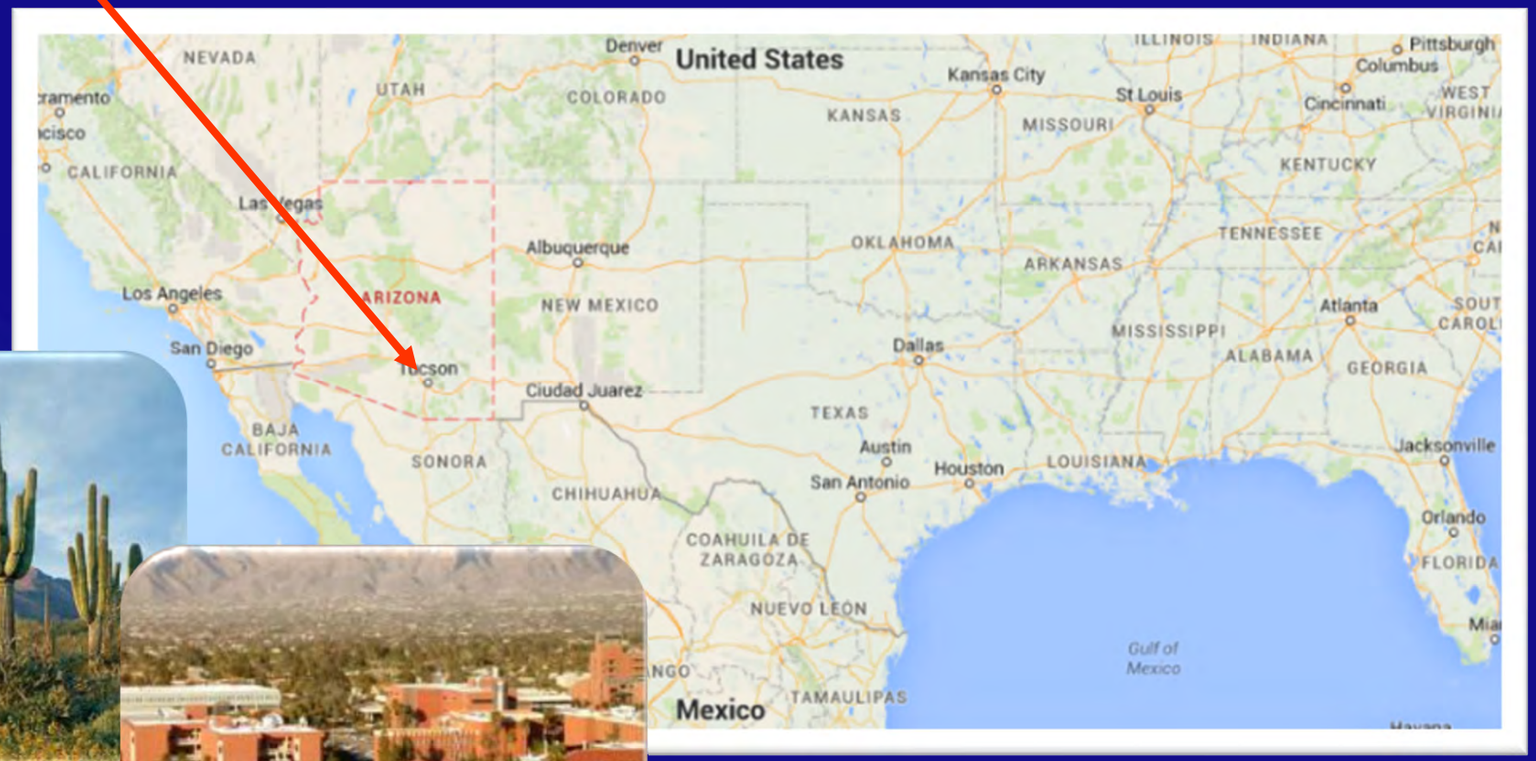
Qués, Cómos y Para qués en la Educación en Ciencias

Vicente Talanquer

Chemistry and Biochemistry
University of Arizona

¿En dónde estoy?

→ **2000**



Desierto de Sonora

Tucson, Arizona
EUA

Mi trabajo

- **Investigación** sobre razonamiento de los estudiantes en ciencias
- **Desarrollo** de experiencias educativas que favorezcan aprendizajes significativos

Química General (1er año)
200-550 estudiantes

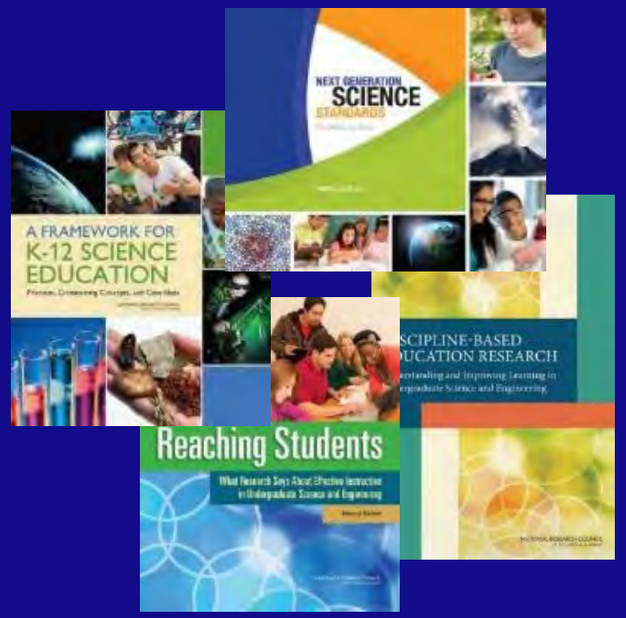
El objetivo

- **Reflexionar** sobre formas diferentes de enseñar y aprender ciencias que mejor respondan a las necesidades de nuestros estudiantes y el mundo en el que viven

Grandes cambios

Nuestro Mundo

Nuestro Conocimiento



Problemas de aprendizaje

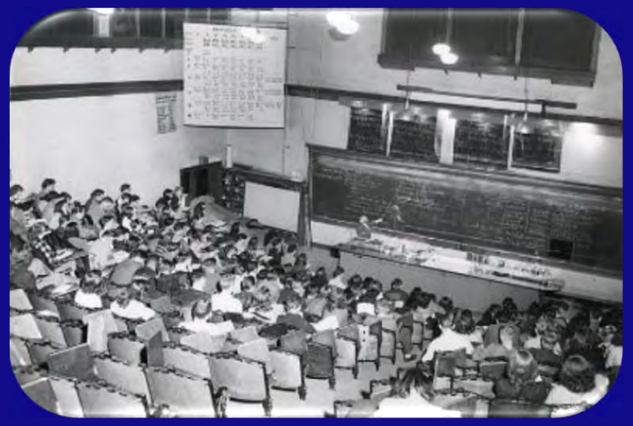
Las investigaciones en educación han revelado serias dificultades en el aprendizaje de las ciencias:

COGNITIVO	Fragmentación Conceptual	Pensamiento Intuitivo	Razonamiento Heurístico
AFECTIVO	Rigidez Conceptual	Aprendizaje Memorístico	Enmarcado Superficial
	Baja Motivación	Baja Autoeficacia	Bajo Compromiso

Problemas de enseñanza

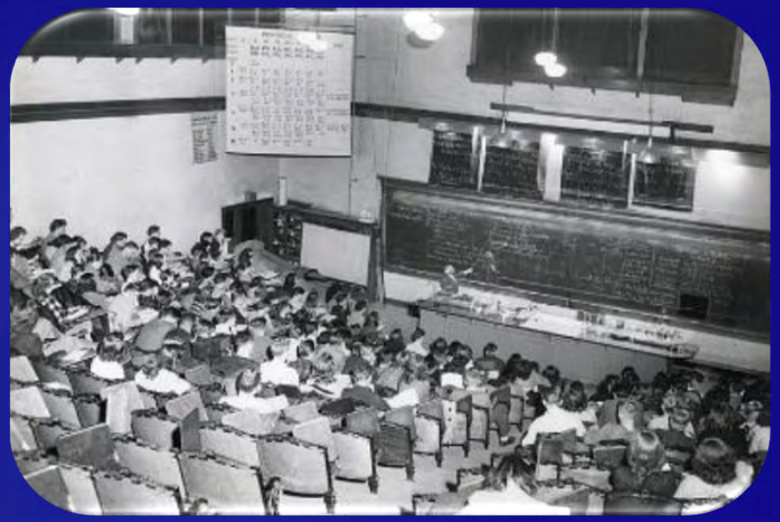
La enseñanza tradicional no promueve aprendizajes significativos y tiende a ser desmotivadora para la mayoría de los estudiantes

- Pasiva
- Fragmentada
- Autoritaria
- Aséptica



Cambio glacial

A pesar de la urgencia planetaria y los conocimientos adquiridos, el cambio educativo ha sido lento y confinado



?

Una hipótesis

Estamos **atrapados por creencias personales y sociales** sobre *qué hay que aprender*, *cómo se aprende*, *cómo se enseña* y *cómo se evalúa* el aprendizaje

Aprendizaje | **Currículo**

Enseñanza | **Evaluación**

Necesidades fundamentales

Repensar qué significa aprender nuestra ciencia, para qué se aprende y cómo se demuestra el aprendizaje

Las aspiraciones

Debíamos aspirar a una enseñanza más relevante, responsiva y crítica en todos los niveles

Las necesidades

La sociedad actual y del futuro requiere de ciudadanos y profesionistas con la capacidad de

- analizar situaciones complejas
- Integrar conocimientos diversos
- evaluar distintas soluciones
- tomar decisiones y actuar de manera responsable

¿Qué hacer?

1. ¿Cómo organizamos el aprendizaje?
2. ¿Cómo planeamos e implementamos la enseñanza?
3. ¿Cómo evaluamos el aprendizaje?

Currículo

Enseñanza

Evaluación

¿Cómo organizamos el aprendizaje?

Currículos tradicionales

Sistem

Órganos

Tejidos

Células

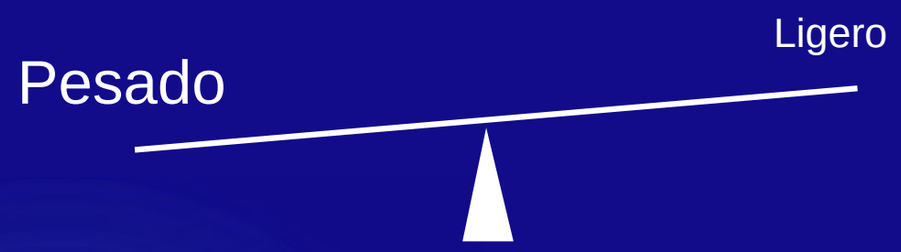
Energía

Dinámica

tica

Currículos de Escalera Temática

Desbalances importantes



Extensión vs. Profundidad

Segmentación vs. Integración

Memorización vs. Comprensión

Transmisión vs. Construcción

→ Impacto en el Aprendizaje y la Motivación

Cambio de enfoque

Conocimiento

Contenido Disciplinario

Pensamiento y Acción

Formas de pensar y actuar en el mundo

Una estrategia

¿Qué tema o concepto o idea quiero o tengo que enseñar?

↓

¿Qué pregunta relevante quiero que aprendan a responder?

Preguntas esenciales

Red de Pensamiento

Preguntas esenciales

¿De qué está hecho?

¿Qué impactos tiene?

¿Qué propiedades tiene?

¿Cómo se controla?

¿Por qué sucede?

¿Cómo sucede?

Ideas Centrales

¿Cuál es el problema con el CO_2 que liberamos?

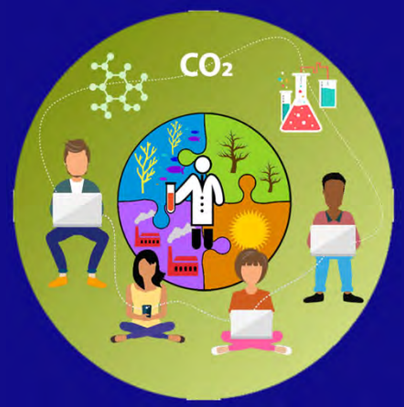
¿Cómo eliminamos grasa de los alimentos?

¿Cómo podemos producir más agua potable?

Las propiedades y comportamientos de las sustancias están determinadas por la composición y estructura de las partículas que los componen a nivel submicroscópico.

