

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Asignatura: ecología y biodiversidad

Realizar ejercicios y problemas de la unidad 3, subunidades 3.1, 3.2 y 3.3

Ejercicios subunidad 3.1 Ley de Tolerancia de Shelford y Ley del Mínimo de Liebig

1. Tolerancia ecológica y bioindicadores en dos ecosistemas.

Contexto: En dos lagos andinos, denominados Lago A (natural, sin contaminación) y Lago B (afectado por efluentes domésticos), se estudia la distribución de tres especies de peces y macroinvertebrados acuáticos. Se analizan en función de la temperatura y concentración de oxígeno disuelto (OD), parámetros críticos para su supervivencia. Se quiere interpretar la Ley del Rango de Tolerancia de Shelford y distinguir si las especies analizadas son eurioicas (tolerancia amplia) o estenoicas (tolerancia estrecha), y cómo se comportan como bioindicadores.

Datos del ejercicio:

Especie	Tolerancia de temperatura (°C)	Tolerancia de oxígeno disuelto (mg/L)	Observación actual
<i>Austrofundulus limnaeus</i> (pez)	4–32	1.0–9.0	Presente en A y B
<i>Trichoptera spp.</i> (tricóptero)	10–20	6.5–9.0	Solo en Lago A
<i>Tubifex tubifex</i> (gusano)	5–35	0.5–6.0	Solo en Lago B

Preguntas:

- ¿Cuál de las especies es eurioica y cuál es estenoica, según Shelford?
 - ¿Qué especie es bioindicadora de buena calidad del agua y cuál de contaminación orgánica?
 - Explica cómo se aplica la Ley del Rango de Tolerancia de Shelford en este caso.
 - ¿Qué tipo de respuesta esperas en la biodiversidad del Lago B si los niveles de oxígeno disuelto siguen disminuyendo?
2. En un ecosistema de manglar costero ecuatoriano, se analizan tres especies de cangrejos frente a los gradientes de salinidad (ppt= partes por mil unidades de concentración) y oxígeno en el suelo (mg/L).

- Cangrejo A: encontrado desde zonas dulces (0 ppt) hasta salinas (30 ppt).
- Cangrejo B: solo habita entre 10-25 ppt.
- Cangrejo C: exclusivo de zonas de alta salinidad (30-35 ppt) y bajos niveles de oxígeno.

Bioindicadores:

- El Cangrejo C se utiliza como bioindicador de salinidad extrema y anoxia.
- El Cangrejo A se considera poco sensible a la contaminación salina.

Preguntas:

- Clasifica las especies como eurioicas o estenoicas.
- ¿Cuál es el mejor bioindicador de salinidad alta y baja oxigenación?
- Explica cómo se aplica la Ley de Shelford.

3. En un gradiente altitudinal del páramo andino (3300–4200 m), se observan tres especies de escarabajos endémicos:

- Escarabajo X: presente solo entre 4000 y 4200 m (temp: 3–6 °C).
- Escarabajo Y: se encuentra entre 3500–4000 m.
- Escarabajo Z: vive desde los 3300 hasta 4200 m (temp: 3–10 °C).

Bioindicadores:

- El escarabajo X se propone como bioindicador del clima frío extremo y ecosistemas no perturbados.
- El escarabajo Z es eurioico y menos útil como bioindicador por su alta tolerancia térmica.

Preguntas

- Clasifica las especies por su rango térmico.
- ¿Qué especie es un bioindicador del calentamiento climático?
- Relaciona sus límites de tolerancia con el cambio altitudinal.

4. Se monitorean tres grupos de fitoplancton en ríos amazónicos según el pH del agua:

- Algas verdes: óptimo en pH neutro (6.8–7.8).
- Diatomeas: rango moderado (6.0–8.2).
- Cianobacterias: presentes en pH extremos (<6 o >9).

Bioindicadores:

- Diatomeas son bioindicadores sensibles al pH y calidad de agua.
- Cianobacterias indican condiciones extremas o eutrofización.

Preguntas:

- Identifica cuál grupo tiene mayor rango de tolerancia.
- ¿Cuál grupo indica contaminación o alteración?
- Explica el rol de cada uno como bioindicador según Shelford.

5. Un agricultor siembra lechugas en un invernadero. A pesar de tener buena temperatura, agua, y nutrientes, las plantas crecen muy lentamente. El análisis del suelo muestra que el contenido de nitrógeno es muy bajo. Además, durante el verano, algunas lechugas se marchitan por el calor excesivo (más de 35 °C).

a. Explica cuál de las dos leyes ecológicas se aplica en cada caso (Liebig y Shelford).

b. Identifica el factor limitante o el que supera el rango de tolerancia.

6. Se estudian tres especies de lombrices en función de la compactación del suelo (g/cm^3) y el contenido de materia orgánica (%):

- Lombriz A: solo en suelos sueltos y ricos (>5% MO).
- Lombriz B: en suelos con MO intermedia (3–5%).
- Lombriz C: presente en suelos compactos y pobres (<2% MO).

