

Tercer Simposio Venezolano de Recursos Hídricos

Del 26 al 29 de noviembre, 2024



Tercer Simposio Venezolano de Recursos Hídricos

Instituciones organizadoras:

Academia Nacional de la Ingeniería y del Hábitat (ANIH)
Universidad de los Andes (ULA)
Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT)
Universidad Central de Venezuela (UCV)
Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora (UNELLEZ)
Universidad de Carabobo (UC)
Academia de Mérida
Asociación Internacional de Ingeniería e Investigaciones Hidro-Ambientales (IARH)
Comisión Central de Coordinación Ambiental de la Universidad de Los Andes (CCCA)
Sociedad Venezolana de Ingeniería Hidráulica

Presidente del Comité Organizador

Eduardo Buroz (ANIH)

Vicepresidente del Comité Organizador

Luis Sandia (CIDIAT-ULA / AM)

Coordinador General

Luis Mora (CIDIAT-ULA)

Comité Científico:

Coordinador: Luis Mora (CIDIAT-ULA)
Adriana Márquez (CIHAM-UC)
Franklin Paredes (UNELLEZ)
Oscar Silva (UCV)
Hervé Jégat (CIDIAT-ULA)

Comité Técnico:

Coordinadora: Kretheis Márquez
(CIDIAT-ULA / CCCA-ULA)
Belkis Echenique (ANIH)
Lenis Prado (CIDIAT-ULA)
Verónica Joffre (CCCA-ULA)
Oscar Tinjacá (CIDIAT-ULA)

Diagramación Memorias

Kretheis Márquez (CIDIAT-ULA / CCCA-ULA)
Oscar Tinjacá (CIDIAT-ULA)



Contenido

I. Objetivo del Simposio	v
II. Modalidad del Simposio.....	v
III. Programa	vi
IV. Instalación.....	1
V. Resúmenes	2
V.1 Consideraciones sobre la información básica: limitaciones, opciones y nuevas tecnologías. Gestión del agua institucionalidad y gobernanza	3
Modelado Hidrogeológico conceptual de las aguas termales presentes en las microcuencas del Sector La Mesa, población de Tabay, Mérida-Venezuela.....	4
Aproximación a un nuevo método de predicción de variables hidrológicas. Caso: cuenca del Río Urama, Venezuela.....	6
Evaluación de modelos institucionales para la prestación de servicios de agua potable y saneamiento a nivel municipal. Caso: Municipio de San Joaquín, Venezuela	7
Detección de cambios en el uso y la cobertura del suelo mediante técnicas de teledetección satelital en la cuenca del Río Pao, Venezuela.....	8
Análisis morfológico de la cuenca del Río Turbio, mediante sistemas de información geográfica, Lara.....	9
Explorando el impacto del cambio climático sobre los cultivos de Venezuela.....	10
V2. Procesos y riesgos: ecohidrología, inundaciones, sequía y cambio climático. Disponibilidad del agua y gestión de los recursos hídricos	11
Reflexiones metodológicas en torno al acceso y gestión del agua en una zona del semiárido larense	12
Implementación de HydroBID-WAM en Venezuela	14
Requerimientos para obtener las concesiones/asignaciones y licencias de los recursos hídricos en Venezuela	15
Modelado espacio temporal de erosión del suelo y rendimiento de sedimentos en la cuenca del río Tucutunemo, Venezuela	16
Método para pronosticar el riesgo de inundaciones en un país tropical. Caso: cuenca del Río Pao.	17
V3. Nuevos enfoques aplicados a la gestión de los recursos hídricos. Usos del agua, seguridad alimentaria e hídrica.....	18
Nuevas Corrientes: los caudales ambientales en la planificación hídrica moderna.....	19
Modelamiento de manejo del Humedal Urama, Venezuela	20
Desarrollo de modelos híbridos y acoplados para el diseño de filtros anaeróbicos de flujo ascendente mediante múltiples etapas separadas en la eliminación de materia orgánica de lixiviados de rellenos sanitarios.....	21

