



Nombre

Fecha

Curso
1° Medio

INTRODUCCIÓN:

Todos los seres vivos presentes en la Tierra interactúan constantemente entre sí y con su entorno, lo que ha permitido que desde los inicios de la vida los organismos se desarrollen, evolucionen y se adapten a las nuevas condiciones que el medioambiente provea.

El conocimiento de las interacciones entre los organismos y la cuantificación del impacto que generan sus poblaciones entre sí y para el ecosistema permiten tener información del desarrollo y evolución de las especies en el planeta. Esta información puede contribuir al control y adecuado manejo de las alteraciones que actúen como factor de cambio del ecosistema y así ayudar a preservar la vida en él.

En esta unidad se estudiarán las interacciones entre los individuos como un proceso natural y necesario para su subsistencia y cómo el desequilibrio de estas interacciones provoca cambios ecológicos a menor y mayor escala.

Objetivos de Aprendizaje:

- Describir los principales atributos de una población.

2.1 Estructura de una población

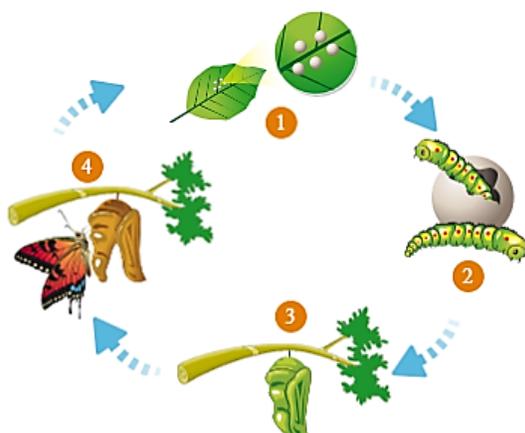
Las poblaciones no son estáticas y cambian a lo largo del tiempo, ya que se ven afectadas por las constantes modificaciones en los factores abióticos y bióticos del ecosistema, lo que interviene en sus procesos de crecimiento. Por esta razón, es necesario comprender su comportamiento y evolución a lo largo del tiempo, por lo que los estudios se centran en su estructura y dinámica.

La **estructura de una población** indica cómo está conformada en un momento determinado, por ejemplo en cuanto al número de individuos, edad y sexo de los mismos. La **dinámica poblacional** analiza cómo cambia la población a lo largo del tiempo, determinada por la natalidad, mortalidad, migración, crecimiento poblacional.

Existen tres características que regulan la estructura de una población: el **rango** al cual una población aumenta el número de sus individuos definido por su estructura etaria, la **proporción** de machos y hembras que presenta su población y el **tamaño** de la misma. A continuación, se describen las propiedades principales de la estructura etaria, la proporción de machos y hembras, y el tamaño poblacional:

• Estructura etaria de los individuos

La estructura etaria se refiere a cómo se distribuyen los individuos de la población en rangos de edades, por ejemplo 0-5 años, 6-10 años, etc., o estadios: huevo, larva, pupa y adulto. El conocimiento de la estructura etaria de una población permite saber qué porcentaje de esta se encuentra en edad reproductiva, y por tanto inferir sus posibilidades de crecimiento.



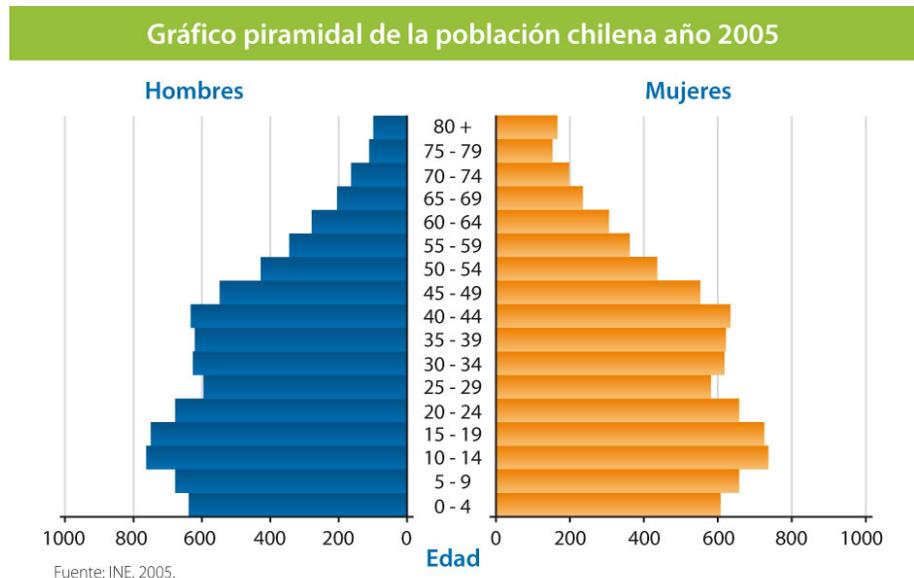
Estadios de crecimiento de una mariposa. En la etapa **1**, una mariposa deposita los huevos en unas hojas. En la etapa **2**, los huevos eclosionan y de ellos salen orugas que necesitan alimentarse para crecer y desarrollarse. En la etapa **3**, una vez que alcanza el largo y la masa adecuados, la oruga se envuelve en sí misma convirtiéndose en una crisálida o pupa; en este período de tiempo experimenta un gran cambio denominado metamorfosis. En la etapa **4**, de la pupa sale una mariposa adulta.

La **clasificación etaria de los individuos** se establece según la etapa reproductiva en la cual se encuentren:

- **Etapa prerreproductiva:** pertenecen a ella los individuos más jóvenes. En la población humana se halla en el rango de edad de 0 a 14 años.
- **Etapa reproductiva:** pertenecen a esta los individuos maduros y aptos biológicamente para la reproducción. En la población humana corresponde al rango de 15 a 44 años de edad.
- **Etapa posreproductiva:** pertenecen a esta los individuos mayores que no son aptos para la reproducción. En la población humana el rango de edad va 45 a 79 o más años.

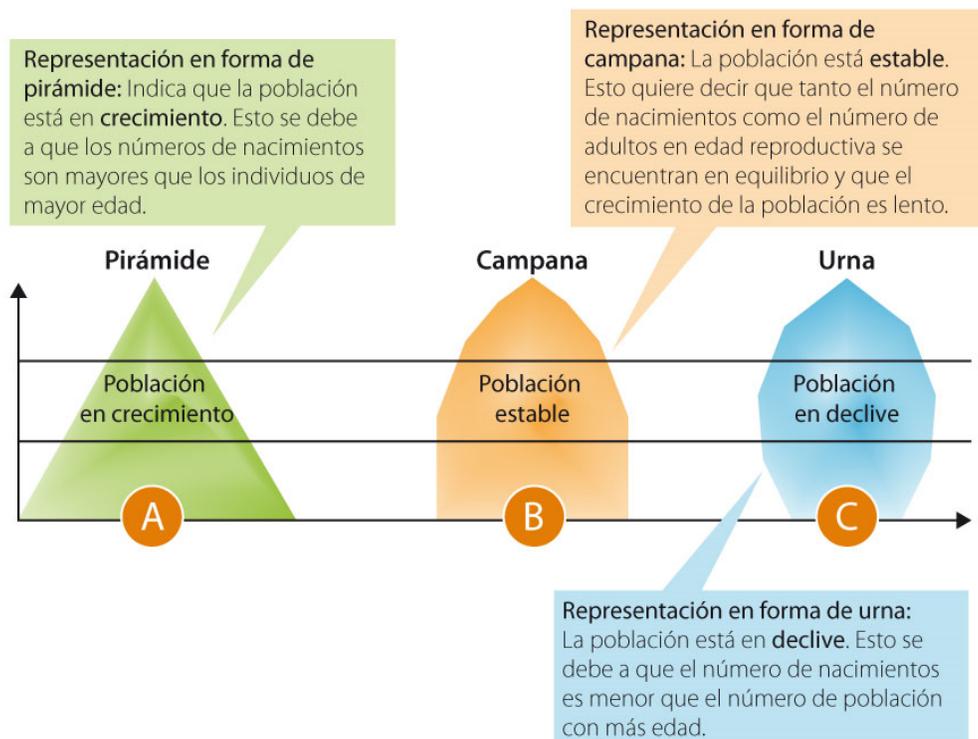
Los rangos de edades pueden representarse gráficamente en **diagramas de estructura de edades** que tienen forma de pirámides, las que se modifican según el tamaño poblacional. Estas pirámides se dividen de manera horizontal, para representar los grupos de edad, y vertical, para representar los grupos de sexo. El ancho de los diagramas en cualquier nivel es proporcional al tamaño de la población en ese rango específico de edad, tal como se muestra en el siguiente ejemplo:

La columna que se encuentra en la mitad de la imagen corresponde al rango de edad de los individuos encuestados. El eje inferior indica los miles de personas que están en este rango. Se observa que la población prerreproductiva es menor que la población reproductiva, pero es mayor que la población en etapa posreproductiva. A medida que aumenta la edad, van disminuyendo los individuos, por lo tanto, la tasa de mortalidad es mayor en etapas posreproductivas.