Bioindicadores:

- Lombriz A: bioindicador de suelos saludables y bien aireados.
- Lombriz C: indicador de degradación y compactación.

Pregunta:

- Clasifica según su tolerancia al deterioro edáfico.
- ¿Qué especie sugiere un ecosistema agrícola con prácticas sostenibles?
- Aplica el concepto de rango de tolerancia y zona de estrés.

7. En un humedal se observa una disminución drástica de la población de ranas. Los análisis revelan que el agua tiene alta calidad y hay alimento disponible, pero el nivel de oxígeno disuelto está por debajo del mínimo que necesitan las ranas. Además, se ha registrado un aumento de temperatura del agua por cambio climático, superando los 30 °C. Aplicar ambas leyes ecológicas para explicar por qué las ranas están desapareciendo.
8. En un proyecto de reforestación, se plantan especies de árboles típicos de zonas frías en un valle más cálido. Aunque el suelo tiene buenos nutrientes y agua suficiente, los árboles no sobreviven más de unos meses. Indique:
 - a. ¿Qué ley explica la falla del proyecto?
 - b. ¿Qué factor está fuera del rango adecuado?
9. Un estudio sobre truchas en un río montañoso indica que, a pesar de niveles adecuados de alimento y refugio, la población disminuye drásticamente. El oxígeno disuelto en el agua cae frecuentemente por debajo de 5 mg/L y la temperatura supera los 20 °C en verano, aunque la especie tolera 8-18 °C. Preguntas:
 - a) Explique la función del oxígeno disuelto como factor limitante desde la perspectiva de la Ley del Mínimo de Liebig.
 - b) Analice cómo la temperatura afecta la supervivencia de la trucha según la Ley de la Tolerancia de Shelford.
 - c) Sugiera estrategias de manejo para restaurar la población de truchas.
10. Se intenta reforestar una zona de montaña con pinos nativos, pero la tasa de supervivencia es baja. El suelo es fértil y la humedad adecuada, pero las temperaturas máximas recientes superan los 35 °C, cuando estos pinos toleran hasta 30 °C. Preguntas:
 - a) Identifique y explique el factor limitante utilizando la Ley del Mínimo de Liebig y la Ley de la Tolerancia de Shelford.
 - b) Evalúe por qué el cambio climático afecta este proyecto de reforestación.
 - c) Proponga alternativas de especies o manejo que podrían aumentar la supervivencia.
11. En cinco lagunas glaciales se mide la presencia de:
 - Fitoplancton A: sensible, vive en <0.2 mg/L de fósforo total.
 - Fitoplancton B: tolerante, vive hasta 0.6 mg/L.
 - Fitoplancton C: dominante en condiciones eutróficas (>1 mg/L de fósforo).
 Bioindicadores:
 - Fitoplancton A: bioindicador de buena calidad del agua.
 - Fitoplancton C: indicador de eutrofización y contaminación.
 Preguntas:
 - Identifica el rango de tolerancia de cada especie.
 - ¿Cuál sería útil para detectar procesos tempranos de eutrofización?
 - Relaciona su distribución con los conceptos de zonas óptimas, estrés y tolerancia.

PERTURBACIONES:

12. La laguna de Yambo, ubicada entre las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, ha sido un importante recurso paisajístico y ecológico. Sin embargo, en las últimas décadas ha enfrentado una serie de alteraciones ambientales como resultado del incremento del

turismo desorganizado, la agricultura intensiva en sus alrededores y el crecimiento de infraestructura cercana a la vía Panamericana. Durante las últimas evaluaciones, se identificaron:

- Aumento de nutrientes en el agua debido al uso de fertilizantes agrícolas (eutrofización).
- Presencia de residuos sólidos y aguas servidas sin tratamiento, arrojadas por comercios cercanos.
- Compactación del suelo y pérdida de vegetación de ribera por expansión de zonas de acceso para visitantes.
- Disminución en la presencia de aves acuáticas y especies nativas, por perturbaciones frecuentes y pérdida de hábitat.

Analiza el caso y responde:

- a) ¿Qué tipos de perturbaciones se presentan en este ecosistema acuático?
- b) ¿Cuál es el origen de cada una (natural o antrópico)?
- c) ¿Cada perturbación es aguda o crónica? ¿Por qué?
- d) ¿Cómo clasificarías cada perturbación según su frecuencia e intensidad?
- e) ¿Cuál es la escala espacial de estas perturbaciones?
- f) ¿Qué impactos ecológicos y sociales se pueden prever?
- g) ¿Qué medidas de mitigación o restauración recomendarías desde tu área de estudio?

13. En los páramos andinos del Chimborazo, los ecosistemas están expuestos a distintas perturbaciones que modifican su estructura, dinámica y resiliencia ecológica. Estas perturbaciones pueden ser naturales o antrópicas (causadas por el ser humano) y tener una naturaleza aguda o crónica.

