

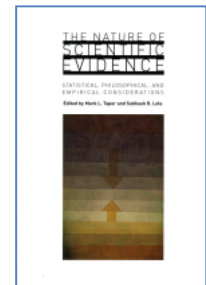
MODELOS Y TEORIAS EN CIENCIA



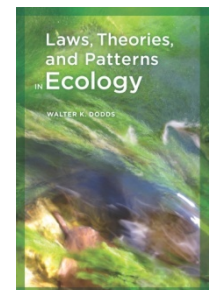
Una definición dura para empezar

La ciencia es el conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales

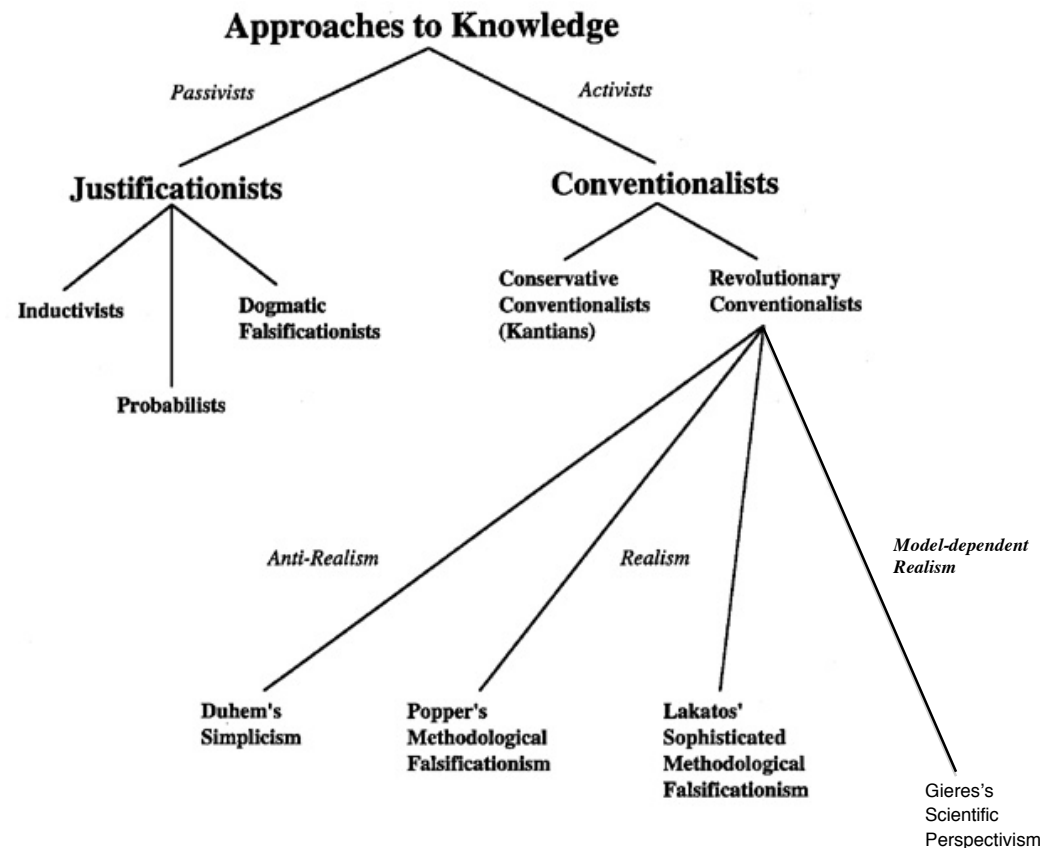
(Real Academia de la Lengua Española)



- **La ciencia está construida por teorías:** colección de principios, conceptos o proposiciones sobre algún área del mundo real que nos interesa o nos preocupa, que facilita su explicación causal, predicción o intervención. Las teorías se basan en mecanismos y patrones.
 - **Mecanismo:** un proceso responsable de un fenómeno natural.
 - **Patrón:** un fenómeno repetible y predecible. Algunos autores la consideran una ley probabilística.
 - **Ley:** una relación entre fenómenos que hasta el momento se conoce como invariables en unas condiciones dadas y cuyo mecanismo es conocido. También la podemos definir como una *verdad factual que es espaciotemporalmente universal, que explica las excepciones y que tiene un alto grado de necesidad*.
 - **Principio:** una verdad lógica, fundamental y entendible.
- **De una teoría se derivan hipótesis:** Predicciones basadas en la teoría. Tienen valor predictivo, internamente lógicas. Las hipótesis son las que se ponen a prueba, son por tanto teorías sin probar. Hipótesis es una proposición factual (basado en datos) que puede ser formalmente analizada. Las hipótesis pueden ser fenomenológicas (basadas en patrones) o mecanicistas (basadas en mecanismos). **[No es sinónimo de teoría]**.



¿Cómo distinguimos la ciencia de otras formas de conocimiento?



Diferentes escuelas proponen diferentes criterios de demarcación:

Neopositivismo (Carnap, Hempel). → La ciencia como actividad universal y ahistórica

Falsacionismo metodológico (Popper)

Falsacionismo sofisticado o programas de investigación científica (Lakatos)

Anarquismo epistemológico (Feyerabend)

Perspectivismo o realismo naturalista (Giere)

El **falsacionismo metodológico** como criterio de demarcación: Un enunciado es científico sí y sólo sí es potencialmente refutable.

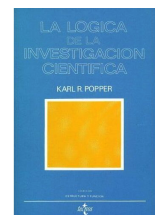
1. La observación presupone una teoría previa, y es guiada por dicha teoría. El conocimiento científico no se construye por mera inducción a partir de hechos.
2. Las teorías o leyes se construyen como conjeturas provisionales.
3. Una vez propuestas, las teorías han de ser comprobadas por observación y experimentación. Las que no superan estas pruebas han de ser rechazadas y sustituidas por otras conjeturas. [*Conjeturas y refutación*].
4. El conocimiento científico sólo nos dice lo que NO ocurre.

Aprendemos de nuestros errores
(Karl R. Popper 1962. *Conjeturas y refutaciones*)

K. Popper 1963(1994). *Conjeturas y refutaciones*. Paidós



K. Popper 1934(1968). *La lógica de la investigación científica*. Técnos



La ciencia como la construcción y selección de modelos: Perspectivismo científico

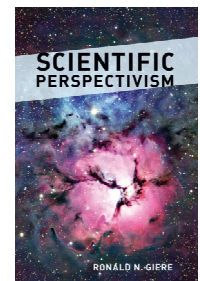
Ciencia es la actividad de (1) construir modelos que reproducen suficientemente bien la naturaleza, y por lo tanto son útiles para desarrollar una comprensión acerca de como la naturaleza trabaja (*realismo naturalista*) y (2) seleccionar entre los mas plausibles

Relaja los dos principales presupuestos del positivismo lógico:

1- Existen un conjunto de leyes inmutables que explican cómo funciona el mundo.

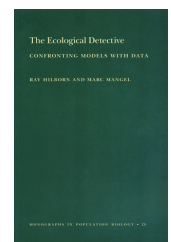
2-Hay un método objetivo para descubrir esas leyes que está basado en un conjunto de reglas que definen el proceso del pensamiento lógico.

“We usually start a study or set of experiments within the context of a body of knowledge and thought built from previous studies, observations, and experience. From this context arises a set of questions. We try to organize these questions into a coherent order with explanatory properties. To do this, we construct a model of how the system works. This is a scientific model o scientific hypothesis. To be scientifically testable, this model must be connected to observable quantities.”



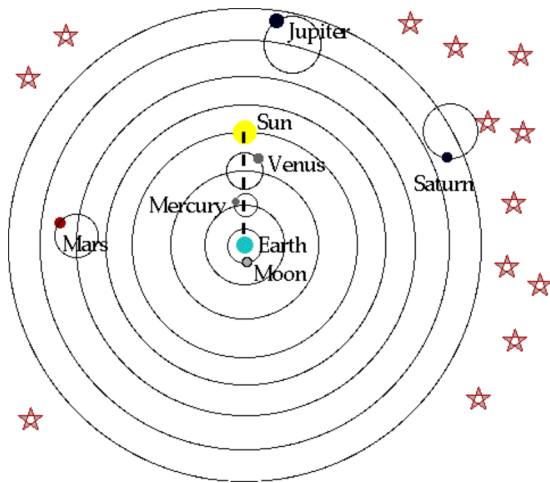
¿Qué son modelos?

- Descripciones formales (**herramientas científicas**) que relacionan elementos y que están basados en hipótesis.
- Teorías y modelos están interconectados: un modelo es una invención, algo que inventamos para explicar una serie de datos que queremos interpretar.
- Los modelos pueden ser empíricos (basados en relaciones estadísticas) y mecanicistas (basados en mecanismos).
- Los modelos nos ayudan a clarificar nuestras descripciones verbales de la naturaleza y de los mecanismos implicados
- Debemos admitir desde el principio que no hay modelos enteramente correctos.
- El método científico consiste básicamente en crear, validar y modificar modelos y teorías. El científico representa en forma de teorías y modelos el conocimiento que tiene acerca del mundo que le rodea.