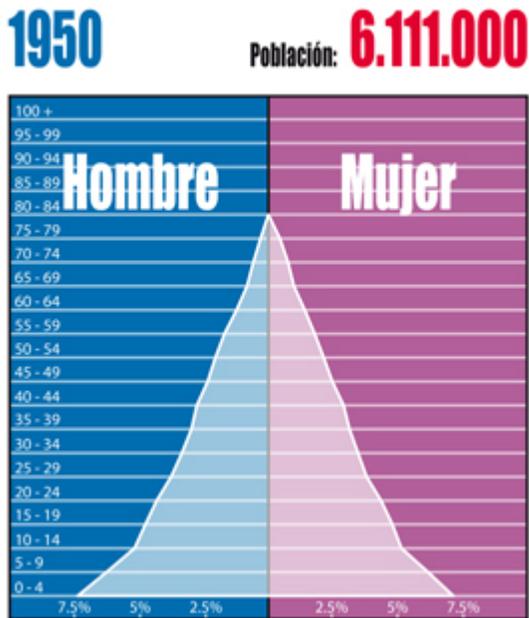
Los datos proporcionados por los censos poblacionales se usan para inferir qué ocurrirá con la población, los números de nacimientos y fallecimientos, entre otros. Para ello se construyen diferentes tipos de gráficos que permiten analizar y comprender el comportamiento de la población.

Al representar los datos en gráficos se pueden obtener diversas formas, como pirámide, campana y urna, lo que entrega valiosa información respecto de la población. A continuación, se muestra un ejemplo de lo que indica cada tipo de gráfico:



Con la información recogida de los censos en la población chilena en los últimos años se ha podido estimar cómo será la proporción de hombres y mujeres, y a la vez determinar el número de nacimientos, así como el de muerte de la población. Los siguientes gráficos son un ejemplo de la forma en la que se representa esta información:

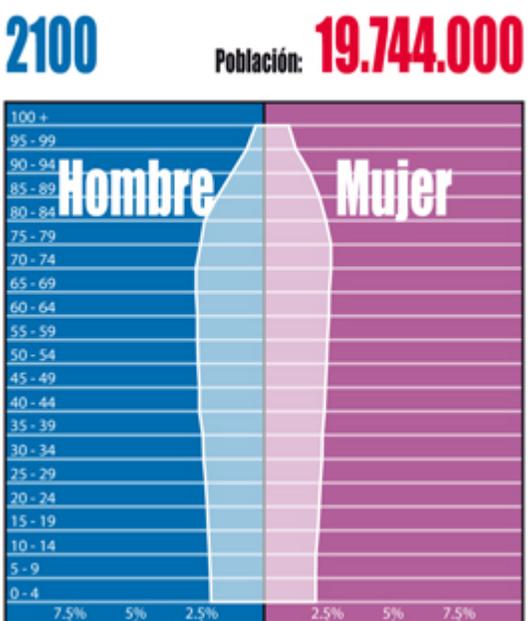
Gráficos porcentaje de hombres y mujeres y su proyección



El mayor porcentaje de la población se encuentra en el grupo de edad prerreproductiva. El fuerte crecimiento de la población se debe a que todos los niños de la etapa prerreproductiva se convertirán en los padres de la próxima generación, y este grupo de padres será más numeroso que el grupo anterior. Este gráfico se observa en países subdesarrollados.



El mayor porcentaje de la población se encuentra en etapa reproductiva. El crecimiento es lento, estable e indica que la población prerreproductiva es menor que la población reproductiva. La natalidad es menor. El diagrama de la estructura de edades corresponde a una población estable. Este gráfico se observa en países en vías de desarrollo.



El mayor porcentaje de los individuos corresponde a aquellos que se encuentran en las etapas reproductiva y posreproductiva. Los individuos en etapa reproductiva tienen menos hijos y la sobrevivencia de los individuos en etapas posreproductivas es mayor. En cambio, la natalidad se ve disminuida. Este gráfico se observa en países desarrollados.

Fuente: Naciones Unidas (2015)

- **Proporción de machos y hembras**

Corresponde al número de machos y de hembras de una población. En la población humana, la proporción de sexos es generalmente de 1:1, es decir, de un macho por cada hembra; mientras que en poblaciones de especies como la vicuña es de 1:1,4; es decir, de un macho por 1,4 hembras. Por otro lado, en muchas especies de insectos la relación es cercana a 1:99; esto es, de un macho por cada 99 hembras.

El conocimiento de la proporción de machos y hembras permite evaluar si la población está en condiciones de mantenerse y continuar su desarrollo. Por ejemplo, si la proporción característica de una población determinada es de 1:1, un macho por cada hembra, y al estudiarla encontramos que es de 3:1, es decir, de tres machos por cada hembra, esto nos indica que algún factor como enfermedades, cacería, entre otros, está alterando a las hembras, lo cual puede poner en peligro a la población.

- **Tamaño poblacional**

El tamaño de una población corresponde al **número total de individuos** presentes en ella. Puede cambiar a lo largo del tiempo a causa de diversos factores como el espacio, los nutrientes, el número de descendientes, las muertes de los organismos y sus movilizaciones, solo por mencionar algunos de ellos. Toda población se encuentra determinada por estos factores y, por lo tanto, se debe comprender cómo se relaciona el organismo en un espacio determinado, temática que se abordará más adelante.

2.2 Densidad y distribución de una población

Una población tiene un número determinado de individuos que viven dentro de límites específicos en todo momento. Una vez conocido y establecido cuales son los límites, se puede describir la densidad de los organismos que componen la población y la distribución en la que se encuentran.

2.2.1 Densidad poblacional

Es el número de individuos de una misma especie que viven en una determinada zona, superficie o volumen, en el caso de hábitats acuáticos. Esa definición responde a la siguiente expresión:

$$\text{Densidad poblacional} = \frac{\text{Número de individuos}}{\text{Superficie o volumen}}$$

4

La densidad se expresa según el área en el cual se encuentra la especie:

- En un **medio terrestre** se expresa en función de **unidades de superficie**, como el metro cuadrado (m^2), el kilómetro cuadrado (km^2) o la hectárea (ha). Por ejemplo, el número de flamencos de un pantano por m^2 .
- En un **medio acuático** se expresa en función de **unidades de volumen**, como el centímetro cúbico (cm^3), el decímetro cúbico (dm^3) o el metro cúbico (m^3). Por ejemplo, el número de sardinas por m^3 o el número de individuos del plancton por cm^3 . Si las poblaciones se encuentran asociadas al fondo marino, como los corales o las algas, la densidad se calcula por unidad de superficie.
- La densidad de las poblaciones humanas, denominada **densidad demográfica**, se calcula basándose en censos periódicos, los censos demográficos, que estiman la cantidad de habitantes por superficie. Por ejemplo, un determinado país estimó en un censo realizado en 1990 que su población era de aproximadamente 150 millones de personas, distribuidas en los 8,5 millones de kilómetros cuadrados de superficie del territorio de ese país. Por tanto, la densidad demográfica de dicho país, aquel año, era de aproximadamente $17,6 \text{ hab}/km^2$ (habitantes por kilómetro cuadrado).

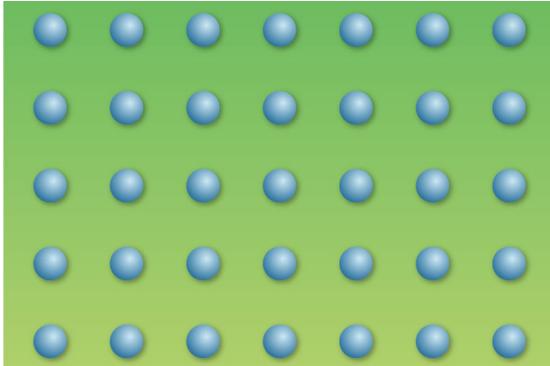
2.2.2 Distribución

Es la descripción de la ubicación espacial y el área en la que se encuentra un individuo; se indica la presencia y la ausencia de un organismo. Las formas de distribución pueden variar en el tiempo, ya que dependerá de las condiciones ambientales, el ciclo reproductivo, el clima y la habilidad de los organismos para llegar a ese lugar.

Se conocen tres tipos de distribución de la población: uniforme u homogénea, agrupada o agregada y azarosa o aleatoria.

- **Distribución uniforme u homogénea.** Los organismos se ubican a distancias más o menos regulares unos de otros. Para que una población se distribuya así, es requisito que el medio sea homogéneo, es decir, que en todo el lugar existan las condiciones óptimas para el desarrollo de los organismos; además, debe darse que los individuos compitan por los recursos. Es el caso de algunas especies de árboles que crecen guardando cierta distancia entre sí, pues si están muy juntos no podrían sobrevivir.