Analiza el siguiente escenario y responde las preguntas aplicando los conceptos de:

- a) Tipo de perturbación: Natural o Antrópica
- b) Naturaleza: Aguda (evento puntual) o Crónica (proceso sostenido)
- c) Efecto ecológico principal: en biodiversidad, suelos, agua o dinámica de especies

14. Durante un monitoreo ecológico en la zona alta del páramo de Chimborazo, se registraron los siguientes hechos:

- a) En 2021, una helada intensa destruyó grandes áreas de vegetación herbácea.
- b) En 2022, un incendio forestal iniciado por fogatas mal apagadas de excursionistas quemó 10 hectáreas de pajonales.
- c) Desde 2019, ganado vacuno pastorea constantemente sobre el pajonal, disminuyendo la cobertura vegetal y provocando erosión.
- d) En 2024, se construyó una vía rural que fragmentó el ecosistema, reduciendo el paso de especies nativas como conejos andinos y marsupiales.

Preguntas:

- a) Clasifica cada perturbación según su tipo (natural o antrópica).
- b) Identifica si la naturaleza de la perturbación es aguda o crónica.
- c) Señala un efecto ecológico probable de cada perturbación.

15. Desde hace cinco años, una empresa minera ha estado vertiendo residuos con metales pesados al río Napo. Se ha registrado una drástica disminución de peces, y comunidades indígenas han reportado enfermedades relacionadas con el agua y disminución de recursos pesqueros. Analiza la perturbación respondiendo a las siguientes preguntas

- a) ¿Qué tipo de perturbación representa esta situación? (Ej.: contaminación, fragmentación, cambio climático, etc.)

- b) ¿Cuál es el origen de esta perturbación?
 - a. Natural
 - b. Antrópico
 - c. Mixto
 Justifica tu respuesta.
 - c) ¿La perturbación es aguda o crónica? Explica con base en la duración y recurrencia del evento.
 - d) ¿Qué puedes decir sobre la frecuencia e intensidad de esta perturbación?
 - ¿Ocurre una sola vez o se repite?
 - ¿Afecta levemente o de manera severa?
 - e) ¿Cuál es la escala espacial de afectación?
 - a. Local
 - b. Regional
 - c. Global
 Justifica según los impactos observados.
 - d) Describe al menos dos efectos ecológicos evidentes en el ecosistema acuático.
 - e) ¿Qué efectos sociales han surgido en las comunidades humanas cercanas?
 - f) Propón tres medidas de mitigación o restauración que deberían implementarse. Justifica cada una.
16. En los últimos veranos secos, varios incendios forestales han afectado el bosque montano del Azuay. Se presume que algunos fueron causados por agricultores al expandir zonas de cultivo. Las especies nativas de fauna se han desplazado. Analiza la perturbación respondiendo a las siguientes preguntas
- a) ¿Qué tipo de perturbación representa este caso?
 - b) ¿Cuál es su origen?
 - Natural
 - Antrópico
 - Mixto
 Fundamenta tu respuesta.
 - c) ¿Cómo clasificarías esta perturbación en el tiempo? ¿Aguda (evento puntual) o crónica (proceso repetitivo)? Justifica tu respuesta con datos del escenario.
 - d) ¿Cómo describirías su frecuencia e intensidad? ¿Pasa solo ocasionalmente o es frecuente? ¿Los incendios son controlables o devastadores?
 - e) ¿Cuál es la escala espacial de afectación? ¿Está limitada a un área específica o afecta grandes regiones?
 - f) Menciona dos consecuencias ecológicas observables en el bosque después de los incendios.
 - g) Identifica dos consecuencias sociales o económicas para las comunidades humanas.
 - h) Sugiere al menos tres medidas preventivas o de restauración ecológica.

HOMEOSTASIS

17. La Reserva Ecológica Los Cedros, en la región del Chocó Andino, alberga una alta biodiversidad. Durante un monitoreo entre 2022 y 2023, los investigadores observaron una proliferación inusual de escarabajos herbívoros defoliadores, lo que provocó daños visibles en las copas de los árboles. Sin embargo, sin aplicar pesticidas, en el siguiente ciclo anual, se observó que los escarabajos disminuyeron drásticamente y la vegetación se recuperó. Analiza la situación respondiendo

