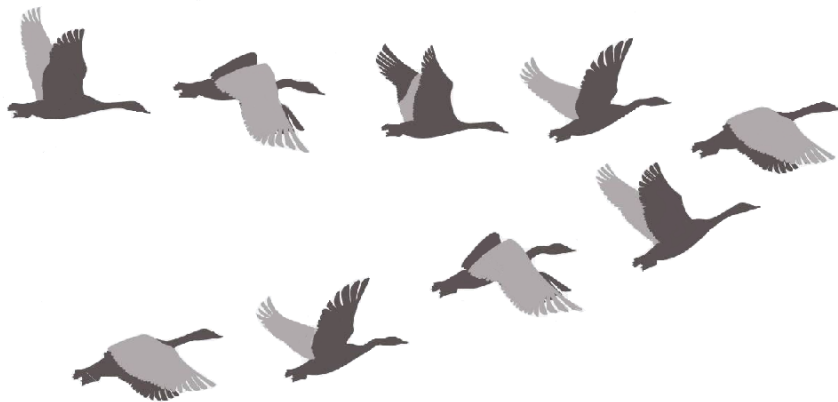


TicoTuColeVirtual InnovaLab

La distribución equilibrada que produce la interacción de diferentes componentes de un sistema

+ Sí

En un sistema complejo, los elementos individuales interactúan entre sí de manera no lineal, lo que puede llevar a la autoorganización en patrones.



+ Entonces

La autoorganización del sistema, facilitando la observación de patrones

Laboratorio 6

Del caos productivo a la oscilación estable: la autoorganización como metodología transdisciplinar en INNOVALAB

by Adrián García Campos

Introducción

En INNOVALAB concebimos el aprendizaje como un sistema complejo y autoorganizado, en el cual la interacción entre pares, las reglas de seguridad, la información disponible y las señales compartidas desencadenan patrones globales tales como la coherencia, la memoria colectiva y la resiliencia. Lejos de representar un "caos incontrolado", la autoorganización constituye una forma de orden emergente, siempre que se cumplan ciertas condiciones claves:

- Acoplamientos entre pares, como la copresencia, la mirada conjunta y acuerdos breves.
- Retroalimentaciones rápidas y lentas, que incluyen señales de desempeño y revisiones por ruta.
- Mecanismos de control, capaces de estabilizar la variabilidad sin suprimirla, tales como umbrales, tiempos y recursos.

Esta visión metodológica cobra forma en la arquitectura de tres laboratorios simultáneos —Física, Química y Biología— con rotación por estaciones. La entropía inicial, generada por la diversidad de tareas, datos y trayectorias, se estabiliza mediante bucles de retroalimentación y métricas compartidas.

Fundamento conceptual: autoorganización y aprendizaje colectivo

Desde la perspectiva de INNOVALAB, la autoorganización se define como la emergencia de orden a partir de interacciones locales. A través de estas interacciones, surgen patrones globales —coherencia, memoria colectiva y resiliencia— cuando existen acoplamientos efectivos, circuitos de realimentación y mecanismos de control que permiten mantener la variabilidad sin sofocar la innovación.

El aprendizaje colectivo en sistemas complejos presenta oscilaciones que reflejan la distribución de la cognición a través de redes colaborativas (equipos-estaciones). La clase, en este sentido, “recuerda” mediante procedimientos comunes, heurísticas compartidas y criterios de calidad que conforman una memoria colectiva. La coherencia no se mantiene de forma constante, sino que emerge en ventanas temporales de sincronización que permiten comparar, corregir y consolidar sin imponer uniformidad permanente.

Arquitectura didáctica: transformar la autoorganización en metodología

INNOVALAB plantea el aprendizaje como un sistema complejo oscilatorio, en el que las interacciones locales generan patrones globales. En este sistema, el grupo desarrolla:

- Memoria colectiva: mediante procedimientos estandarizados.
- Sincronía intermitente: a través de picos de coordinación.
- Capacidad de corrección: por medio de ajustes en la dinámica de la red.

