



Ministerio de Capital Humano
República Argentina

Secretaría
de Educación

inet
Instituto Nacional de
Educación Tecnológica

CeNET
Centro Nacional de
Educación Tecnológica

Banco Federal de Proyectos Tecnológicos

Propuestas de Aprendizaje Basado en Proyectos

Título del proyecto

Yendo a la fuente

Autor/a

Emiliano Giuliotti

Escuela

[Escuela]

Localidad

[Localidad]

Jurisdicción

Río Negro

Familia profesional

Minería e Hidrocarburos

Áreas de implementación

Química. Lixivación del oro. Impacto ambiental en la región.



Contexto y destinatarios

La institución, el entorno formativo y el problema que da origen al proyecto

El proyecto se contextualiza en la provincia de Río Negro, específicamente en la Región Sur, tomando como eje el yacimiento minero Calcatreu, cercano a Ingeniero Jacobacci. Aborda dilemas socio científicos reales mediante el análisis del proceso industrial de lixiviación del oro, vinculándolo con la preservación hídrica en una estepa propensa a sequías y los derechos territoriales.

Está destinado a estudiantes de 15 años (3° o 4° año de la escuela secundaria). Los jóvenes se posicionan como sujetos activos, desarrollando el pensamiento crítico y la argumentación científica a través del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

Fundamentación

Relevancia para la ETP y enfoque pedagógico

La enseñanza de las ciencias naturales en la escuela secundaria actual exige trascender la mera transmisión de fórmulas abstractas y descontextualizadas para avanzar hacia un modelo de alfabetización científica comprometido con la realidad territorial. El estudio del proyecto minero Calcatreu, ubicado en la provincia de Río Negro, se constituye como un escenario pedagógico de altísimo valor didáctico para los estudiantes de 15 años. Este caso real permite conectar conceptos estructurantes de la Química Ambiental —como sistemas materiales, soluciones diluidas, reacciones de equilibrio y escalas de pH— con un debate socio científico de profunda relevancia económica, ecológica y cultural en la región de la Patagonia argentina.

A los 15 años, los jóvenes consolidan su pensamiento abstracto y desarrollan una marcada sensibilidad hacia las problemáticas sociales y ambientales. Abordar el proceso industrial de lixiviación del oro los posiciona ante dilemas complejos del mundo real: el equilibrio entre la expansión de la matriz productiva provincial, la generación de puestos de trabajo locales, la preservación hídrica en una estepa xerófila propensa a las sequías crónicas y el respeto por los derechos territoriales de los pueblos originarios. El sentido pedagógico radica en evitar el reduccionismo binario de "minería buena" o "minería mala", promoviendo el pensamiento crítico basado en evidencias.

Objetivos y aprendizajes

Capacidades a desarrollar

Explicar el fenómeno de lixiviación como un proceso químico de disolución selectiva mediante el uso de reactivos en circuito cerrado. Reconocer la importancia crítica del control de pH en sistemas industriales para prevenir la formación de compuestos volátiles altamente tóxicos como el cianuro de hidrógeno (HCN). Identificar y ponderar



los impactos ambientales y socioculturales de la minería a cielo abierto frente a los factores socioeconómicos regionales. Desarrollar argumentos fundamentados en evidencia técnica para participar en debates sobre desarrollo sustentable y matrices productivas locales.

Contenidos

Organización por ejes de saber

Química General y Ambiental: sistemas materiales homogéneos y heterogéneos; soluciones diluidas, soluto, solvente y concentración; procesos de separación y extracción química selectiva (lixiviación). Reactividad y Equilibrio Químico: escala de pH, soluciones alcalinas y ácidas; factores de riesgo químico (descomposición del cianuro de sodio NaCN y generación de gas cianuro de hidrógeno HCN). Tecnología e Impacto Ambiental: circuitos cerrados de lixiviación, impermeabilización con geomembranas de alta densidad; gestión de cuencas hídricas en zonas áridas; pasivos ambientales y marcos regulatorios provinciales.