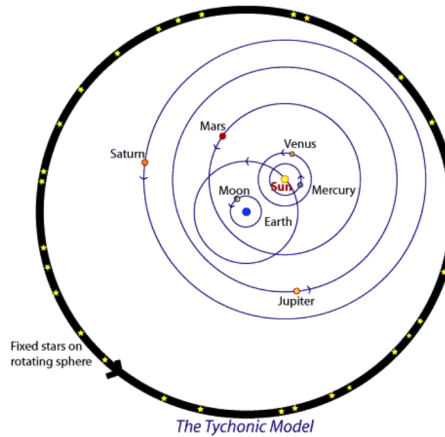


Selección de modelos

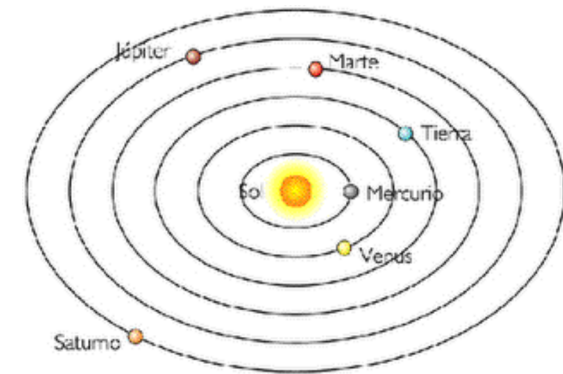
No todas las explicaciones (modelos) son igual de válidas; unas son mejores que otras porque simplemente explican más observaciones.



Modelo geocéntrico



Modelo geoheliocéntrico



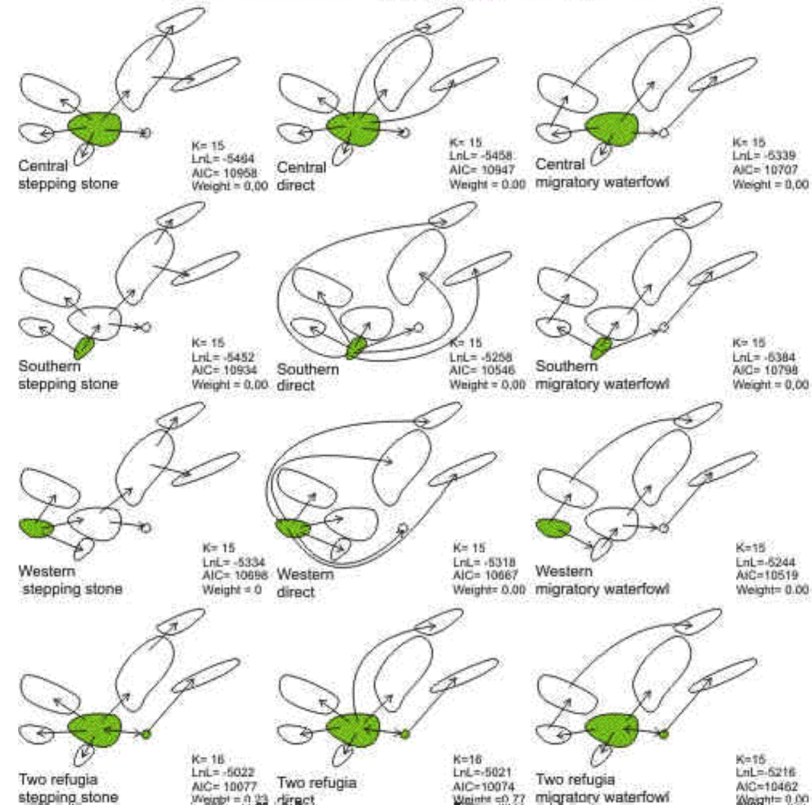
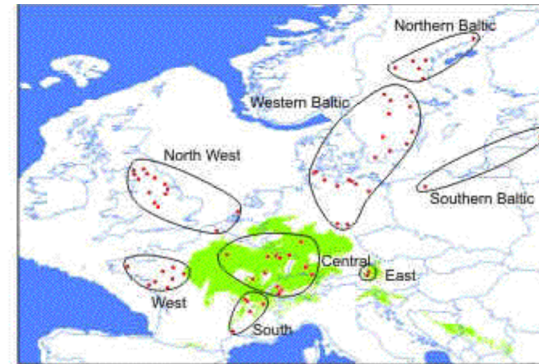
Modelo heliocéntrico



Selección de modelos

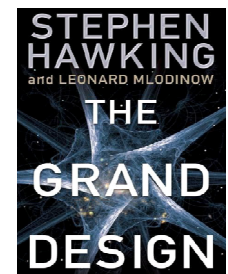
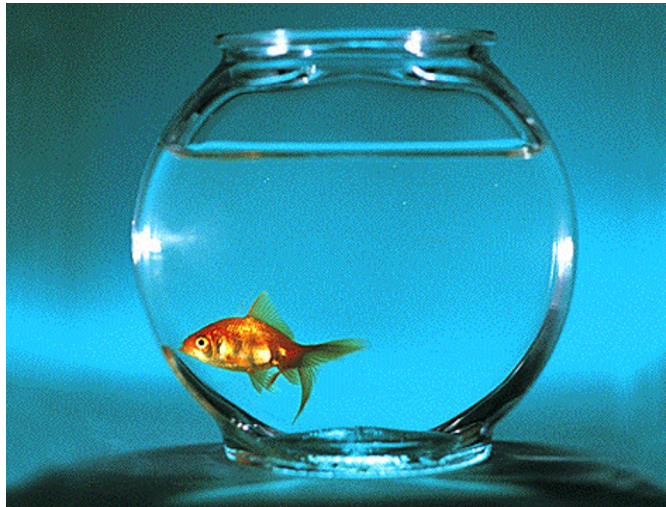


Radix balthica



¿Qué es la realidad?

Realidad dependiente de modelos: una imagen del mundo es un modelo y un conjunto de reglas que relacionan los elementos del modelo con las observaciones.



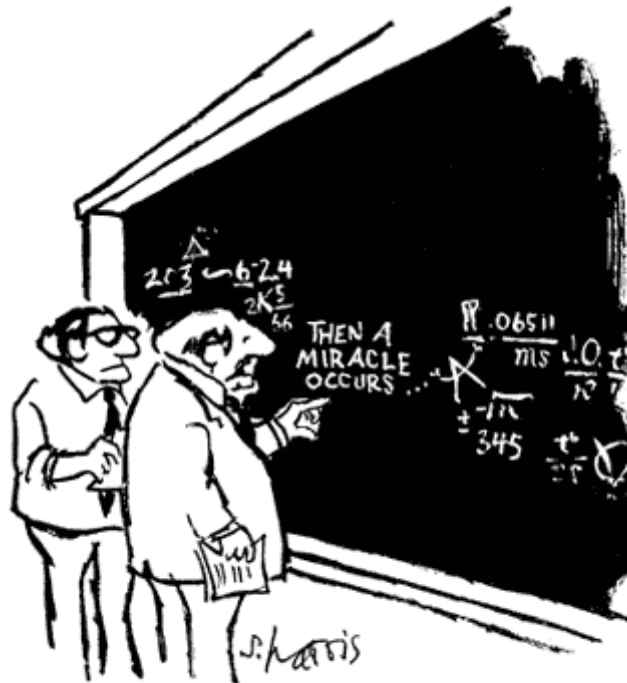
Seis Criterios para identificar al conocimiento científico

Observabilidad: El fenómeno estudiado, o su evidencia, pueden ser observados y explicados por nuestros sentidos o por el alcance de nuestros aparatos.

Consistencia: El resultado de observaciones y experimentos concernientes a eventos que ocurren naturalmente (fenómenos) son razonablemente el mismo cuando son llevado a cabo o repetidos por investigadores competentes. Los eventos están libres de auto-contradicciones: sus efectos y aplicaciones son consistentes.

Seis Criterios para identificar al conocimiento científico

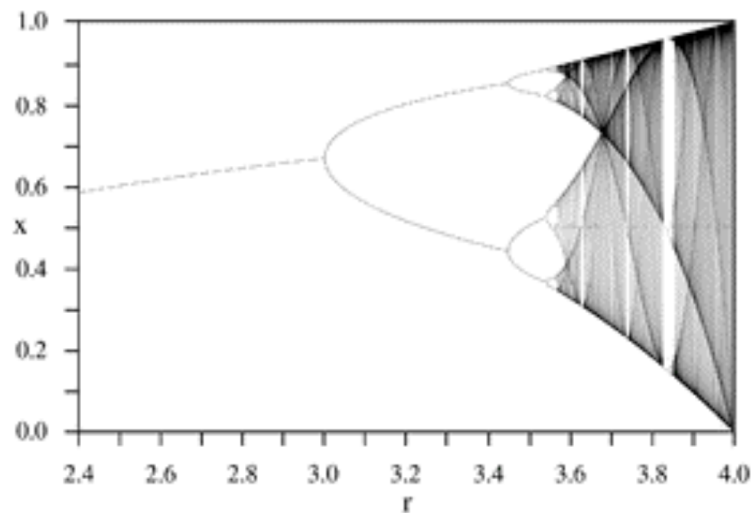
Naturalismo: Una causa natural, un mecanismo, debe ser usado para explicar cómo y por qué ocurre el fenómeno. Los científicos no deben usar explicaciones sobrenaturales.



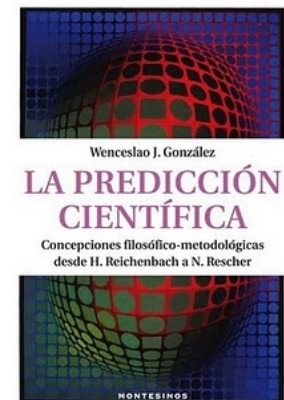
"I think you should be more explicit here in step two."

Seis Criterios para identificar al conocimiento científico

Previsibilidad: La causa natural o mecanismo del fenómeno que estamos estudiando puede ser usado para hacer predicciones. Cada predicción puede ser estudiada para determinar si es verdadera o falsa. Si los modelos son correctos, se deben cumplir una serie de consecuencias o efectos concretos.