A



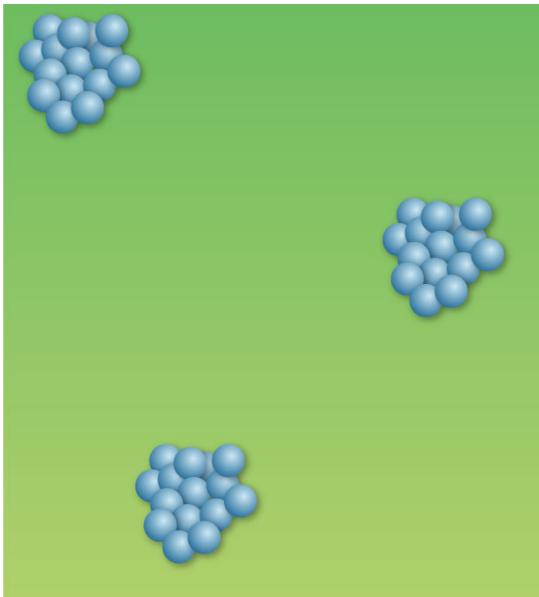
B



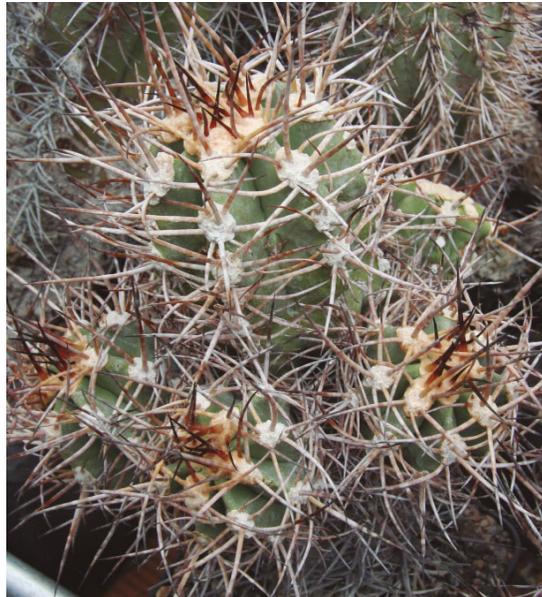
► La figura A muestra una representación del tipo de distribución uniforme. En la figura B, un ejemplo de distribución uniforme en una siembra de cultivo en Talca en la Región del Maule.

- **Distribución agrupada y agregada.** Los individuos de una población de este tipo forman grupos como los cardúmenes y manadas. Esta distribución puede darse cuando las características del medio son heterogéneas o discontinuas, es decir, cuando solo en ciertos lugares existen condiciones óptimas para el desarrollo de los organismos; o bien, como ocurre en muchas ocasiones, cuando la presencia de un organismo en un lugar atrae a otros, pues resulta beneficioso para estos últimos. Este es el caso de animales sociales como algunas especies de aves e insectos, donde el grupo tiene mayores probabilidades de mantenerse en el tiempo que el individuo aislado. Es la distribución más común en la naturaleza.

A

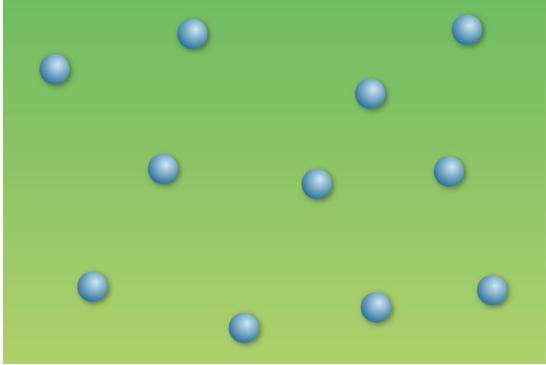


B



► En la figura A se muestra una representación de distribución agrupada, que se puede observar en animales que necesitan estar con otros de su misma especie para protegerse o alimentarse. En la figura B se muestra un ejemplo de la fauna nacional, el *Copiapoa solaris*, una especie de cactus cuya distribución posee este patrón.

- **Distribución azarosa o aleatoria.** Los individuos de una población se disponen azarosamente en el ambiente sin ningún patrón definido; por lo tanto, la probabilidad de encontrar a un individuo de la misma especie es la misma. Este tipo de distribución no es frecuente en animales vertebrados, ya que para reproducirse necesitan interactuar con los de su especie; se da más en plantas. Esta distribución puede ocurrir en lugares donde los nutrientes estén dispuestos de tal forma que todos los organismos obtengan los mismos recursos. Algunos ejemplos de esta distribución se encuentran en las selvas tropicales y en el bosque valdiviano.

A**B**

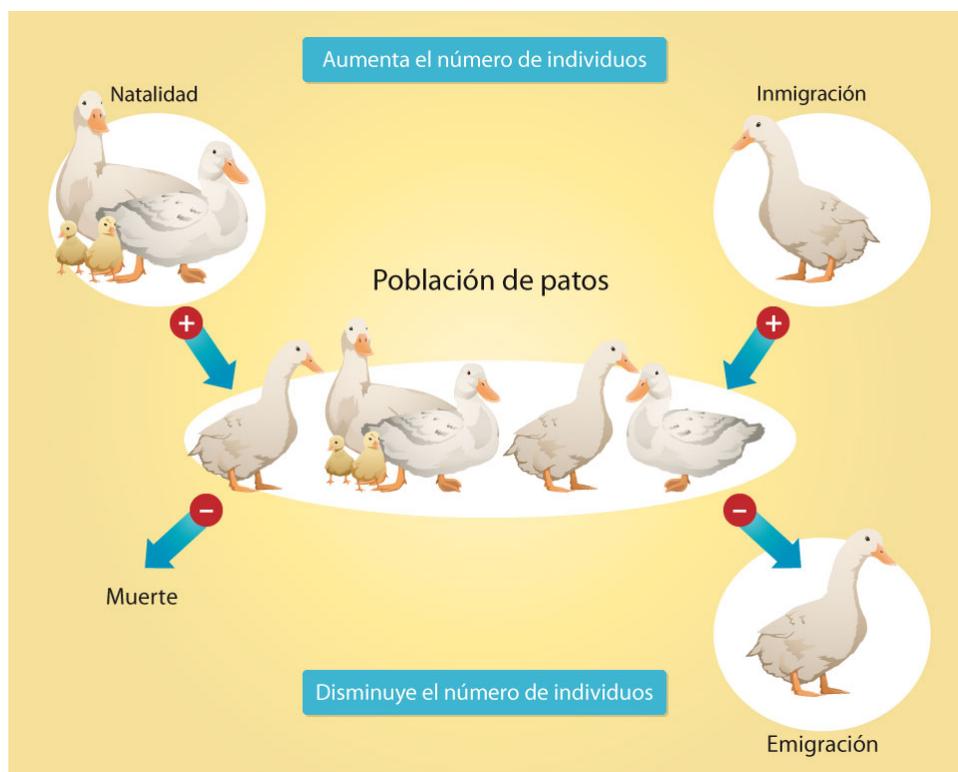
► En la figura **A** se muestra una representación de distribución aleatoria o azarosa. En la figura **B**, se observa un ejemplo de esta distribución en el Amazonas, una zona rica en nutrientes y donde las germinaciones de algunas plantas no dependen de la interacción con otros individuos.

2.3 Dinámica de las poblaciones

En algún momento de sus vidas, la mayoría de los organismos se desplazan o se dispersan provocando un cambio en el número de individuos en su población. Se asientan en una nueva población donde pueden interactuar con otros organismos e incluso reproducirse. Independientemente del lugar donde se encuentren, los depredadores estarán al acecho, por ello la población disminuirá su número si la caza es abundante. A causa de esta situación, es posible que algunos organismos vuelvan a migrar en busca de un hábitat que no sea tan complejo, o bien permanecerán allí.

El ejemplo descrito muestra que el tamaño de cualquier población resulta de la interacción entre dos grandes factores en oposición que determinan las tasas de natalidad y mortalidad: el potencial biótico y la resistencia ambiental.

El **potencial biótico** corresponde a la máxima capacidad de reproducción de una población en condiciones óptimas y la **resistencia ambiental**, a las restricciones sobre el crecimiento poblacional que establecen los factores bióticos y abióticos del medioambiente. Algunos ejemplos de resistencia ambiental incluyen interacciones de las especies, la disponibilidad limitada de nutrientes, las sequías, las inundaciones, el espacio disponible, entre otros.



► El crecimiento de una población de patos resulta del nacimiento de nuevos individuos y de la inmigración de nuevos patos. En cambio, la población disminuye si aumenta la depredación y emigran nuevos organismos hacia otros lugares. En su conjunto, mantienen la población estable.

Si una población crece o no, depende de lo que ocurra con los factores que determinan la dinámica de una población; estos son: natalidad, mortalidad y migración, los que se estudian a partir de análisis estadísticos confiables para comprender el comportamiento de dicha población. La descripción de cada uno de estos factores se presenta a continuación:

- **Natalidad.** Número de individuos que nacen dentro de una población en un tiempo dado. Generalmente, está relacionada con los ciclos de reproducción de cada especie.

Se puede expresar en términos relativos como **índice de natalidad**, para facilitar la comparación con otras poblaciones. Se define como el número de criaturas nacidas en el período de un año por cada 1000 habitantes de la población.

$$\text{Índice de natalidad} = \frac{\text{Número de Nacimientos en el año}}{1000 \text{ habitantes}}$$

Para el análisis estadístico se utiliza la **tasa de natalidad**, la que se define como el número de individuos nuevos originados en un tiempo determinado. Puede analizarse de manera general como **tasa de natalidad bruta**, o de manera específica como **tasa de natalidad específica**. La diferencia entre estas dos tasas radica en el conocimiento que generan. Elegir una u otra para realizar un trabajo ecológico dependerá de los objetivos de la investigación.

