INSTITUTO SUPERIOR DEL PROFESORADO DE SALTA Nro. 6005

PLAN PEDAGOGICO

CARRERA: Profesorado para la Educación Secundaria en Biología

(DESDE EL 05/10 AL 16/10 de 2020)

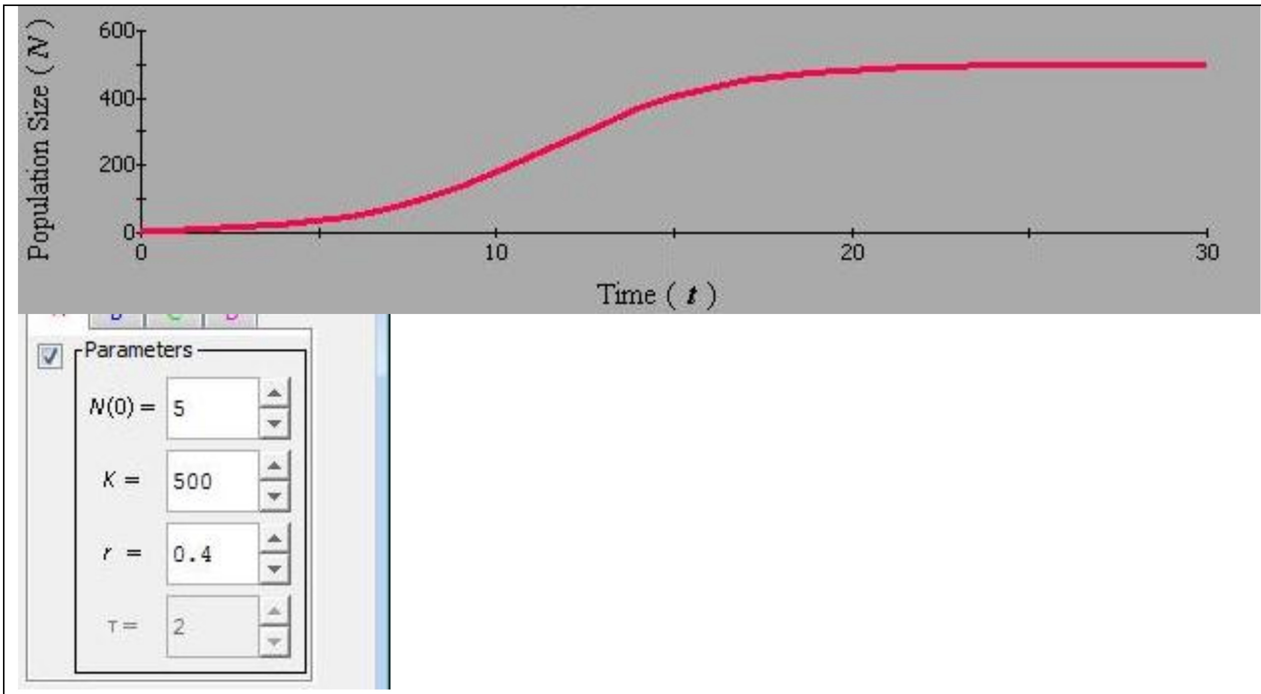
ASIGNATURA: Ecología y Etología

APELLIDO Y NOMBRE DEL DOCENTE: Román, Florencia Emanuela

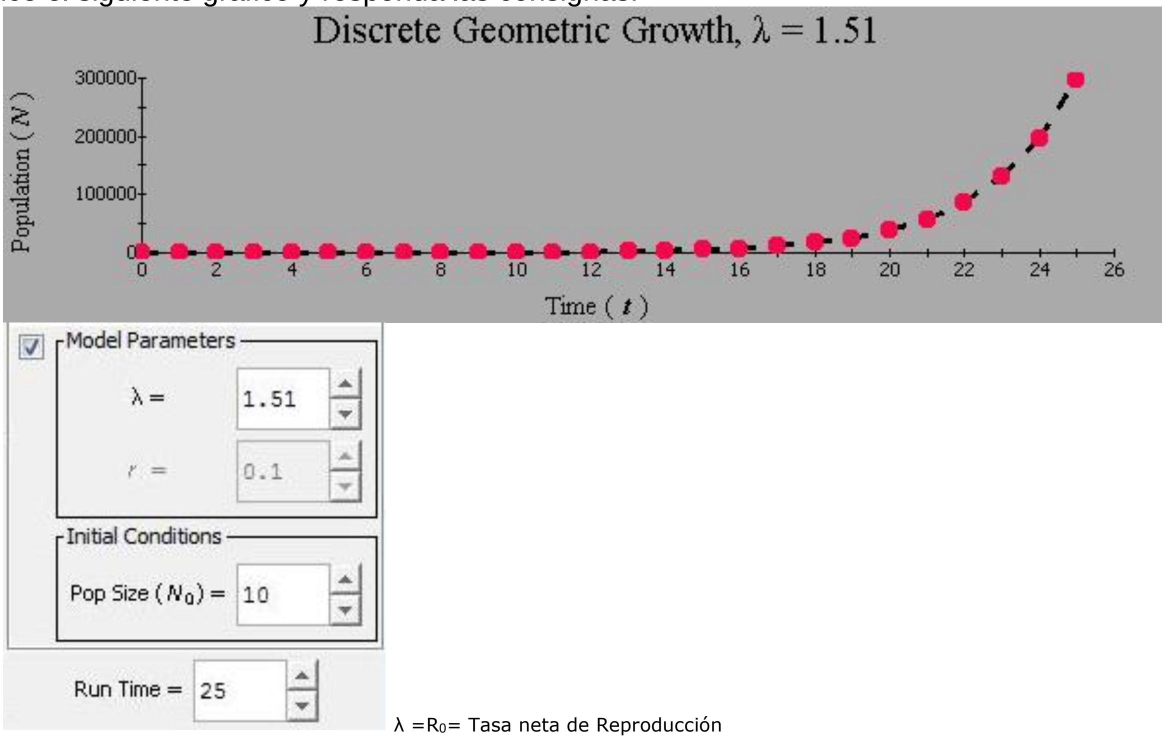
DIA: Miércoles HORARIO: 19:00 HASTA 20:20; DIA: Viernes HORARIO: 19:00 HASTA 20:20.

Los trabajos pueden ser enviados por e-mail a florenciaemanuela@yahoo.com.ar; o por classroom: https://classroom.google.com/c/MTI1NDA1Mjc3MDI4?cjc=irliq4b Clave: irliq4b

CONTENIDO O TEMA A DESARROLLAR
Unidad 3: Estructura y dinámica de las poblaciones Dinámica poblacional: Modelos de crecimiento: Discretos y continuos, exponencial y logístico.
GUIA O ACTIVIDADES: Trabajo Práctico Nº11
Actividades: 1- ¿Qué valores deben tomar **r** (Tasa de crecimiento de la población per cápita) y $\mathbf{R_0}$ (Tasa neta de reproducción) para que la población mantenga constante el número de individuos, la población aumente el número de individuos y la población disminuya el número de individuos? 2- Consideremos una población de una planta anual que se inicia con 10 individuos y se reproduce a una tasa anual de 50. ¿Cómo será el tamaño poblacional al cabo de 5 años?. Realice la gráfica del tamaño poblacional en el tiempo. 3- La comadreja overa (*Didelphis albiventris*) se comporta como una especie cuasi semélpara (Regidor y Gorostiague, 1990). En un censo pre- reproductivo se estimó la población de 37 animales. Al año siguiente, para la misma época en el área se contabilizaron 43 animales. ¿Cuál es la tasa neta de reproducción (R_0)? Con esta tasa de reproducción, estime cómo será el crecimiento de la población al cabo de 10 generaciones. 4- Analice el siguiente gráfico y explique: a) ¿A qué curva de crecimiento corresponde? b) ¿se trata de una especie semelpara o iteropara? c) ¿Qué tipo de estrategia vital presenta esta especie? d) Interprete y explique la gráfica.



5- Analice el siguiente gráfico y responda las consignas:



λ =R_0= Tasa neta de Reproducción

a) ¿A qué curva de crecimiento corresponde?
b) ¿Se trata de una especie semelpara o iteropara?
c) ¿Qué tipo de estrategia vital presenta esta especie?
d) Analice, interprete y explique la gráfica.
e) Si el valor de R_0=1,7 (taza neta de reproducción), ¿La población crecerá en más o en menos generaciones? (en relación a la población con una R_0 = 1,51. Justifique.