- a) ¿Qué se entiende por homeostasis ecológica? Explica en tus palabras cómo se produce la homeostasis en un ecosistema.
 - b) ¿Qué componentes del ecosistema (bióticos o abióticos) ayudaron a que se restablezca el equilibrio ecológico?
 - c) ¿Este caso representa una retroalimentación negativa o positiva? Justifica tu respuesta considerando el efecto sobre el sistema.
 - d) Menciona dos mecanismos de autorregulación natural que pudieron activarse en este ecosistema (por ejemplo: control biológico, resiliencia vegetal, cambio en ciclos reproductivos, etc.)
 - e) ¿Qué habría ocurrido si este ecosistema no hubiera contado con mecanismos homeostáticos? ¿Qué procesos ecológicos estarían en riesgo?
18. En un ecosistema de páramo, la población de lobos de páramo (*Lycalopex culpaeus*) ha disminuido drásticamente por cacería y fragmentación de su hábitat. Como consecuencia, se ha observado un aumento en las poblaciones de roedores herbívoros, lo que ha causado sobrepastoreo de plantas nativas y erosión de suelos. Analiza:
- a) ¿Qué función cumplía el lobo de páramo dentro de la homeostasis del ecosistema?
 - b) ¿El aumento de roedores es un ejemplo de retroalimentación positiva o negativa? ¿Por qué?
 - c) Explica cómo se rompe la homeostasis cuando se elimina un regulador trófico.
 - d) ¿Qué mecanismos naturales de autorregulación podrían reestablecer el equilibrio si se protegieran los lobos?
 - e) Propón dos acciones de manejo ecológico que contribuyan a restaurar la homeostasis.

RESILIENCIA ECOLÓGICA

19. La Laguna San Pablo (provincia de Imbabura, Ecuador) es un ecosistema lagunar altoandino de gran valor ecológico y cultural. En los últimos 15 años, ha sufrido impactos por:

- Aportes de nutrientes desde cultivos y asentamientos humanos
- Pérdida de cobertura vegetal en las orillas
- Disminución de especies nativas de peces y macroinvertebrados
- Proliferación de algas y pérdida de transparencia del agua
- Introducción de especies exóticas como tilapia

Los habitantes reportan menor pesca, más enfermedades relacionadas con el agua y menos turismo.

Analiza la resiliencia del ecosistema lagunar respondiendo las siguientes preguntas por componente:

Umbral de cambio

1. ¿Qué evidencia indica que la laguna está cerca (o ha cruzado) un umbral ecológico crítico?
2. ¿Qué podría pasar si el sistema cruza ese umbral de forma irreversible?

Retroalimentaciones

1. ¿Qué retroalimentaciones están operando en la laguna? ¿Son positivas (amplifican el cambio) o negativas (contrarrestan el cambio)?
2. ¿Hay formas de romper retroalimentaciones negativas o fortalecer las positivas?

Redundancia funcional

1. ¿Existen múltiples especies que cumplen funciones similares (filtración, dispersión, depuración)?
2. ¿La pérdida de especies ha afectado la capacidad funcional del ecosistema?

Memoria ecológica

1. ¿Qué elementos del ecosistema pueden actuar como “memoria ecológica” para permitir su recuperación?
2. ¿Qué rol puede cumplir el conocimiento local o ancestral en la restauración?

20. Un humedal altoandino cerca de una ciudad turística ha sido degradado por el ingreso de visitantes, pisoteo, acumulación de basura, y desvío de agua para uso recreativo. Han disminuido las aves acuáticas y anfibios, y hay pérdida de vegetación ribereña.

Responder en este cuadro a las preguntas planteadas:

Componente	Pregunta	Respuesta
Umbral de cambio	¿Qué evidencia indica que este ecosistema está cerca de un umbral crítico?	
Retroalimentaciones	¿Qué tipo de retroalimentación ocurre si se pierde vegetación en las orillas?	
Redundancia funcional	¿Existen otras especies que cumplen funciones similares a las que se perdieron?	
Memoria ecológica	¿Qué elementos pueden ayudar a recuperar el ecosistema?	

21. Una laguna en la Sierra ha recibido aguas con fertilizantes y pesticidas durante años. Aparecieron floraciones de algas, disminuyó el oxígeno, murieron peces, y la pesca artesanal desapareció. Aún hay zonas del lago con plantas nativas sumergidas.

Responder en este cuadro a las preguntas planteadas:

Componente	Preguntas	Respuesta
Umbral de cambio	¿El ecosistema ha cruzado un umbral ecológico?	
Retroalimentaciones	¿Qué retroalimentaciones están presentes?	
Redundancia funcional	¿Existen especies que puedan mantener funciones como filtración o dispersión?	
Memoria ecológica	¿Qué evidencia hay de que el ecosistema puede recuperarse?	

22. En un páramo cerca de comunidades agrícolas, el sobrepastoreo por ovejas y vacas ha reducido la cobertura vegetal, compactado el suelo y disminuido la infiltración de agua. Esto ha afectado la regulación hídrica y aumentan las escorrentías.

Responder en este cuadro a las preguntas planteadas:

Componente	Pregunta para el estudiante	Respuesta sugerida
Umbral de cambio	¿Se ha superado el umbral ecológico en este sistema?	
Retroalimentaciones	¿Cómo actúa la retroalimentación entre vegetación y escorrentía?	
Redundancia funcional	¿Qué especies nativas podrían ayudar a recuperar la función de cobertura vegetal?	

Componente	Pregunta para el estudiante	Respuesta sugerida
Memoria ecológica	¿Qué elementos quedan del ecosistema original que podrían permitir su restauración?	

