



CENTRO DE CAPACITACIÓN MINERA

CECAMIN

INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN EDUCATIVA



UASLP

Universidad Autónoma
de San Luis Potosí



CURSO DE ESPECIALIZACIÓN INTERNACIONAL **HIDROGEOQUÍMICA APLICADA**

DOCENTE:

DR. ANTONIO CARDONA BENAVIDES

Experto Internacional en Hidrogeoquímica - Hidrogeología.
Doctor en Ciencias de la Tierra por la Universidad Nacional
Autónoma de México.

Docente principal Facultad de Ingeniería - UASLP
Consultor e Investigador internacional en procesos hidrogeoquímicos,
exploración, caracterización y desarrollo de acuíferos.



**07 AL 11
DE JULIO**

www.cecamin.com



MARCO TEÓRICO:

- La composición química de las aguas subterráneas es controlada por muchos factores que incluyen la composición de la precipitación, la mineralogía de las cuencas hidrográficas y los acuíferos, el clima y la topografía (Güler et al., 2002). Estos factores se combinan para crear diversos tipos de agua que cambian espacial y temporalmente. Esto se explica a través de la evolución química que sufre el agua subterránea mediante la interacción con los minerales de los acuíferos o las mezclas internas entre los diferentes tipos de aguas a lo largo de las trayectorias de flujo en el subsuelo (Kumar et al., 2009). Los procesos hidrogeoquímicos, en ese sentido, ayudan a obtener una visión de la distribución y origen del agua subterránea, la interacción agua-roca, las mezclas e interconexiones de agua de diferentes orígenes (aguas superficiales y subterráneas, entre acuíferos), los fenómenos de intrusión salina y las influencias antropogénicas sobre la calidad del agua subterránea (Custodio, 1983; Pernía-Llera et al., 1993). Frecuentemente es determinada a través de la medición de constituyentes fisicoquímicos tales como los cationes: calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), sodio (Na^{+}) potasio (K^{+}) y los aniones bicarbonato (HCO_3^{-}), sulfato (SO_4^{2-}), cloruro (Cl^{-}) y nitrato (NO_3^{-}) (Custodio y Llamas, 1983; Cuevas et al., 2001).
- Por ejemplo el comportamiento hidrogeoquímico por la presencia de rocas calcáreas, se distinguen por sufrir un proceso altamente dinámico conocido como karstificación, el cual consiste en la disolución de rocas (compuestas de CaCO_3), en presencia de ácido carbónico (HCO_3^{-}), producto de la reacción entre el bióxido de carbono (CO_2) y el agua (H_2O) (Suárez-Morales y Rivera-Arriaga, 2000).
- Las técnicas estadísticas multivariadas han sido ampliamente aceptadas en la evaluación de los procesos hidrogeoquímicos de las aguas subterráneas en sistemas kársticos (Holland y Witthüser, 2009; Abello et al., 1992; Moral et al., 2008). Los análisis multivariados son empleados por su utilidad como herramienta para reducir y organizar grandes conjuntos de datos hidrogeoquímicos en grupos con características similares y luego relacionarlos con cambios específicos en el proceso hidrológico.



**SONDEO
MULTITUBO**

INFORMES E INSCRIPCIONES:

Asesora Comercial
Milagros Villa
Teléfono: (51)(1) 754-4408
WhatsApp: (51)(1) 961004190
Email: mvilla@cecamin.com
Web: www.cecamin.com



OBJETIVOS GENERAL:

- El curso tiene como objetivo desarrollar en los participantes la habilidad de comprender e interpretar la composición química del agua subterránea, mediante el conocimiento de principios químicos e isotópicos básicos y la utilización de herramientas de cómputo especializado.
- Los participantes adquirirán la competencia de integrar, analizar e interpretar bases de datos, con resultados de análisis químicos de muestras de agua subterránea, utilizando herramientas de cómputo, en el contexto de sistemas de flujo subterráneo.