6- ¿En qué sentido el modelo logístico es más real que el exponencial?
7- ¿Qué supuestos del modelo exponencial y logístico difícilmente se cumplen en la naturaleza? Justifique.
8- ¿Qué significado adaptativo tiene el que las poblaciones manifiesten un valor de K que no es el máximo posible?. Explique.
7. Analizando el modelo logístico de la siguiente ecuación: N_{t+1}= R_0 N_t [(K-N_t)/K]. ¿Qué sucede cuando N_t tiende a cero? ¿y cuando N_t se aproxima a K?

BIBLIOGRAFIA

- Krebs, C.J. *Ecología Análisis experimental de la distribución y abundancia.* 1986. Ed. Pirámide, S.A. Madrid.
- Odum, E.P.; G.W. Warrett. 2006. Fundamentos de Ecología. Quinta Edición. Ed. Thomson. México.

Crecimiento de la Población

El crecimiento de las poblaciones es un problema central de la ecología. Ninguna población continúa creciendo indefinidamente, y esto nos lleva al problema de la regulación de las poblaciones. Las relaciones interespecíficas llevan a un aumento o reducción en el crecimiento de la población. El crecimiento de la población produce cambios en la estructura de la comunidad. Es por lo tanto importante comprender cómo se produce el crecimiento de las poblaciones.

Una población situada en un entorno favorable comenzará a aumentar su número. ¿Qué forma tomará ese aumento? ¿Cómo podemos describirlo matemáticamente?

A - <u>Generaciones discretas</u>:

Consideremos una especie con una sola época anual de reproducción, y una vida de un año de duración. Si cada hembra produce un promedio de R_0 hembras que sobreviven para reproducirse en el período reproductor el año siguiente. Entonces:

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

Donde:

N_t: Tamaño de la población de hembras en la generación t.

N_{t+1}: Tamaño de la población de hembras en la generación t + 1.

R_0: Tasa neta de reproducción (nº de hembras producidas por hembras y por generación).

Lo que le sucede a esa población dependerá en gran parte del valor de R_0. Consideremos dos casos:

1) *Tasa constante de multiplicación:* Consideramos a R_0 constante; Si $R_0 > 1$, la población crece geométricamente, y si $R_0 < 1$, la población decrece hasta la extinción. Por ej. , si $R_0 = 1{,}5$ y $N_0 = 10$ (sustituir en fórmula 1*):

Generación	Tamaño de la población
0	10
1	15 = (1,5) (10)
2	22,5 = (1,5) (15)
3	33,75=(1,5) (22,5)

La fig. 12.1 muestra algunos ejemplos de crecimiento geométrico de la población a diferentes valores de R_0.

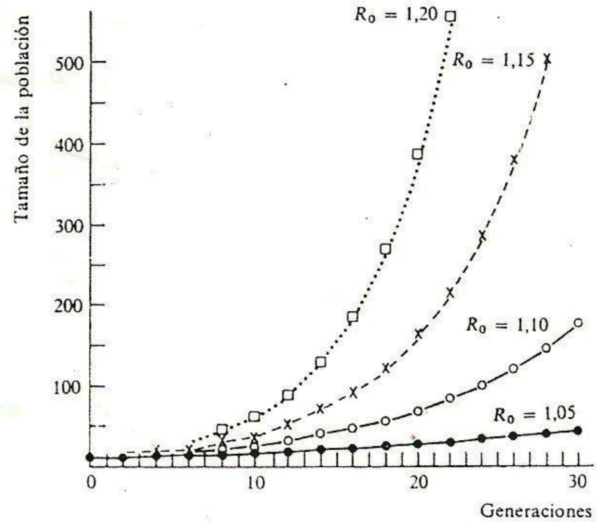


Figura 12.1.—Crecimiento geométrico de la población, generaciones discretas, tasa reproductiva constante, $N_0 = 10$.