Ojo: Previsibilidad \neq determinismo



Seis Criterios para indentificar al conocimiento científico

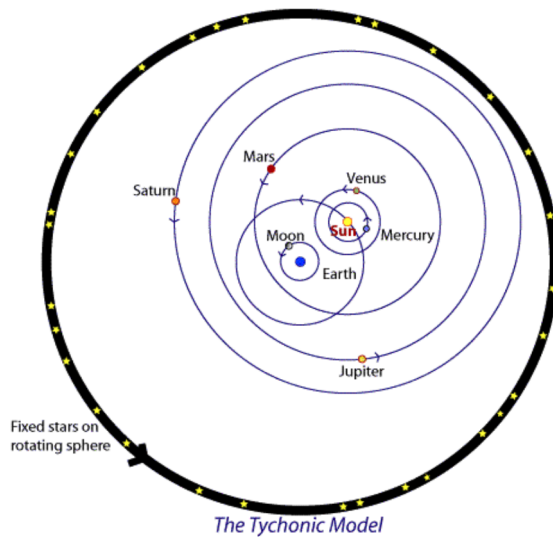
Comprobabilidad: Los mecanismos deben ser comprobables a través de metodologías estándares en ciencia. Referencias a eventos extra-naturales o sobrenatural no son comprobaciones adecuadas.

Las predicciones se ponen a prueba mediante: (1) Observaciones dirigidas, (2) Comparaciones, (3) Manipulación experimental.

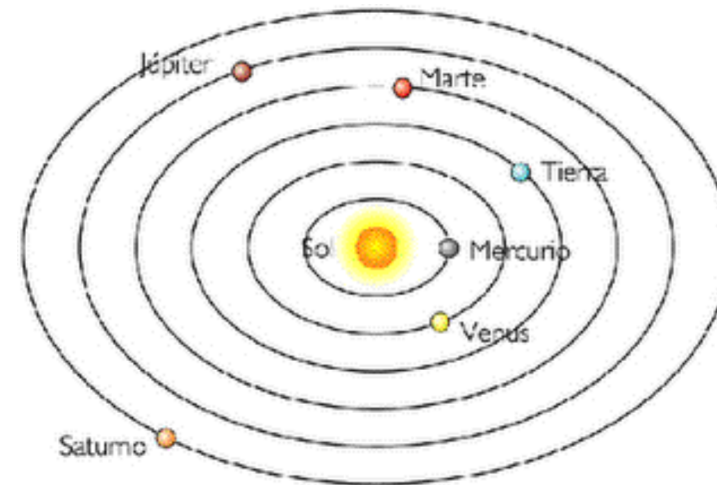


Seis Criterios para identificar al conocimiento científico

Tentatividad: Las teorías científicas están sujetas a la revisión y corrección, hasta el punto incluso de que se prueben de que no son adecuadas. Las teorías científicas han sido modificadas y lo seguirán siendo para conseguir una explicación cada vez más consistente de los fenómenos naturales.



Modelo geoheliocéntrico



Modelo heliocéntrico

Seis Criterios para identificar al conocimiento científico

La **Objetividad** se consigue principalmente mediante la supresión del punto de vista individual (se evitan los prejuicios subjetivos) a través de la crítica intersubjetiva basada en el seguimiento correcto de las normas metodológicas. Acuerdo intersubjetivo que no garantiza una objetividad abstracta (inexistente), sino una “objetividad intersubjetiva”, dependiente de numerosos observadores “racionales”.

La Objetividad y las escuelas en artes y ciencias

- La Ciencia es una actividad humana. El arte es una actividad de seres humanos
- Por eso no debería haber escuelas o “-ismos” asociados a personas sino, en su caso, a ideas.
- No es dogmática ni se rige bajo el principio de autoridad



La ciencia es pues una disciplina que estudia exclusivamente eventos que ocurren naturalmente, y ofrece explicaciones naturales de dichos fenómenos. Los datos deben ser consistentes, observables, predecibles, y comprobables, y las conclusiones y teorías son tentativas.

El objetivo de la ciencia es acumular información sobre cómo funciona la Naturaleza:

- ¿Describir y sistematizar?
- ¿Explicar y comprender?
- ¿Predecir y controlar?

Un ejemplo: La “abducción por extraterrestres”



Modelo 1: Secuestro por extraterrestres.

Modelo 2: Sueños lúcidos no controlados.

Modelo 3: Parálisis del sueño acompañada de alucinaciones hipnogógica (predormitales).

**transcultural
psychiatry**

March
2005

ARTICLE

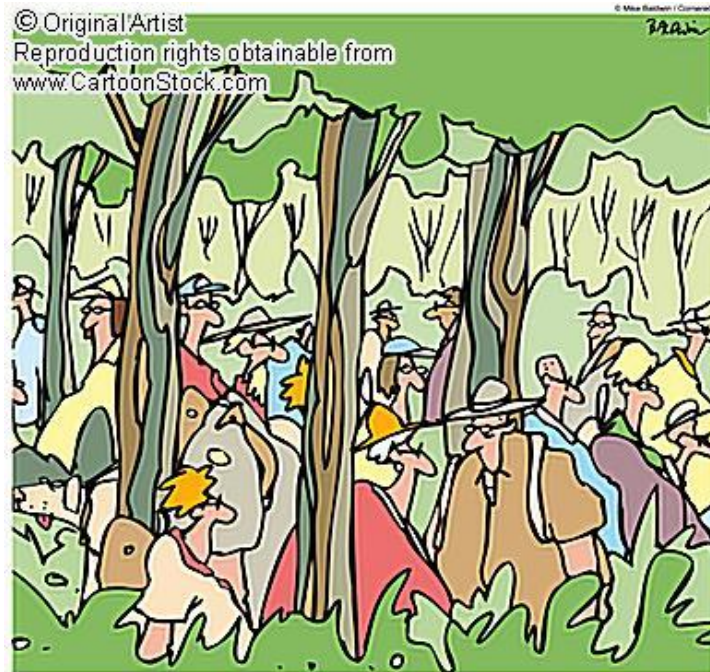
Sleep Paralysis, Sexual Abuse, and Space Alien Abduction

RICHARD J. McNALLY & SUSAN A. CLANCY
Harvard University

Wikipedia dice: “Científicamente la explicación más plausible de las supuestas abducciones sucedidas durante el sueño, es que los relatos surgen como explicación a episodios de parálisis del sueño o en sueños lúcidos no controlados.”

La ciencia es siempre un equilibrio entre la teoría (cómo pensamos que funciona las cosas) y la evidencia empírica. Desgraciadamente, teoría y datos no concuerdan a la perfección, lo que genera tensión. Esta es la principal razón de por qué la investigación no puede detenerse nunca, y porque la ciencia no deja nunca de ser interesante (Tudge 2009).

DINÁMICA DE POBLACIONES



It's great to get away from it all, except for the crowds.

Modelos de crecimiento poblacional

Cuatro parámetros afectan al tamaño de las poblaciones:

1. Natalidad (N)
2. Mortalidad (M)
3. Emigración (E)
4. Inmigración(I)

$$N \text{ ahora} = N \text{ antes} + N - M + I - E$$

$$N \text{ futuro} = N \text{ ahora} + N - M + I - E$$

Crecimiento Poblacional

El cambio temporal en el tamaño de las poblaciones depende de los cuatro parámetros explicados anteriormente

$$N_{\text{ahora}} = N_{\text{antes}} + N - M + I - E$$

$$N_{\text{futuro}} = N_{\text{ahora}} + N - M + I - E$$

Crecimiento Poblacional Independiente de la densidad

1. La tasa de mortalidad y natalidad per cápita no dependen del tamaño poblacional.
2. La tasa de crecimiento per cápita es constante.
3. La tasa de crecimiento poblacional es proporcional al tamaño poblacional.
4. Existe independencia entre crecimiento poblacional y densidad.

Crecimiento Poblacional Independiente de la densidad: Poblaciones discretas

1) Consideremos una especie semélpara anual, y sea R_0 la tasa de reproducción neta.

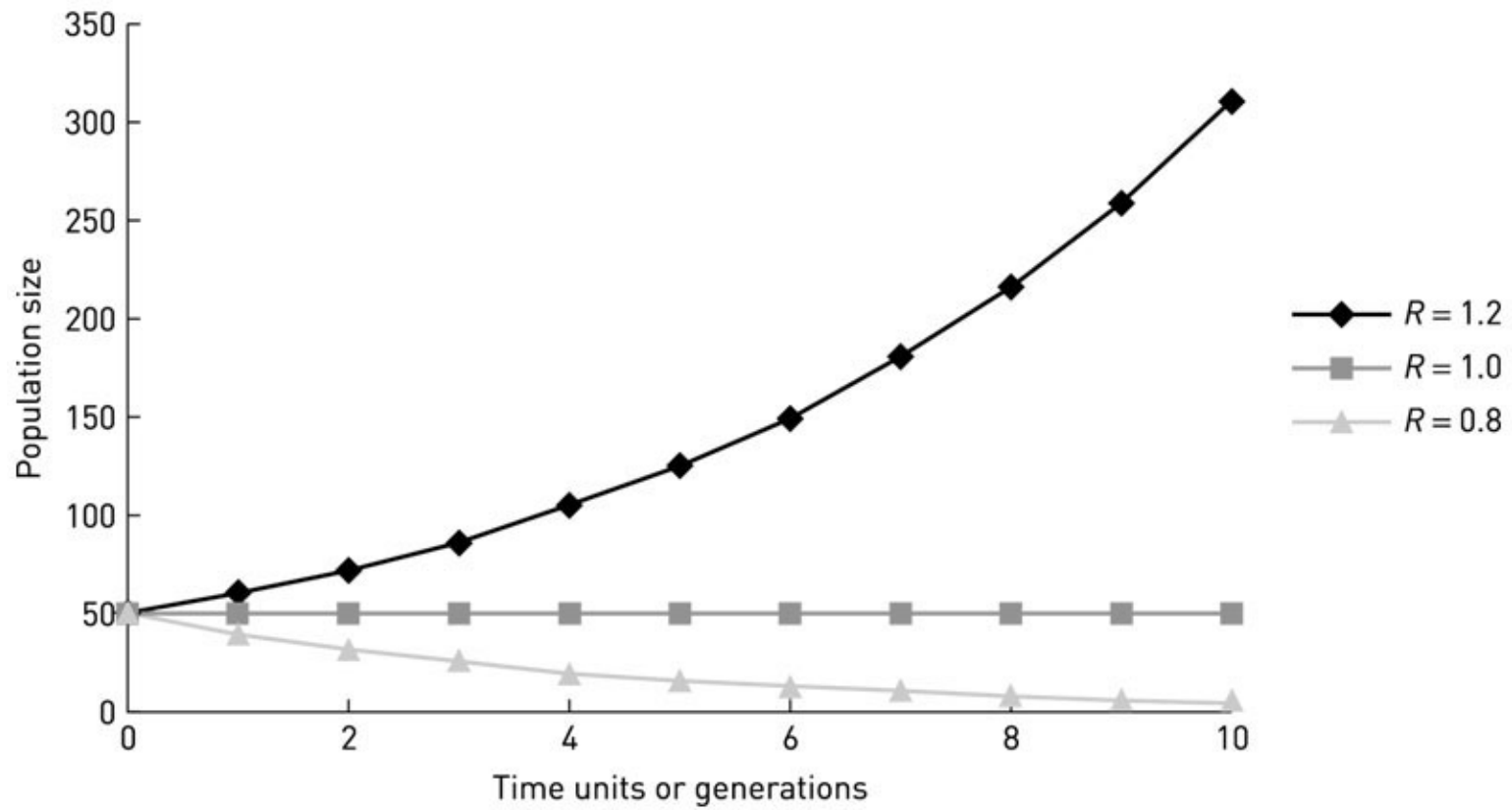
2) R_0 es constante.