Diseño de un Sistema de Abastecimiento de Agua para la Comunidad de Las Veritas, Municipio Morán del Estado Lara, Haciendo Uso de las Herramientas KoboToolBox y Epanet	22
Cinética del crecimiento de células microbianas, utilización de sustratos orgánicos y producción de metano en filtros anaeróbicos de flujo ascendente en dos y tres etapas separadas para el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios.....	23
Biorremediación in situ y ex situ de un acuífero contaminado con hidrocarburos en la zona industrial La Guacamaya – Estado Carabobo, Venezuela. Caso: estación de servicio de combustibles El Prado	24
V.4. Usos del agua, seguridad alimentaria e hídrica. Hidro-informática y simulación	25
Remoción de componentes orgánicos en aguas residuales mediante un reactor del tipo biopelícula sumergida aireada.....	26
BOORIE-WNTR: una herramienta de apoyo para los servicios de agua potable.....	27
Análisis de variación temporal de plaguicidas organoclorados en agua y sedimentos en la cuenca del Río Tucutunemo, Venezuela	28
Nivelación de tierras para optimizar eficiencia de riego por superficie en sistema de riego Majaguas. Portuguesa, Venezuela.	29
Sostenibilidad de proyectos agrícolas bajo riego.....	30
Calibración y validación de modelos para el rendimiento hídrico del acuífero confinado de San Diego, Venezuela	31
Restauración de la calidad del agua con énfasis en la eliminación de plaguicidas organoclorados y condiciones eutróficas en Ríos de los estados Carabobo y Aragua – Venezuela aplicando técnica in situ (Sistema de fitorremediación mediante <i>Chrysopogon zizanioides</i>) y técnica ex situ (Biorreactores acoplados). Casos: Río Chirgua, Río Paito, Río Guacara, Río Ereigüe y Río Tucutunemo	32
V.5. Memorias Interactivas.....	34

I. Objetivo del Simposio

Este simposio tuvo como objetivo construir una plataforma de actualización y discusión sobre el estado del arte de los recursos hídricos en Venezuela, sus características, potencialidades, amenazas y problemas, en la que todos los interesados: sectores de la administración pública, la academia, la investigación, la participación ciudadana, los medios de comunicación y la opinión pública relacionada, pudieran presentar distintos puntos de vista sobre el conocimiento y gestión del agua en el país como elemento fundamental para el desarrollo y el logro de la sostenibilidad hídrica.

El simposio estuvo abierto a la participación como ponentes de la amplia comunidad de gestores de conocimiento y actores de desarrollo asociados a los recursos hídricos de Venezuela. Este evento representó la oportunidad de presentar investigaciones, experiencias y prácticas que sirvan al manejo sostenible de los recursos hídricos del país. Además, se invitaron especialistas de otras naciones para compartir sus experiencias y conocimientos que contribuirán a enriquecer la perspectiva venezolana con enfoques y soluciones asociadas a sus diferentes contextos. La variedad de participantes y de temas presentados permitieron abrir espacios para el intercambio de ideas y estrategias que fortalezcan la gestión de los recursos hídricos y, por tanto, el desarrollo sostenible y la resiliencia a problemas ambientales y climáticos de nuestro país.

II. Modalidad del Simposio

El Tercer Simposio Venezolano de Recursos Hídricos se desarrolló bajo una modalidad híbrida virtual, combinando sesiones asincrónicas y sincrónicas. Esta estructura permitió aprovechar al máximo las ventajas de ambas modalidades, facilitando la participación de un mayor número de asistentes. Las sesiones asincrónicas ofrecieron flexibilidad, permitiendo a los participantes acceder a los contenidos académicos en cualquier momento, mientras que, las sesiones sincrónicas, fomentaron la interacción en tiempo real, lo que enriqueció el intercambio de ideas y experiencias. Esta combinación aseguró una amplia difusión del conocimiento y una mayor inclusión de la comunidad interesada en la gestión de los recursos hídricos.

Las sesiones asíncronas se encuentran disponibles en el Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) del Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT) de nuestra Ilustre Universidad de Los Andes (ULA) <https://cidiatula.com/aulavirtual>, donde se pueden visualizar el contenido alojado en la plataforma de YouTube de la institución (CIDIATula) www.youtube.com/@cidiatula5209.