Por ejemplo, en análisis demográficos para los seres humanos es común utilizar la tasa de natalidad específica, ya que el número de nuevos individuos depende del número de mujeres en edad reproductiva y no de la población total; en cambio, en los estudios ecológicos de algunos gusanos planos, como las planarias, donde los organismos son hermafroditas, se usa la tasa de natalidad bruta, ya que cada organismo puede generar otro nuevo.

$$\text{Tasa de natalidad bruta} = \frac{\text{Nacimientos al año}}{\text{Población total}} \cdot 1000$$

$$\text{Índice de natalidad específica} = \frac{\text{Nacimientos en el año}}{\text{Organismos fértiles en edad reproductiva}} \cdot 1000$$

La tasa de natalidad bruta se multiplica por 1000 porque considera la totalidad de la población y se expresa en individuos por cada mil, a diferencia de la tasa de natalidad específica, que se multiplica por 1000 porque considera un sector específico de la población, y se expresa en número de individuos por cada organismo fértil en la población.

Se debe considerar, además, que los factores que alteran las tasas de natalidad son específicos para cada especie, como el número de semillas o esporas producidas, los períodos de apareamiento, las épocas de reproducción, la densidad y el tamaño poblacionales, las proporciones de hembras y de machos, el tipo de reproducción, etcétera.

- **Mortalidad.** Número de individuos que mueren dentro de una población en un tiempo determinado. Se debe a diversos factores, ya sean físicos, químicos o biológicos, como la muerte natural por senescencia, los terremotos, las inundaciones, los envenenamientos, la depredación, las riñas entre machos por la hembra, los accidentes, entre muchas otras causas.

Se puede expresar en términos relativos como **índice de mortalidad**, para facilitar la comparación con otras poblaciones. Se define como el número de muertes sucedidas en el período de un año por cada 1000 habitantes de la población.

$$\text{Índice de mortalidad} = \frac{\text{Número de muertes en el año}}{1000 \text{ habitantes}}$$

Para el análisis estadístico se utiliza la **tasa de mortalidad** la que se define como el número de organismos muertos en una población por unidad de tiempo. La ecología estudia la mortalidad de las poblaciones por medio de la **tasa de mortalidad bruta**, es decir, por el número de organismos muertos en una población por unidad de tiempo, cuya fórmula general para calcularla es la siguiente:

$$\text{Índice de mortalidad bruta} = \frac{\text{Muertes al año}}{\text{Población total}} \cdot 1000$$

En este caso también existe el cálculo de la tasa de mortalidad específica, determinada por el número de organismos muertos por unidad de tiempo en un sector específico de la población, la cual se obtiene con la fórmula siguiente:

$$\text{Tasa de mortalidad específica} = \frac{\text{Muertes por causa específica}}{\text{Población total}} \cdot 1000$$

Esta última fórmula solo se usa en estudios ecológicos avanzados cuando se sospecha de algún factor o causa específica de muerte, como el caso de una toxina que afecta a la población o el ataque de un virus. En este sentido, también existe la **tasa de mortalidad proporcional por causa**, la que se calcula dividiendo el número de muertos por la causa específica entre el número de muertos totales. Este resultado parcial se multiplica por cien y el resultado final se expresa en porcentaje.

- **Migración.** Desplazamiento de los individuos pertenecientes a una población hacia otros territorios donde llegan a formar parte de otro conjunto de individuos de la misma especie. Cuando ingresan individuos extranjeros a una población se dice que inmigraron, y cuando los organismos salen de una población se dice que emigraron. Así, se tiene dos conceptos: inmigración y emigración.

- **Inmigración.** Número de individuos que ingresan a la población, provenientes de otra población.

- **Emigración.** Número de individuos que salen de la población donde han nacido, siempre en el mismo intervalo de tiempo en el que ocurren los otros tres factores.

La migración puede calcularse de manera sencilla por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de migración} = \frac{\text{Inmigración} - \text{emigración}}{\text{Población total}} \cdot 1000$$

Si la tasa de migración resulta en números positivos, significa que el número de individuos que entraron es mayor al de los que salieron; por el contrario, si el número resulta negativo, significa que de la población salieron más individuos de los que entraron.

Uno de los modelos matemáticos más generales planteados es una ecuación para estimar el **tamaño de una población**, y corresponde a la diferencia entre la tasa de natalidad y la tasa de mortalidad. Esto se representa de la siguiente forma:

$$\text{Tamaño de la población} = (\text{tasa natalidad}) - (\text{tasa mortalidad})$$

Por otra parte, el **crecimiento poblacional** se observa en el aumento o disminución del tamaño y la densidad de una población determinada, cuyos factores de cambio son precisamente las tasas de natalidad, de mortalidad y de migración. Por ejemplo, si un número determinado de individuos de una población de aves emigra a un lago en el que no existen predadores naturales, encontrará el suficiente alimento para aumentar su distribución en las edades reproductoras, por lo que se reproduce a gran escala y su tasa de mortalidad es baja debido a las condiciones favorables.

En el mismo caso del párrafo anterior, ¿cómo se estima el crecimiento poblacional?

Se reúnen los datos en un cálculo simple para conocer la tasa neta de crecimiento:

$$\text{Tasa de crecimiento poblacional} = \text{tasa natalidad} - \text{tasa de mortalidad}$$

2.4 Crecimiento poblacional

Los cambios en el número de individuos a lo largo del tiempo de una población pueden ser de tipo exponencial o logístico:

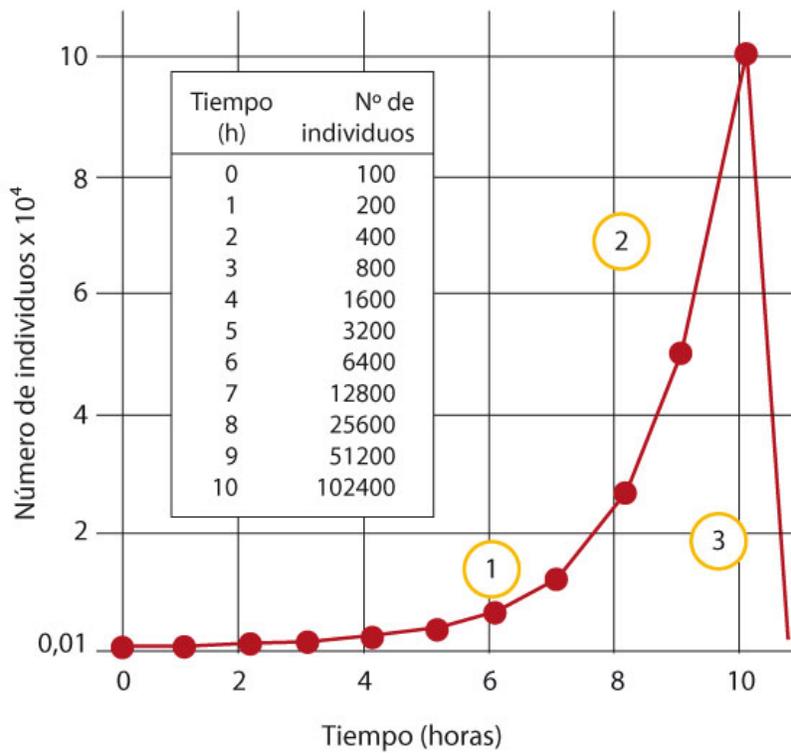
- **Tipo exponencial.** Este modelo expresa el potencial crecimiento que tiene toda población cuando los recursos son ilimitados. Este tipo de crecimiento se da generalmente en poblaciones de vida corta que bajo condiciones ambientales favorables se reproducen con rapidez. Por ejemplo, las algas del plancton, los cultivos de bacterias, las plantas anuales y muchos insectos presentan crecimiento exponencial.

El crecimiento exponencial ocurre bajo **condiciones especiales** y no puede mantenerse durante mucho tiempo en la naturaleza, ya que se llega a un punto en el que los recursos se agotan y se produce la muerte masiva de los individuos.

En condiciones experimentales, se ha descrito que ciertas especies presentan un crecimiento exponencial, pero por un período de tiempo corto debido a los factores bióticos o abióticos que limitan el crecimiento de la población. Por ejemplo, en las bacterias lo limita la cantidad de nutrientes; cuando estos son bajos o simplemente se agotan, las bacterias mueren.

A continuación, se muestra un gráfico de población exponencial de una colonia de bacterias.

Gráfico de crecimiento exponencial de bacterias



El crecimiento de la población se representa en función del número de bacterias en un tiempo determinado. La curva de crecimiento tiene **forma de J**.

En la **etapa 1** la población crece lentamente; el número de individuos iniciales es bajo.

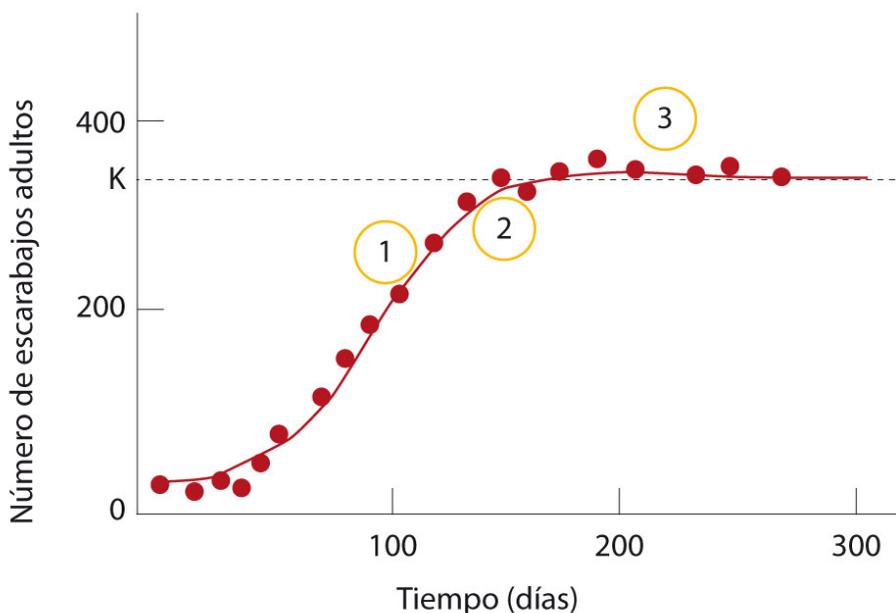
En la **etapa 2** la población experimenta un rápido crecimiento debido a que no hay competencia por recursos nutricionales, por lo que se duplica el número de individuos. Hasta esta fase el crecimiento de la población no depende del número de individuos.

