

Energía y materia en los ecosistemas

Ya sea grande o pequeño, cuando observamos un ecosistema vemos materia. Pero ¿dónde está la energía? Veamos...

Energía en los ecosistemas

A diferencia de la materia, la energía no posee masa ni ocupa volumen, sino que la podemos reconocer en la capacidad de hacer un trabajo, como por ejemplo levantar un peso, liberar calor al medio, producir o captar luz, etc. Un ave volando está realizando un trabajo mecánico ya que debe vencer su propio peso para poder levantar vuelo. Un mamífero que regula su temperatura o la luz que emite una luciérnaga también son formas de energía. ¿Dónde estaba previamente la energía que usó el ave o la luciérnaga? La energía puede estar presente en varias formas que son interconvertibles entre ellas.

A continuación te mostramos los tipos de energía más comunes.

- **Potencial:** es la que tienen los cuerpos almacenada.
- **Cinética:** vinculada con el movimiento.
- **Mecánica:** es la suma de la energía cinética más la potencial.
- **Lumínica:** producida por ciertas ondas electromagnéticas.
- **Térmica:** asociada al movimiento de las partículas (como moléculas).
- **Química:** presente en los enlaces químicos.

En el metabolismo estas formas de energía se convierten unas en otras. Como vimos, en la fotosíntesis la energía lumínica es transformada en energía química (almacenada en los enlaces de la glucosa) y en calor. En la respiración celular la energía química contenida en la glucosa u otro compuesto carbonado es convertida en calor y parte almacenada en otra molécula que sirve como intermediario energético, el ATP. De modo que la energía química que está contenida en el alimento del ave es la que, una vez transformada, le permite volar y liberar calor; lo mismo ocurre con la luciérnaga y la emisión de luz.

Sea cual fuere la conversión de energía en una transformación, la cantidad de energía inicial es igual a la cantidad de energía final. Esto se conoce como la **Primera Ley de la Termodinámica** y es un principio de la física aplicable a cualquier proceso, también a los biológicos. Según esta ley se puede asegurar que, aunque la energía cambie de forma, la cantidad total se conserva.

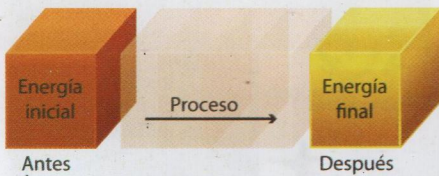
Otro principio de la termodinámica es la **Segunda Ley**, que puede enunciarse de varias maneras. Una de las formas de enunciarlo es: no existe ningún proceso de transformación de energía 100% eficiente; en todos, parte de la energía inicial se pierde como calor.

Para los seres vivos no todas las formas de energía son útiles, es decir que se pueden aprovechar y transformar en otras. Por ejemplo, una planta puede transformar la energía lumínica en química durante la fotosíntesis, pero habrá una fracción de calor producido que ya no será posible transformarla en otro tipo de energía. Esta fracción de calor es energía inútil para la planta. Lo mismo ocurre con la producción de luz en el abdomen de la luciérnaga o el vuelo del ave: esa energía proviene del alimento, pero durante la transformación se pierde una parte como calor.

Estas dos leyes físicas se pueden representar comparándolas con un sube y baja. Según el primer principio, independientemente del tipo, la cantidad de energía (representada por el tamaño de las cajas) debe ser igual antes y después del proceso. Según el segundo principio, parte de la energía final (una fracción de la caja) siempre será calor.



▲ La luciérnaga puede emitir energía en forma de luz.



▲ Primera Ley de la Termodinámica.



▲ Segunda Ley de la Termodinámica.