3) Prescindimos de la demografía, sólo contamos individuos cada año y suponemos que todos son iguales.

$$N_{t+1} = R_0 N_t \quad \left\{ \begin{array}{l} N_t = \text{tamaño de la población en la generación } t. \\ N_{t+1} = \text{tamaño de la población en la generación } t+1. \end{array} \right.$$

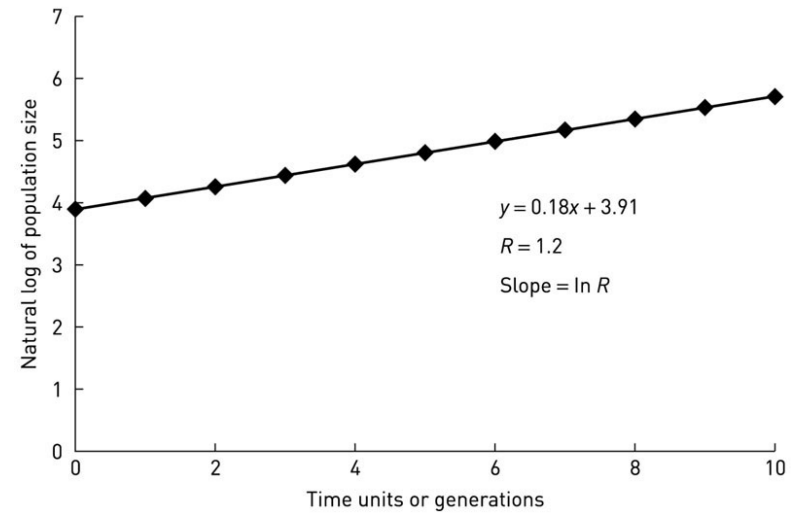
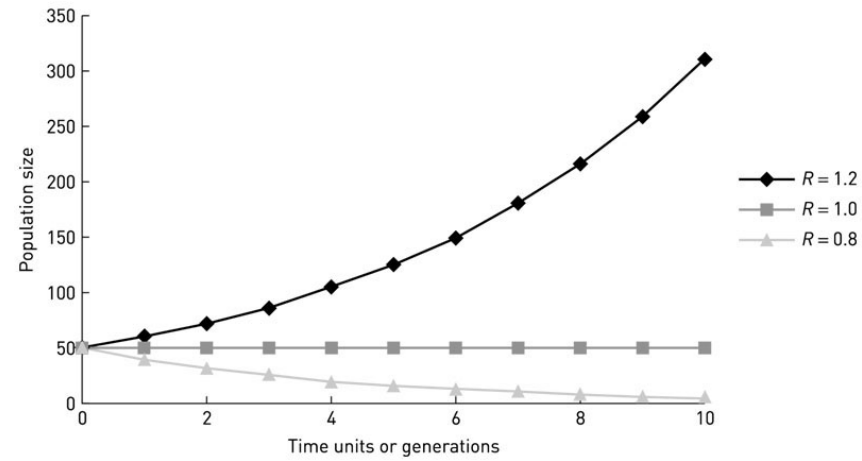
$$N_{t+2} = R_0 N_{t+1} = R_0 (R_0 N_t) = R_0^2 N_t$$

$$\mathbf{N_t = R_0^t N_0}$$



Propiedades

1. Esta ecuación liga el tamaño poblacional, la tasa de reproducción neta y el tiempo, medido en generaciones que aquí coincide con el año.
2. Esta ecuación es logarítmica, por lo que gráficamente será una curva logarítmica o geométrica (*Crecimiento geométrico*).
3. Para averiguar si una población crece de forma exponencial, pasar los datos a logaritmos y dará una [línea recta](#).
4. El comportamiento cualitativo de la curva de crecimiento viene determinado tan sólo por la diferencia entre R_0 y 1, de tal forma que si $R_0 > 1$, la curva crece sin barrera, si $R_0 = 1$, no hay crecimiento y el tamaño poblacional permanece constante, y si $R_0 < 1$, la curva se aproxima a 0.
5. La tasa de crecimiento poblacional depende del número de individuos preexistentes en la población.



Crecimiento Poblacional Independiente de la densidad: Poblaciones continuas

- 1) Consideremos una especie con reproducción continua.
- 2) R_0 es sólo la tasa reproductiva neta.
- 3) La tasa de recambio poblacional se denomina tasa de crecimiento innato o la *capacidad innata de aumento* r . Empíricamente podíamos calcular r a través de una tabla de cohorte como $\ln R_0/T$, donde T era el tiempo de generación = $\sum l_x b_x x / R_0$.

$$dN/dt = bN - mN \rightarrow dN/dt = rN \rightarrow dN/N = rdt$$

$$\int dN/N = \int rdt$$

$$\ln N_T - \ln N_0 = rT$$

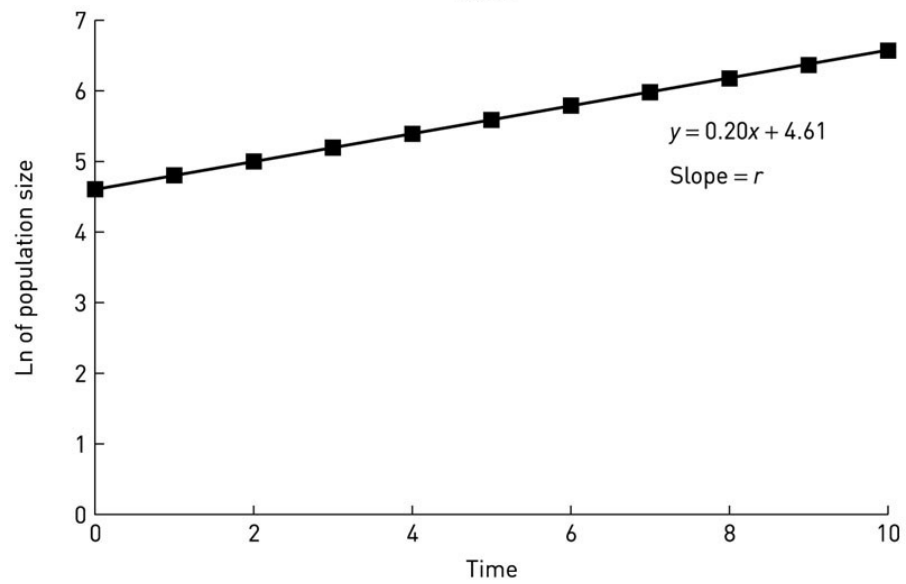
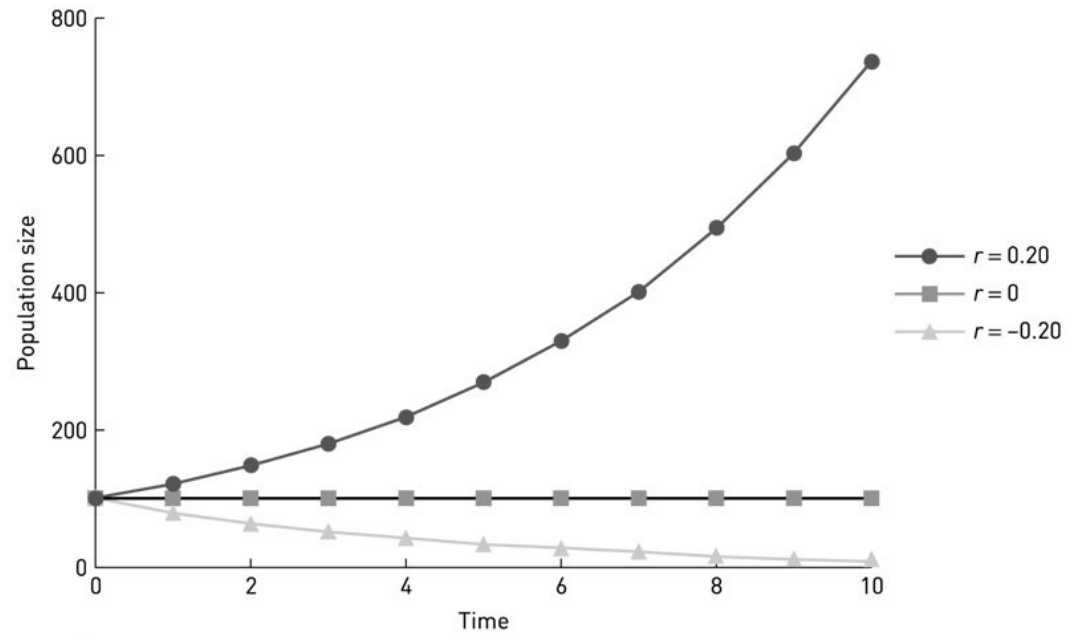
$$N_T/N_0 = e^{rT}$$