Una analogía ilustrativa proviene de la microbiología: estudios recientes (Kannan et al., 2025) han demostrado que, en colonias bacterianas, la expansión radial no se determina únicamente por el acceso a nutrientes, sino por restricciones mecánicas que inducen un cambio en la orientación celular. Aplicado al aula, esto implica que el avance del grupo no depende exclusivamente del contenido informativo disponible para cada estudiante, sino de las restricciones inherentes a la práctica (instrumentación, análisis, coordinación). Así, la forma —entendida como tiempos, roles y flujos— condiciona el patrón emergente.

La autoorganización como metodología se sustenta en los siguientes ejes conceptuales:

1. Restricciones mecánicas didácticas

Se establecen condiciones estructurales claras: tiempos fijos por microciclo, tamaño de equipos determinado y roles rotativos operador de datos, técnico de equipo, analista de patrones, apoyados en habilidades técnicas y dominio conceptual.

Dado que el proyecto está orientado a la formación docente, el laboratorio no se limita a la demostración conceptual. Su propósito se amplía hacia la aplicación e interpretación de patrones autoorganizados, la inferencia de sus implicaciones en la resolución de problemas y su extrapolación a contextos reales. En este marco, cada estación opera bajo la regla “un cambio, un control”, favoreciendo la realimentación cerrada y la consolidación de la memoria colectiva. La coherencia surge de manera intermitente y converge hacia una oscilación estable que mantiene la diversidad sin sofocar la innovación.

2. Gradientes de información

Cada estación ofrece insumos diferenciados como sensibilidad de sensores, pureza de reactivos o densidad de muestras, lo que genera variación productiva. Esta heterogeneidad induce procesos de aprendizaje colectivo que consolidan memoria común, sincronía variable y capacidad adaptativa frente a cambios en las condiciones.

3. Superficie común de acoplamiento

Las variables iniciales se expresan dentro de un bucle de referencia. A lo largo del proceso experimental, emerge una coherencia que puede aproximarse o alejarse de dicho bucle. Posteriormente, se realiza una realimentación conjunta, donde se correlacionan resultados y se refuerzan patrones globales, dando lugar a la memoria colectiva del grupo.

Procedimiento metodológico: entropía controlada

- **Calibración:** Se explican los procedimientos y reglas mínimas de seguridad, y se presentan las variables iniciales del bucle experimental.
- **Microciclos en paralelo:** Los tres laboratorios funcionan simultáneamente. Los equipos rotan entre estaciones, heredando el estado final del grupo anterior. Al llegar, aplican la regla “un cambio, un control”: modifican una condición y replican otra del equipo anterior, lo que permite una retroalimentación continua.
- **Acoplamiento observacional:** Cada equipo observa a los demás para aumentar la entropía conceptual y diversificar las estrategias cognitivas.
- **Cierre de ciclo:** Los equipos presentan oscilaciones en sus hallazgos. A medida que disminuye la tasa de descubrimiento, emergen nuevas ideas en otros grupos, lo que mantiene la variabilidad. Este fenómeno da lugar a una oscilación estable: la diversidad persiste, pero se consolida lo aprendido, especialmente en torno a errores y sus soluciones, más que en verdades conceptuales absolutas.
- **Tiempo para la reflexión:** La repetición de prácticas en distintas estaciones amplía el espacio para la reflexión y fortalece la memoria colectiva. Las realimentaciones automáticas permiten al cerebro visualizar patrones, relacionar variables y promover la innovación, al tiempo que estabilizan la entropía del sistema.

En resumen, en INNOVALAB proponemos una oscilación de la coherencia, no su permanencia forzada, como eje de un aprendizaje significativo. Los bucles de control impiden el estancamiento metodológico, promoviendo la recirculación de hipótesis y resultados.