En la **etapa 3** la población consume todos los recursos, si no se renuevan los nutrientes, la mortalidad de los individuos aumenta. En este punto el crecimiento de la población depende del número de individuos.

- **Tipo logístico o sigmoideo.** En condiciones naturales y en un medio con recursos limitados, la población comienza a crecer de manera exponencial hasta un punto en el que la resistencia ambiental frena el crecimiento. La población, entonces, crece lentamente y se mantiene más o menos constante en torno a un valor. Este tipo de crecimiento puede observarse en poblaciones de larga vida y con pocas crías; por ejemplo, en los mamíferos, pero también se da en muchos grupos de invertebrados.

A continuación, se describirá un gráfico de población logístico de una población de insectos.

Gráfico de crecimiento logístico



El crecimiento de la población se representa en función del número de escarabajos en un tiempo determinado. La curva de este gráfico tiene **forma de S**.

En la **etapa 1** los escarabajos crecen rápidamente, ya que las condiciones medioambientales son propicias y su crecimiento es similar al exponencial.

En la **etapa 2** el crecimiento se hace más lento; cada vez los recursos son menos abundantes y empieza la competencia.

En la **etapa 3** la población se estabiliza en un límite; la población no crece, se encuentra en equilibrio y en estado estacionario.

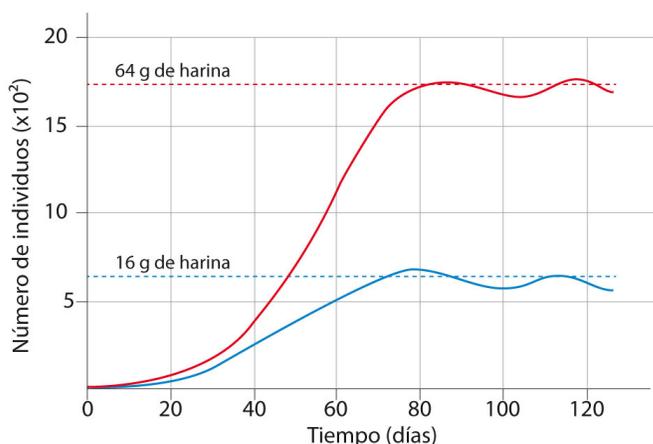
El valor en torno al cual se estabiliza el número de individuos de una población se denomina **capacidad de carga del ecosistema (K)**. Este valor indica el tamaño máximo de una población que un ambiente puede soportar. La capacidad de carga depende de factores como el espacio, la competencia por los alimentos, las enfermedades, la depredación, entre otros.

El concepto de capacidad de carga fue puesto a prueba por un científico ruso llamado Georgyi Frantsevich Gause, quien realizó el siguiente experimento para determinar los factores que estabilizaban el crecimiento de la población. Colocó algunos ejemplares del escarabajo *Tribolium confusum* en una caja con 16 gramos de alimento (harina) y contó periódicamente el número de individuos a lo largo de 150 días de experimento.

En otra caja puso el mismo número de escarabajos, pero añadió 64 gramos de harina, cuatro veces más que en la primera caja. Consecuentemente, el tamaño máximo alcanzado por la población de la primera caja fue de 650 escarabajos, mucho menor que en la segunda, que llegó a 1750 escarabajos.

El experimento de Gause permitió llegar a una conclusión simple, pero importante: cada tipo de ambiente puede soportar una cantidad máxima de individuos. En ese caso, los dos ambientes diferían solo en referencia a la cantidad de alimento disponible; este fue, por tanto, el factor responsable de la diferencia en el crecimiento de las dos poblaciones de *T. confusum*.

Gráfico del crecimiento de dos poblaciones de *T. confusum*



► Las condiciones ambientales para ambas poblaciones de insectos eran idénticas, solo se varió la cantidad de alimento. Aquellos que disponían de 64 gramos de harina alcanzaron una capacidad de carga mayor que el grupo que disponía de solo 16 gramos, debido a que el crecimiento de la población está ligado a la alimentación.

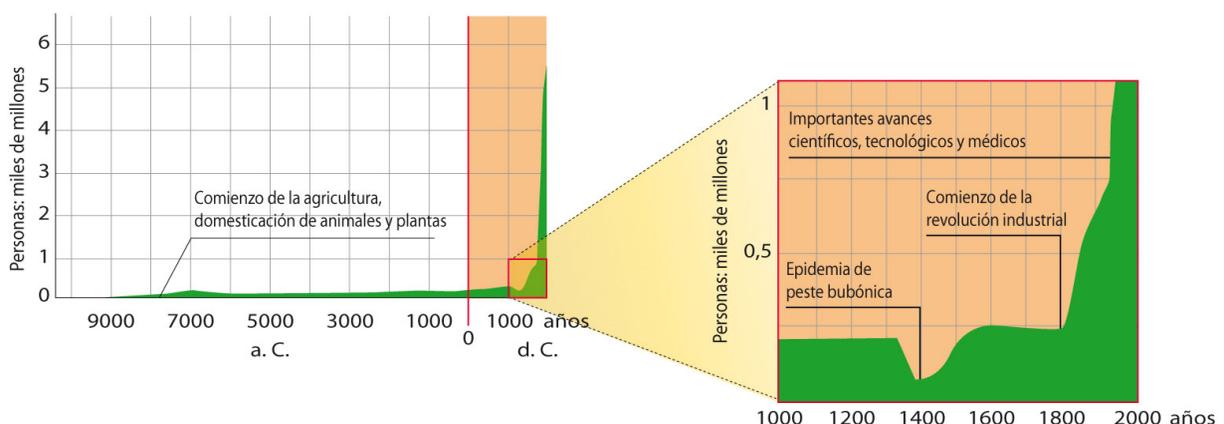
10

2.4.1 Crecimiento de la población humana

La población humana es similar a cualquier otra población biológica y está sujeta a los mismos factores generales que regulan el crecimiento de la población. Sin embargo, la humanidad puede controlar algunos factores ambientales, lo que ha permitido el aumento de su población.

La siguiente imagen muestra un gráfico que representa el crecimiento de la población humana desde el año 9000 a.C hasta el año 2000.

Gráfico del crecimiento de la población humana



Al analizar los gráficos se evidencia que la población humana desde el año 9000 a. C hasta la Revolución industrial permaneció constante en cuanto a su crecimiento. Se estima que en el año 8000 a. C la población humana era de aproximadamente 5 millones de personas y en el año 1650, más o menos 500 millones. La mortalidad durante estos años era alta debido a las guerras y las epidemias que afectaban a la población como la peste bubónica, por lo que la esperanza de vida era baja. Además, condiciones climáticas adversas trajeron problemas de abastecimiento de alimentos causando grandes hambrunas.

En el siglo XIX comenzó una gran revolución social, cultural y científica. Se desarrollaron nuevas tecnologías que permitieron la fabricación en masa de una serie de productos agrícolas, textiles, hierro, entre otros. En la agricultura se mejoraron las técnicas utilizadas, lo que incrementó la producción, y se expandieron los terrenos cultivables para abastecer las necesidades de una sociedad creciente. El **crecimiento exponencial** de la población humana fue debido, principalmente, a la disminución de la mortalidad y el desarrollo de medicamentos, en especial de los antibióticos, que proporcionaron a la población una esperanza de vida mayor que en tiempos pasados. Así, muchas epidemias y enfermedades fueron controladas por el ser humano al promover medidas de cuidados y mejoras en la higiene. La población humana en 1850 fue de aproximadamente mil millones de personas y esta tendencia va en progresión en la actualidad.

De este modo, el **ser humano superó con creces la resistencia ambiental como consecuencia del desarrollo de la ciencia** a mediados del siglo XIX. Sin embargo, el aumento de la población ha generado preocupación por la cantidad de recursos que se necesitaría a futuro para mantener la actual cantidad de individuos y sus demandas. Los alimentos y los espacios destinados para cultivarlos son limitados, al igual que la cantidad de agua potable disponible para ello. Por lo tanto, la demanda del ser humano por los servicios o recursos en el ecosistema es más elevada que los tiempos de reposición natural, lo que causa una inestabilidad en el ecosistema.

Como consecuencia, el ser humano estaría cerca de su propia capacidad de carga, pero esto es aún incierto, pues el desarrollo de nuevas tecnologías podría contribuir a la optimización en el uso de los recursos y la conservación de los bienes y servicios proporcionados por el ecosistema.