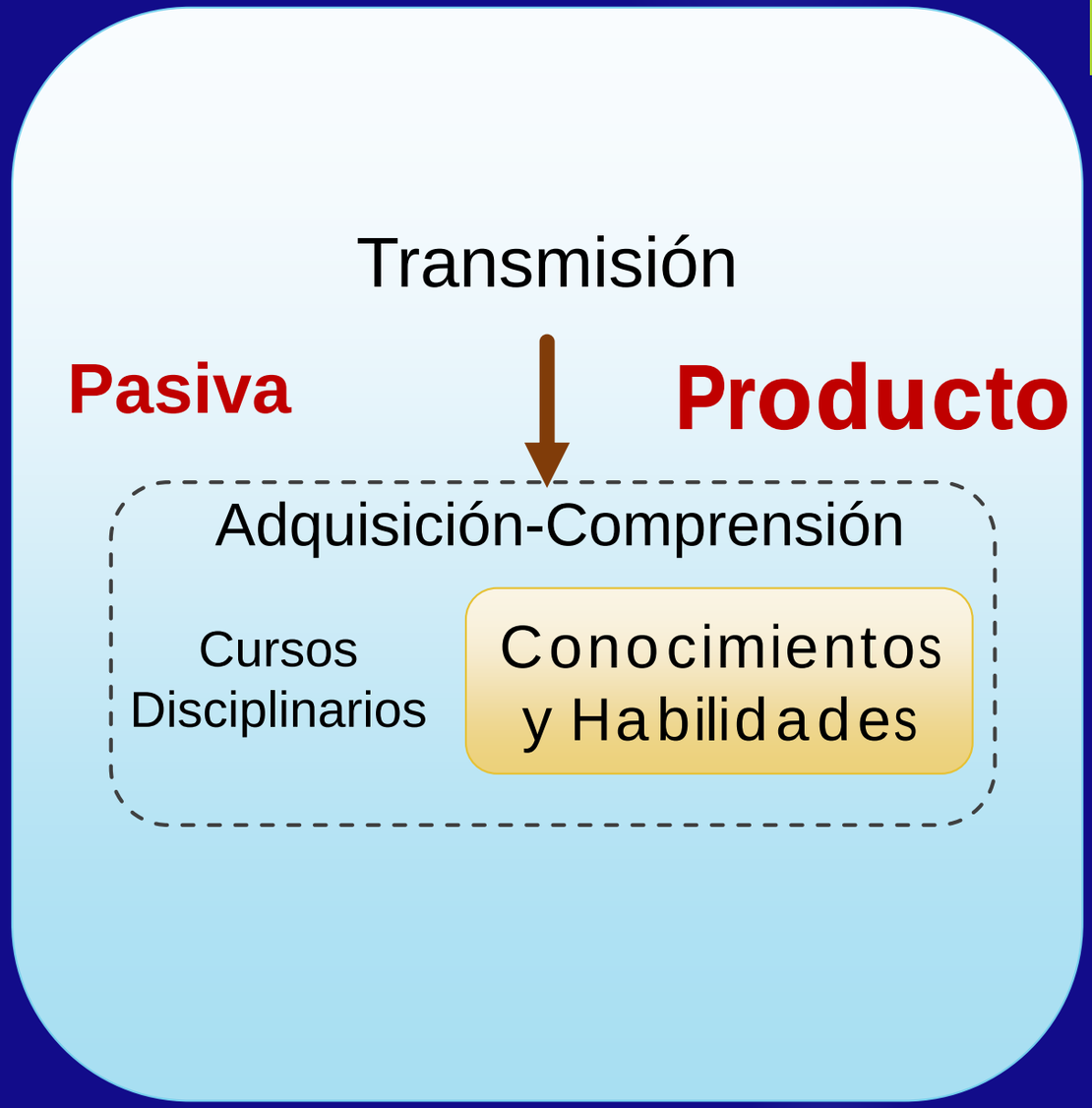
Prácticas científicas

- Hacer Preguntas
- Evaluar Información
- Definir Problemas
- Diseñar Investigación
- Comunicar Ideas
- Tomar Decisiones
- Diseñar Soluciones
- Analizar Datos
- Construir Argumentos
- Construir Explicaciones
- Desarrollar Modelos
- Interpretar Resultados



¿Cómo planeamos e implementamos la enseñanza?

La enseñanza tradicional



Una propuesta

Sistema complejo

El proceso de enseñanza-aprendizaje occurre en un sistema complejo

Múltiples componentes

Múltiples interacciones

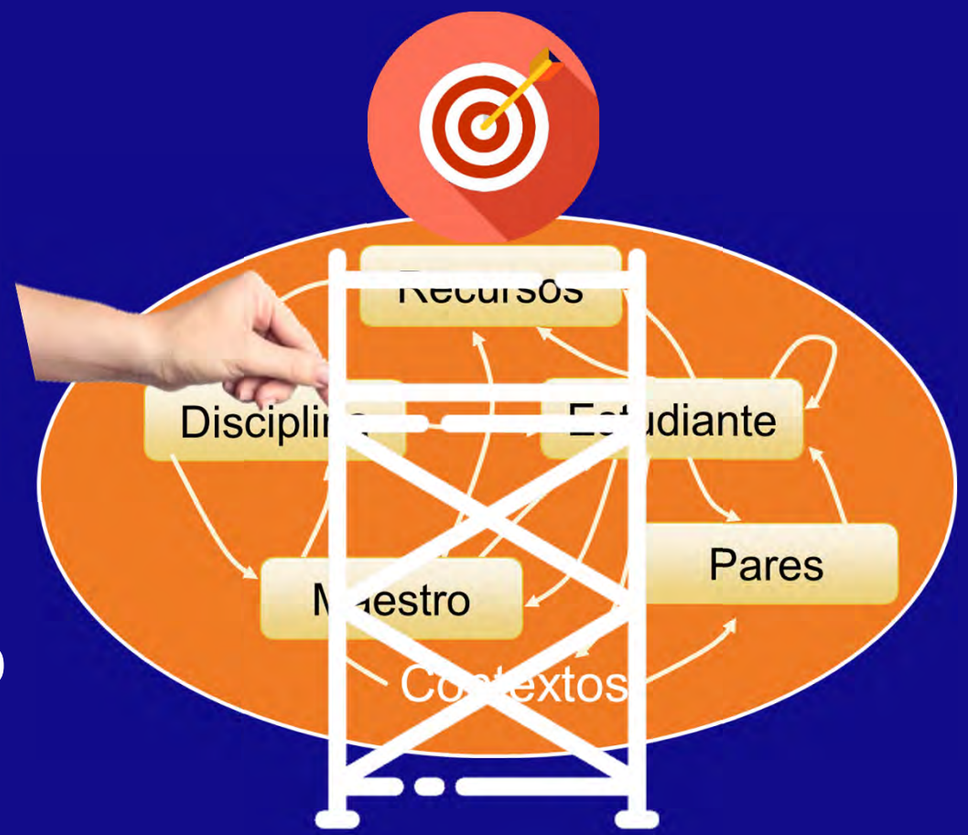
Diversas características

Diferentes niveles (Cognitivo, Afectivo)

Intencionalidad → Relaciones → Objetivos

La investigación educative sugiere que una enseñanza efectiva demanda:

- Decisiones y acciones **intencionales** para
- Crear sistemas y estructuras que **fortalecen múltiples relaciones** que
- favorecen el aprendizaje guiado por **objetivos centrales**



El continuo

Enseñanza Tradicional

Enseñanza Intencional

- Practica deliberada
- Andamiaje
- Retroalimentación
- Construcción social
- Auto reflexión

Algunas estrategias

1. Organizar la instrucción alrededor de actividades centradas en **FENÓMENOS-PROBLEMAS ANCLA**

Evento **CONCRETO** (interesante, motivador) que demanda:

- explicación rica en ideas importantes
- construcción e integración de conceptos e ideas con base en evidencias

Disparadores y guías

Es deseable que los problemas ancla abran la puerta para analizar, entender y evaluar problemas socio-ambientales agudos