III. Programa

El contenido programático del Tercer Simposio Venezolano de Recursos Hídricos constó de una diversidad de participantes que abordaron diversos temas, los cuales permitieron abrir espacios para el intercambio de ideas y estrategias que fortalecerán la gestión de los recursos hídricos en el país.

Martes 26 de noviembre

Mañana Hora	Consideraciones sobre la información básica: limitaciones, opciones y nuevas tecnologías. Gestión del agua institucionalidad y gobernanza
8:55	Emisiones anuales de plástico para las zonas costeras de Venezuela y sus efectos en la biodiversidad. Kretheis Márquez B.
9:20	Modelado Hidrogeológico conceptual de las aguas termales presentes en las microcuencas del Sector La Mesa, población de Tabay, Mérida-Venezuela. Jonathan Díaz, Lenis Prado
9:45	Aproximación a un nuevo método de predicción de variables hidrológicas. Caso: cuenca del Río Urama, Venezuela. Edilberto Guevara
10:10	Evaluación de modelos institucionales para la prestación de servicios de agua potable y saneamiento a nivel municipal. Caso: Municipio de San Joaquín, Venezuela. Kerlyn Lugo
10:35	Detección de cambios en el uso y la cobertura del suelo mediante técnicas de teledetección satelital en la cuenca del Río Pao, Venezuela
11:00	Análisis morfométrico de la cuenca del Río Turbio, mediante sistemas de información geográfica, Lara. José Lozano

Tarde Hora	Sesión Síncrona
2:30	Palabras de Bienvenida: Patricia Roesenwich Levy, Luis Sandia. José Ochoa
3:00	Conferencia Magistral: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático de los sectores agricultura, pesca y recursos hídricos. Kretheis Márquez B.
3:50	Conferencia Magistral: Explorando el impacto del cambio climático sobre los cultivos de Venezuela. Oscar Silva

Miércoles 27 de noviembre

Mañana Hora	Procesos y riesgos: eco hidrología, inundaciones, sequía y cambio climático. Disponibilidad del agua y gestión de los recursos hídricos
8:55	Reflexiones metodológicas en torno al acceso y gestión del agua en una zona del semiárido larense. Francisco Calvani
9:20	Implementación de HydroBID-WAM en Venezuela. Luis Mora Mora
9:45	Relación entre las enfermedades de origen hídrico con las regiones hidrográficas. Verónica Joffre
10:10	Requerimientos para obtener las concesiones/asignaciones y licencias de los recursos hídricos en Venezuela. Ausberto Quero

10:35	Modelado espaciotemporal de erosión del suelo y rendimiento de sedimentos en la cuenca del río Tucutunemo, Venezuela. Samuel Cárdenas
11:00	Método para pronosticar el riesgo de inundaciones en un país tropical. Caso: Cuenca del río Pao. Adriana Márquez

Tarde Hora	Sesión Síncrona
2:30	Conferencia Magistral: Cuenca del Lago de Maracaibo: Hacia una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Susana Batista
3:15	Conferencia Magistral: Sistemas fotovoltaicos sobre embalses, la solución inmediata para la crisis energética en Venezuela. Pedro Mora

Jueves 28 de noviembre

Mañana Hora	Nuevos enfoques aplicados a la gestión de los recursos hídricos. Usos del agua, seguridad alimentaria e hídrica
8:55	Nuevas Corrientes: los caudales ambientales en la planificación hídrica moderna. Luis B. Bastidas
9:20	Modelamiento de manejo del Humedal Urama, Venezuela. Nereida López
9:45	Desarrollo de modelos híbridos y acoplados para el diseño de filtros anaeróbicos de flujo ascendente mediante múltiples etapas separadas en la eliminación de materia orgánica de lixiviados de rellenos sanitarios. Julio Isaac Maldonado
10:10	Diseño de un Sistema de abastecimiento de Agua para la Comunidad de Las Veritas, Municipio Morán del Estado Lara, Haciendo Uso de las Herramientas Kobotoolbox y Epanet. Sebastián Dugarte
10:35	Cinética del crecimiento de células microbianas, utilización de sustratos orgánicos y producción de metano en filtros anaeróbicos de flujo ascendente en dos y tres etapas separadas para el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios. Julio Maldonado
11:00	Biorremediación In Situ y Ex Situ de un acuífero contaminado con hidrocarburos en la Zona Industrial La Guacamaya – Estado Carabobo, Venezuela. Caso: Estación de Servicio de Combustibles El Prado. Adriana Márquez