Materia en los ecosistemas

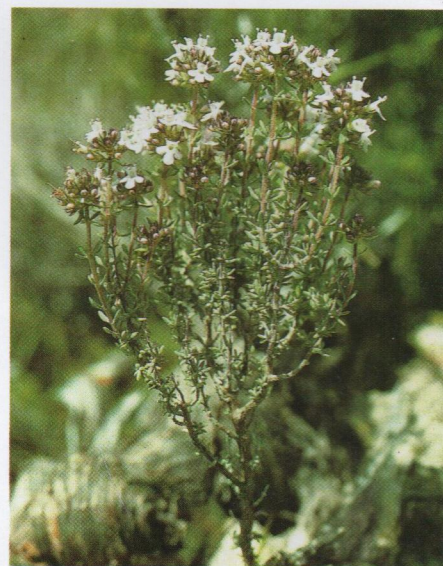
La materia presente en los ecosistemas se puede clasificar en orgánica e inorgánica. La **materia inorgánica** está constituida por las sales minerales que aportan átomos de nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos, además de los gases: oxígeno, dióxido de carbono. La **materia orgánica** es la que está constituida por cadenas carbonadas producidas por seres vivos. Las **biomoléculas** (proteínas, lípidos, etc.) son materia orgánica ya que poseen largas cadenas o ciclos de átomos de carbono a los cuales se les unen otros elementos (hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, fósforo, azufre, etc.). En los enlaces químicos de estos compuestos queda almacenada energía química, de modo que los organismos que incorporan materia orgánica, al mismo tiempo están obteniendo energía. Esto es lo que llamamos **alimento**: fuente de materia y energía.

Los seres vivos somos sistemas abiertos que tomamos y liberamos materia al ambiente, no sin antes modificarla. Dado que la parte biótica de un ecosistema está integrada por los seres vivos, estudiaremos cómo se procesa la materia en los ecosistemas.

En un ecosistema existe diversidad de organismos y de estrategias para captar materia y energía. En capítulos anteriores aprendiste que los organismos autótrofos son los que producen su propio alimento a partir de materia y energía. La materia la incorporan en forma inorgánica (gases y sales minerales) que absorben del suelo mientras que las fuentes de energía pueden ser varias. Los más conocidos son los **fotoautótrofos**, que aprovechan la luz como fuente de energía. Las plantas son los fotoautótrofos de los ecosistemas terrestres y de algunos ecosistemas acuáticos, mientras que las algas son los fotoautótrofos dominantes en los cuerpos de agua, principalmente los mares. Por último, también hay bacterias fotosintéticas (cianobacterias) que de hecho fueron los primeros organismos fotoautótrofos que evolucionaron en la Tierra.

También existen los **quimioautótrofos**, organismos que obtienen energía al oxidar compuestos inorgánicos. Los quimioautótrofos son todas bacterias; aunque son poco conocidas, poseen un rol fundamental en el reciclado de nutrientes. Diferentes especies de estas bacterias oxidan compuestos de nitrógeno y azufre para obtener energía que luego utilizan para fijar el dióxido de carbono y producir compuestos carbonados.

Para finalizar, los organismos **heterótrofos** incorporan alimento que contiene materia orgánica y energía química. Como la energía está contenida en los enlaces químicos, a estos organismos se los denomina **quimioheterótrofos**. Todos los animales y hongos son quimioheterótrofos, además de algunas bacterias.



▲ Planta, organismo fotoautótrofo.



▲ Hongo, organismo quimioheterótrofo.

Clasificación		Fuente de materia	Fuente de energía
Autótrofos	Fotoautótrofos	Compuestos inorgánicos (CO_2 , H_2O , NH_3 , etcétera).	Luz
	Quimioautótrofos	Sales de N, P etcétera.	Reacciones de óxido-reducción de compuestos inorgánicos
Heterótrofos	Quimioheterótrofos	Compuestos orgánicos	Reacciones de óxido-reducción de compuestos orgánicos

▲ Diferencias entre autótrofos y heterótrofos en la forma de tomar materia y energía del medio.

Conocé +

Cómo nombrar al alimento

El término **trófico** proviene del griego (*trophós* = "alimenticio"). Autótrofo, heterótrofo, nivel trófico y cadena trófica son algunas de las frases o palabras derivadas de este término. En todos los casos están relacionadas con el concepto de alimento o alimentación.



Cortadera



Langosta



Benteveo



Halcón

HONGOS
BACTERIAS

Organización en un ecosistema

Los ecosistemas se organizan según diferentes parámetros, pero sin duda uno de los más importantes es el alimento, ya que con él se proveen de materia y energía los organismos heterótrofos. Para obtenerlo, los heterótrofos consumen parte o la totalidad de otros organismos. Solo los autótrofos no consumen a otros seres vivos, ya que producen materia orgánica a partir de la inorgánica.

Niveles tróficos

En general, los organismos de un ecosistema pueden clasificarse en los siguientes **niveles tróficos** de acuerdo con el modo en que obtienen el alimento.

