



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE DOCTORADO EN RECURSOS HÍDRICOS



SÍLABO

DIRECTIVA N° 003-2017-OCA-UNALM
Resolución N° 0512-2017-R-UNALM

I. INFORMACIÓN GENERAL

CURSO	:	Hidrología Isotópica
CÓDIGO	:	IA8039
CRÉDITOS	:	3
SEMESTRE	:	2018-I
HORAS	:	3 horas/semana
DURACIÓN	:	16 semanas
REQUISITOS	:	Aprobación del Comité del Programa
PROFESOR	:	James Apaéstegui (japaestegui@gmail.com)

II. SUMILLA

La aplicación de técnicas isotópicas en hidrología permite establecer balances de masa y determinar los aportes de aguas de diferentes orígenes (Subterránea, glaciár, escorrentía). Por otra parte, mediante la aplicación de estos trazadores también ha sido posible determinar orígenes de las masas de agua que precipitan en las regiones a nivel estacional. Finalmente estos trazadores han sido ampliamente utilizados en la reconstrucción de condiciones hidrológicas pasadas a través de su interpretación en matrices geológicas. El campo de aplicación de los trazadores isotópicos es bastante amplio y debe ser abordado como nueva herramienta en el monitoreo de nuestro país a fin de incrementar nuestras capacidades de producir información para la gestión del recurso hídrico.

La asignatura de "Hidrología Isotópica" se inicia con la parte introductoria referida a su importancia como nueva herramienta en el estudio del ambiente. Por otra parte, se busca abordar de manera general los fundamentos físicos y geoquímicos que alteran los procesos de fraccionamiento isotópico en la naturaleza y en el ciclo hidrológico. Seguidamente se aborda de manera general aspectos de climatología e hidrología a escala regional y local que ayudan en la interpretación de los trazadores isotópicos. Finalmente se abordarán las aplicaciones de diferentes isótopos en hidrología y aspectos geoquímicos que aportan información valiosa para la comprensión de los sistemas hídricos en apoyo a la gestión del mismo.

III. COMPETENCIAS, HABILIDADES O CAPACIDADES A LOGRAR

Al culminar el curso, el estudiante estará en la capacidad conocer los fundamentos para el uso de trazadores isotópicos en estudios de clima e hidrología y una visión amplia de parámetros geoquímicos en los estudios hidrológicos para entender y caracterizar el medio ambiente a lo largo del tiempo; adquiriendo las siguientes competencias:

- Desarrolla en el estudiante habilidad para resolver problemas de ingeniería, poniendo a su disposición nuevas herramientas para el estudio del clima y la hidrología en diversas escalas espaciales y temporales.
- Aplica conocimientos de las ciencias básicas y las ciencias de la ingeniería, modela y simula procesos del ciclo hidrológico a través de una perspectiva que incluye factores climáticos y geológicos a escala regional.
- Identifica y utiliza las nociones y conceptos de fraccionamiento isotópico los cuales permiten caracterizar procesos en el ciclo hidrológico.
- Utiliza los métodos geoquímicos e isotópicos en el estudio del agua como herramienta para la solución de problemas.
- Utiliza sinérgicamente los conceptos de la hidrología tradicional y los métodos analíticos isotópicos para incrementar su potencial comprensión del ambiente.



IV. PROGRAMACIÓN DE CONTENIDOS

SEMANA 1 y 2	UNIDAD 1: INTRODUCCIÓN
Competencia	El estudiante comprende la importancia del uso de los trazadores isotópicos como herramienta para el estudio del medio ambiente.
Conceptual	<ul style="list-style-type: none">Definición e historia del desarrollo de las mediciones isotópicas en el medio ambiente.Importancia de las nuevas herramientas analíticas para determinar informaciones de la naturaleza.Entender cómo se han usado los isótopos en el medio ambiente para trazar procesos del ciclo hidrológico en varias escalas temporales.
Procedimental	<ul style="list-style-type: none">A través de diferentes ejemplos se presenta la aplicación de los isótopos en el estudio del medio ambiente.
Actitudinal	<ul style="list-style-type: none">Se valora la posibilidad de nuevos métodos analíticos orientados al estudio del medio ambiente y solución de problemas de ingeniería.
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none">

