la población. Sin embargo, puede haber falta de evidencia, ocasionando que las decisiones tomadas, en retrospectiva, podrían tener consecuencias inesperadas. Por lo tanto, es importante continuar monitoreando a las poblaciones y ajustar las medidas de manejo en función de la nueva información según sea necesario.
- Extensión:
  - Muestra el inicio del capítulo 3 (29:01–33:25) del cortometraje [El Serengeti: el laboratorio viviente de la naturaleza](#), que explora cómo el ñu afecta a otros componentes del ecosistema del Serengeti. Amplía el análisis de los estudiantes pidiéndoles que consideren la prevalencia de incendios en el Serengeti con los efectos de una población más grande de ñus..
  - Pide a los estudiantes que exploren la actividad de “Punto de datos” [“Regulación de la población de ñus en el Serengeti”](#). Esta actividad se centra sobre una gráfica similar a las que los estudiantes ya han examinado e incluye más preguntas de debate.
    - Puede ser útil proporcionar a los estudiantes el texto que acompaña a la sección “Interpretación del gráfico” de los “Materiales para el educador”. En este texto se explica con más detalle la relación entre la peste bovina o *rinderpest*, el ñu, el pasto, los incendios y los árboles.
    - Pide a los estudiantes que analicen cómo afecta el crecimiento poblacional de ñus en el Serengeti a los pastos, los incendios y los árboles mediante las siguientes indicaciones:
      - Crea un modelo que incluya a la peste bovina o *rinderpest*, ñu, pastos, incendios y árboles. Dibuja flechas entre los componentes para mostrar efectos positivos o negativos (en lugar del flujo de

energía). Marque las flechas con + o – para indicar efectos positivos o negativos, respectivamente.

- Utilizando la evidencia de tu modelo, explica cómo es posible que un virus que infecta al ñu afecte a la densidad de árboles en el Serengeti.
- Mira la última parte (33:25–final) del cortometraje [El Serengeti: el laboratorio viviente de la naturaleza](#), que analiza otros efectos que el ñu, como especie clave, puede tener en su ecosistema. Pide a los estudiantes que actualicen o revisen sus modelos según la información del cortometraje..

### CONSEJOS DIDÁCTICOS

- Antes de que los estudiantes lean la información general, muéstrales primero la imagen.
- La información general puede modificarse de acuerdo con la habilidad de los estudiantes, la secuencia del curso, etc.
- Puedes proyectar las imágenes en lugar de utilizar los manuales.
- Las imágenes impresas se pueden plastificar para poder usarse en varias clases.

### CRÉDITOS

Escrito por Sydney Bergman, HHMI

Editado por Esther Shyu, HHMI

Traducido al español por la compañía de traducción Ubiquis USA y editado por Lorena Villanueva-Almanza, Freelance Science Writer, Tania Parés Ramos y Zulmarie Pérez Horta, HHMI