- **Productores.** Son los autótrofos (foto- y quimio-). En los ecosistemas terrestres incluyen a las plantas y bacterias, mientras que en los ecosistemas acuáticos están representados mayoritariamente por las algas. La capacidad de producir materia orgánica a partir de inorgánica los ubica en el **primer nivel trófico** de cualquier cadena alimentaria.
- **Consumidores primarios.** Son los **herbívoros** que se alimentan de partes de plantas o de la planta entera y ocupan el **segundo nivel trófico**. Entre ellos hay folívoros que solo comen las hojas, granívoros que comen las semillas y frugívoros que se alimentan de frutos.
- **Consumidores secundarios.** Son animales **carnívoros** que se alimentan de parte o la totalidad de animales herbívoros. Constituyen el **tercer nivel trófico**.

Puede haber consumidores **terciarios** y **cuaternarios** (todos carnívoros), que se alimentan de otros carnívoros y ocupan el **cuarto nivel trófico**. Al último de los predadores de la cadena se lo denomina **predador tope** ya que no es presa de ningún otro carnívoro.

Los descomponedores –bacterias y hongos– se alimentan de todos los niveles anteriores ya que aprovechan sus desechos y sus cadáveres. El aporte fundamental de los descomponedores a los ecosistemas es reciclar la materia orgánica que consumen en materia inorgánica.

Estos niveles se suceden en **cadena trófica** o **alimentaria**. Cada eslabón de una cadena está ocupado por un organismo perteneciente a un nivel trófico. Por ejemplo, en un pastizal de la provincia de Buenos Aires podemos encontrar una cadena alimentaria como la que se muestra a la izquierda. El primer eslabón de la cadena es un productor, en este caso una planta de cortadera. Las hojas de cortadera sirven de alimento a langostas herbívoras, que son los consumidores primarios. A su vez, las langostas son consumidas por diferentes especies de pájaros, entre ellas el benteveo, un consumidor secundario. Otro consumidor, pero esta vez terciario, es el halcón, que puede atacar a pájaros adultos o a sus pichones. Todos estos organismos, ya sean partes de sus cuerpos que se renuevan (plumas, hojas, exoesqueleto, etc.) o sus cadáveres, serán finalmente el alimento de los descomponedores: los hongos y las bacterias.

¿Cuántos eslabones tienen las cadenas tróficas? No hay una sola respuesta a esta pregunta. Existen cadenas tróficas cortas de apenas tres eslabones y cadenas de hasta siete.

Un ejemplo de cadena alimentaria corta es el que ocurre en las costas de California, donde las algas *kelp* (productor) son consumidas por erizos (consumidor primario) y estos a su vez son presas de las nutrias marinas (consumidor secundario). Este caso fue muy estudiado, ya que es un **modelo ecológico** simple y que además sufrió cambios en la segunda mitad del siglo xx que posibilitaron estudiarlo en profundidad. Volveremos a este ejemplo en las próximas páginas.

Redes tróficas

El entramado o tejido de las diferentes cadenas tróficas de un ecosistema forma una **red trófica**. ¿Qué relaciones tróficas presenta una red? Un ejemplo es el de las especies **omnívoras** que ocupan más de un nivel trófico. Se trata de consumidores primarios, secundarios o terciarios en diferentes cadenas alimentarias. También están los **carroñeros**, que consumen los restos de alimento dejados por otros predadores y los cadáveres de animales recientemente muertos. Es decir, los carroñeros pueden ser presas de animales carnívoros, pero una vez que los carnívoros mueren, los carroñeros pueden consumirlos. Los **detritívoros** se alimentan de restos (tales como excrementos, hojas o plumas); tal vez los más conocidos sean las lombrices de tierra. También están los **parásitos** que consumen parte de sus presas, pero a diferencia de los otros consumidores, no les provocan la muerte inmediata. Aunque es muy raro que en una red trófica se incluya a los parásitos, su influencia es determinante. Además, los consumidores pueden ser especialistas o generalistas. Un **especialista** consume un solo tipo de presa, mientras que un **generalista** se alimenta de una variedad de organismos.

En las redes tróficas hay especies **dominantes**, ya que poseen las poblaciones más numerosas o acumulan más biomasa. Por ejemplo, en un bosque la especie arbórea es la especie dominante. En cambio, una **especie clave** no es necesariamente la más numerosa o abundante, sino aquella que regula o determina la presencia de otras especies. El yaguareté, por ejemplo, actúa como una especie clave debido a su dieta, que puede incluir casi 90 especies diferentes. De esta manera, contribuye a mantener el equilibrio del ecosistema de la selva misionera.