DIRIGIDO A:

- El curso está dirigido a estudiantes, académicos y profesionistas relacionados con la Hidrogeología, Hidrogeoquímica y Calidad de Agua.
- Profesionales en el Área de las Geociencias, Ciencias Ambientales, Tecnología del Agua, Biotecnología, Hidrología, Hidrogeología, Especialistas en Drenaje Ácido de Mina, laborando calidad de suelos y agua. En especial para los profesionales pertenecientes laborando en el Área de Ambiental en instituciones gubernamentales, educativas o privadas (compañía mineras y de consultoría principalmente).
- Estudiantes de Posgrado en diversos campos que realicen su investigación en temas relacionados con Hidrogeología, medio ambiente, Biotecnología Minera y Ambiental, remediación de suelos, biorremediación, hidrogeoquímica, medio ambiente y contaminación inorgánica de cuerpos de agua superficial y subterránea.



INFORMES E INSCRIPCIONES:

Asesora Comercial
Milagros Villa
Teléfono: (51)(1) 754-4408
WhatsApp: (51)(1) 961004190
Email: mvilla@cecamin.com
Web: www.cecamin.com



MODALIDAD:

- Presencial.
- Teórico y práctico (resolución de ejercicios y problemas).

DURACIÓN:

- 30 horas efectivas (6 horas por día) 5 días.
- Horario: de 9:00 a 13:00 y 15:00 a 17:00 horas.

METODOLOGÍA:

ENFOQUE DE LA METODOLOGÍA DEL DOCENTE

- El curso se divide en sesiones teóricas y prácticas (desarrollo de ejemplos de casos reales), con los programas y hojas de calculo.
- Los participantes dispondrán de guías, apuntes y otros materiales usados en el desarrollo del curso.

BENEFICIOS:

- Doble Certificación por el Centro de Capacitación Minera (CECAMIN) y Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP)
- Consultores con amplia experiencia profesional.
- Coffee Break.
- Descuento en futuras capacitaciones.
- Asesoría especializada.
- ¡10 Membresías Exclusivas del Club Resort Iquitos por pronto pago!



INFORMES E INSCRIPCIONES:

Asesora Comercial
Milagros Villa
Teléfono: (51)(1) 754-4408
WhatsApp: (51)(1) 961004190
Email: mvilla@cecamin.com
Web: www.cecamin.com



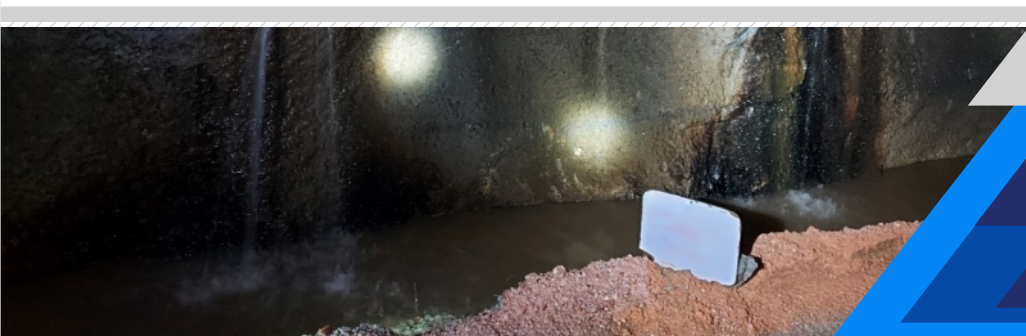
REQUISITOS:

CONOCIMIENTOS BÁSICOS DEL PARTICIPANTES

- El perfil de ingreso de los participantes, se requieren conocimientos adquiridos en el nivel de la Educación Superior relacionados con Geología, Hidrología Superficial y Subterránea, Biología, Microbiología, Metalurgia, Computación, Sistemas de Información Geográfica, Química, Física y Matemáticas, además de un razonamiento deductivo.
- Experiencia o conocimiento básico en la generación, manejo, integración e interpretación de resultados de análisis químicos de agua subterránea, que se destine a diversos usos, es muy deseable, pero no limitante.