Deforestación

Desechos

Contaminación

Algunas estrategias

2. Crear múltiples oportunidades para que los estudiantes se involucren en **PRÁCTICAS DISCIPLINARIAS**

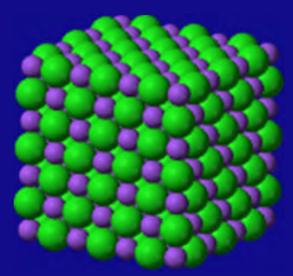
Inferencias y predicciones

Diseñar estrategia para remover Ca^{2+}`del agua

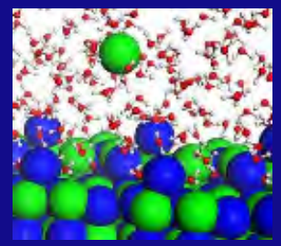
ANÁLISIS DATOS

	Na^+	Ca^{2+}	Al^{3+}
Cl^-	Sol	Sol	Sol
CO_3^{2-}	Sol	Ins	Ins
PO_4^{3-}	Sol	Ins	Ins

MODELACIÓN



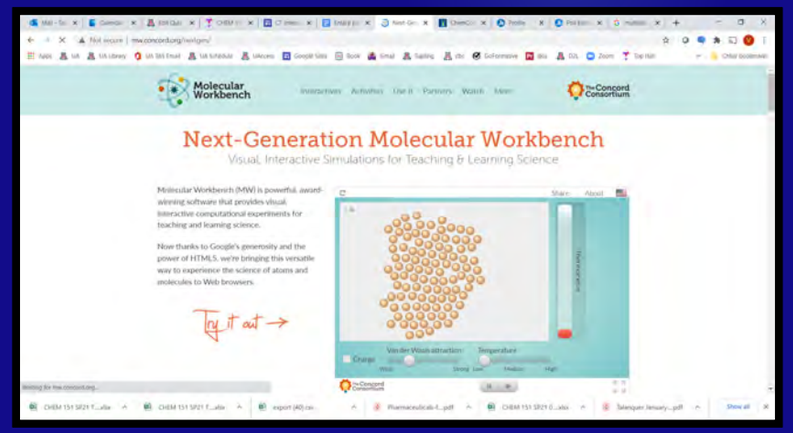
ARGUMENTACIÓN



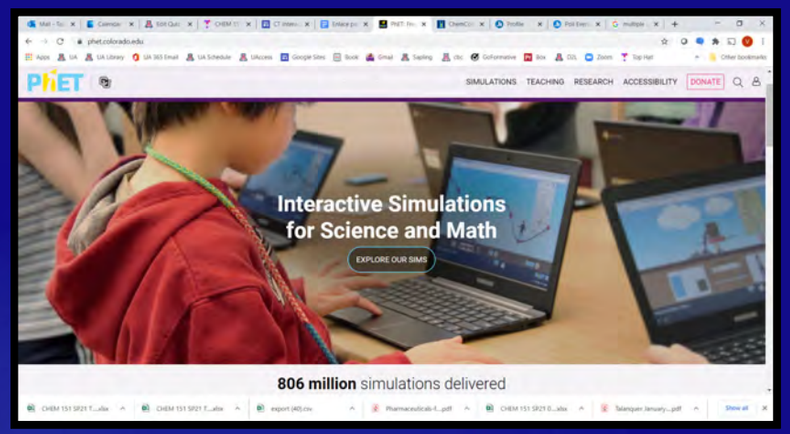
PREDICCIÓN

$CaCO_3$?

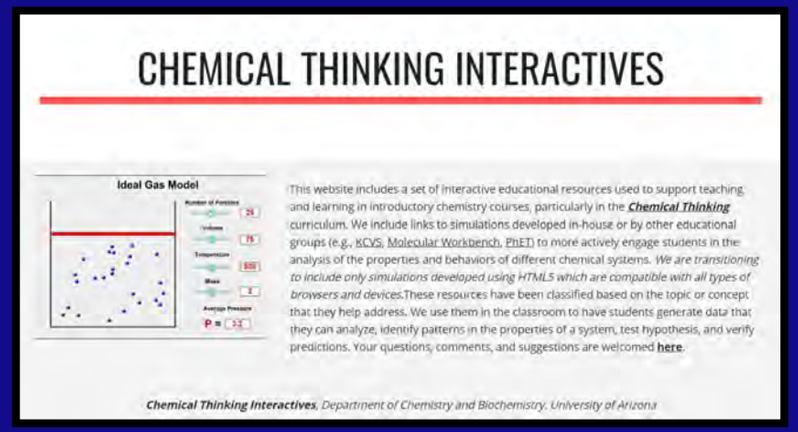
Modelización



http://mw.concord.org/nextgen/



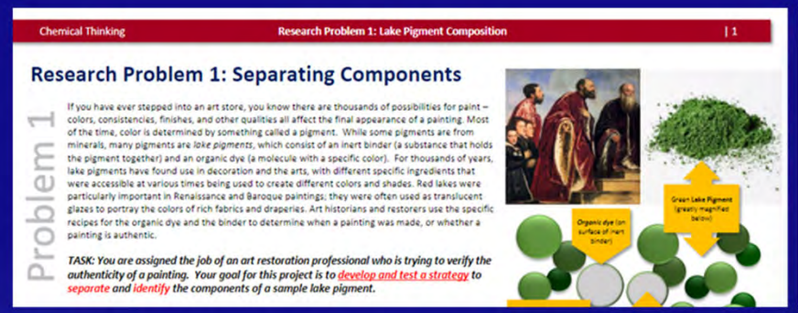
https://phet.colorado.edu/



https://sites.google.com/site/ctinteractives/

Investigación

A U T E N T I C I D A D



Chemical Thinking | Research Problem 1: Lake Pigment Composition | 1

Research Problem 1: Separating Components

Problem 1

If you have ever stepped into an art store, you know there are thousands of possibilities for paint – colors, consistencies, finishes, and other qualities all affect the final appearance of a painting. Most of the time, color is determined by something called a pigment. While some pigments are from minerals, many pigments are *lake pigments*, which consist of an inert binder (a substance that holds the pigment together) and an organic dye (a molecule with a specific color). For thousands of years, lake pigments have found use in decoration and the arts, with different specific ingredients that were accessible at various times being used to create different colors and shades. Red lakes were particularly important in Renaissance and Baroque paintings; they were often used as translucent glazes to portray the colors of rich fabrics and draperies. Art historians and restorers use the specific recipes for the organic dye and the binder to determine when a painting was made, or whether a painting is authentic.

TASK: You are assigned the job of an art restoration professional who is trying to verify the authenticity of a painting. Your goal for this project is to develop and test a strategy to separate and identify the components of a sample lake pigment.

Chemical Thinking | Research Problem 4: Lipid Extraction | v2.2 | 1

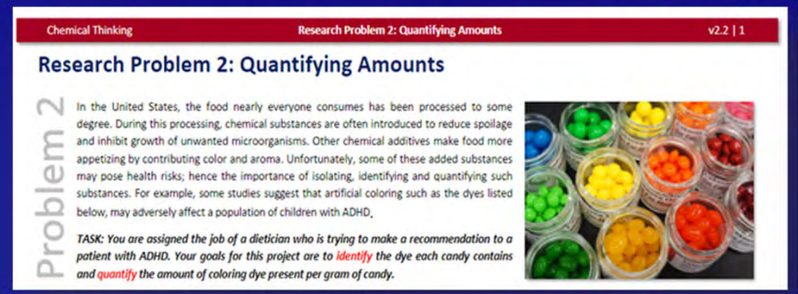
Research Problem 4: Isolating and Quantitating Food Macromolecules

Problem 4

Concern over the amount of fat consumed and the health issues associated with high fat intake have been and continue to be in the news, the subject of heath policy, and for many, something that shapes decisions when selecting what foods to eat and how much.