**Figura 1a.** Poblaciones de ñus y cebras en el Serengeti desde la década de 1950 hasta principios de 1960.



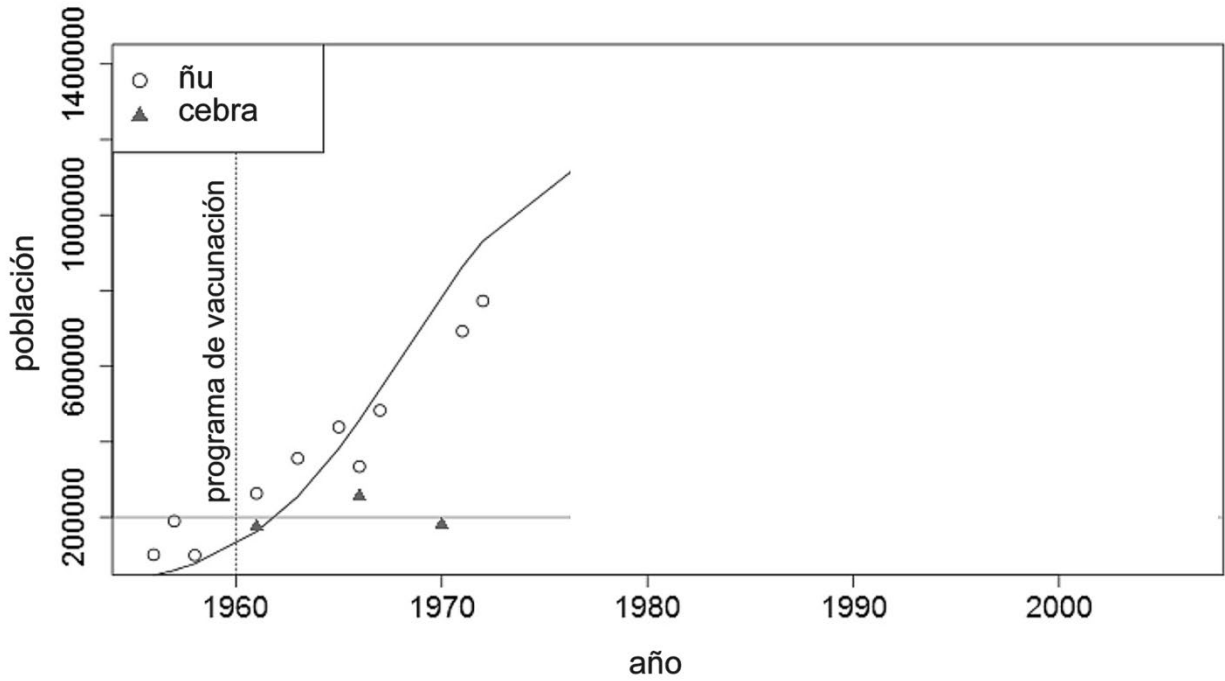


Figura 1b. Poblaciones de ñus y cebras en el Serengeti desde la década de 1950 hasta principios de 1970.

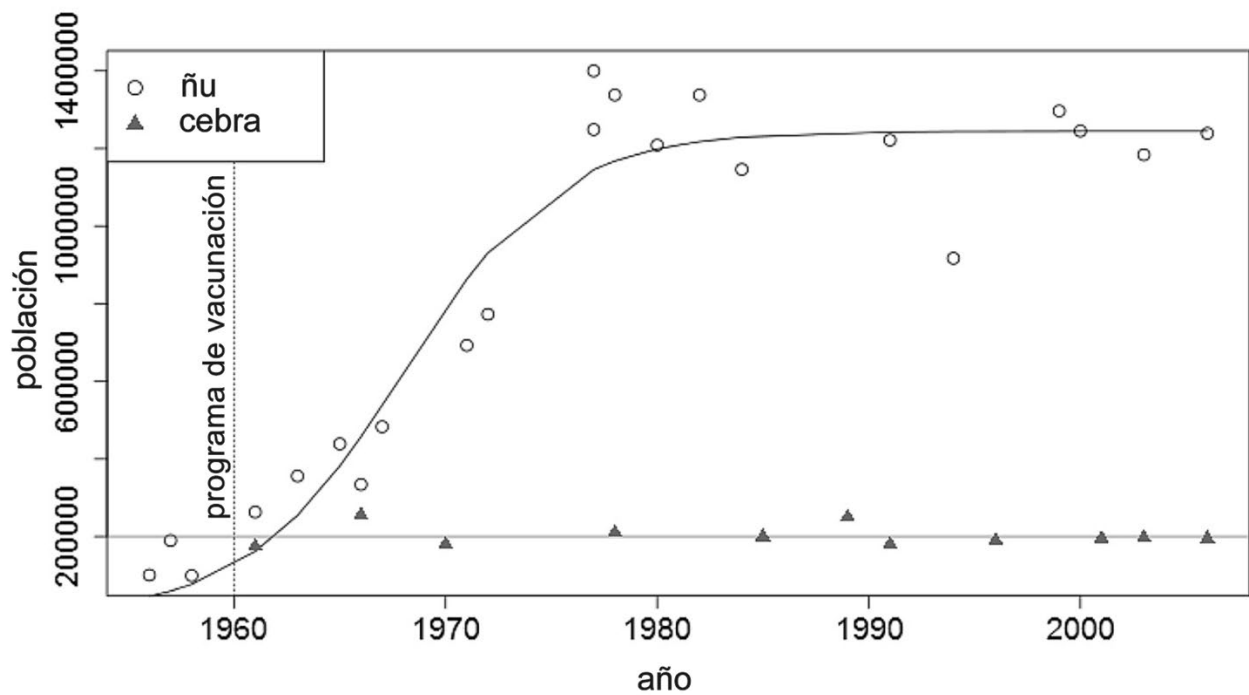


Figura 1c. Poblaciones de ñus y cebras en el Serengeti desde la década de 1950 hasta la década de 2010.