SEMANA 3 y 4	UNIDAD 2: FUNDAMENTOS DE ISOTOPIA Y MÉTODOS ANALÍTICOS PARA EL ESTUDIO
Competencia	<ul style="list-style-type: none">El estudiante aprende sobre definiciones y conceptos de fraccionamiento isotópico y como es que estos están en la naturaleza.El estudiante adquiere conocimientos sobre los procedimientos y equipos de medición isotópica y geoquímica.
Conceptual	<ul style="list-style-type: none">Isótopos en la naturaleza; Isótopos Estables; Fraccionamiento IsotópicoIsótopos radioactivos; Decaimiento Isotópico (alfa, beta); Media Vida isotópicaIsótopos cosmogénicosIntroducción a las técnicas de espectrometría de masa y espectrofotometría.Tipos de espectrometros y aditamentos complementarios.Standares internacionales para las mediciones isotópicas (IAEA)Blancos en las mediciones y errores analíticos permisibles.
Procedimental	<ul style="list-style-type: none">Reconocimiento de elementos químicos asociados como trazadores de procesos ambientales y tipos de isótopos en la naturaleza.Determina los equipos que alcancen los requerimientos analíticos de medición que precisan diferentes estudios.
Actitudinal	<ul style="list-style-type: none">Se instruye sobre principios básicos en química isotópica y se brinda herramientas conceptuales para su análisis.Valora los procedimientos analíticos como nueva fuente de información en la hidrología.
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none">

SEMANA 5 y 6	UNIDAD 3: CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA E HIDROCLIMATOLOGÍA
Competencia	<ul style="list-style-type: none">El estudiante aprende sobre los procesos y mecanismos asociados a la circulación global.El estudiante aprende sobre los procesos y mecanismos asociados a la circulación local y regional.
Conceptual	<ul style="list-style-type: none">Introducción; El clima a escala globales; El clima en la región tropicalLa zona de convergencia intertropical; El sistema de Monzónregímenes de precipitación característicosvariabilidad interanual y eventos extremos
Procedimental	<ul style="list-style-type: none">Aprender a identificar los diferentes mecanismos y procesos asociados a la circulación atmosférica global.Aprender a identificar los diferentes mecanismos y procesos asociados a la circulación atmosférica regional y local
Actitudinal	<ul style="list-style-type: none">Reconoce la circulación atmosférica como parte de un sistema interconectado y complejo que necesita ser mejor comprendido.Reconoce la circulación atmosférica regional y local que brinda información para la planificación de los recursos.
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none">

SEMANA 7	EXAMEN PARCIAL
----------	----------------



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE DOCTORADO EN RECURSOS HÍDRICOS



SEMANA 8 y 9	UNIDAD 4: ISÓTOPOS EN EL CICLO HIDROLÓGICO.
Competencia	<ul style="list-style-type: none">El estudiante adquiere conocimientos sobre química isotópica aplicada a los estudios del ciclo hidrológico
Conceptual	<ul style="list-style-type: none">Introducción; Línea Meteorológica global y localExceso de Deuterio; Fraccionamiento en Equilibrio; Fraccionamiento cinético.Factores físicos que intervienen en el fraccionamiento; Destilación RayleighIsotopologos en el ciclo hidrológico; Memoria isotópica del origen de las aguas
Procedimental	<ul style="list-style-type: none">Entender los procesos de fraccionamiento isotópico y su interpretación como trazadores en hidrología.
Actitudinal	<ul style="list-style-type: none">Aumenta su capacidad de análisis y abre nuevas interpretaciones en base a nuevas evidencias de procesos del ciclo hidrológico.
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none">