$$\mathbf{N_T = N_0 e^{rT}}$$

integrando entre $t=0$ y $t=T$

Resolviendo mediante logaritmos

Tomando exponenciales en ambos lados



Propiedades

1. El resultado es análogo al anterior. Obtenemos un crecimiento ilimitado de la población de tipo exponencial o geométrico cuando $r > 0$, un tamaño poblacional estacionario cuando $r = 0$, y una aproximación a 0 cuando $r < 0$.
2. Este crecimiento sólo es posible si la tabla de vida es fija y la estructura de edad de la población es estable con el tiempo.
3. La fórmula primera es igual a la usada para generaciones discretas, pero en ese caso el término " $-mN$ " era cero, porque ningún individuo sobrevivía al siguiente evento de reproducción.
4. e^r se denomina *tasa finita de incremento*, $\lambda =$ la tasa de incremento por individuo y por unidad de tiempo (directamente el número de hijos por individuo y año). En una población sin estructuras de edades, λ es análoga a R_0 ($R_0 = \lambda - 1$).
5. No confundir las dos ecuaciones, dN/dt mide el crecimiento ($= rN$, una recta con pendiente r e intercepto 0), mientras que N mide el número de individuos. La tasa de cambio es constante, r .

Crecimiento Poblacional Dependiente de la densidad

1. La tasa de mortalidad y natalidad per cápita dependen del tamaño poblacional.
2. No existe independencia entre crecimiento poblacional y densidad

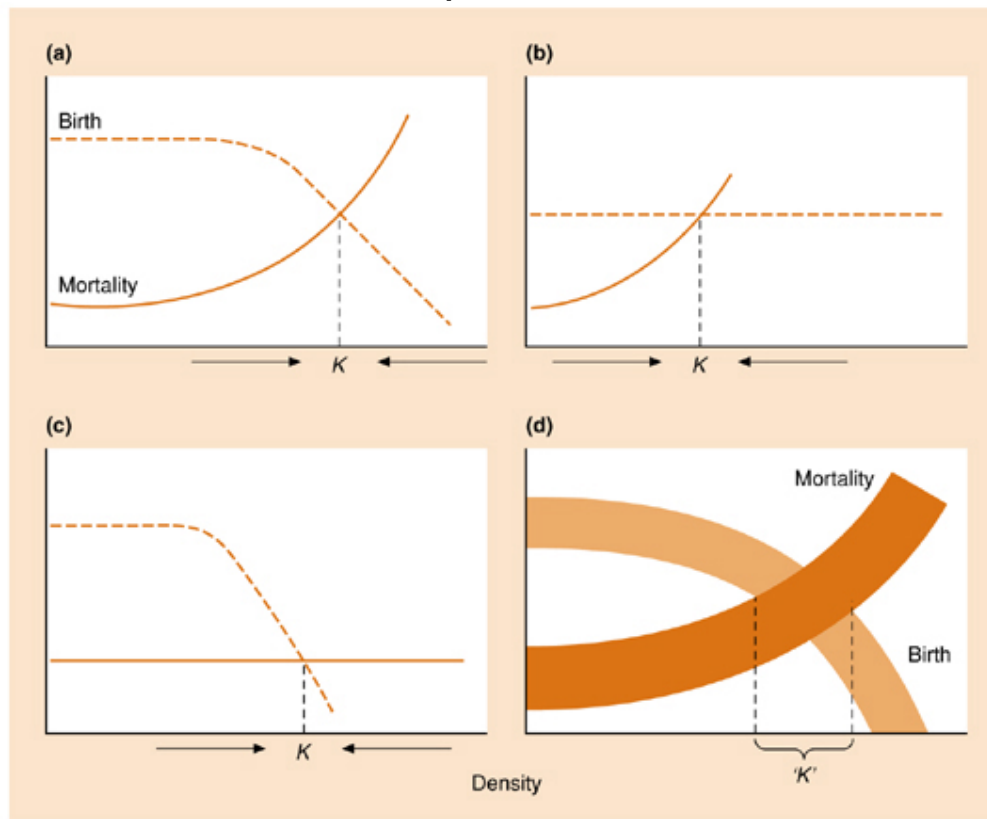


Figure 5.7 Density-dependent birth and mortality rates lead to the regulation of population size. When both are density dependent (a), or when either of them is (b, c), their two curves cross. The density at which they do so is called the carrying capacity (K). Below this the population increases, above it the population decreases: K is a stable equilibrium. However, these figures are the grossest of caricatures. The situation is closer to that shown in (d), where mortality rate broadly increases, and birth rate broadly decreases, with density. It is possible, therefore, for the two rates to balance not at just one density, but over a broad range of densities, and it is towards this broad range that other densities tend to move.

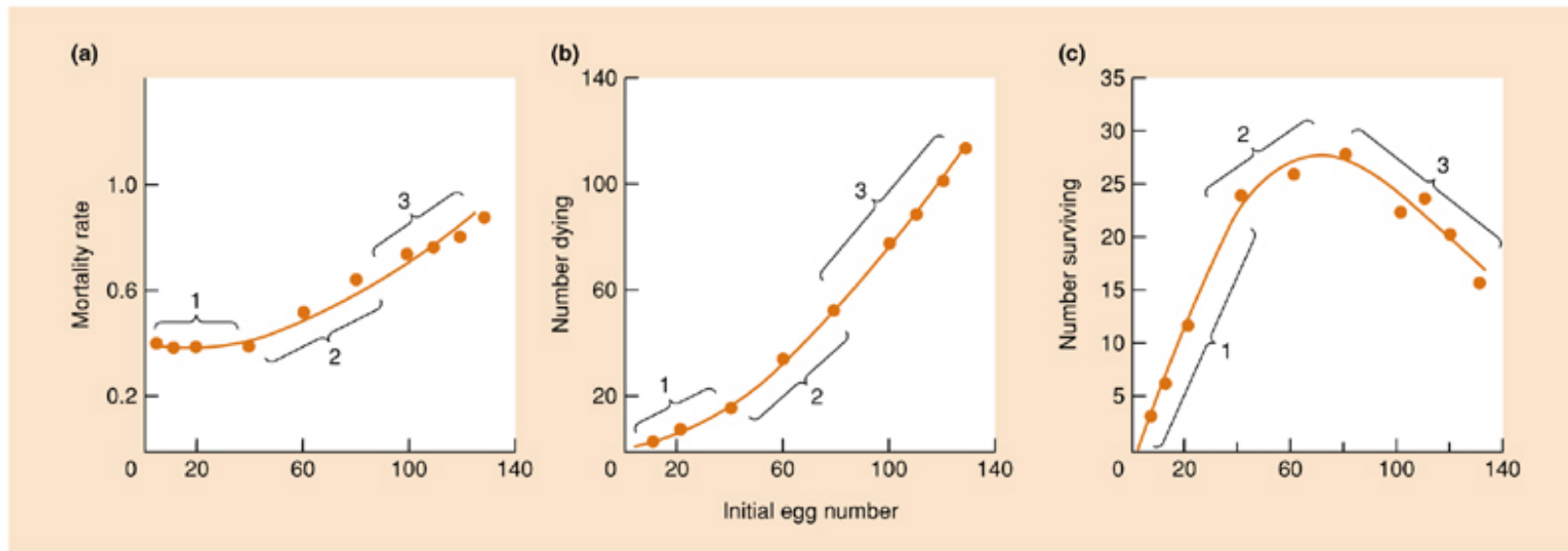
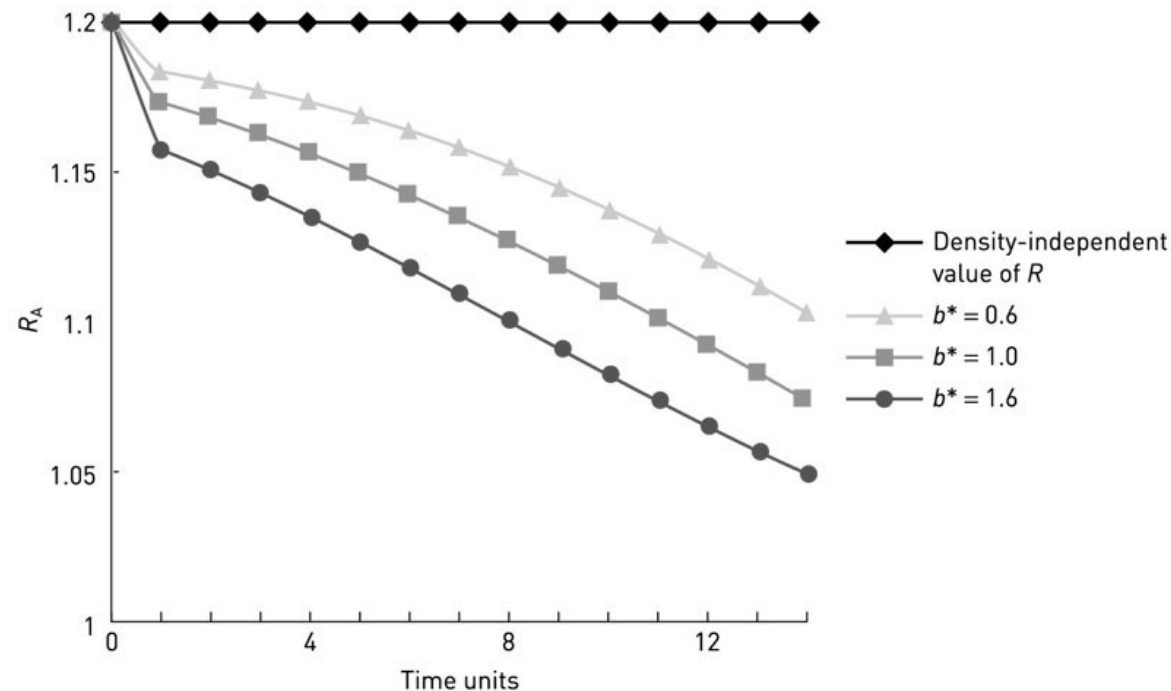


Figure 5.3 Density-dependent mortality in the flour beetle *Tribolium confusum*: (a) as it affects mortality rate, (b) as it affects the numbers dying, and (c) as it affects the numbers surviving. In region 1 mortality is density independent; in region 2 there is undercompensating density-dependent mortality; in region 3 there is overcompensating density-dependent mortality. (After Bellows, 1981.)