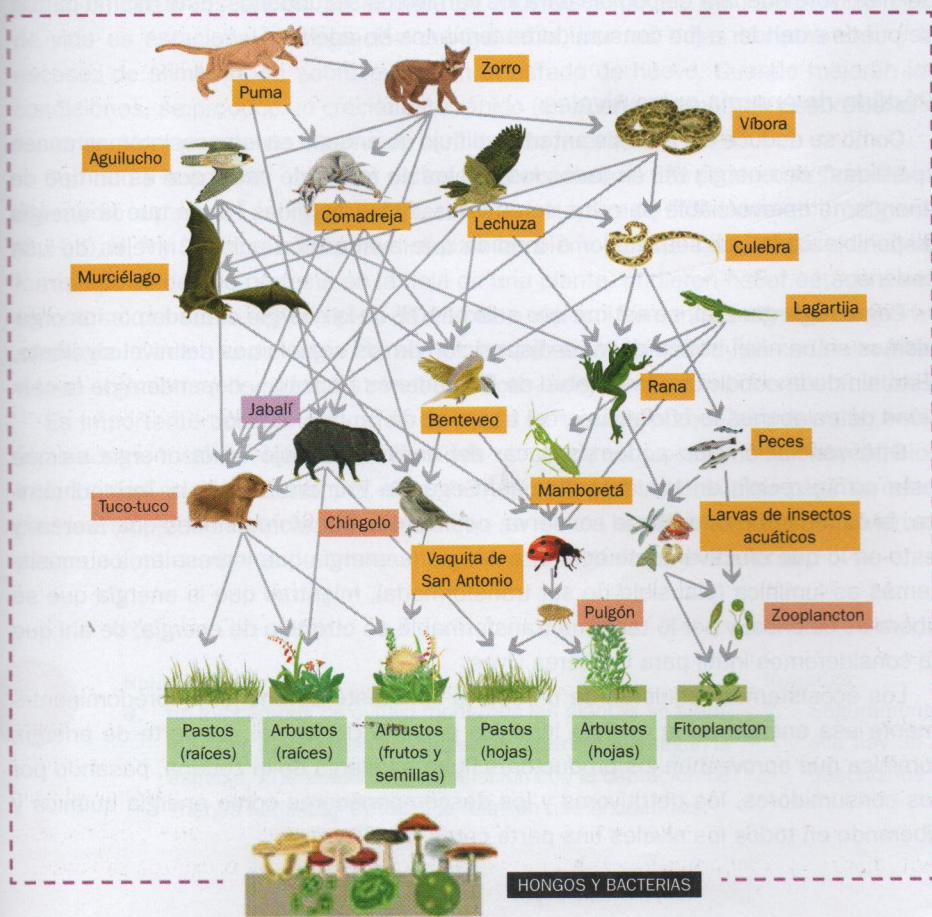
Las redes tróficas son entramados complejos que muestran que la realidad de un ecosistema va más allá de la "linealidad" de una cadena trófica. Estas pueden estudiarse siempre y cuando se usen como modelos y se reconozcan como una simplificación.



▲ Aguilucho "caracolero", un consumidor especialista, con un caracol en el pico.



▲ Lombrices de tierra, importantes detritívoros del suelo.



▲ Red trófica de un pastizal cercano a una laguna.