CÁLCULO DEL INTERVALOS DE RESILIENCIA

23. Un bosque seco tropical en Manabí es afectado por quemas agrícolas recurrentes. El número de árboles adultos fue medido antes y después de 20 años con incendios cada 4 años.

Datos:

- Frecuencia de incendio aceptable: cada 10–15 años
- Frecuencia actual: cada 4 años
- Árboles adultos antes (V_{pre}): 150/ha
- Árboles adultos después (V_{post}): 45/ha

a) Calcular el intervalo de resiliencia ecológica

b) En función del resultado obtenido mencione si el ecosistema ha salido de su intervalo de resiliencia, se mantiene, o está al límite.

24. Una laguna fue afectada por descargas agrícolas. Se midieron los niveles de oxígeno disuelto como indicador del estado del ecosistema.

Datos:

Carga de nutrientes (N + P): 8 mg/L (el límite funcional es de 7 mg/L)

Oxígeno antes de la eutrofización (V_{pre}): 7.0 mg/L

Oxígeno después de floración algal (V_{post}): 3.5 mg/L

Preguntas:

a) ¿Cuál es el valor límite funcional de la carga de nutrientes en la laguna y qué indica el valor medido respecto a este límite?

b) ¿Qué valores se registraron del oxígeno disuelto antes y después de la floración algal? ¿Qué fenómeno ecológico explicaría esta disminución?

c) Utiliza la fórmula de resiliencia $R = V_{post}/V_{pre}$ para calcular la resiliencia del ecosistema acuático. Interpreta el valor obtenido.

d) Qué consecuencias ecológicas podría tener una resiliencia de 0.5 en un ecosistema acuático. Menciona al menos tres.

e) ¿Qué tipo de cambio de régimen ecológico ha ocurrido en la laguna y por qué se considera que ha sido superado el umbral de resiliencia?

25. En un páramo de la Sierra Central, se realizó un estudio durante 10 años para evaluar el impacto de la carga ganadera. Se midió el porcentaje de cobertura vegetal antes y después del incremento de pastoreo.

Datos:

Carga ganadera: 3.0 vacas/ha/año (superior al límite recomendado de 2.5)

Cobertura vegetal antes (V_{pre}): 95%

Cobertura vegetal después de 5 años (V_{post}): 60%

Preguntas:

a) ¿Cuál es la carga ganadera medida en el estudio y cómo se compara con el límite ecológicamente recomendado?

b) ¿Qué consecuencias puede tener este exceso para el ecosistema de páramo?

c) Se registró una cobertura vegetal del 95% antes del aumento del pastoreo y de 60% cinco años después.

d) Calcula la resiliencia del ecosistema utilizando la fórmula: $R = V_{post}/V_{pre}$

e) Interpreta el valor de resiliencia obtenido. ¿Qué indica sobre la capacidad del ecosistema para resistir el disturbio sin perder su funcionalidad?

- f) ¿Qué se entiende por “intervalo de resiliencia” en un ecosistema? ¿Cómo se puede determinar si dicho intervalo ha sido superado?
- g) ¿Consideras que el ecosistema del páramo se encuentra dentro o fuera de su intervalo de resiliencia? Justifica tu respuesta con base en los datos proporcionados.
- h) ¿Qué riesgos ecológicos podrían derivarse si el ecosistema ha salido de su intervalo de resiliencia, especialmente en relación con la cobertura vegetal y los servicios ecosistémicos?
- i) ¿Qué tipo de retroalimentaciones podrían producirse si se mantiene la carga ganadera elevada?

26. Biomasa aérea en un bosque seco tropical después de una sequía prolongada

- Variable ecológica: Biomasa aérea (toneladas por hectárea)
- Antes de la sequía: 15 t/ha
- Después de la sequía (a los 3 años): 12 t/ha

Preguntas:

- a) ¿Cuáles fueron los valores de biomasa aérea antes y después de la sequía? Explica qué indica esta variación sobre la estructura del ecosistema.
- b) Calcula la resiliencia del ecosistema utilizando la fórmula: $R = V_{post}/V_{pre}$; Donde $V_{pre} = 15$ t/ha, $V_{post} = 12$ t/ha
- c) Interpreta el valor de resiliencia obtenido. ¿El ecosistema mantiene una capacidad funcional adecuada frente al disturbio?
- d) ¿Consideras que este ecosistema aún se encuentra dentro de su intervalo de resiliencia? ¿Por qué?
- e) ¿Qué riesgos ecológicos pueden presentarse si se mantiene una tendencia de reducción de la biomasa aérea en este ecosistema?
- f) ¿Qué mecanismos de recuperación o estrategias adaptativas podrían permitir a un bosque seco tropical restaurar su biomasa tras una sequía prolongada?
- g) ¿Qué medidas de conservación podrían ayudar a mantener o mejorar la resiliencia del bosque seco frente a eventos extremos como la sequía?