2) *Tasa de multiplicación dependiente del tamaño de la población:* Claramente las poblaciones no crecen con una tasa constante de multiplicación. A densidades elevadas, las tasas de natalidad decrecen o las de mortalidad aumentan, por diversas causas, tales como la disponibilidad de alimento o las enfermedades epidémicas. Es necesario expresar el modo en que la tasa de multiplicación decrece según aumenta la densidad. Hay una relación lineal entre la densidad y la tasa de multiplicación, de modo que, cuando mayor sea la densidad, menor será la tasa de multiplicación (fig. 12.2). El punto donde las líneas se cruzan $R_0 = 1$, es un punto de equilibrio en la densidad de la población.

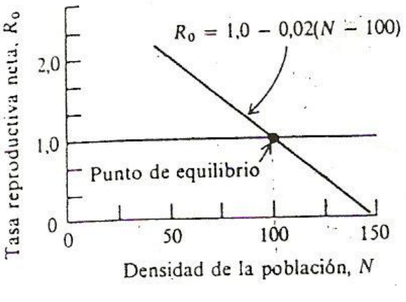


Figura 12.2.—Tasa reproductiva neta como función lineal de la densidad de población. En este ejemplo hipotético, la densidad en el punto de equilibrio es de 100.

Es conveniente medir la densidad de población en términos de desviaciones de su densidad de equilibrio:

$$z = N - N_{eq}$$

Donde:

z : Desviación de la densidad de equilibrio.

N: Tamaño observado de la población.

N_{eq}: Tamaño de la población en equilibrio (por ej. Donde $R_0 = 1$).

La ecuación de la línea recta que aparece en la fig. 12.2, es así:

$$R_0 = 1{,}0 - B \, . \, (N - N_{eq})$$

$$R_0 = 1{,}0 - B \, . \, z$$

Donde:

(-)B: pendiente de la línea.

R_0 : Tasa de reproducción neta.

Por lo que la ecuación básica puede escribirse ahora:

$$N_{t+1} = R_0 \, N_t$$

$$N_{t+1} = (1{,}0 - B \, . \, z_t) \, N_t$$

Las propiedades de esta ecuación dependen de la densidad de equilibrio y de la pendiente de la línea.

Ejemplo: B= 0,011; N_{eq} = 100

Si la población comienza con un N_0 = 10:

$$N_1 = [1{,}0 - 0{,}011. \, (10 - 100)] \, 10$$

$$N_1 = 19{,}9$$

$$N_2 = [1{,}0 - 0{,}011. \, (19{,}9 - 100)] \, 19{,}9$$

$$N_2 = 37{,}4$$

$$N_3 = 63{,}1$$

$$N_4 = 88{,}7$$

$$N_5 = 99{,}7$$

Y la densidad de la población se acerca lentamente al punto de equilibrio de 100. Podemos ver otros ejemplos en la fig. 12.3.

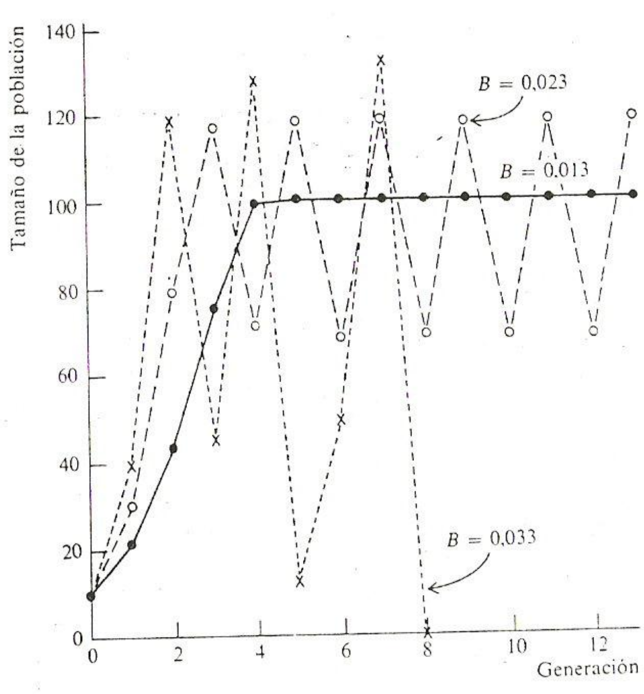


Figura 12.3.—Ejemplos de crecimiento de poblaciones con generaciones discretas, y cuya tasa de multiplicación es función lineal de la densidad de población. La densidad de partida es 10, la de equilibrio 100. Aparecen representados tres ejemplos con curvas de diferentes inclinaciones. Cuando $B = 0{,}013$, la población crece lentamente hacia la densidad asintótica. Cuando $B = 0{,}023$, la población oscila continuamente en un ciclo de dos generaciones. Cuando $B = 0{,}033$, la población muestra oscilaciones divergentes, hasta que se extingue en la octava generación.