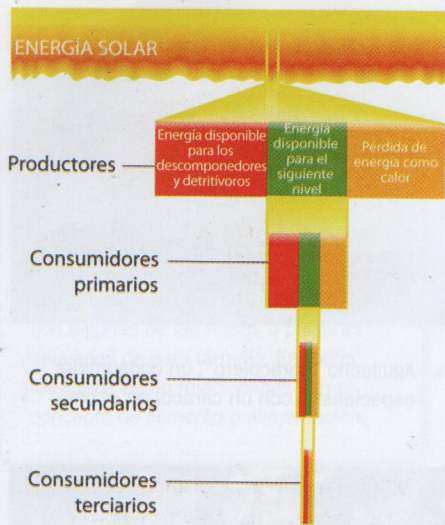


Relacioná

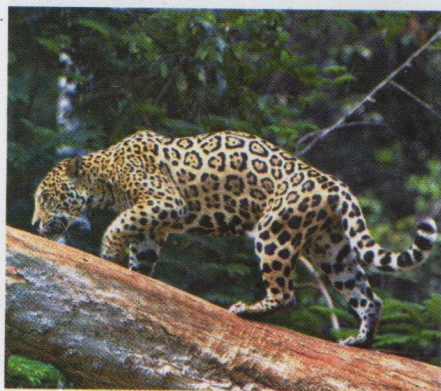
- ¿Qué representa cada uno de los colores de los cartelitos donde se escribieron los nombres de los organismos de la red trófica?
- ¿Qué significa en la figura de la red trófica la línea punteada que rodea a todos los organismos y está rotulada como "Hongos y bacterias"?

Investigá

- Buscá más información sobre la dieta del chimango. ¿Cómo lo incorporarías a la red trófica planteada?



▲ Cadena trófica en la cual se explicitan el flujo de energía y las pérdidas de energía útil como calor.



▲ Los predadores tope, como un puma o un yaguararé, requieren grandes territorios para abastecerse de las presas que necesitan para satisfacer sus demandas energéticas.

Flujo de energía en los ecosistemas

Según la Segunda Ley de la Termodinámica, las transformaciones energéticas que ocurren en un sistema nunca son 100% eficientes, siempre una fracción de la energía se transforma en calor. Los ecosistemas, como ya vimos, no escapan a este principio físico.

Veamos cómo fluye la energía en un ecosistema analizando la figura que aparece a la izquierda. En ella, la cantidad de energía está representada por la longitud de las barras de colores. De toda la energía lumínica disponible provista por el Sol (barra amarilla), los organismos fotoautótrofos (productores terrestres y acuáticos) aprovechan solo una pequeña porción. ¿Por qué sucede esto? Básicamente, porque no toda la luz es interceptada por tejido vegetal, sino que la mayoría incide sobre suelo rocoso, construcciones, agua, etc. La energía asimilada por los productores (plantas y algas) queda almacenada en las uniones químicas de los compuestos que se producen en la fotosíntesis.

Ahora bien, no toda esa energía estará disponible para los organismos herbívoros. Parte de lo producido por los fotoautótrofos es utilizado como sustrato en la respiración celular para obtener energía, liberándose el resto como calor (barra naranja). De la porción que no se libera como calor (barras verde y roja juntas), una fracción importante será degradada y servirá de alimento a descomponedores y detritívoros (barra roja), quedando disponible para los herbívoros solo una parte (barra verde).

Cuando los herbívoros capturen esta energía, no toda quedará disponible para los consumidores secundarios (carnívoros). Una parte (barra naranja) se pierde como calor en la respiración celular del herbívoro y otra parte será alimento de los descomponedores y detritívoros. Solo la fracción energética almacenada en las moléculas del herbívoro quedará disponible para los carnívoros secundarios. Este mismo patrón se puede extender a los consumidores terciarios en adelante.

Pérdida de energía entre niveles

Como se deduce del análisis anterior, el flujo de energía en los ecosistemas posee "pérdidas" de energía útil en todos los niveles en forma de calor, que es un tipo de energía no aprovechable para los seres vivos. Estas pérdidas hacen que la energía disponible cada vez sea menor a medida que avanzamos por los niveles de una cadena.

Como regla general, se estima que solo el 10% de la energía captada por los organismos en un nivel trófico queda a disposición de los organismos del nivel siguiente. Esto sin duda condiciona la longitud de las cadenas tróficas, y dependerá de la cantidad de eslabones la eficiencia en el traspaso de un nivel a otro.

Otra conclusión que podemos sacar del análisis de flujo de la energía es que esta no se recicla en los ecosistemas. Según la Primera Ley de la Termodinámica, la cantidad de energía se conserva, ocurran las transformaciones que fueren, y esto es lo que efectivamente ocurre, solo que la energía que ingresa en los ecosistemas es lumínica (plausible de ser transformada), mientras que la energía que se libera es calórica, y por lo tanto no transformable en otro tipo de energía, de ahí que la consideremos inútil para los seres vivos.

Los ecosistemas requieren de un aporte constante de energía, y predominantemente esa energía es la energía lumínica provista por el Sol. La parte de energía lumínica que aprovechen los productores fluirá a lo largo de la cadena, pasando por los consumidores, los detritívoros y los descomponedores como energía química y liberando en todos los niveles una parte como calor.