27. Riqueza de especies de macroinvertebrados en un río contaminado por minería

- Variable ecológica: Riqueza de especies (número de especies)
- Antes del derrame minero: 25 especies
- Después del derrame (5 años después de aplicar planes de restauración): 20 especies.

Preguntas:

- a) ¿Cuál es la variable ecológica utilizada para evaluar el estado del ecosistema fluvial y por qué se considera un buen indicador de calidad ecológica.
- b) ¿Cuál era la riqueza de especies de macroinvertebrados antes del derrame minero y cuántas especies se registraron cinco años después de aplicar planes de restauración?
- c) Utiliza la fórmula de resiliencia: $R = V_{post}/V_{pre}$, para calcular el valor de resiliencia del ecosistema en términos de riqueza de especies.
- d) Interpreta el valor obtenido de resiliencia. ¿Consideras que el ecosistema fluvial se ha recuperado completamente, parcialmente o permanece degradado?
- e) ¿Qué factores podrían estar limitando la recuperación total de la riqueza de macroinvertebrados a pesar de los planes de restauración aplicados?
- f) ¿Qué papel juegan los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en la evaluación de la salud de los ecosistemas acuáticos?
- g) ¿Qué tipo de perturbación representa un derrame minero? ¿Es puntual o crónica, natural o antrópica? Justifica.
- h) ¿Consideras que el ecosistema del río sigue dentro de su intervalo de resiliencia o ha cambiado de régimen ecológico? ¿Qué evidencias apoyarían tu conclusión?

- i) Propón dos acciones de restauración adicionales que podrían mejorar la resiliencia del río y favorecer la recuperación de la riqueza de especies.
- j) ¿Qué importancia tiene evaluar la resiliencia a largo plazo después de un evento catastrófico como un derrame minero? ¿Qué otras variables podrían complementarse con la riqueza de especies?

SUCESIÓN ECOLOGICA

28. ¿Cuál de las siguientes características es propia de una **sucesión primaria**?
- A) Ocurre luego de un incendio forestal
 - B) Inicia con plantas herbáceas en suelos fértiles
 - C) Se da en superficies sin suelo previo
 - D) Es más rápida que la secundaria
29. En una sucesión secundaria, ¿cuál de los siguientes eventos podría reiniciar la sucesión desde una etapa más temprana?
- A) Colonización por líquenes
 - B) Abandono del terreno agrícola
 - C) Incendio severo que elimina toda la vegetación y el suelo
 - D) Crecimiento de árboles pioneros
30. En una isla volcánica recién formada en el Océano Pacífico, una erupción ha creado una superficie completamente nueva de roca basáltica, sin suelo ni vida visible.
Pregunta: ¿Qué tipo de sucesión ocurre en esta isla volcánica y qué etapas se esperarían en el desarrollo ecológico?
31. Una zona de bosque seco tropical fue talada y utilizada para agricultura durante 20 años. Tras el abandono del terreno, se ha dejado sin intervención humana por 10 años.
Pregunta: ¿Qué tipo de sucesión ocurre en esta área y qué diferencias tiene con una sucesión primaria?
32. En una zona montañosa del Ecuador, un glaciar ha retrocedido dejando al descubierto una superficie rocosa estéril. Tras 5 años se observan líquenes, musgos y una delgada capa de suelo en formación.
Pregunta:
- a) ¿Qué tipo de sucesión está ocurriendo?
 - b) ¿Qué organismos actúan como pioneros y por qué son importantes?
 - c) ¿Qué cambios esperas en los próximos 50 años si no hay intervención humana?
33. Una parcela de maíz fue abandonada. Al año siguiente aparecen gramíneas, luego arbustos, y al cabo de 15 años hay árboles jóvenes.
Pregunta:
- a) ¿Qué tipo de sucesión se presenta y por qué?
 - b) ¿Cuál es la diferencia fundamental respecto a la sucesión primaria?
 - c) ¿Qué factores podrían acelerar o detener esta sucesión?

CLIMAX ECOLÓGICO:

34. En la Amazonía occidental, una zona protegida ha evolucionado durante milenios hasta conformar un bosque tropical denso, con alta biodiversidad, árboles emergentes de hasta 60 m y un ciclo cerrado de nutrientes.
Preguntas:
- a) ¿Qué factor ambiental determina la estructura final del ecosistema?