Conclusiones

- La autoorganización puede transformarse en una metodología transdisciplinar si se diseñan restricciones didácticas y gradientes de información que orienten la variabilidad hacia estados de oscilación estable.
- La arquitectura didáctica basada en tres laboratorios simultáneos, con rotación por estaciones y la regla “un cambio, un control”, potencia la exploración (entropía) y la estabiliza mediante métricas y bucles compartidos.

- El resultado es un aprendizaje colectivo más robusto, caracterizado por sincronías temporales, memoria operativa y capacidad de autorregulación, que trasciende la comprensión conceptual y se orienta a la solución de problemas y transferencia de patrones al entorno cotidiano.
- La analogía experimental de Kannan et al. (2025) reafirma el principio: el orden no se impone incrementando la información, sino diseñando formas organizativas que permitan al sistema autoestructurarse sin anular la innovación.

Protocolo de uso y seguridad del laboratorio de Ciencias Naturales

Introducción

Este protocolo establece las normas de acceso, seguridad, manejo de sustancias y procedimientos generales para el uso del Laboratorio de Ciencias Naturales. Su finalidad es prevenir accidentes, proteger la salud de estudiantes y docentes, y garantizar el uso adecuado de los recursos disponibles.

Objetivos

- Garantizar la seguridad personal y colectiva.
- Prevenir incidentes por uso inadecuado de materiales, equipos y sustancias.
- Regular el acceso y la utilización del laboratorio.
- Establecer medidas específicas para la manipulación de sustancias peligrosas y biológicas.
- Contar con un plan de acción en caso de emergencias.

Normas Generales de Seguridad y Comportamiento

- Lectura obligatoria de instrucciones antes de realizar cualquier práctica.
- Reportar inmediatamente accidentes, derrames o material defectuoso.
- Mantener orden y limpieza antes, durante y después de las prácticas.
- Evitar correr, empujar, gritar o jugar dentro del espacio.
- Conocer las rutas de evacuación y la ubicación de duchas de emergencia.

Equipo de Protección Personal (EPP)

Los siguientes elementos son de uso obligatorio en el laboratorio:

- Bata de laboratorio: manga larga, resistente a salpicaduras. Debe permanecer siempre cerrada y no se permite su uso fuera del laboratorio.
- Guantes de nitrilo: resistentes a sustancias químicas, desechables, sin talco. Se deben desechar tras cada uso en contenedor especial.
- Gafas de seguridad: envolventes, de policarbonato, uso obligatorio con líquidos corrosivos o a presión.
- Respirador con filtro: según sustancia a utilizar. Requiere filtros reemplazables.
- Zapatos cerrados antideslizantes: obligatorios en todo momento.

- Cabello largo: debe permanecer recogido.

Manejo de Sustancias Químicas y Biológicas

- Clasificación de sustancias: corrosivas (ej. ácido clorhídrico), inflamables (ej. etanol), tóxicas (ej. metanol), irritantes (ej. amoníaco) y biológicas (ej. cultivos bacterianos).
- Es obligatorio leer la Hoja de Datos de Seguridad (SDS) antes de utilizar cualquier sustancia.
- Todas las sustancias deben estar etiquetadas según el Sistema Globalmente Armonizado (SGA), incluyendo pictogramas, advertencias y consejos de prudencia.
- Manipulación controlada: no pipetear con la boca, usar campana extractora si hay vapores, etiquetar recipientes secundarios.
- Almacenamiento: no mezclar ácidos con bases o inflamables; usar armarios ventilados.
- Eliminación de residuos: clasificar residuos (químicos, biológicos, punzocortantes), depositar en contenedores rotulados y seguir indicaciones del docente.

Higiene y Primeros Auxilios

- Lavarse las manos antes de salir del laboratorio, después de usar guantes o manipular sustancias irritantes.
- Implementos disponibles: jabón líquido neutro, esponja y toallas absorbentes.
- Uso obligatorio de ducha de emergencia y lavaojos en caso de contacto con piel u ojos (mínimo 15 minutos de lavado).
- Retirar ropa contaminada y acudir al centro médico.