TASK: You are assigned the job of a nutritionist who is concerned about the fat content of common snack foods. Your goals for this project are to first develop and test a separation technique that allows for the quantification of fat in a food sample and then collaborate with your classmates to answer a research question identified by the entire lab section.

Food is a very complex mixture of diverse substances. These substances typically are organized into six major categories: **proteins**, **carbohydrates**, **lipids (fat)**, **minerals**, **vitamins** and **water**. Vitamins and most minerals are present in only trace amounts. Therefore, if we exclude water, the major components of food are **proteins**, **carbohydrates** and **lipids (fats)**. In attempting to quantitate one of these major food components, we must isolate the desired component from the remainder. We can accomplish this by analyzing the molecular structures of these macromolecular food components and looking for solubility differences.



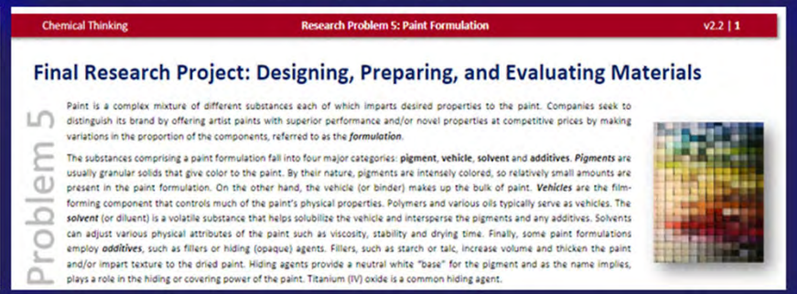
Chemical Thinking | Research Problem 2: Quantifying Amounts | v2.2 | 1

Research Problem 2: Quantifying Amounts

Problem 2

In the United States, the food nearly everyone consumes has been processed to some degree. During this processing, chemical substances are often introduced to reduce spoilage and inhibit growth of unwanted microorganisms. Other chemical additives make food more appetizing by contributing color and aroma. Unfortunately, some of these added substances may pose health risks; hence the importance of isolating, identifying and quantifying such substances. For example, some studies suggest that artificial coloring such as the dyes listed below, may adversely affect a population of children with ADHD.

TASK: You are assigned the job of a dietician who is trying to make a recommendation to a patient with ADHD. Your goals for this project are to identify the dye each candy contains and quantify the amount of coloring dye present per gram of candy.



Chemical Thinking | Research Problem 5: Paint Formulation | v2.2 | 1

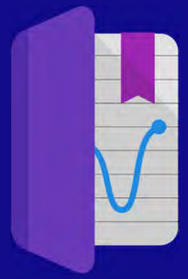
Final Research Project: Designing, Preparing, and Evaluating Materials

Problem 5

Paint is a complex mixture of different substances each of which imparts desired properties to the paint. Companies seek to distinguish its brand by offering artist paints with superior performance and/or novel properties at competitive prices by making variations in the proportion of the components, referred to as the ***formulation***.

The substances comprising a paint formulation fall into four major categories: **pigment**, **vehicle**, **solvent** and **additives**. ***Pigments*** are usually granular solids that give color to the paint. By their nature, pigments are intensely colored, so relatively small amounts are present in the paint formulation. On the other hand, the vehicle (or binder) makes up the bulk of paint. ***Vehicles*** are the film-forming component that controls much of the paint's physical properties. Polymers and various oils typically serve as vehicles. The ***solvent*** (or diluent) is a volatile substance that helps solubilize the vehicle and intersperse the pigments and any additives. Solvents can adjust various physical attributes of the paint such as viscosity, stability and drying time. Finally, some paint formulations employ ***additives***, such as fillers or hiding (opaque) agents. Fillers, such as starch or talc, increase volume and thicken the paint and/or impart texture to the dried paint. Hiding agents provide a neutral white "base" for the pigment and as the name implies, plays a role in the hiding or covering power of the paint. Titanium (IV) oxide is a common hiding agent.

Expansión



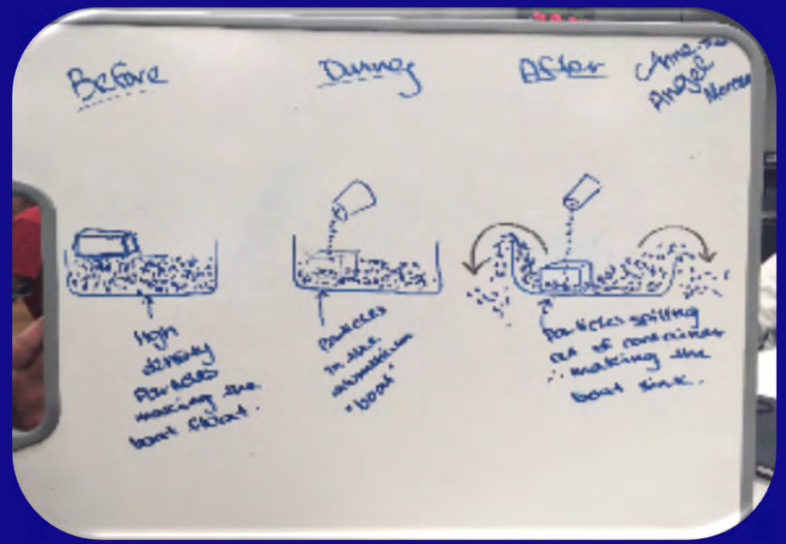
Google Science Journal

Phyphox

Algunas estrategias

3. Solicitar que los estudiantes **construyan diversas representaciones** y lo hagan de manera **COLABORATIVA**

¿Qué? ¿Cómo? ¿Por qué?