Secuencia de enseñanza

Etapas y actividades

Encuentro 1: La Química del Oro y el Circuito Cerrado (80 min). Inicio (20 min): problema disparador en el territorio (mapa de Río Negro, yacimiento Calcatreu, pregunta sobre cómo extraer el oro invisible sin envenenar suelo y acuíferos). Desarrollo (45 min): experimentación en laboratorio simulando un PAD de lixiviación con embudo, filtro y mezcla heterogénea (arena, granito, tiza); explicación de la ecuación $\text{NaCN} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCN(g)} + \text{NaOH}$ y la importancia del control de pH alcalino; riego con solución modelo segura (azul de metileno alcalinizado) controlando pH y estanqueidad. Cierre (15 min): sistematización de variables críticas y puesta en común sobre filtraciones y pH. Encuentro 2: El Impacto Ambiental a Debate (80 min). Inicio (15 min): asignación de roles y reconfiguración del aula como Audiencia Pública Regional con tres sectores (Sector 1: Desarrollo, Producción y Control Estatal; Sector 2: Comunidad, Sindicatos y Territorio, incluyendo comunidades originarias; Sector 3: Comité de Peritos Científicos Independientes). Desarrollo (50 min): simulación del debate con exposiciones sectoriales y contraargumentación técnico-social. Cierre (15 min): registro de consensos y disensos críticos. Encuentro 3: Evaluación y Ficha Técnica de Cierre (80 min). Inicio (15 min): estructuración del informe técnico individual. Desarrollo (50 min): producción escrita de la Ficha Técnica (diagrama de flujo del proceso minero, justificación química del control analítico de pH, plan escrito de mitigación ambiental sobre recurso hídrico y pasivos ambientales post-2033). Cierre (15 min): reflexión epistemológica final y metacognición grupal.



Recursos y materiales

Elementos necesarios para el desarrollo

Materiales de Laboratorio: embudos plásticos de gran diámetro, soportes universales con aros metálicos, vasos de precipitado de 250 ml, mangueras de látex, papel de filtro cualitativo, film de polietileno (geomembrana simulada), pipetas graduadas, tiras reactivas universales de pH, varillas de vidrio. **Reactivos Modelos (seguros):** agua destilada, solución diluida de azul de metileno, bicarbonato de sodio y vinagre blanco para modificar el pH, arena fina de río, tiza común molida, piedras de granito. **Material Didáctico e Impreso:** mapas político-hidrográficos de Río Negro, tarjetas de argumentos técnico-sociales para los tres sectores del debate, guías de laboratorio, Ficha Técnica de Cierre, tarjetas de registro. **Recursos Tecnológicos:** proyector multimedia, computadora portátil escolar, cronómetro digital para el control de tiempos del debate.

Estrategia de evaluación

Qué, cómo y cuándo se evalúa

La estrategia de evaluación se define desde una perspectiva estrictamente formativa, procesual y holística, abandonando el examen memorístico para priorizar la valoración continua del desempeño a lo largo de las tres etapas. Se estructuran tres momentos: observación directa del desempeño técnico y de seguridad en el laboratorio (Encuentro 1); evaluación de las capacidades de argumentación y fundamentación científica durante la audiencia pública simulada (Encuentro 2); y corrección de la Ficha Técnica de Proceso e Impacto individual (Encuentro 3). Se evalúa el saber conceptual (pH, lixiviación), el saber hacer científico (control de variables hidráulicas, diagramas de flujo, bioseguridad) y el saber ser ciudadano (escucha activa, empatía, compromiso ético con la sustentabilidad hídrica). Se aplica una rúbrica analítica con descriptores de logro (Logrado Destacado, Logrado en Proceso, En Inicio) para las dimensiones: Comprensión de Procesos Químicos, Análisis de Impacto Ambiental, y Trabajo en Equipo y Competencia Ciudadana.

Cronograma de implementación

Distribución temporal del proyecto

Encuentro 1 (La Química del Oro): Inicio (20 min, contextualización de Calcatreu y problema disparador), Desarrollo (45 min, simulación del PAD hidráulico y ecuación de equilibrio), Cierre (15 min, puesta en común sobre pH); evaluación inicial (registro de ideas previas) y formativa (lista de control de desempeño en laboratorio). **Encuentro 2 (Impacto a Debate):** Inicio (15 min, organización de la audiencia y roles), Desarrollo (50 min, audiencia pública y cruce de preguntas), Cierre (15 min, tarjetas de



consensos/disensos); evaluación de proceso (registro observacional de argumentación). Encuentro 3 (Ficha de Cierre): Inicio (15 min, estructura del informe), Desarrollo (50 min, elaboración individual de la Ficha Técnica), Cierre (15 min, metacognición grupal); evaluación integradora final (calificación de la Ficha mediante rúbrica analítica).

Bibliografía

Referencias en formato normalizado

—

Anexos

Rúbricas, listas de cotejo e instrumentos

—

Uso de la IA

Declaración de uso de inteligencia artificial

¿Qué servicio/modelo de IA se ha utilizado? El servicio de IA es de Gemini. ¿Para qué fue utilizada? El uso está basado en la simplificación del tiempo de trabajo al momento de diagramar cuadros y ordenar ideas, leyes ambientales y fuentes.



Ministerio de Capital Humano
República Argentina

**Secretaría
de Educación**

inet
Instituto Nacional de
Educación Tecnológica

CeNET
Centro Nacional de
Educación Tecnológica