Manejo del Equipo de Laboratorio

- El equipo de informática (computadora, proyector) debe usarse únicamente para fines académicos.
- Los instrumentos sensibles (microscopio, balanza, sensores Smart Cart) se manipulan con guantes limpios y cuidado especial.
- Reportar inmediatamente cualquier daño o material defectuoso al asistente responsable.
- Mantener mesas, pilas y muebles en buen estado.

Procedimientos en Caso de Emergencia

- Derrames químicos: usar kit de derrames, ventilar el área, usar EPP completo.

- Contacto con piel u ojos: lavar con abundante agua por al menos 15 minutos, retirar ropa contaminada y acudir a atención médica.
- Incendios: activar alarma, evacuar de forma ordenada y utilizar extintores tipo ABC solo si se tiene capacitación.
- Exposición biológica: lavar la zona afectada con agua y jabón, reportar y seguir protocolo post-exposición.

Laboratorio de Didáctica

Patrón

Un sistema se autoorganiza en función de la energía extrapola sus efectos a otro sistema, lo que facilita la interconexión entre los sistemas, provocando una dependencia.

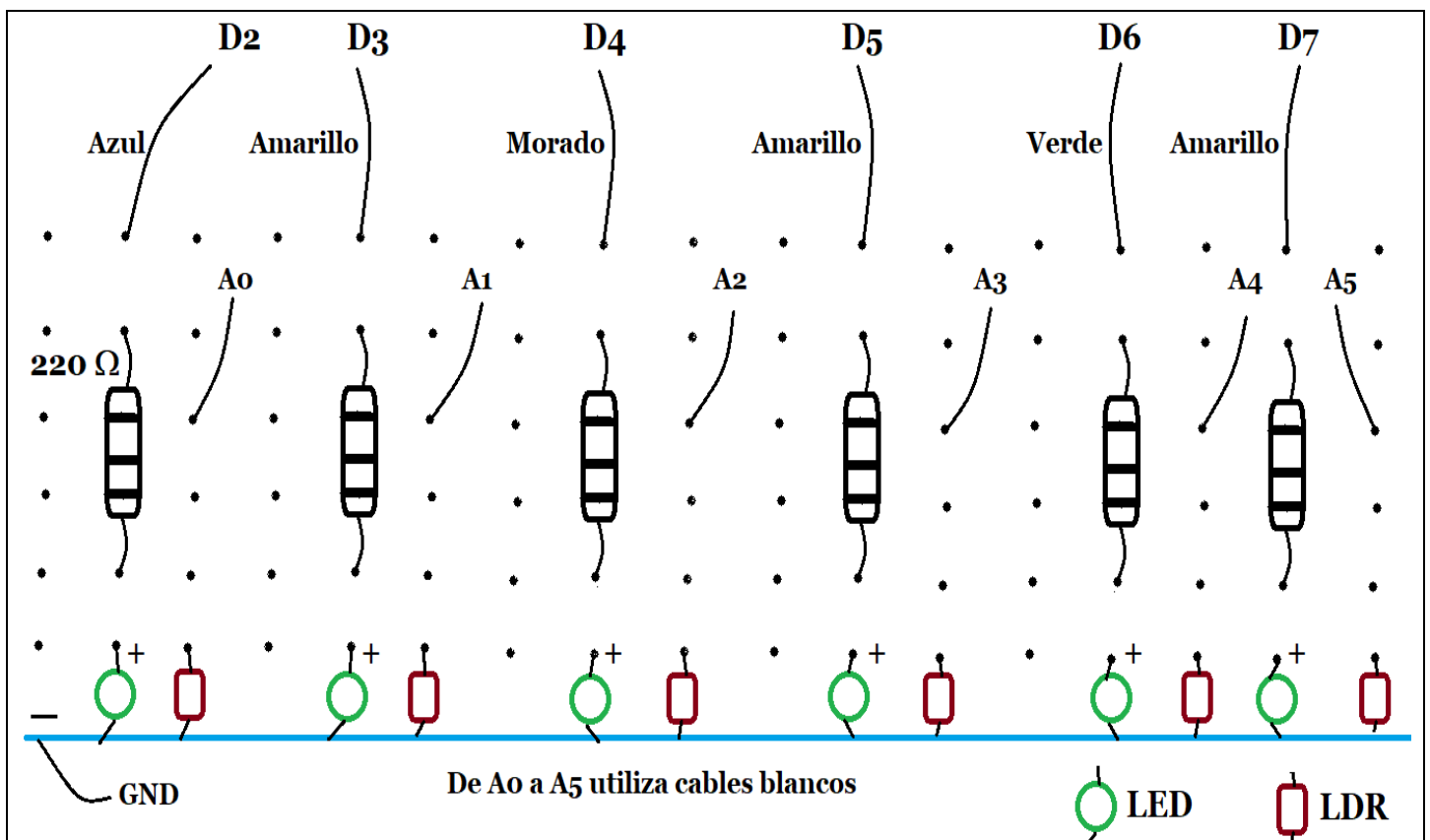
Materiales

- 1 Arduino UNO
- 6 × LED difuso (5 mm) +
- 6 × resistencias 220 Ω.
- 6 × LDR
- Protoboard,
- Jumpers.
- Tira de cartón para separar ópticamente vecinos y reducir crosstalk.

Integrantes

Procedimiento

- Construye el siguiente sistema.



- Compila el código que diseñó la IA.
- Analiza el comportamiento del sistema.

Resultados

- Describe el comportamiento del circuito.

--

- La sincronización en un sistema complejo.

¿Cuál componente electrónico sincroniza el comportamiento colectivo?	¿Qué condiciones son necesarias para que ocurra la sincronización?
--	--

Preguntas

- Describa lo que entiende por incertidumbre, según los siguientes criterios:

Los instrumentos	
Las reglas de seguridad	
La dinámica de la clase de laboratorio	
La matemática empleada	
Los resultados obtenidos en el laboratorio	

- ¿Cómo equilibras el colectivo y al mismo tiempo recuperar el control si la incertidumbre esta presente en los modelos educativos abiertos?

Laboratorio de Biología

Patrón

La autoorganización es la aparición de orden global (patrones estables o dinámicos) a partir de interacciones locales sin un “director central”.

Materiales

- Microscopio óptico.
- Estereoscopio
- Muestras fijas (27, 28, 34, 72 y 75).
- Insectos.

Integrantes

Marco teórico

La simetría en el contexto de la microscopía se refiere a la correspondencia exacta en tamaño, forma y posición de las partes de una muestra alrededor de un centro, un eje o un plano. Se puede clasificar en varios tipos principales:

Tipo de simetría	Identificación	Importancia
<p>Simetría bilateral (o simetría especular): La muestra puede dividirse por un solo plano (llamado eje de simetría) en dos mitades que son imágenes especulares una de la otra, como el reflejo de un espejo.</p>	<p>Paso 1: Observa la muestra para identificar si existe una línea imaginaria que la divida en dos partes iguales y opuestas.</p> <p>Paso 2: Si esta línea existe, sigue mentalmente la estructura del lado izquierdo y compara si es idéntica a la del lado derecho.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La bilateralidad optimiza locomoción direccional y el equilibrio (galope de trípode en insectos); antenas simétricas permiten triangulación sensorial. • Los patrones repetidos (espinas, rugosidades) distribuyen cargas y mejoran la tracción al saltar. • Contribuyen a camuflaje o señalización (aposematismo) de forma estable y reconocible por depredadores. • La venación jerárquica balancea rigidez y flexibilidad del ala para vuelo y protección.
<p>Simetría radial: La muestra está dispuesta alrededor de un punto central, de manera que puede dividirse en dos mitades iguales por cualquier plano que pase por ese centro.</p>	<p>Paso 1: Localiza un punto central en la muestra.</p> <p>Paso 2: Imagina varios ejes que irradian desde este centro. Si la muestra se ve igual sin importar cómo la cortes (al igual que una pizza se divide en porciones), tiene simetría radial.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resiliencia estructural: la redundancia por radios reparte tensiones (oleaje, corrientes) y tolera daños locales sin perder función. • Permite la diversidad. En las flores, por ejemplo, facilita el acceso desde múltiples ángulos; lo que favorece la resiliencia si cambia la comunidad de polinizadores.
<p>Simetría esférica: La muestra puede dividirse en dos partes iguales por cualquier plano que pase por su centro, de manera similar a una esfera. Es la forma de simetría más completa.</p>	<p>Paso 1: Identifica si la muestra tiene una forma aproximadamente esférica.</p> <p>Paso 2: Observa que sus partes se organizan de manera uniforme en todas las direcciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso y defensa en 360°: Aumenta la tasa de encuentro con recursos en ambientes impredecibles. • En algunas especies permite moverse en cualquier dirección sin reorientar todo el cuerpo. • El daño en un sector no compromete el desempeño global.