Crecimiento Poblacional Dependiente de la densidad: Poblaciones discretas

Asumimos que R_0 decrece linealmente con la densidad.

Cuando N pasa un determinado valor, R_0 se hace menor que 1. El punto donde N genera un $R_0 = 1$ se denomina *punto de equilibrio* ($R_0=1 \Leftrightarrow$ crecimiento 0).



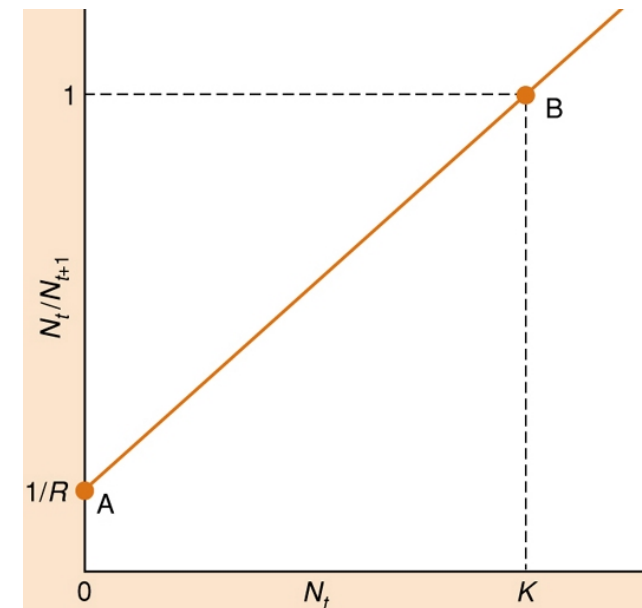
Para ver mejor esto, representamos N_t/N_{t+1} frente a N_t .

Cuando N_t es muy pequeño, $N_t/N_{t+1}=1/R$
(porque hay crecimiento independiente de la densidad)

Cuando N_t es muy grande, $N_{t+1}=N_t$, y $N_t/N_{t+1}=1$
(porque hay tanta mortalidad dependiente de la densidad que $R=1$). Es el punto de equilibrio, que se denomina K .

$$\beta = \frac{1 - \frac{1}{R}}{K - 0}$$

La pendiente de la recta es



$$\frac{N_t}{N_{t+1}} = 1 - \frac{1}{R} + \frac{1}{K} N_t$$

$$N_{t+1} = \frac{N_t R}{1 + \frac{(R-1)N_t}{K}}$$

Si denominamos a a $R-1/K$, entonces:

$$N_{t+1} = \frac{N_t R}{1 + aN_t}$$

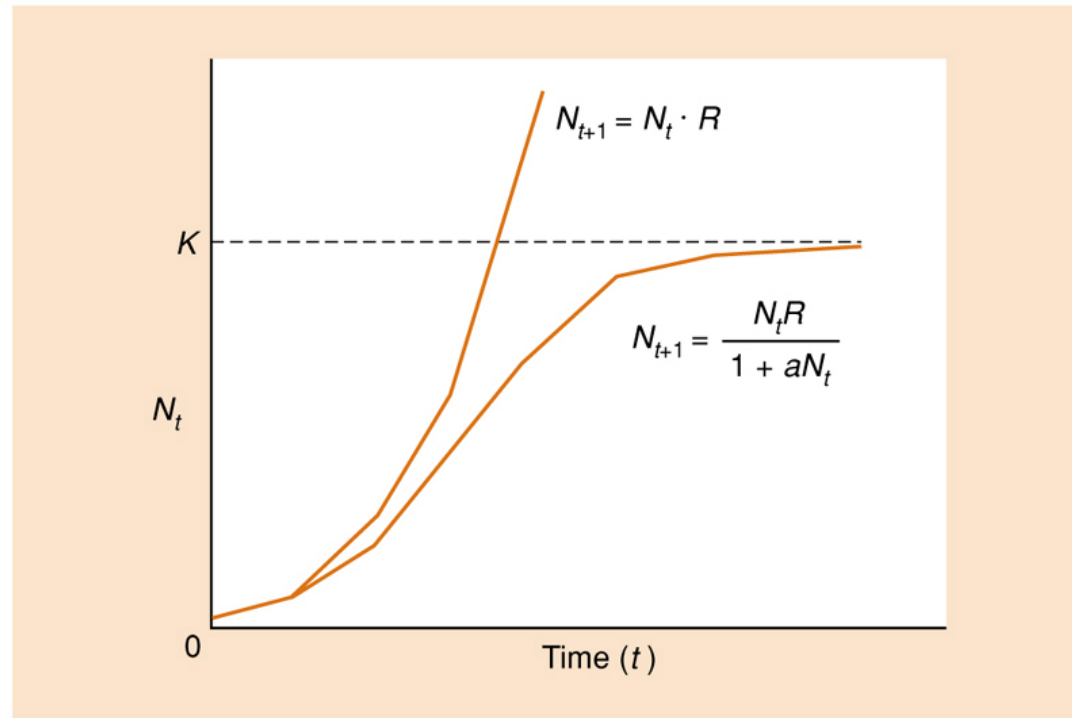
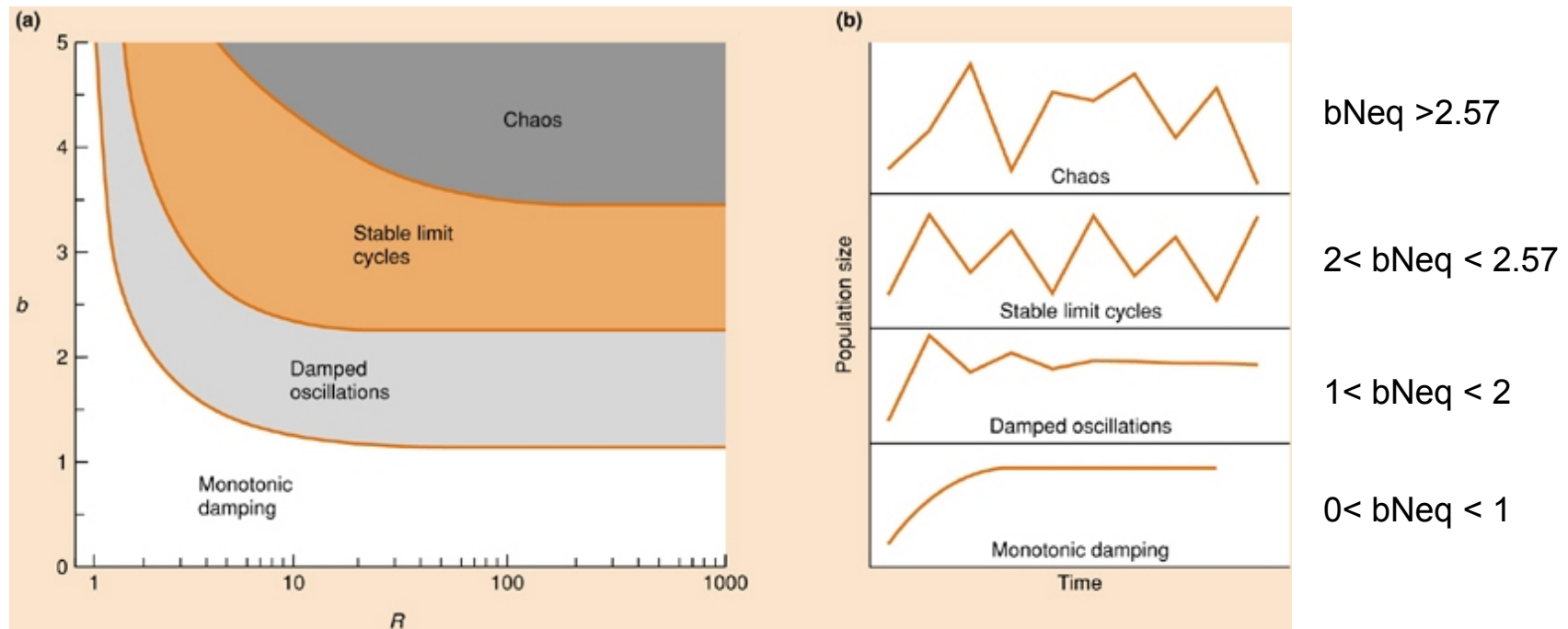


Figure 5.18 Mathematical models of population increase with time, in populations with discrete generations: exponential increase (left) and sigmoidal increase (right).