- b) ¿Qué función cumple el clima en este tipo de clímax?
 c) ¿Este clímax depende de condiciones del suelo o del clima?
35. En zonas costeras con suelos salinos, crecen comunidades vegetales dominadas por halófitas como *Salicornia* y *Batis*. Incluso si el clima permite otra vegetación, estas especies prevalecen.
 Preguntas:
 a) ¿Qué limita el desarrollo de un bosque templado en esta región?
 b) ¿Qué tipo de condiciones del suelo se observan?
 c) ¿Este ecosistema representa un clímax edáfico? Justifica.
36. En una planicie de inundación del río Napo, se desarrollan bosques adaptados a la inundación estacional. Las especies dominantes son *Cecropia*, *Ficus* y palmas de aguaje (*Mauritia*), que sobreviven con raíces sumergidas por meses.
 Preguntas:
 a) ¿Qué factor abiótico determina el tipo de vegetación?
 b) ¿Qué pasaría si cesaran las inundaciones periódicas?
 c) ¿Este es un clímax hidrográfico?
37. En una pradera semiárida, el pastoreo moderado por herbívoros silvestres (guanacos, venados) mantiene la vegetación estable. Sin la presencia de estos animales, la vegetación se vuelve densa y luego colapsa por sequías.
 Preguntas:
 a) ¿Qué organismos están modulando el equilibrio ecológico?
 b) ¿La vegetación alcanza el equilibrio sin la presencia de estos animales?
 c) ¿Qué tipo de clímax representa?

ESTRATEGIAS K y r

38. La rata parda (*Rattus norvegicus*), especie común en zonas urbanas, se reproduce con facilidad en basureros y alcantarillas. Una hembra puede tener más de 40 crías por año.
 Preguntas:
 a) ¿Esta especie es r o K estratega?
 b) ¿Qué características respaldan tu respuesta?
 c) ¿Por qué esta estrategia es útil en ambientes urbanos?
39. Elefante africano (*Loxodonta africana*), cada hembra tiene una cría cada 4–5 años, que cuida durante años. Viven en grupos estables y tienen una larga esperanza de vida. Preguntas:
 a) ¿Qué tipo de estrategia sigue el elefante?
 b) ¿Cuál es su ventaja adaptativa en ecosistemas estables?
 c) ¿Por qué es más vulnerable a la caza y pérdida de hábitat?
40. Langosta del desierto (*Schistocerca gregaria*), durante condiciones húmedas, se reproducen masivamente en zonas agrícolas, causando plagas. Cada hembra deposita decenas de huevos.
 Preguntas:
 a) ¿A qué tipo de estrategia pertenece?

- b) ¿Qué ventaja ecológica le otorga este tipo de reproducción?
- c) ¿Qué riesgo enfrenta si el ambiente cambia abruptamente?
41. Cóndor andino (*Vultur gryphus*), Ave carroñera de gran tamaño, vive más de 50 años. Se reproduce lentamente, con una cría cada 2–3 años. Necesita grandes territorios.
- Preguntas:
- a) ¿Qué tipo de estrategia presenta?
- b) ¿Por qué esta estrategia requiere ecosistemas conservados?
- c) ¿Qué implicación tiene para su conservación?
42. Bacterias en una charca temporal, tras una lluvia, se forma una charca con materia orgánica. Las bacterias se multiplican exponencialmente, colonizando el ambiente en horas.
- Preguntas:
- a) ¿Qué tipo de estrategias son estas bacterias?
- b) ¿Qué limita su permanencia?
- c) ¿Qué indica esto sobre su nicho ecológico?
43. En la Isla Española (Galápagos), se monitorea una población de tortugas gigantes que se reproduce lentamente, pone pocos huevos, pero vive más de 100 años. Las crías son protegidas en programas de conservación hasta su liberación.
- Pregunta: ¿Esta especie corresponde a una estrategia r o K? Justifique con al menos dos características.
44. En un humedal tropical, una especie de rana pone miles de huevos flotantes sin cuidado posterior. En el mismo lugar, los cocodrilos ponen menos huevos, pero los protegen activamente y cuidan a sus crías.
- Pregunta: ¿Qué tipo de estrategia reproductiva sigue cada especie?
45. Una región semiárida sufre una plaga de langostas tras una temporada lluviosa. Estas se reproducen en grandes cantidades y destruyen cultivos en pocas semanas.
- Pregunta: ¿A qué estrategia reproductiva responden las langostas?

TIPOS DE CRECIMIENTOS POBLACIONALES:

CRECIMIENTO EXPONENCIAL

46. Una población de zooplancton crece de 2.000 a 5.000 individuos en 4 años. Suponiendo crecimiento exponencial, ¿cuál es su tasa de crecimiento anual r ?
47. Un grupo de mosquitos pasa de 1.000 individuos a 1.210 al cabo de 1 año, y a 1.464 al cabo de 2 años. ¿Es este un caso de crecimiento exponencial? ¿Cuál es su tasa r ?
48. Una charca temporal en la selva permite la reproducción de 10.000 mosquitos inicialmente. Se estima que, en 2 días, la población llega a 25.000. ¿Cuántos habrá en 5 días si no hay control ecológico, es un crecimiento exponencial?
49. Bacterias en compost: Se detectan 150.000 bacterias al inicio en un sistema de compostaje. A las 6 horas, hay 270.000. Pregunta: ¿Cuántas bacterias habrá después de 12 horas?
50. Zooplancton en un lago: Una población de zooplancton crece de 4,000 a 12,000 en 3 días. ¿Cuál será la población al cabo de 7 días, se supone que el crecimiento es exponencial?