4.5 Estrategias de sobrevivencia

El número de individuos de una población está muy relacionado con la capacidad reproductiva que posea cada uno de ellos, pero esta depende de las características de cada ambiente. Por esto, cada organismo posee estrategias o formas de sobrevivencia que permiten la conservación del número de individuos en una población.

Se han definido dos estrategias de sobrevivencia, r y K que expresan la probabilidad de supervivencia de individuos de diferentes especies.

La estrategia r consiste en la capacidad de los individuos de reproducirse y de generar un alto número de descendientes. Los individuos que presentan estas características poseen ciclos de vida cortos y un crecimiento exponencial. Sin embargo, muchos de ellos no logran sobrevivir por mucho tiempo. Esta estrategia la desarrollan muchas plantas e invertebrados. La letra r proviene de la tasa de crecimiento poblacional.

La estrategia K corresponde a la utilizada por individuos cuya tasa de natalidad es baja, por lo que la cantidad de crías es pequeña, lo que incrementa el número de sobrevivientes debido a la posibilidad de cuidados parentales más exclusivos. Se observa, generalmente, en poblaciones que poseen un gran tamaño, un crecimiento prolongado y longevidad. La letra K hace referencia a la capacidad de carga.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de las estrategias r y K y sus principales características:

Cuadro comparativo de estrategias reproductivas		
Característica	Estrategia r	Estrategia K
Descendencia	Mucha	Poca
Inversión de cuidado de la cría	Baja	Alta
Longevidad	Corta	Larga
Reproducción	Temprana	Tardía

Tamaño de la población	Variable	Estable
Número de crías	Alto	Bajo
Crecimiento	Rápido	Lento
Cuerpo	Pequeño	Grande

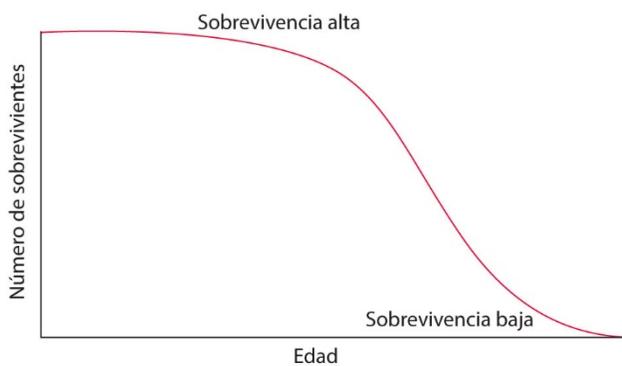
Los organismos que sobreviven en una población son estudiados con el fin de comprender la dinámica de esta. Para ello se utilizan representaciones gráficas llamadas **curvas de sobrevivencia**, las que indican cómo se comporta un determinado grupo de organismos de la misma especie en un tiempo y espacio determinado según su edad.

Se han descrito tres tipos de curvas de acuerdo a la tasa de crecimiento y el número de sobrevivientes según edad en cada población: tipo I, tipo II y tipo III.

- **Curva tipo I.** En esta población la sobrevivencia a lo largo de la vida es elevada, ya que la esperanza de vida de todos los individuos es alta. Los individuos tienen una tasa de mortalidad en etapas prerreproductivas baja y la gran mayoría de ellos sobrevive a etapas adultas como las reproductiva y posreproductiva.

Un ejemplo de este tipo de comportamiento ocurre en la población humana y otros vertebrados del reino animal. Los organismos progenitores cuidan a sus crías hasta que alcanzan su madurez.

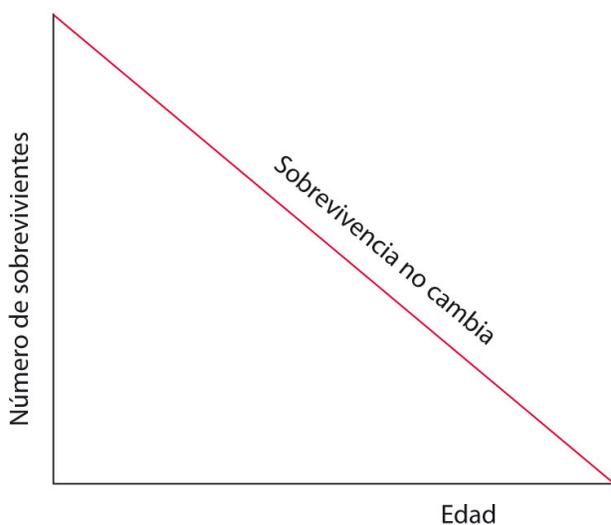
Gráfico de curva de sobrevivencia tipo I



La gráfica tiene una forma **convexa**. Los individuos de edad temprana y madura alcanzan su máximo de edad. Solo mueren aquellos que se acercan al término del ciclo de vida.

- **Curva tipo II.** Los individuos tienen la misma probabilidad de morir en cualquier etapa de su crecimiento. Este fenómeno se presenta en las aves y en poblaciones de laboratorio que se reproducen de manera sexual, como las hidras y las bacterias.

Gráfico de curva de sobrevivencia tipo II

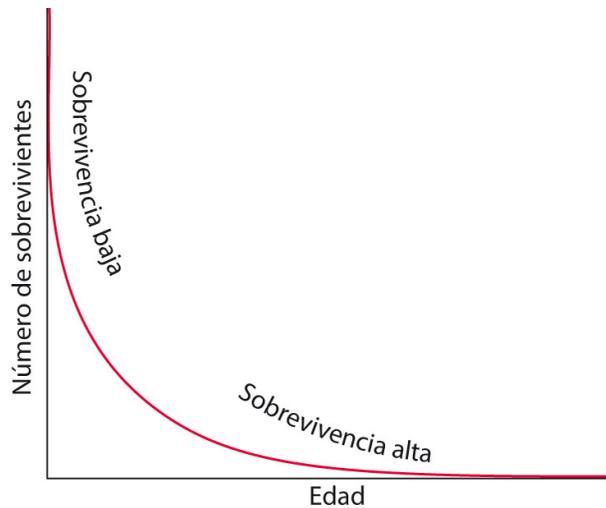


Las poblaciones con una tasa de mortalidad constante tienen una gráfica con una **línea recta**.

- **Curva tipo III.** Corresponde a individuos que producen un gran número de descendientes, lo que implica un importante número de individuos en etapa prerreproductiva o juveniles, pero debido a la competencia por los recursos la tasa de mortalidad de los juveniles es alta. Aquellos que han sobrevivido a la mortalidad en etapas tempranas pueden llegar a sobrevivir en edades adultas o posreproductivas.

Este tipo de supervivencia se observa en los salmones, quienes fecundan un gran número de huevos que luego son depositados en los ríos, pero a causa de la alta depredación de estos huevos y las condiciones ambientales se afecta el crecimiento de los individuos hasta que alcanzan una etapa adulta. Otros organismos que poseen esta supervivencia son las plantas, un gran número de invertebrados y algunos casos de vertebrados.

Gráfico de curva de supervivencia tipo III



En estas poblaciones las tasas de mortalidad en etapas tempranas producen curvas de supervivencia **cóncavas**.

2.6 Factores de regulación en una población

En la naturaleza, además del alimento, existen muchos factores que pueden evitar el crecimiento de la población. En conjunto, estos factores determinan el tamaño máximo de población que un ambiente puede soportar. La disponibilidad de recursos tales como alimento, albergue, sitios de reproducción y escondites determina la capacidad de carga.

Los factores limitantes del crecimiento poblacional pueden ser independientes o dependientes de la densidad.

2.6.1 Factores independientes de la densidad

Los **factores independientes de la densidad o densoindependientes** alteran el crecimiento poblacional sin modificar la densidad poblacional. Por ejemplo, el clima, la luz, los fenómenos naturales, los contaminantes, los plaguicidas, etcétera. Estos afectan en especial a aquellas poblaciones que poseen una **etapa de vida corta**.

El factor densoindependiente más importante es el **clima**. Este es en gran parte responsable de los ciclos de abundancia y escasez de una población. Por ejemplo, hay muchas poblaciones de plantas que están limitadas por la temperatura que alcanza el ambiente previo a la primavera, pues puede causar que la mortalidad sea mayor que la natalidad, lo que conlleva a que el tamaño de la población baje su capacidad de carga. Esto se observa habitualmente en la agricultura, ya que las repentinas bajas de temperatura en la zona central del país alteran las siembras y los frutos, lo que afecta directamente la economía.

Algunos organismos emigran antes de que se inicien los cambios de temperatura de una zona en particular. Es lo que ocurre con las aves que viajan desde el hemisferio norte al sur en la época invernal. Por el contrario, si las condiciones climáticas son benignas y permiten el incremento de la natalidad, entonces la población podrá sobrepasar la capacidad de carga.



► Las vicuñas emigran cuando los recursos alimenticios escasean, y, por lo tanto, no sobrepasan la capacidad de carga.

2.6.2 Factores dependientes de la densidad

Los factores dependientes de la densidad o densodependientes se evidencian cuando sus efectos varían según la densidad o tamaño de la población, alteran las tasas de natalidad, de mortalidad o producen migraciones. Se hacen más efectivos cuando aumenta la densidad de la población. Estos factores incluyen la depredación, el parasitismo, la competencia, las interacciones en la comunidad, entre otras.