Tipo de simetría	Identificación	Importancia
Asimetría: La muestra no tiene ningún eje o plano que la divida en partes iguales.	Paso 1: Busca ejes de simetría, tanto bilaterales como radiales. Paso 2: Si no encuentras ninguno, la muestra es asimétrica.	<ul style="list-style-type: none"> • Aparecen patrones quirales, sesgados o desviados (órganos desplazados, apéndices desiguales, espirales): ciertos camuflajes asimétricos o quirales rompen contornos y retrasan la detección por depredadores.

Seguridad

- Usar guantes, gafas, y cabello recogido.
- No comer ni beber en el laboratorio.

Procedimiento

Parte A: Microscopio

- Revise que el microscopio este en su posición de inicio.
- Observa bajo el microscopio (lente rojo) las muestras 34, 72 y 75.
- Defina si hay simetría en cada muestra.
- Anote lo que observa, en función de las diferentes simetrías, en cada caso en el siguiente espacio:

Muestra 34	Muestra 72	Muestra 75

Parte B: El estereoscopio.

- Prepare el estereoscopio.
- Observe las muestras que se le facilitan.
- Anote lo que observa, en función de la simetría, en el siguiente espacio:

Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4

Parte C: Comparando bajo el microscopio.

- Revise que el microscopio este en su posición de inicio.
- Observe las muestras 27 y 28.
- Anote lo que observa, en el siguiente cuadro.