B- Generaciones que se solapan:

En poblaciones que tienen generaciones solapadas y estaciones de reproducción continuas o prolongadas, podemos describir el crecimiento de la población más fácilmente usando ecuaciones diferenciales.

1) *Tasa de multiplicación constante o curva de crecimiento con forma de J:*

Consideremos que, en cualquier intervalo de tiempo *dt*, un individuo tiene la probabilidad *b dt* de producir otro individuo. En el mismo intervalo de tiempo, tiene la probabilidad *d dt* de morir. Si estas son tasas instantáneas de crecimiento y muerte, la tasa instantánea de crecimiento per cápita de la población será:

Tasa instantánea de crecimiento de la población = r= b-d

La forma de aumento de la población viene dada por:

$$\frac{dN}{dt} = rN = (b-d)\,N$$

donde:

N: Tamaño de la población.

t: Tiempo.

r: Tasa per cápita de crecimiento de la población.

b: Tasa instantánea de nacimiento.

d: Tasa instantánea de muerte.

Esta es la curva de aumento geométrico en un entorno ilimitado, con respecto a la capacidad innata de aumento. La densidad aumenta con rapidez de manera exponencial.

2) Tasa de multiplicación dependiente del tamaño de la población o curva de crecimiento con forma de S:

La población no muestra un aumento geométrico continuo. Cuando una población crece en un espacio limitado, la densidad se eleva gradualmente hasta que, la presencia de otros reduzca la fertilidad o la longevidad de la población. Esto reduce la tasa de aumento de la población, hasta que la población cesa de crecer. La curva de crecimiento definida por una población de esas características es sigmoidea (con forma de S). La curva S, difiere de la curva geométrica (con forma de J) en: a) tiene una asíntota superior (la curva no sobrepasa un cierto nivel máximo) y b) Se acerca a esa asíntota suavemente.

El modo más sencillo de producir una curva S, es introducir en la ecuación geométrica un término que reduzca la tasa de aumento, según la población se hace mayor. También queremos reducir la tasa de aumento suavemente. Podemos conseguirlo haciendo que cada individuo añadido a la población reduzca la tasa de aumento en la misma medida. Esto produce la ecuación:

$$\frac{dN}{dt} = rN \ [(K - N)/K]$$

donde:

N: Tamaño de la población.

t: Tiempo.

r: Tasa de crecimiento per cápita de la población.

K: Asíntota superior o máximo valor de N o capacidad de carga.

Esta ecuación establece que:

$$\left(\begin{array}{c}\text{Tasa de}\\ \text{aumento de la}\\ \text{población}\\ \text{por unidad}\\ \text{de tiempo}\end{array}\right) = \left(\begin{array}{c}\text{Tasa de}\\ \text{crecimiento}\\ \text{de la}\\ \text{población}\\ \text{per cápita}\end{array}\right) \times \left(\begin{array}{c}\text{Tamaño}\\ \text{de la}\\ \text{población}\end{array}\right) \times \left(\begin{array}{c}\text{Oportunidad}\\ \text{sin utilizar}\\ \text{de crecimiento}\\ \text{de la}\\ \text{población}\end{array}\right)$$

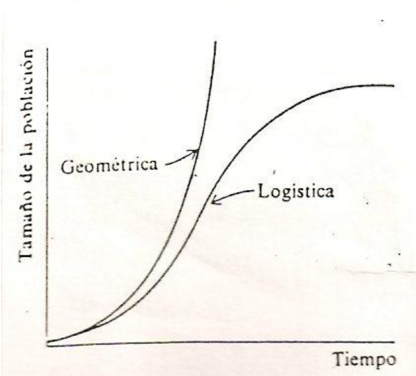


Figura 12.4.—Crecimiento de la población. Crecimiento geométrico en un entorno no limitado, y crecimiento logístico en un entorno limitado.