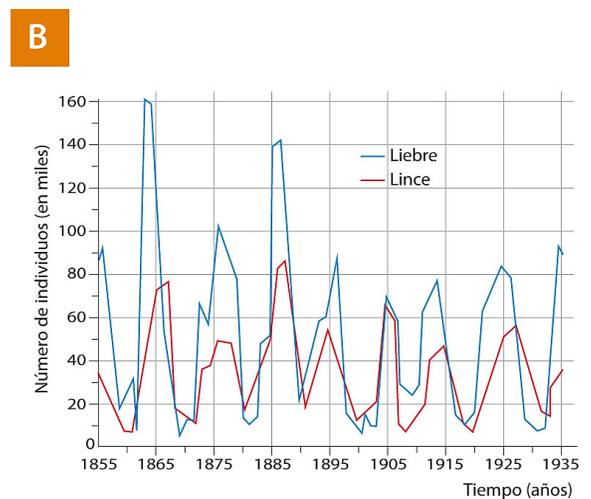
- **El parasitismo.** Los parásitos viven sobre o dentro del hospedero, y pueden aumentar en número de manera extraordinaria.
- **La depredación.** El depredador controla la cantidad de presas en el ecosistema. La abundancia de presas conduce al aumento de depredadores; cuando estos disminuyen, se incrementa la cantidad de presas. La interacción crea un ciclo, pero la variación del número de individuos no ocurre al mismo tiempo; siempre hay una demora de respuesta que se presenta en ciclos desfasados de depredadores y presas.

Un ejemplo clásico de regulación del tamaño poblacional por depredación es el de las poblaciones de lince y liebres que viven en la región ártica del Canadá. Los datos referentes al comportamiento de esas poblaciones fueron recogidos durante 80 años, desde 1855 hasta 1935, por la Compañía de la Bahía de Hudson, que registraba el total de pieles comercializadas por los cazadores de la zona. Como el número de cazadores era conocido, y cambiaba muy poco de un año para otro, se dedujo que las variaciones en la cantidad de pieles reflejaban las modificaciones en el tamaño relativo de las poblaciones de las especies cazadas.

Al trazar en el mismo gráfico las curvas de densidad de las poblaciones de liebres y de lince, se comprueba que la población de lince siempre conseguía su desarrollo, a más tardar, uno o dos años después de que la población de liebres hubiera alcanzado su máximo. Se concluyó a partir de esta información que el tamaño de las poblaciones de liebres y de lince depende de la relación de depredación existente entre ambas especies.

Cuando la población de liebres aumenta, la de los lince también lo hace, gracias a la mayor cantidad de alimento disponible para ellos. Por otro lado, la mayor cantidad de lince intensifica la depredación, que causa una disminución en la población de liebres; con menor cantidad de alimento disponible, la población de lince disminuye, lo que permite de nuevo el crecimiento de la población de liebres.

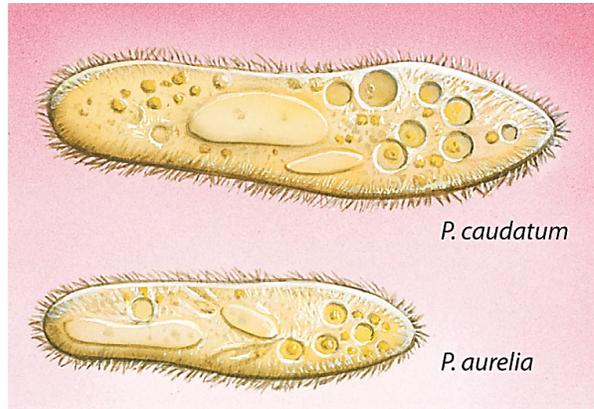
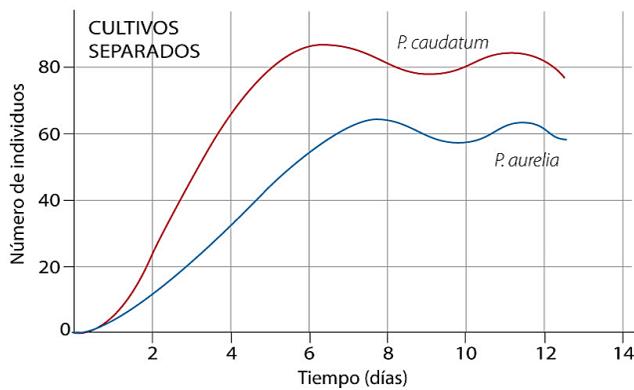
Gráfico del cambio poblacional del lince y de la liebre



► Figura A. Lince persiguiendo a su presa, una liebre ártica. Figura B. Gráfico que muestra las fluctuaciones del tamaño de las poblaciones de liebres y de lince en Canadá entre 1855 y 1935. Cuando aumenta la población de liebres también se incrementa la población de lince, y viceversa.

- **La competencia.** Ocurre entre especies que poseen los mismos requerimientos limitados, por ejemplo los nutrientes. Si la demanda por los recursos excede la capacidad de carga de la población, los organismos desencadenarán una competencia por dichos recursos.

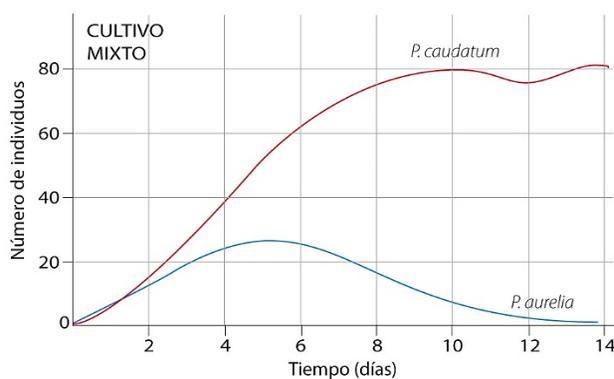
Un ejemplo es la lucha que presentan dos paramecios en el mismo medio de cultivo. El científico ruso Georgyi Frantsevich Gause realizó un experimento al respecto, el que se expone a continuación: Gause dispuso dos medios de cultivo independientes preparados con la misma cantidad de nutrientes, cada uno con una especie de paramecios: uno contenía *Paramecium caudatum* y el otro, *Paramecium aurelia*. Cada especie se desarrolló con normalidad, tal como se muestra en el siguiente gráfico:



► Crecimiento independiente de las cepas de *Paramecium caudatum* y *Paramecium aurelia*. En un tercer medio de cultivo colocó cantidades iguales de *Paramecium caudatum* y de *Paramecium aurelia*, y alimentó ese cultivo exactamente igual que los anteriores; y observó que las especies generaban una competencia entre sí.

Concluyó que, si las dos especies compiten por un mismo recurso limitado, una de ellas será más eficiente en la utilización o control de ese recurso y, finalmente, se eliminará a la otra especie, ya que exploran los mismos nichos ecológicos. Este fenómeno es lo que se denomina **principio de la exclusión competitiva**.

Gráfico de exclusión competitiva de los *Paramecium*



► Las curvas muestran que si los organismos son cultivados en el mismo medio de cultivo, ambos compiten por los recursos. *P. aurelia* presenta una mayor tasa de mortalidad.

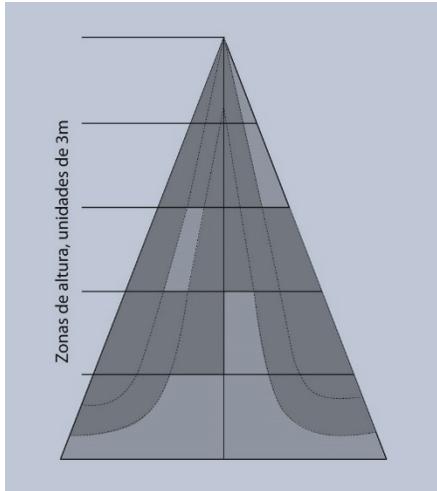
En otro experimento, con paramecios de las especies *P. caudatum* y *P. bursaria*, una especie no eliminó la otra, como en el caso anterior. Tras algún tiempo, el crecimiento de las dos poblaciones se equilibró. *P. caudatum* y *P. bursaria* conviven porque tienen nichos ecológicos diferentes. A pesar de que se benefician de los mismos nutrientes, las dos especies habitan zonas diferentes en el tubo de cultivo; *P. bursaria* vive en el fondo y en las paredes, mientras que *P. caudatum* permanece libre en el medio líquido. Ese comportamiento define **nichos ecológicos lo suficientemente distintos** como para evitar una competencia severa entre las dos especies, lo que permite la supervivencia de ambas.

La diferenciación de nichos fue probada de igual manera por el ecólogo canadiense-estadounidense Robert H. MacArthur, quien realizó la siguiente observación:

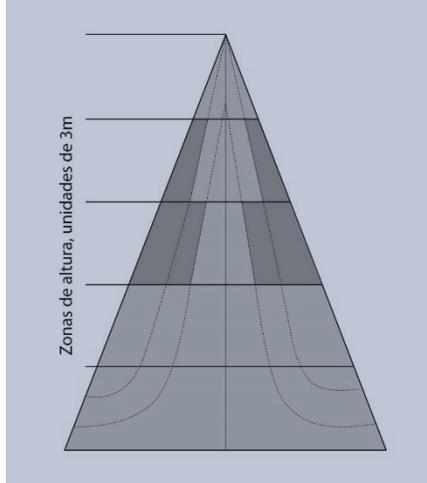
En un bosque de abetos del noroeste de Estados Unidos coexistían cinco especies de aves muy emparentadas, todas poseían las mismas características de tamaño y hábitos alimentarios. Descubrió que cada especie se alimentaba de zonas diferentes del árbol y de distintos insectos. Entonces concluyó que las especies coexistían porque explotaban los mismos recursos, pero en zonas diferentes.