Ciclos en los ecosistemas

En la naturaleza, son muchos los procesos biológicos que afectan a los ecosistemas que se comportan de forma cíclica. Veamos algunos ejemplos.

Todos los organismos poseen un **ciclo de vida**. El ciclo de vida comienza con la primera célula (el cigoto). Este sufre sucesivas divisiones celulares y el organismo crece, al mismo tiempo que se desarrolla. A partir de cierta etapa de desarrollo, el organismo puede reproducirse y dejar descendencia; el ciclo de vida se cierra.

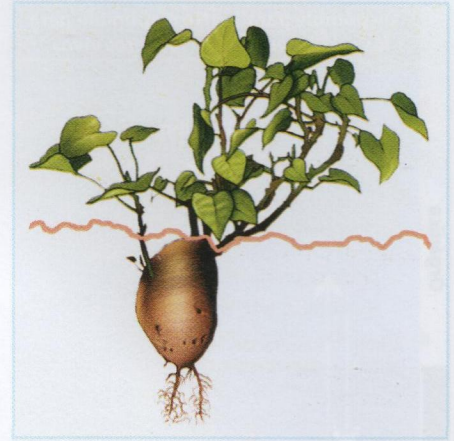
En las plantas, especialmente las anuales, el ciclo de vida depende del **ciclo de las estaciones**. Los organismos fotosintéticos dependen de la luz solar como fuente de energía, y la cantidad de horas de luz varía a lo largo de las estaciones, siendo este efecto más notorio a medida que aumenta la latitud, lo que también afecta el régimen de temperaturas. Dado que las plantas ocupan el primer nivel trófico de la cadena alimentaria, la cantidad de materia orgánica producida depende de la cantidad de luz y la temperatura.

Las especies vegetales de zonas con estaciones marcadas poseen adaptaciones que les posibilitan pasar la estación desfavorable. La renovación del follaje en los árboles caducifolios, la muerte de la parte aérea de la planta y la reserva de energía en órganos enterrados (bulbos, rizomas o tubérculos) son algunas de las estrategias adaptativas existentes. Estos cambios en la vegetación afectan a todo el ecosistema, ya que todos los consumidores dependen, directa o indirectamente, de lo elaborado por los productores.

Por esta razón muchos consumidores también siguen **ciclos de actividad**. Algunas especies de aves migran siguiendo la oferta de alimento. Otros consumidores atraviesan la estación desfavorable ocultándose y reduciendo su metabolismo a niveles mínimos, como los sapos. En el caso de muchas especies de insectos, su ciclo de vida es estacional. La estación desfavorable, por las bajas temperaturas y la escasez de alimento, es sobrellevada en el estado de huevo. Cuando mejoran las condiciones, se produce un crecimiento rápido (en apenas semanas) y sobreviene la reproducción y puesta de una nueva cantidad de huevos.

Sumado a lo anterior están los **ciclos biogeoquímicos**. Los productores requieren del medio nutrientes inorgánicos que aporten átomos de los elementos químicos (C, H, O, N, P y S) necesarios para sintetizar las biomoléculas. Los átomos que ahora forman parte de una proteína en la hoja de una planta, pudieron haber estado antes en una sal del suelo, en un lípido de un pez o incluso formando parte de un gas atmosférico. Cada uno de estos elementos posee su propio ciclo, y en cada uno intervienen organismos de todos los niveles tróficos, además de componentes abióticos.

Es importante conocer los ciclos de estos elementos porque eso permite, entre otras cosas, mejorar sistemas productivos como los cultivos, remediar los cambios introducidos en el ambiente por el ser humano, etc. En las próximas páginas conocerás detalles de estos ciclos y verás cómo se recicla la materia en los ecosistemas pasando continuamente de formas inorgánicas a orgánicas, y viceversa.



▲ Muchas especies de plantas poseen adaptaciones a los ciclos climáticos. Durante el invierno solo quedan los tubérculos (papas) enterrados, la parte aérea muere.



▲ El charrán o gaviotín ártico es una especie de ave migratoria. Se traslada de sus áreas de cría en el Ártico a la zona antártica durante la estación no reproductiva. Por lo tanto, estas aves están expuestas a dos veranos por año.