REQUISITOS PARA EL CURSO

- Es indispensable traer consigo computadora portátil (laptop) con sistema operativo Windows y Office para el desarrollo de las prácticas. (En caso de que sean laptops de la empresa donde laboran, favor de asegurarse que el usuario tenga privilegios de administrador del equipo para poder instalar los softwares).
- Enviar resumen de un trabajo de investigación relacionado con el curso (opcional).
- Para quedar inscrito en el curso basta con enviar la copia del **Registro de Inscripción** y/o **vía online**, y el comprobante del depósito bancario.
- Contactar para conocer el **costo del curso**, vía email a informes@cecamin.com y WhatsApp: +51 961004190.



INFORMES E INSCRIPCIONES:

Asesora Comercial
Milagros Villa
Teléfono: (51)(1) 754-4408
WhatsApp: (51)(1) 961004190
Email: mvilla@cecamin.com
Web: www.cecamin.com



TEMARIO:

TEMA 01: INTRODUCCIÓN A LA HIDROGEOQUÍMICA

1. Concentración, unidades y transformaciones.
2. Calidad del agua para diversos usos.
3. Mediciones hidrogeoquímicas de campo y toma de muestras de agua.
4. Especies iónicas mayores y balance iónico.
5. Representación gráfica de información hidrogeoquímica.
6. Utilización de PHREEQC para el cálculo de porcentaje de error.

TEMA 02: EQUILIBRIO QUÍMICO AGUA/MINERALES

1. Termodinámica y equilibrio químico.
2. Correcciones para cálculos de solubilidad.
3. Cálculo de índices de saturación.
4. Cálculo de constantes de equilibrio.
5. Utilización del programa PHREEQC para cálculos geoquímicos.

TEMA 03: EVOLUCIÓN GEOQUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

1. CO₂ en el suelo.
2. Intemperismo de carbonatos.
3. Intemperismo de silicatos.
4. Intemperismo y alcalinidad.
5. Intercambio iónico.
6. Reacciones redox.
7. Nutrientes en el agua subterránea.
8. Análisis de la evolución geoquímica mediante PHREEQC.

TEMA 04: EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

1. Especies de nitrógeno y la contaminación del agua subterránea.
2. Infiltración de residuos líquidos (aguas residuales y lixiviados de rellenos sanitarios).
3. Drenaje ácido de mina.
4. Fuentes geogénicas de contaminación: arsénico y fluoruro en agua subterránea.

TEMA 05: APLICACIONES DE ISÓTOPOS AMBIENTALES ESTABLES EN HIDROGEOLOGÍA

1. Medición y estándares de referencia.
2. Fraccionamiento isotópico.
3. Isótopos estables de hidrógeno y oxígeno en el ciclo hidrológico.
4. Líneas de agua Meteóricas para oxígeno-18 y deuterio.
5. Recarga natural de agua subterránea.
6. Efecto de la evaporación en el contenido isotópico.

DOCENTE:



DR. ANTONIO CARDONA BENAVIDES

EXPERTO INTERNACIONAL EN HIDROGEOQUÍMICA - HIDROGEOLOGÍA

DOCTOR EN CIENCIAS DE LA TIERRA POR LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DOCENTE PRINCIPAL FACULTAD DE INGENIERÍA - UASLP

CONSULTOR E INVESTIGADOR INTERNACIONAL EN PROCESOS HIDROGEOQUÍMICOS,
EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y DESARROLLO DE ACUÍFEROS