El esquema de la página siguiente muestra los diferentes nichos que ocupan dos especies de aves:

Especie A



Especie B



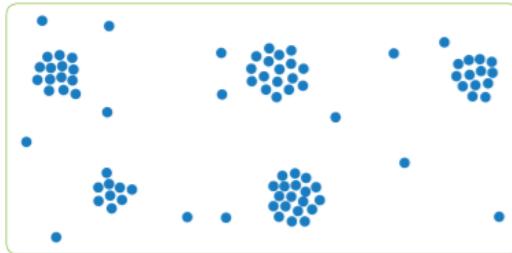
► En la imagen se representa los nichos que utiliza cada especie en los árboles de un bosque de coníferas para conseguir su alimento. Las zonas oscuras corresponden a los sectores del árbol que cada especie privilegia para obtener su alimento.

ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES

Densidad y distribución de una población

Habilidad: Comprender

1. La población de una especie X posee la distribución que se representa a continuación:



¿Qué características debería tener la especie estudiada y su nicho?

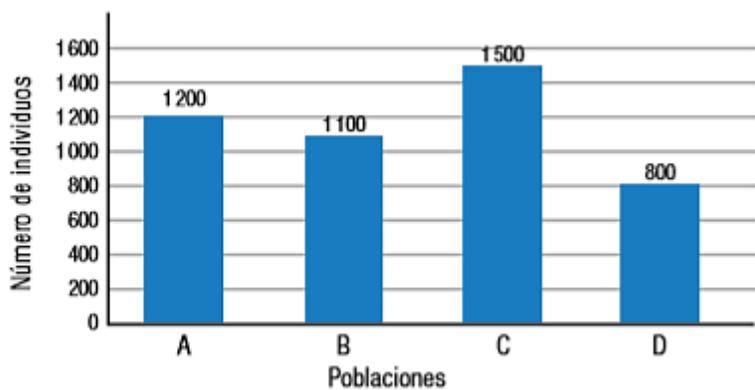
R. _____

Densidad y distribución de una población

Habilidad: Interpretar gráficos

2. Para un estudio se realizaron muestreos en cuatro poblaciones de una especie particular y se obtuvieron los siguientes datos:

Población	Área (km ²)
A	8
B	10
C	12
D	10



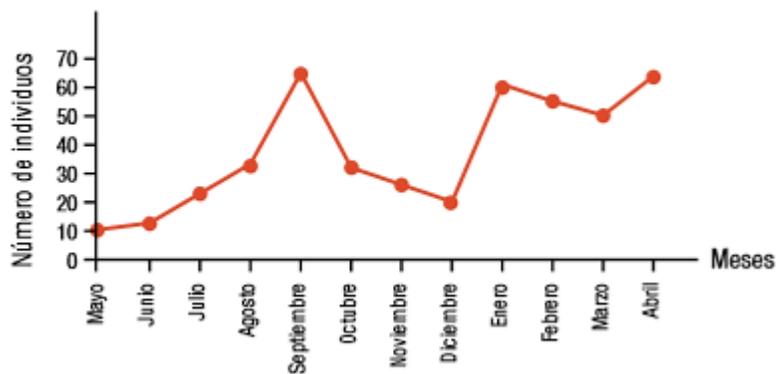
Determina cuál de las poblaciones tiene mayor densidad y cuál menor densidad. Justifica.

R. _____

Dinámica de las poblaciones

Habilidades: Interpretar y analizar

3. Un estudiante realizó una investigación sobre la población de ratones de cola larga en un pequeño sector de un área rural. Determinó el número inicial de individuos de la población en diez y registró las alteraciones en este número durante el período de mayo a abril del año en el siguiente gráfico a continuación:



a. ¿En qué período la población de ratones tuvo un índice de natalidad mayor que el de mortalidad?

R. _____

b. Si en septiembre ingresa a la población un depredador que se alimenta de ratones, ¿qué consecuencias traería esto a la población de ratones en los meses sucesivos?, ¿cuál sería si el depredador hubiese ingresado en mayo? Justifica.

R. _____

c. ¿De qué depende el impacto de la presencia de un depredador en una población? Fundamenta.

R. _____

Dinámica de las poblaciones

Habilidad: Explicar

4. En el estudio de las poblaciones naturales se analiza la demografía de los organismos. A continuación, se muestran dos casos:

- Caso 1: Natalidad + inmigración < mortalidad + emigración.
- Caso 2: Natalidad + inmigración > mortalidad + emigración

¿En cuál de estos casos aumenta la población? Justifica tu respuesta.

R. _____

Crecimiento poblacional

Habilidad: Aplicar

5. Un grupo de ecólogos estudió el crecimiento de dos poblaciones diferentes presentes en un ecosistema terrestre. Luego de un año, obtuvieron los siguientes resultados:

Valores de crecimiento poblacional de dos especies

Tiempo (meses)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Población 1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024
Población 2	2	3	6	12	24	36	52	68	70	67

a. ¿Qué modelo de crecimiento se ajusta mejor a cada población?, ¿por qué?

R. _____

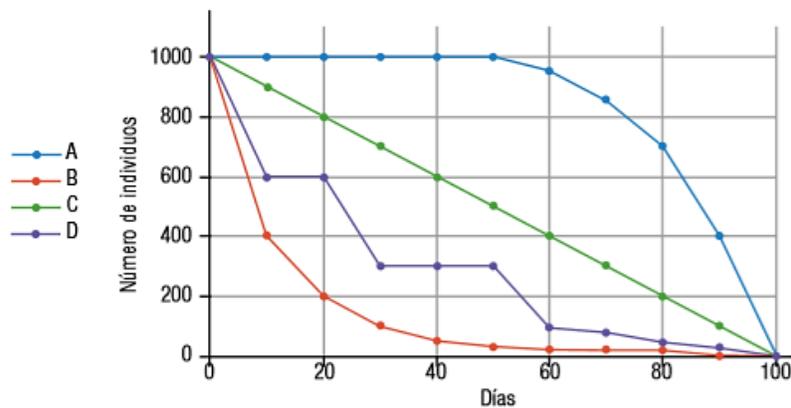
b. Si ocurre un brusco cambio climático en el ecosistema de estas poblaciones, ¿cuál de ellas vería más afectado su número de individuos? Explica.

R. _____

Estrategias de sobrevivencia

Habilidades: Interpretar gráficos y aplicar

6. El siguiente gráfico muestra las distintas curvas de sobrevivencia que puede tener una población (A, B y C) y la curva de sobrevivencia de una población de crustáceos (D):



La población de crustáceos representada fecunda muchos huevos en el océano bajo condiciones favorables, y cuando maduran mudan su exoesqueleto constantemente, lo que les hace aumentar de tamaño, pero son vulnerables al ataque de depredadores.

a. ¿Cómo se explica la curva de sobrevivencia de los crustáceos descritos?

R. _____

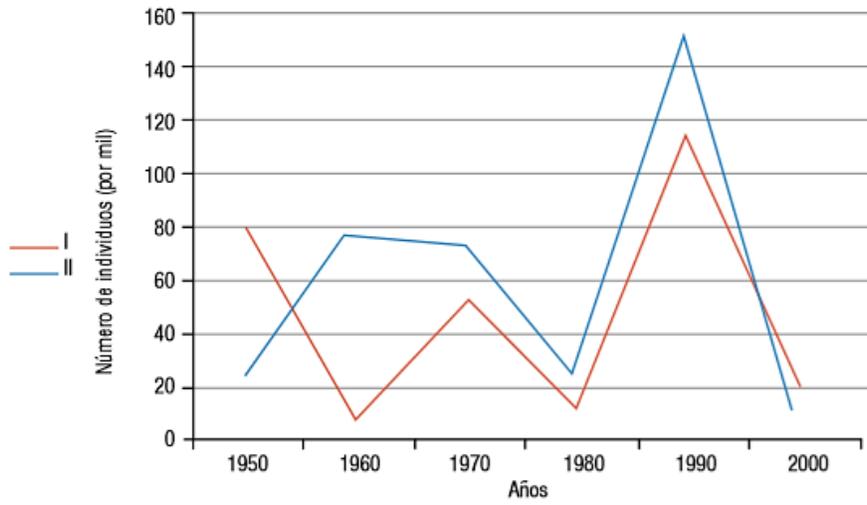
b. Si se introdujera una especie invasora inocua para el crustáceo que ocupa el mismo nicho que su depredador, ¿qué tipo de estrategia debería poseer la población de crustáceos?, ¿cuál de las curvas del gráfico representaría su comportamiento? Fundamenta.

R. _____

Factores de regulación de una población

Habilidades: Explicar y analizar

7. El gráfico siguiente representa la variación del tamaño poblacional a lo largo de 50 años de una especie de carnívoro (I) y de roedor (II) que viven en un matorral natural.



a. ¿Qué tipo de relación ecológica sugieren las oscilaciones de estas poblaciones? Justifica.

R. _____

b. ¿Qué hecho puede haber sucedido en 1980 que alteró la relación ecológica de estas poblaciones? Justifica mencionando el o los factores limitantes del crecimiento de una población que pueden estar involucrados.

R. _____