Algunas estrategias

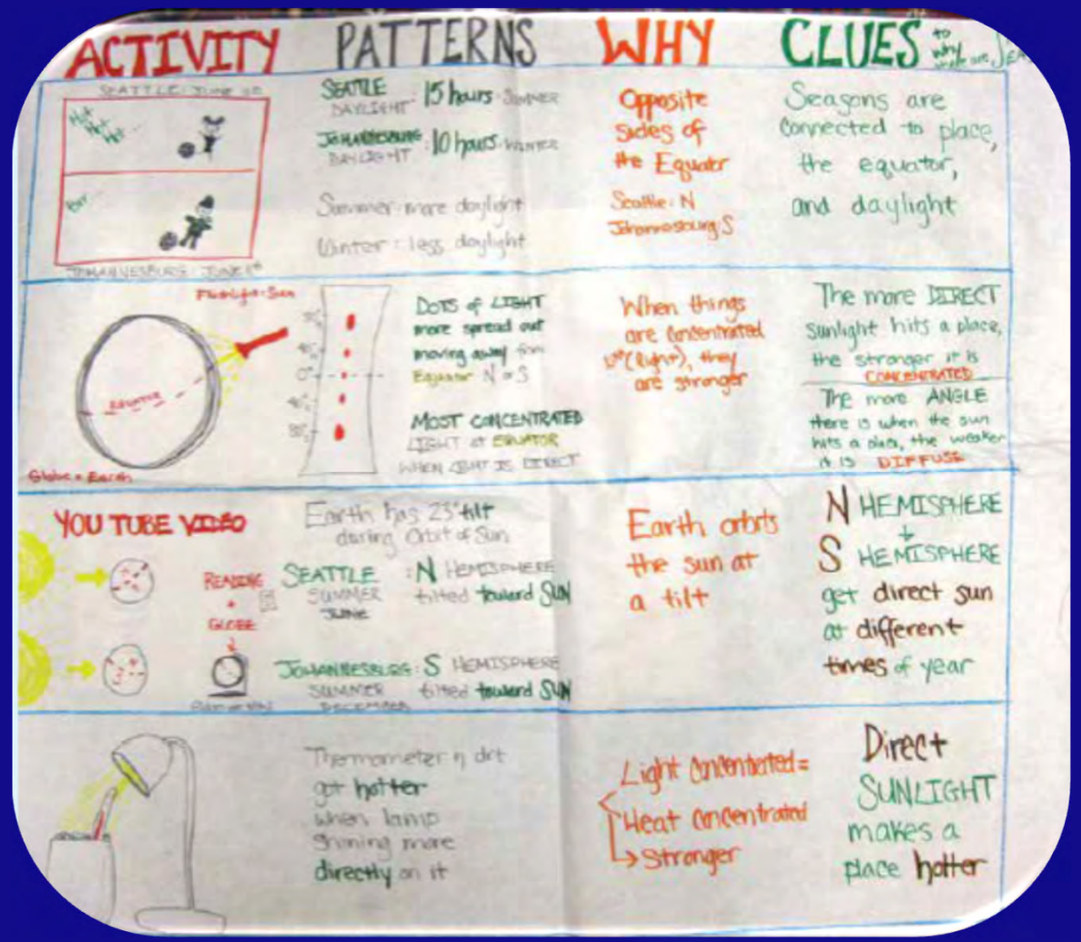
4. Organizar las **experiencias de aprendizaje** para construir aprendizajes de manera **COHERENTE, INTEGRADA y ACUMULATIVA**

ANCLA

2 - 4 Semanas

Algunas estrategias

5. Crear oportunidades y tiempos para **integrar resultados, conceptos e ideas** para explicar el fenómeno o resolver el problema ancla



Algunas estrategias

6. Hacer el **PENSAMIENTO** de los estudiantes **VISIBLE** y facilitar la participación de **TODOS LOS ESTUDIANTES** en la construcción y evaluación de ideas

¿Cómo evaluamos el aprendizaje?

¿Qué y cómo se evalúa?

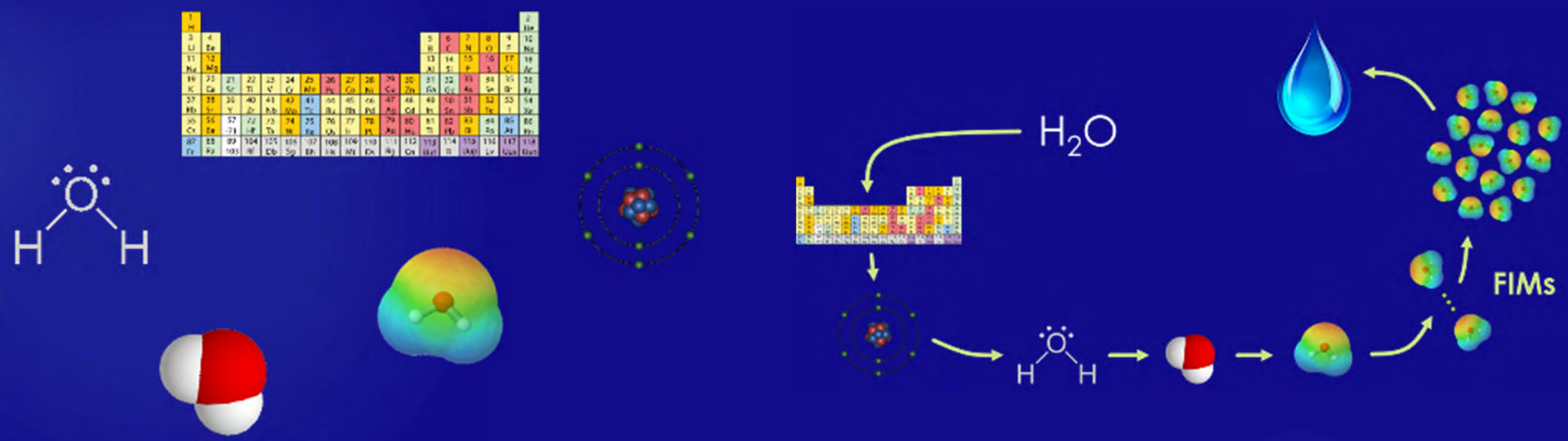
1. Nombra estas sustancias
2. ¿Cuántas moléculas de A están presentes en x gramos de A?
3. ¿Cuál es el estado de oxidación de B?
4. ¿Es D soluble en agua?
5. ¿Cuántos electrones hay en un átomo de E?