- Ingeniero Geólogo, Maestría en Ciencias en Hidrología Subterránea, Doctor en Ciencias de la Tierra especialidad Aguas Subterráneas.
- Su principal línea de investigación se relaciona con hidrogeología para el desarrollo y manejo sustentable de agua en cuencas, así como modelación hidrogeoquímica de sistemas naturales y contaminados.
- Desde el punto de vista académico, el Dr. Cardona ha publicado como autor principal o coautor 46 artículos científicos en revistas nacionales e internacionales con arbitraje riguroso y presentado más de 150 ponencias en Congresos Nacionales e Internacionales, de donde se han derivado más de 45 trabajos en extenso en Memorias de Congresos y Simposios. Ha publicado 2 libros además de 14 capítulos en libros y diversas traducciones científicas.
- Participa en la licenciatura en el Programa de Ingeniería en Geología, en el Posgrado de Tecnología y Gestión del Agua y en el Programa Multidisciplinario de Ciencias Ambientales; ha dirigido/codirigido 3 tesis doctorado, 31 tesis de maestría y 11 tesis de licenciatura.
- Desde el punto de vista de cursos especializados ha impartido más de 100 cursos a nivel licenciatura/posgrado en la Facultad de Ingeniería-UASLP, además de 25 cursos cortos formales en Universidades de Latinoamérica, Europa y Medio Oriente en temas relacionados con la Hidrogeología, Hidrogeoquímica e Isotopía.
- Ha sido profesor invitado en la RWTH Aachen University (Alemania) y la Oklahoma State University (USA), en donde realizó estancias de investigación.
- Ha participado como responsable y/o corresponsable en más de 150 proyectos relacionados con evaluaciones hidrogeológicas e hidrogeoquímicas, requeridos por instituciones gubernamentales y la industria privada (operaciones mineras principalmente), además de más de 30 proyectos de investigación financiados por agencias externas, relacionados con la evolución hidrogeoquímica e isotópica de sistemas de flujo subterráneo naturales y contaminados.

LUGAR DEL EVENTO:



HOTEL SAN BLAS

Av. Arequipa #3940 - Miraflores
Lima - Perú





CENTRO DE CAPACITACIÓN MINERA
CECAMIN
INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN EDUCATIVA



SISTEMA DE PAGO:

El Centro de Capacitación Minera - CECAMIN pone a su disposición los siguientes números de cuentas corrientes en soles y dólares, en el cual podrán realizar los depósitos correspondientes para todo los cursos internacionales.

MEDIANTE DÉPOSITO BANCARIO

BANCO DE CRÉDITO DEL PERÚ - BCP

CUENTA CORRIENTE

C.C. SOLES: 193-2313894-0-65

C.C. DÓLARES: 193-2291090-1-32

TITULAR DE LA CUENTA: CENTRO DE CAPACITACION MINERA SAC

CÓDIGO INTERBANCARIO

CI SOLES: 00219300231389406517

CI DÓLARES: 00219300229109013215



TRANSFERENCIA BANCARIA

DATOS DEL BANCO

RAZÓN SOCIAL: BANCO DE CREDITO DEL PERU

CODIGO SWIFT: BCPLPEPL

Dirección Fiscal: Jr. Lampa 499 – Cercado de Lima

DATOS DEL TITULAR DE LA CUENTA

TITULAR: CENTRO DE CAPACITACION MINERA SAC

RUC: 20600950054

C.C. DÓLARES: 193-2291090-1-32

TRANSFERENCIA BANCARIA PARA EL EXTRANJERO

WESTERN UNION - MONEY GRAM - PAYPAL

Solicitar información para los envíos o transferencias a las asesoras académicas de CECAMIN.



INFORMES E INSCRIPCIONES:

Asesora Comercial

Milagros Villa

Teléfono: (51)(1) 754-4408

WhatsApp: (51)(1) 961004190

Email: mvilla@cecamin.com

Web: www.cecamin.com



CENTRO DE CAPACITACIÓN MINERA

CECAMIN

INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

Teléfono: (+51) (1) 754 - 4408
Asesoría Académica: (+51) (1) 961004190
Email: informes@cecamin.com
www.cecamin.com