CRECIMIENTO LOGÍSTICO

51. Crecimiento de población de peces en un lago contaminado (con límite de carga): Se introducen **100 peces** en un lago. El lago tiene capacidad de carga de $K = 1000$ peces, la tasa de crecimiento: $r = 0.2$, ¿Cuál será la población después de 5 años?
52. Una población de aves marinas sigue un crecimiento logístico. La población inicial: $P_0=200$, la tasa de crecimiento $r = 0.4$, En el año 4, la población fue de $P(4) = 750$ ¿Cuál es la capacidad de carga del ecosistema (K)?
53. Una población de tortugas en una isla creció de 100 a 300 individuos en 4 años. Se sabe que la capacidad de carga (K) de la isla es de 800 individuos, ¿Cuál fue la tasa de crecimiento intrínseca (r)?
54. Se introducen 200 peces en un lago. La capacidad de carga del lago es de 1.000 peces, y la tasa de crecimiento es $r = 0,25$. Queremos saber cuántos años tardará la población en llegar a 600 peces. Pregunta: ¿Cuánto tiempo (t) tardará en alcanzarse esa población?
55. Una población de arbustos colonizadores crece de 20 individuos a 180 individuos en 6 años dentro de un ecosistema que tiene una capacidad de carga $K = 300$. ¿Cuál fue la tasa de crecimiento r ?
56. Venados en un parque nacional, la capacidad ecológica (K) es de 2.000 venados, con una población inicial de 100. La población a los 3 años: 400; ¿Cuántos venados habrá a los 8 años? (Resp. $r \approx 0,5194$; Población a los 8 años: 1.541 venados)
57. En una reserva ecológica, se introducen 200 aves de una especie en peligro de extinción. La capacidad de carga del ecosistema es de 5000 aves. Después de 4 años, la población ha crecido a 800 aves. ¿Cuántas aves habrá al cabo de 8 años si se mantiene el mismo ritmo de crecimiento logístico?
58. Una laguna puede albergar hasta 10.000 ranas. Actualmente hay 300 ranas y, según registros, al cabo de 6 semanas había 1.000, ¿Cuántas semanas deben pasar para que la población alcance las 5.000 ranas, si sigue el modelo logístico?
59. Una población de zorros en una zona boscosa sigue un crecimiento logístico. Se registraron 150 individuos inicialmente. La capacidad de carga del área es de 2.000 zorros. Después de 5 años, la población alcanzó los 450 individuos. ¿Cuál es la tasa de crecimiento intrínseca r según el modelo logístico?

TASA DE CRECIMIENTO ARITMÉTICA

60. En una comunidad rural había 12.000 habitantes en el año 2010. Para el año 2020 la población aumentó a 14.500. ¿Cuál fue la tasa de crecimiento aritmética anual?
61. Una comunidad tenía 7.200 personas en 2010. En 2020 tenía 8.000. Calcula primero la tasa aritmética, y luego la población para el año 2025.
62. En la ciudad del Ecuador, los datos censales fueron los siguientes:

Año	Población
1990	18,000
2000	21,500
2010	25,000
2020	28,500

Pregunta: Estima la población para el año 2030 usando el modelo aritmético.

63. Zona urbana con crecimiento acelerado. Según censos de la ciudad intermedia Urbecentro:

Año	Población
2000	55,000
2005	60,500

Año	Población
2010	66,000
2015	71,500
2020	77,000

Pregunta: Estimar la población para el año 2030, usando el modelo aritmético.

64. Reforestación natural y crecimiento poblacional de aves. En un bosque tropical regenerado se registró la población de una especie de ave:

Año	Población estimada
2010	250 aves
2014	310 aves
2018	3800 aves

- Calcular las tasas de crecimiento geométrico por periodo
- Calcular el promedio geométrico anual
- Proyectar la población para 2026

TASA DE CRECIMIENTO GEOMÉTRICO

65. En la ciudad de Verde Claro, la población era de 18.000 habitantes en 2000 y creció a 25.000 habitantes en 2020.

Pregunta 1: ¿Cuál fue la tasa de crecimiento geométrico anual (r)?

Pregunta 2: Grafique el crecimiento poblacional desde el año 2000 hasta el 2020.

66. Cálculo de población futura con datos censales (método geométrico). La población censada de la ciudad **EcoCiudad** fue la siguiente:

Año	Población
1990	100,000
2000	120,000
2010	144,000
2020	172,800

Pregunta:

- Estimar la **tasa de crecimiento geométrico promedio (r)**.
 - Calcular la población esperada para el año **2030**.
 - Representar el crecimiento poblacional en un gráfico del año 1990 al 2030.
67. Recuperación de una especie de tortuga en una reserva. Los Censos en años sucesivos son:

año	población
2005	600
2010	720
2015	850
2020	1000

- Calcular las tasas geométricas parciales
- Calcular la tasa promedio
- Estimar la población al 2030