PRODUCTOS

Terminales
Inertes
Desarticulados
Descontextualizados

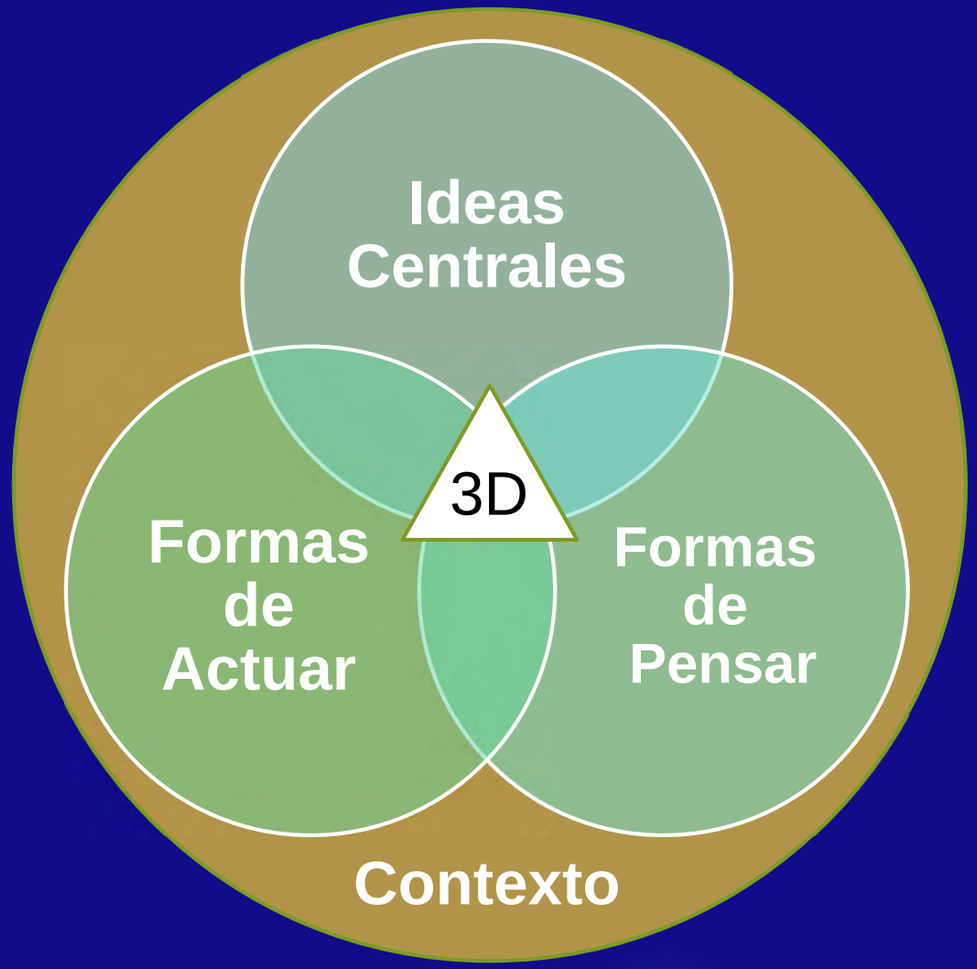
Evaluaciones integradoras

DE DEMOSTRACIÓN AISLADA DE CONOCIMIENTOS → A DEMOSTRACIÓN DE INTEGRACIÓN DE CONOCIMIENTOS, PRÁCTICAS y FORMAS DE RAZONAR



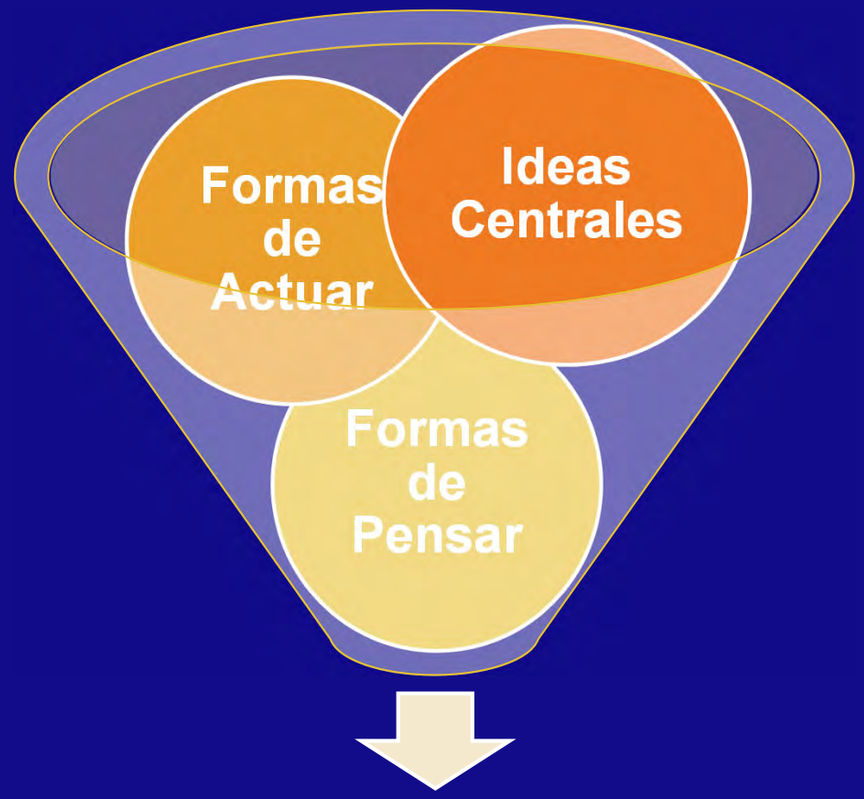
Evaluaciones multidimensionales

Evaluar la habilidad de los estudiantes para integrar ideas, prácticas y formas de razonar en el análisis de problemas de relevancia



Tres pasos

1. Definición de objetivos de aprendizaje integradores
2. Selección de escenario de evaluación
3. Desarrollo de secuencia de retos de evaluación



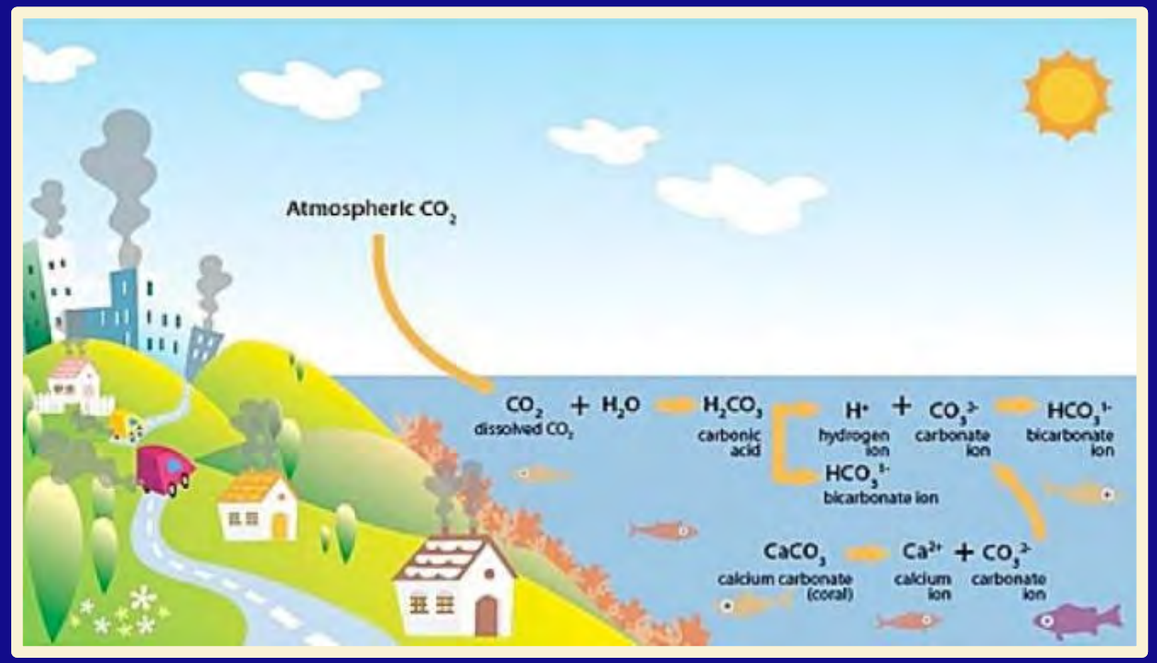
Producto Integrado

P1: Objetivos integradores

	Objetivos Independientes	Objetivo Integrador
Saberes	Diferentes sustancias sufren **cambios de fase** a temperaturas características y su estado depende de la temperatura y presión en las que se encuentran	**Los estudiantes aplican sus conocimientos sobre estados de la materia y cambios de fase para diseñar un método de separación de las sustancias presentes en una mezcla multicomponente**
Haceres	***Diseñar experimentos*** que permitan resolver problemas de relevancia con base en el análisis de las propiedades de las sustancias involucradas	
Pensares	***Control químico***: Las substancias responden de manera distinta a intercambios de energía y esto puede usarse para transformarlas	