SEMANA 10 y 11	UNIDAD 5: APLICACIONES DE ISÓTOPOS EN EL ESTUDIO DE LA HIDRO-CLIMATOLOGÍA
Competencia	<ul style="list-style-type: none">El estudiante aprende, interpreta y critica en base a experiencias de trabajos que usan isótopos como trazadores de hidroclimatología.
Conceptual	<ul style="list-style-type: none">Aplicaciones de los isótopos como trazadores de fuente de humedad y procesos climáticos.Aplicación de los isótopos en reconocimientos de aportes glaciares y subterráneos (Balances de masa)Aplicaciones de los isótopos para reconocimiento de tazas de erosión y crecidas hidrológicas.
Procedimental	<ul style="list-style-type: none">Mediante la aplicación de los isótopos se determinan procesos ambientales que ayudan en la gestión del recurso hídrico.
Actitudinal	<ul style="list-style-type: none">El estudiante adquiere herramientas analíticas para caracterizar mejor los procesos del ciclo hidrológico.
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none">

SEMANA 12 y 13	UNIDAD 6: APLICACIONES DE ISÓTOPOS EN EL ESTUDIO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.
Competencia	<ul style="list-style-type: none">El estudiante aprende, interpreta y critica en base a experiencias de trabajos que usan isótopos como trazadores de hidroclimatología
Conceptual	<ul style="list-style-type: none">Isotopos estables aplicados en la hidrogeología.Orígenes y procesos que caracterizan la señal isotópica de las aguas subterráneas.Isótopos radioactivos aplicados a la hidrogeologíaTiempo de residencia del agua en el acuífero a través de técnicas isotópicas y estimaciones de las recargas.
Procedimental	<ul style="list-style-type: none">El estudiante aprende sobre la aplicación de los isótopos en estudios de hidrogeología, sus potenciales y sus limitaciones.
Actitudinal	<ul style="list-style-type: none">El estudiante adquiere conocimientos complementarios para su aplicación en estudios hidrogeológicos.
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none">

SEMANA 14 y 15	UNIDAD 7: PALEOHIDROLOGÍA, PALEOCLIMATOLOGÍA Y GEOQUÍMICA DE LAS AGUAS
Competencia	<ul style="list-style-type: none">El estudiante amplía sus horizontes sobre las escalas temporales en que ocurren alteraciones en el ciclo hidrológico a través de evidencias isotópicas.El estudiante recibe una formación básica sobre interacciones entre la geología y la hidrología y entiende de procesos asociados a cambios en el ciclo hidrológico.
Conceptual	<ul style="list-style-type: none">Trazadores paleoclimáticos y reconstrucciones ambientales en base a registros isotópicos.Trazadores paleohidrológicos y reconstrucciones ambientales en base a registros isotópicos.Trazadores de flujo y aforos usando métodos químicos de dilución.Elementos mayores en las aguas superficiales y subterráneas (Aniones, Cationes)La geología y los orígenes del contenido geoquímico de las aguas.Interacciones entre el ambiente y la geoquímica como trazadores de procesos internos en el ciclo hidrológico.
Procedimental	<ul style="list-style-type: none">El estudiante adquiere nuevas perspectivas sobre el cambio climático y las reconstrucciones del paleo ambiente en base a estudios isotópicos.Aprender a usar la geoquímica para caracterizar las aguas y diversas aplicaciones en estudios hidrológicos.
Actitudinal	<ul style="list-style-type: none">El estudiante conoce sobre técnicas isotópicas aplicadas para las reconstrucciones ambientales del pasado.



	▪ Valora el uso de la geoquímica en sus aplicaciones para caracterizar procesos en el ciclo hidrológico
Bibliografía	▪

SEMANA 16	EXAMEN FINAL Y EXPOSICIÓN DE TRABAJOS
-----------	---------------------------------------

V. METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE

Las clases serán de forma activa promoviendo el aprendizaje y pensamiento crítico de los estudiantes, para tal efecto, adicionalmente a las lecturas previas, se proporcionará material de investigación, se formarán grupos de discusión para algunos temas. Las clases teóricas se desarrollan propiciando constantemente la participación activa y colaborativa de los estudiantes, entendiendo que el alumno es el centro del aprendizaje y el docente el facilitador. Las clases prácticas son en el laboratorio y visitas a plantas de tratamiento de aguas residuales.