Muestra 27	Muestra 28

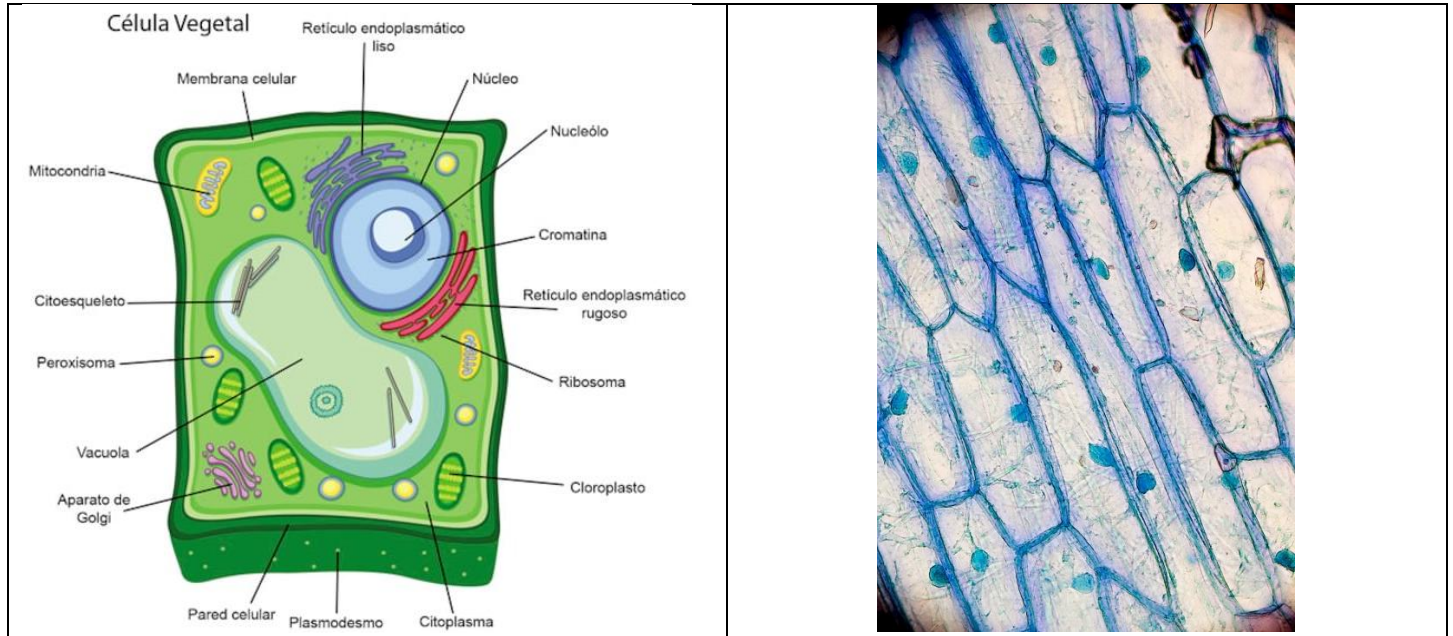
Resultados.

- Según las observaciones realizadas en la Parte a y b, ¿qué patrones se derivan de la movilidad y la simetría?

- Según lo observado realizada en la Parte c, ¿qué patrones aparecen al comparar mitosis y meiosis desde el contexto de la simetría?

Preguntas

1. Observe las siguientes figuras.



¿Qué perdería la clase de biología si se utilizan figuras prediseñadas de temas como la célula?

2. ¿Cómo conecta la idea de simetría con la definición dada de autoorganización (“orden global a partir de interacciones locales sin director central

3. ¿Cómo usarías esta misma práctica para argumentar que el aprendizaje en el aula también es un proceso autoorganizado?

Laboratorio de Química

Patrón

Oscilación y acoplamiento, incertidumbre vs. colectiva, latencia/cadencia, propagación de error.

Materiales

- NaOH
- Yodo 2%
- Ácido ascórbico
- CuSO_4
- CaCl_2
- Agua destilada.
- Tubos de ensayo
- Tubo de ensayo con tapa
- Gradillas

Integrantes del grupo

Seguridad

- NaOH y HCl: corrosivos. FeCl_3 : irritante/corrosivo. Gafas, guantes, bata.
- Residuos: NO verter metales al desagüe. Recolectar todo en frasco rotulado “Residuos con Fe/Cu/Zn/Ca (hidróxidos)” para gestión adecuada.

Procedimiento

Parte a: Precipitación

- Busque 2 tubos de ensayos limpios y secos. Agregue a cada uno una punta de espátula de NaOH a cada tubo (Recuerde que el NaOH es muy corrosivo). Luego agregue 25 ml de agua a cada tubo.
- En otro tubo de ensayo agregue una punta de espátula de CaCl_2 y adicione 5 ml de agua destilada. Agite. Agregue el contenido a uno de los tubos de ensayo que contiene la solución de NaOH. Anote lo que observa.
- En un nuevo tubo de ensayo agregue una punta de espátula de CuSO_4 , luego 5 ml de agua y agite. Agregue el contenido al otro tubo de ensayo con NaOH. Anote lo que observa.