El comportamiento dependerá de la pendiente de la recta de R_0 frente a densidad de población (b) multiplicado por el tamaño poblacional en el equilibrio (N_{eq}):



Crecimiento Poblacional Dependiente de la densidad: Poblaciones continuas

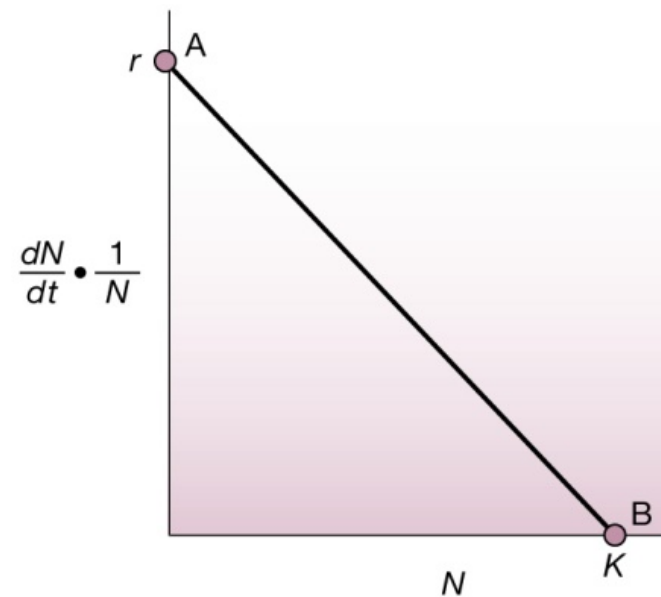
Asumimos que la tasa de crecimiento per cápita decrece linealmente con la densidad (= es función de N)

$$dN/dt = N f(N)$$

Sea $f(N)$ una línea recta.

1. Cuando $N=0$ (densidad poblacional baja), $f(N) = r$ (tasa intrínseca de crecimiento).
2. Cuando N sobrepasa un determinado valor, $f(N) = 0$ y no hay más crecimiento poblacional. Este valor de N se llama capacidad de carga de la población y se nota como K .
3. La ecuación que describe esta línea recta es:

$$f(N) = r(1 - N/K).$$



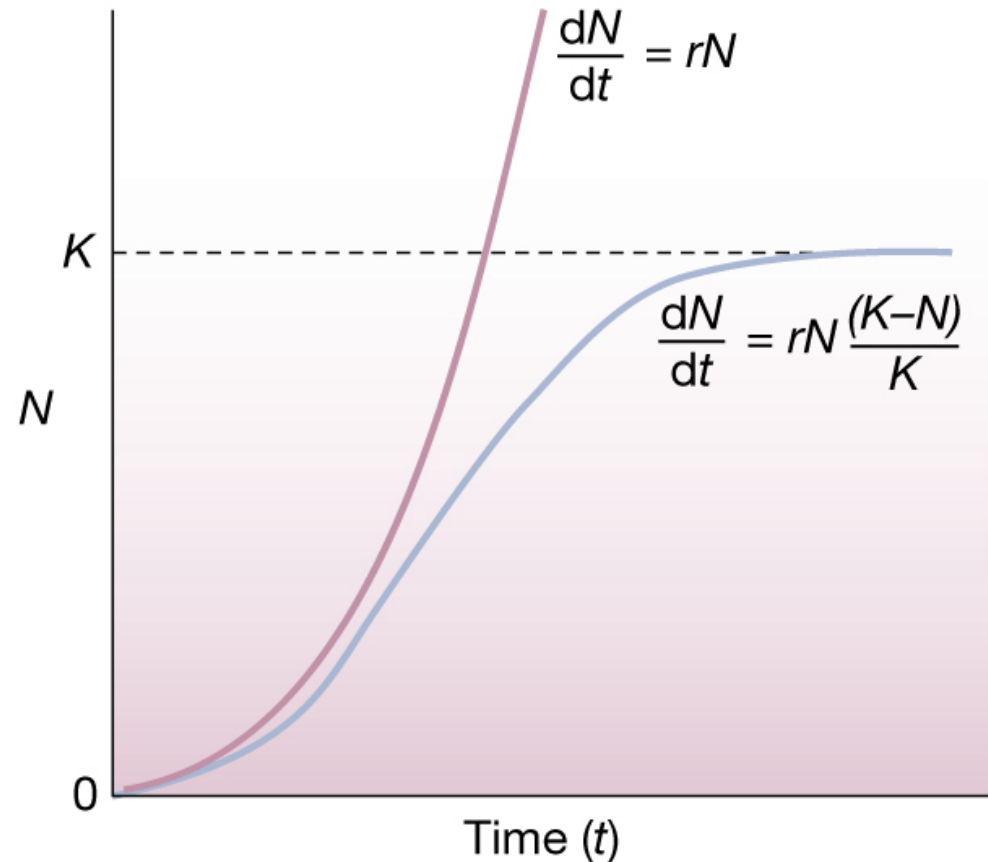
Sustituyendo $f(N)$ en la ecuación, tenemos:

$$\frac{dN}{dt} = rN\left(1 - \frac{N}{K}\right)$$

$$\frac{dN}{dt} = rN\left(\frac{K - N}{K}\right)$$

Este modelo es denominado *modelo logístico*, que tras integrarlo da:

$$N_t = N_0 \frac{K}{1 + e^{-rt}}$$



Propiedades

1. La tasa de crecimiento per cápita no es constante, sino que es dN/dt
 $1/N = r(K-N)/N$.
2. La curva logística difiere de la curva geométrica en : 1) tiene una asíntota superior, y 2) se acerca a esta asíntota suavemente, no bruscamente.
3. La curva predice un *equilibrio dinámico estable* de la población cuando $N=K$.
4. Hay dos atributos de la curva logística que la hacen muy atractiva: 1) su simplicidad matemática, y 2) su aparente realidad. Sólo contiene dos constantes, K y r .
5. La curva es simétrica respecto a su punto central= $K/2$.

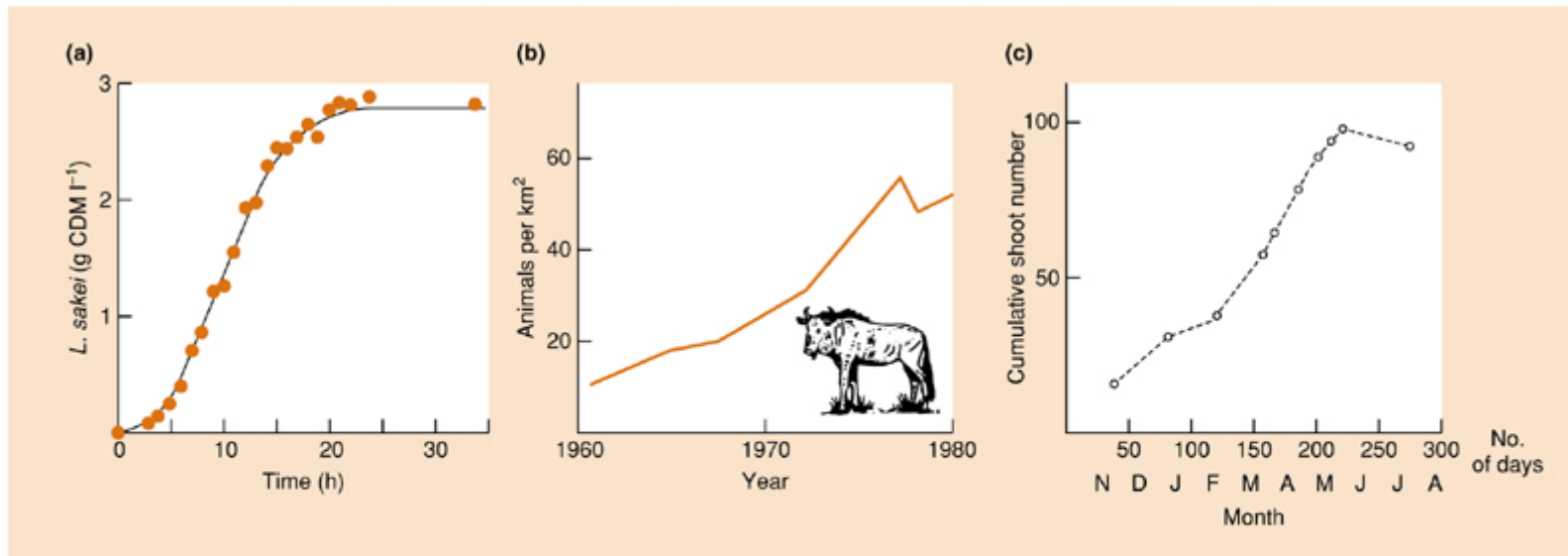


Figure 5.11 Real examples of S-shaped population increase. (a) The bacterium *Lactobacillus sakei* (measured as grams of 'cell dry mass' (CDM) per liter) grown in nutrient broth. (After Leroy & de Vuyst, 2001.) (b) The population of wildebeest *Connochaetes taurinus*, of the Serengeti region of Tanzania and Kenya seems to be leveling off after rising from a low density caused by the disease rinderpest. (After Sinclair & Norton-Griffiths, 1982; Deshmukh, 1986.) (c) The population of shoots of the annual *Juncus gerardi* in a salt marsh habitat on the west coast of France. (After Bouzille *et al.*, 1997.)