Los alumnos, con orientación del profesor, desarrollarán un trabajo semestral en grupos sobre un estudio hidrológico de una cuenca asignada por el profesor del curso. El trabajo debe plasmar todos los aspectos temáticos desarrollados en el curso y serán expuestos de acuerdo a una programación, antes de finalizar el semestre.

VI. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Se aplicará el sistema de normas establecidas en el Reglamento de Evaluación Académica de la Universidad. Para aprobar se requiere el 70% de asistencia a clases. La nota mínima aprobatoria es de 14, considerando el medio punto a favor del alumno.

Competencias	Metodología	Ponderación	Criterios de evaluación
Conceptuales	Examen parcial y examen final	40%	Evaluación teórica - práctica
Procedimentales	Trabajos encargados	40%	Exposición oral y escrita
Actitudinales	Valoración de actitud y participación	20%	Puntualidad, responsabilidad, actitud y participación
Total		100%	

VII. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

- El estudiante deberá respetar el Claustro Universitario, observando un comportamiento digno acorde con la institución universitaria, bajo lineamientos de respeto, solidaridad, libertad y dignidad.
- El estudiante deberá respetar el horario de clases, para lo cual se han establecido los siguientes parámetros de asistencia: Tolerancia de 15 minutos como máximo para su ingreso al aula. Pasados los 15 minutos el ingreso a clases será con permiso del docente.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE DOCTORADO EN RECURSOS HÍDRICOS



- La acumulación de 30% de inasistencias totales en cada clase imposibilita al estudiante de ser evaluado en el Examen Final, correspondiéndole un calificativo de CERO.
- El profesor del curso firmará una bitácora de asistencia a clases y consignará el tema desarrollado.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA– IAEA.(2000). “Isotopos Ambientales en el ciclo hidrológico: Principios y aplicaciones”. IAEA press.
2. AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA– IAEA.(1992), Statistical Treatment of Data on Environmental Isotopes in Precipitation, 781 pp., Vienna.
3. BOWEN, G. J., and J. REVENAUGH (2003), Interpolating the isotopic composition of modern meteoric precipitation, *Water Resour. Res.*, 39(10), 1299, doi:10.1029/2003WR002086.
4. CRAIG, H. (1961). Isotopic variations in meteoritic waters. *Science*, 133, 1702-1703.
5. CLARK, I. y P. FRITZ (1997).- “Environmental Isotopes in Hydrogeology”. CRC. Press, 350 p.
6. COOK, P. y A.L. HERCZEG (1999): “Environmental tracers in subsurface hydrology”. Kluwer Academic Pub. 529 p.
7. GAT, J.; GONFIANTINI, R. (1981). Stable isotope hydrology: deuterium and oxygen–18 in the water cycle. International Atomic Energy Agency, Vienna. Technical Reports Series nº210, 339 pp.
8. KENDALL, C y J. J. McDonnell (Eds.), (1998). “Isotope Tracers in Catchment Hydrology”. Elsevier Science B.V., Amsterdam, 839 p. MAZOR, E. (1991): “Chemical and isotopic groundwater hydrology. The applied approach”. Editorial Marcel Dekker, Inc. 413 p.
9. MOOK, W.G. (Ed.) (2002): “Isótopos ambientales en el ciclo hidrológico. Principios y Aplicaciones”. Serie Guías y Manuales, no 1, IGME. Traducción y adaptación al castellano por E. Custodio, Madrid, 596 p.
10. STURM, C., F. VIMEUX, and G. KRINNER (2007), Intraseasonal variability in South America recorded in stable water isotopes, *J. Geophys. Res.*, 112, D20118, doi:10.1029/2006JD008298.