Parte b: Oxidación-Reducción

- En un tubo de ensayo con tapa agregue 2 ml de yodo al 2%.
- Adicione 10 ml de agua destilada y seguidamente agregue 1 ml de hexano. Agita suavemente el tubo.
- Anote lo que observa en el siguiente espacio:

- Agrega una punta de espátula de ácido ascórbico, agite suavemente. Anota lo que observa:

--

- Finalmente, agrega una punta de espátula de almidón, cierra el tubo de ensayo y agita vigorosamente. Luego agrega 1 ml de peróxido de hidrógeno. Agita suavemente y deja reposar por 10 minutos. Anota todo lo que observa:

--

Resultados

- Describa las dos reacciones químicas de la parte a, mediante una ecuación química.

--	--

- ¿Qué mecanismo de control se utilizó en ambas partes del laboratorio que permitió observar comportamientos diferentes?

--

Preguntas

1. ¿Cómo se relaciona el laboratorio de química (parte a) con la dinámica de grupo de una clase de ciencias?

--

2. ¿Por qué decimos que el patrón de precipitado que se observa en cada tubo es una forma de “patrón emergente” y no simplemente “suciedad en el tubo”?

3. En términos de diseño didáctico: ¿qué aprendemos sobre control en sistemas complejos al comparar la parte “a” con la “b”?

Laboratorio de Química

Patrón

El sistema exhibe autoorganización donde los códigos (reglas) locales condicionan la complejidad transformándose en un mecanismo de control y del que emergen patrones.

Materiales

- Agua destilada.
- Alcohol isopropílico (IPA) 70–99%.
- Carbonato de sodio (Na_2CO_3) anhidro o cristalino.
- Cúrcuma en polvo (especia).
- Azul FCF (E133)
- Tintura de yodo
- Solvente orgánico (Mezcla alcanos-hexano)
- Almidón
- Embudo separador

Integrantes

Marco teórico

Una mezcla miscible (agua-alcohol) cambia de régimen cuando se añade sal suficiente: la sal empobrece de agua a la fase alcohólica y rompe la miscibilidad → aparecen dos capas (fase superior rica en alcohol; fase inferior rica en sal).

Seguridad

- El alcohol isopropílico y el solvente orgánico son inflamables: sin llamas, buena ventilación.
- Na_2CO_3 y el yodo son irritantes, manejar con cuidado; la cúrcuma y el yodo tiñen.
- Gafas, guantes, bata.

Procedimiento

Parte A: Comportamiento de una mezcla miscible

- Tintura de cúrcuma: en un vaso (pedir al asistente), mezcla 0,5 g de cúrcuma con 25 mL de alcohol isopropílico.
- Agita 2–3 min. Rotula: “Cúrcuma–IPA ($\approx 0.5\%$ m/V)”.
- Mezcla miscible: Utilice una probeta y prepare 10 mL de agua. Luego agregue 5 ml de la Cúrcuma-IPA.
- Anota lo que observas.

- Inducir el salting-out: Agrega una punta de espátula de Na_2CO_3 . Repite añadiendo el sólido hasta que la turbidez persista y se formen dos capas claras.

- Anote lo que observa.

Parte B: Extracción

- Preparación acuosa. En un embudo separador, añade 50 mL de agua y 2 mL de tintura de yodo.
- Añade el orgánico. Incorpora 10 mL de alcanos/hexano. Tapa, invierte y ventila (abre el grifo mirando lejos de la cara). Haz 5 ciclos de agitación de 10 s.
- Reposo. Coloca el embudo en el anillo y deja separar (1–3 min).
- Muestreo. Drena la fase acuosa a un tubo, luego vierte la fase orgánica en otro.
- Repite al menos dos veces más.

Resultados

- ¿Por qué en la parte a, ocurre esa separación?

- Comparación: La parte a y b del laboratorio tiene el mismo mecanismo de control, o a cada parte le ocurren fenómenos diferentes.

Preguntas

1. ¿Si no hay hexano, que sustancia se puede utilizar?

2. ¿Por qué la formación de dos capas después de agregar Na_2CO_3 a la mezcla agua–alcohol con cúrcuma se puede interpretar como autoorganización?

3. ¿En qué sentido el Na_2CO_3 actúa como un “mecanismo de control” dentro del sistema complejo?