Modelos de poblaciones estructuradas por la edad o el tamaño

Estos modelos incorporan la fecundidad y mortalidad específica de la edad a nuestros modelos de crecimiento poblacional

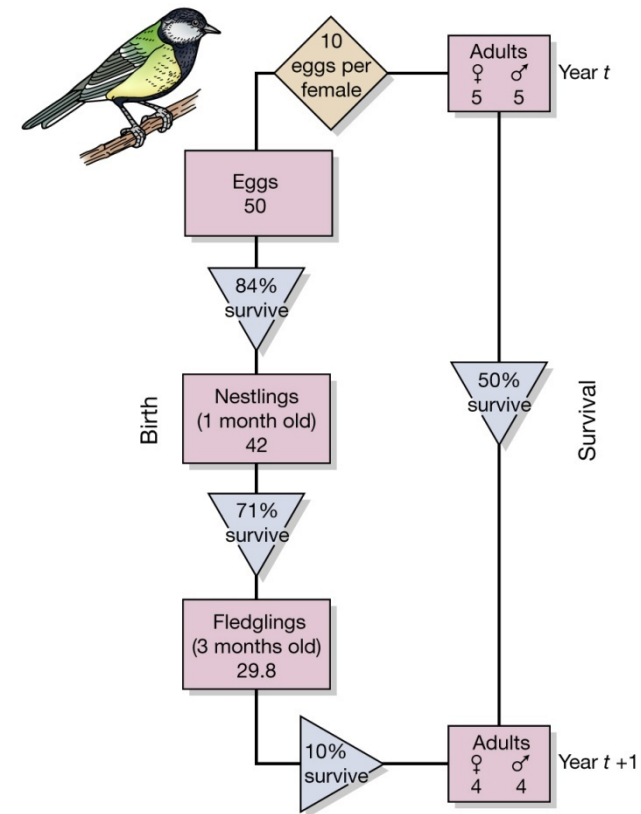
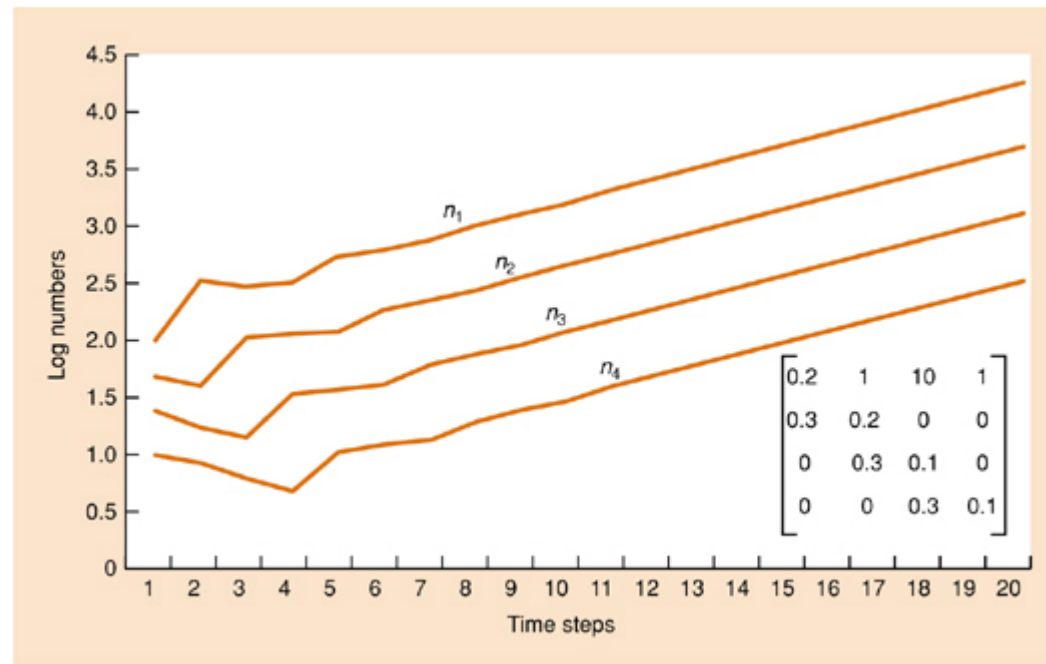


Figure 4.15 A population growing according to the life cycle graph shown in Figure 4.14a, with parameter values as shown in the insert here. The starting conditions were 100 individuals in class 1 ($n_1 = 100$), 50 in class 2, 25 in class 4 and 10 in class 4. On a logarithmic (vertical) scale, exponential growth appears as a straight line. Thus, after about 10 time steps, the parallel lines show that all classes were growing at the same rate ($R = 1.25$) and that a stable class structure had been achieved.



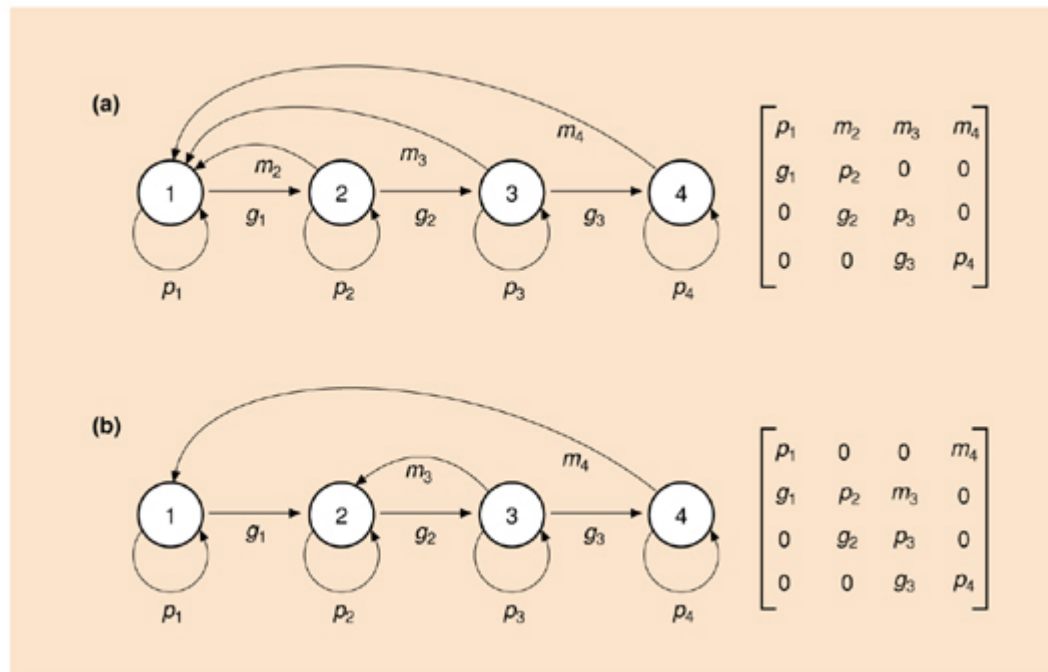


Figure 4.14 Life cycle graphs and population projection matrices for two different life cycles. The connection between the graphs and the matrices is explained in the text. (a) A life cycle with four successive classes. Over one time step, individuals may survive within the same class (with probability p_i), survive and pass to the next class (with probability g_i) or die, and individuals in classes 2, 3 and 4 may give birth to individuals in class 1 (with per capita fecundity m_i). (b) Another life cycle with four classes, but in this case only reproductive class 4 individuals can give birth to class 1 individuals, but class 3 individuals can 'give birth' (perhaps by vegetative growth) to further class 2 individuals.

1. Los modelos de crecimiento poblacional para poblaciones estructuradas se denominan también Modelos Matriciales de Leslie.
2. Se calcula un vector poblacional \mathbf{N}_{t1} a tiempo como el producto de una matriz \mathbf{A} que contiene las supervivencias (\mathbf{S}) y fertilidades (\mathbf{F}) de cada clase de edad por un vector poblacional \mathbf{N}_{t0} en el tiempo previo 0:

$$\mathbf{N}_{t1} = \mathbf{A} \mathbf{n}_{t0}$$

3. La matriz \mathbf{A} se denomina matriz de transición o matriz de Leslie, y es única para cada población.
4. Un presupuesto importante: los parámetros vitales (supervivencia y fertilidad) permanecen constantes.

$$\begin{array}{c|ccccccc|}
 F_0 & F_1 & F_2 & F_3 & \dots & F_{n-1} & F_n \\
 S_0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\
 0 & S_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\
 0 & 0 & S_2 & 0 & \dots & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & S_3 & \dots & 0 & 0 \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & S_{n-1} & 0
 \end{array}
 \mathbf{X}
 \begin{array}{c|}
 N_0 \\
 N_1 \\
 N_2 \\
 N_2 \\
 N_3 \\
 \dots \\
 N_n
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c|}
 N_0 \\
 N_1 \\
 N_2 \\
 N_2 \\
 N_3 \\
 \dots \\
 N_n
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 t \\
 t+1
 \end{array}$$

$$\mathbf{AN}(t) = \mathbf{N}(t+1)$$

Propiedades

1. Asumiendo que los parámetros vitales son constantes, las poblaciones alcanzarán una estructura de edades estable.
2. Antes de alcanzar la estructura de edades estable, el crecimiento poblacional de un año a otro puede variar. Una vez que se alcanza la estructura de edades estable, la población crece geoméricamente con una tasa discreta constante λ .
3. Para calcular λ , representamos $\ln N$ frente al tiempo cuando el crecimiento es estable, y la pendiente es r , por lo que $\lambda = e^r$.
4. A mayor λ , mayor base de la pirámide de población.

“We usually start a study or set of experiments within the context of a body of knowledge and thought built from previous studies, observations, and experience. From this context arises a set of questions. We try to organize these questions into a coherent order with explanatory properties. To do this, we construct a model of how the system works. This is a scientific model or scientific hypothesis. To be scientifically testable, this model must be connected to observable quantities.”



Generando teorías

- **Razonamiento inductivo** (Bacon 1620): Elaboración de explicaciones mediante generalizaciones a partir de observaciones no experimentales. Se usa la estadística para detectar patrones y decidir si se deben al azar.
- **Razonamiento deductivo** (Galileo 1632): Elaboración de explicaciones mediante conjeturas basadas en teorías existentes.
- La cuestión no está clara: inducción se puede hacer a partir de patrones o basada en método hipotético-deductivo.