P2: Contextualización

Hay que evaluar las competencias de los estudiantes en contextos donde la aplicación del conocimiento desarrollado es relevante



P3: Secuencia de retos

Objetivo Integrador	Escenario de Aplicación	Retos de evaluación
Los estudiantes aplican sus conocimientos sobre estados de la materia y cambios de fase para diseñar un método de separación de las sustancias presentes en una mezcla multicomponente		• **Interpreta los datos que se presentan para clasificar sustancias en grupos con las características deseadas** • **Diseña una columna de destilación indicando las temperaturas de los platos requeridos para generar los grupos deseados** • **Justifica su diseño escribiendo una narrativa en la que describas los cambios que sufre la mezcla en distintas regiones de tu columna**

Substance	T_m(°C)	T_b (°C)	Substance	T_m(°C)	T_b (°C)
Methane	-182	-164	Pentadecane	10	271
Propane	-188	-42	Hexadecane	18	287
Butane	-138	-0.5	Heptadecane	21	302
Hexane	-95	69	Nonadecane	33	330
Heptane	-91	98	Tricosane	49	380
Octane	-57	126	Tetracosane	52	391
Nonane	-53	151	Pentacosane	54	402
Dodecane	-10	216	Tetracontane	81	524

Algunos ejemplos

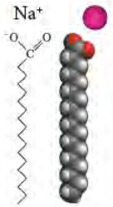
Soaps

Commercial soaps are mixtures of ionic compounds typically made up of monoatomic cations, such as Na^+ and K^+, and organic polyatomic anions derived from fatty acids. These negatively charged molecular ions are characterized by the presence of hydrocarbon chains that are 12 to 18 carbon atoms long.

Hard and Soft

How hard (solid, less soluble) or soft (liquid, more soluble) a soap is depends on the nature of the anions and cations present in the system. Analyze how each of the following factors may affect the hardness or softness of soaps:

- ***The nature of the cations.*** **For example, many soaps are ionic compounds made up of Na^+ ions. How will the properties of these types of soaps differ from those made up of Li^+ or K^+ ions?**
- ***The length of the hydrocarbon chain.*** **Many soaps are made up of a mixture of anions such as the laureate ion (C_{12}), the myristate ion (C_{14}), and the stearate ion (C_{18}). How will the proportion in which these different ions are present affect the properties of the soap?**
- ***The degree of unsaturation of the hydrocarbon chain.*** **For example, soaps may include different proportions of stearate ions (saturated) and oleate ions (monounsaturated). How would you make a soap softer or harder by varying the proportion of these two types of ions present in the system?**



Hard Water

Hard water is water with a high concentration of Mg^{2+} and Ca^{2+} ions coming from the dissolution of ionic compounds (minerals) in the ground. Soaps tend to be less soluble in hard water than in regular water and they form a white precipitate (soap scum) instead of producing foam.

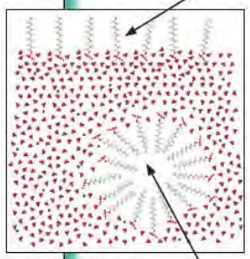
- **How you would explain the behavior of soaps in hard water?**

Self-Assembly

When soaps dissolve in water the ions tend to self-assemble into different structures such as those illustrated in the image.

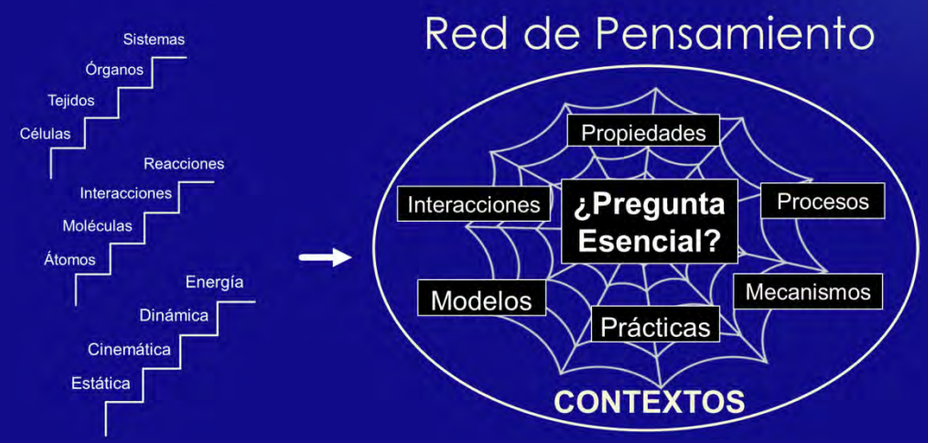
- **Go to the website listed below to launch a molecular dynamics simulations that will allow you to build a simple particulate model of a submicroscopic sample of a mixture of soap and water. Analyze how the nature of the self-assembled structures that are formed depends on: a) the strength of the interactions between hydrocarbon chains in the fatty acid anions and b) the temperature of the system.**

http://www.chem.arizona.edu/tpp/chemthink/MW/soap.jnlp



https://sites.google.com/site/chemicalthinking/

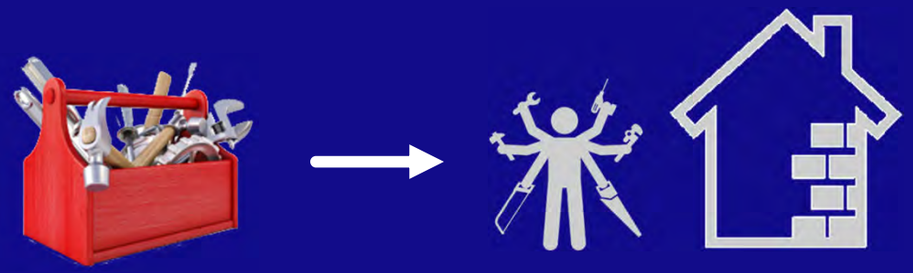
En resumen



Currículo

Enseñanza

Evaluación



Comentarios finales

Los problemas que enfrentamos hoy demandan cambios sustantivos en la forma como pensamos y actuamos en educación

Existen ideas claras de lo que se necesita y métodos productivos para alcanzar los objetivos

¿Disposición?¿Formación?¿Apoyo?

Muchas Gracias

Contacto

Vicente Talanquer
vicente@arizona.edu

https://sites.google.com/site/talanquerchemed/

https://sites.google.com/site/chemicalthinking/

¿Preguntas? ¿Comentarios?