Esta curva la propuso Verhulst en 1838 para describir el crecimiento de las poblaciones humanas.

El r es la tasa de crecimiento de la población por cada individuo de la misma. Es similar a r_m, la capacidad innata de aumento, excepto que en las poblaciones naturales, r es siempre menor que r_m, ya que los individuos en la vida real nunca existen en las condiciones ideales del entorno definidas por r_m.

El factor *(K – N)/K* se ha llamado la oportunidad no utilizada de crecimiento de la población. Para demostrar que este factor pone freno al crecimiento geométrico, analicemos el siguiente ejemplo: K = 100; r = 1,0; N_0 = 1(densidad de partida).

Al iniciarse el crecimiento de la población, hay poca diferencia entre las curvas de las ecuaciones logística y geométrica. Según nos aproximamos más al segmento medio de la curva, comienzan a divergir más. Al aproximarnos más al límite superior, las curvas divergen mucho más, y al alcanzar el límite superior, la población detiene su crecimiento por que (K – N)/K = 0. Esto lo demuestran los cálculos de la tabla 12.2.

TABLA 12.2

r	Tamaño de la población (*N*)	Oportunidad sin utilizar de crecimiento de la población [(*K* – *N*)/*K*]	Tasa de crecimiento de la población (*dN*/*dt*)
1.0	1	99/100	0,99
1.0	50	50/100	25,00
1,0	75	25/100	18,75
1.0	95	5/100	4,75
1,0	99	1/100	0,99
1,0	100	0/100	0,00

La curva logística cuenta con dos atributos que la hacen atractiva: a) su simplicidad matemática, y b) su aparente realidad. La forma diferencial de la curva logística contiene dos constantes: r y K.

Ambos símbolos matemáticos pueden traducirse en términos biológicos. Las constante r es la tasa per cápita de crecimiento de la población y K es la densidad a la que el espacio que está siendo estudiado se "satura" de organismos.

Capacidad de Carga

En el caso de la curva de crecimiento con forma de J o geométrica (fig. 6-9 A), si bien la densidad aumenta con rapidez de manera exponencial, luego se detiene abruptamente a medida que la resistencia del entorno u otro factor limitante se hace más eficaz de manera más o menos repentina. Por ejemplo si se agota algún recurso como ser alimento o espacio, cuando las heladas o cualquier otro factor estacional intervienen, o cuando la estación reproductora termina de manera repentina. Al alcanzar el límite superior N, la densidad puede permanecer a este nivel durante algún tiempo, pero en general se produce inmediatamente una declinación. Dicho patrón a corto plazo es característico de muchas poblaciones naturales, como los florecimientos o "blooms algales", las plantas anuales y algunos insectos.

En el segundo tipo de curva de crecimiento, con forma de s o logística (fig. 6-9 B); la población aumenta lentamente al principio (fase de establecimiento o aceleración positiva), después con más rapidez (quizás aproximándose a una fase logarítmica), pero pronto el crecimiento se hace gradualmente más lento a medida que la resistencia del entorno aumenta en porcentaje (fase de aceleración negativa) hasta que se alcanza y mantiene el equilibrio. Esta curva es resultado de la acción de factores perjudiciales que se incrementan gradualmente a medida que la población aumenta, a diferencia del modelo con forma de J, en el cual los factores perjudiciales intervienen al final del incremento.

El nivel superior, más allá del cual no ocurre ningún incremento importante, representado por la constante *K*, es la asíntota superior de la curva y se ha denominado *capacidad máxima de carga*.

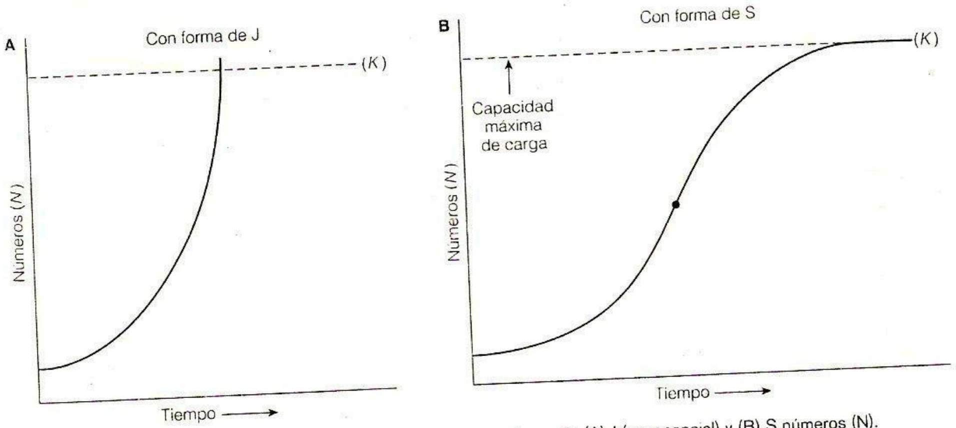
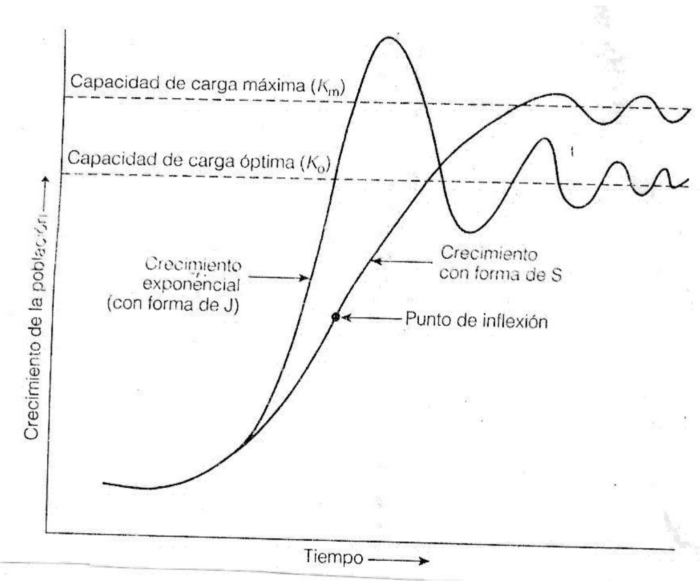


Figura 6-9. Ejemplos hipotéticos de curvas de crecimiento con forma de (A) J (exponencial) y (B) S números (N).

En poblaciones de plantas y animales superiores que tienen historias de vida complicadas y largos períodos de desarrollo individual, es probable que haya retraso en el aumento de la densidad y el impacto de los factores limitantes. En estos casos, el resultado podría ser una curva de crecimiento más cóncava (período más prolongado necesario para que la natalidad sea eficaz). En muchos de estos casos las poblaciones sobrepasan la asíntota superior y experimentan oscilaciones antes de estabilizarse al nivel de la capacidad de carga. Barrett y Odum (2000) (fig. 6-11) presentaron los dos modelos de crecimiento que conducen a la *capacidad de carga máxima o la capacidad de carga óptima.* La **capacidad de carga máxima K_m**, es la densidad máxima que pueden sustentar los recursos de un hábitat específico. La **capacidad de carga óptima, K_o**, es la densidad de nivel inferior que puede ser sustentada por un hábitat específico sin "vivir en el borde" respecto a los recursos como son el alimento o el espacio.

Figura 6-11. Contraste de los modelos de crecimiento con forma de S y con forma de J (exponencial) respecto a los conceptos de la capacidad de carga máxima (K_m) y óptima (K_o). (De Barrett, G. W., y E. P. Odum. 2000. "The twenty-first century: The world at carrying capacity". *BioScience* 50: 363-368.)



Modelos Estocásticos de Crecimiento de la Población

Los modelos discutidos hasta ahora son modelos determinísticos, lo cual significa que, dadas ciertas condiciones iniciales, el modelo predice un resultado exacto. Pero los sistemas biológicos son probabilísticas, no determinísticos. Los modelos estocásticos de crecimiento de la población introducen el efecto de sucesos al azar en las poblaciones. Las poblaciones que parten de la misma densidad, con las mismas tasas de promedio de nacimientos y muertes, pueden aumentar en diferente proporción debido a sucesos al azar. Los efectos del azar pueden conducir a la extinción también, y son particularmente importantes en poblaciones pequeñas.