Tarde Hora	Sesión Síncrona
2:30	Conferencia Magistral: Evolución del Derecho de Aguas y resolución de controversias en el Perú. Edilberto Guevara
3:10	Conferencia Magistral: Calidad de las Aguas Subterráneas en Venezuela. Hervé Jégat

Viernes 29 de noviembre

Mañana Hora	Usos del agua, seguridad alimentaria e hídrica. Hidro-informática y simulación
8:30	Remoción de Componentes Orgánicos en Aguas Residuales mediante un Reactor del Tipo Biopelícula Sumergida Aireada. Edilberto Guevara
8:55	BOORIE-WNTR: Una Herramienta de Apoyo para los Servicios de Agua Potable. Luis Mora Mora
9:20	Análisis de variación temporal de plaguicidas organoclorados en agua y sedimentos en la cuenca del río Tucutunemo, Venezuela. Samuel Cárdenas
9:45	Nivelación de tierras para optimizar eficiencia de riego por superficie en sistema de riego majaguas. Portuguesa, Venezuela. Rafael España
10:10	Sostenibilidad de proyectos agrícolas bajo riego. José Antonio Pérez Roas
10:35	Calibración y Validación de Modelos para el Rendimiento Hídrico del Acuífero Confinado de San Diego, Venezuela. Gerardo Arturo Huguet Sierra
11:00	Restauración de la Calidad del Agua con Énfasis en la Eliminación de Plaguicidas Organoclorados y Condiciones Eutróficas en ríos de los estados Carabobo y Aragua – Venezuela Aplicando Técnica In Situ (Sistema de Fitorremediación Mediante <i>Chrysopogon zizanioides</i>) y Técnica Ex Situ (Biorreactores Acoplados). Casos: río Chirgua, río Paito , río Guacara, río Ereigüe y río Tucutunemo. Adriana Márquez

Tarde Hora	Sesión Síncrona
2:30	Conferencia Magistral: Aportes a la Gobernanza para la Reducción del Riesgo Hidroclimático. Alejandro Liñayo
3:10	Conferencia Magistral: Impactos de la Modelación Numérica en Proyectos de Inversión en América Latina y El Caribe. Mauro Nalesso

IV. Instalación

Para dar inicio formal al simposio se contó con las palabras de la Vicerrectora Académica de la Universidad de Los Andes, Dra. Patricia Rosenzweig Levy, el director del Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT-ULA), Dr. Luis Sandia, y el vicepresidente de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, Dr. José Ochoa Iturbe. Cada uno expresó su agradecimiento a las instituciones que organizaron el Simposio, así como a los miembros del Comité Organizador, evento que ha tenido una preparación de casi un año de intenso trabajo.

También resaltaron la importancia de seguir generando espacios como estos, donde la participación de ponentes con gran trayectoria en la investigación, la académica, la asistencia técnica y la gestión pública de los recursos hídricos, presentan sus experiencias y hallazgos. Con ello se ofrecen perspectivas nacionales e internacionales que contribuyen a superar los grandes retos actuales de la gestión del agua como lo son: el estrés hídrico, la cantidad y calidad de agua para suplir las necesidades del desarrollo, y la búsqueda de mecanismos, orientaciones, visiones y estrategias que permitan alcanzar en Venezuela una adecuada Gestión Integral de los Recursos Hídricos.



Dra. Patricia Rosenzweig Levy,
Vicerrectora Académica de la ULA



Dr. Luis Alfonso Sandia Rondón
Director del CIDIAT-ULA
Presiente de la Academia de Mérida (AM)



Dr. José Ochoa Iturbe
Vicepresidente de la Academia
Nacional de la Ingeniería y el Hábitat

V. Resúmenes

V.1 Consideraciones sobre la información básica: limitaciones, opciones y nuevas tecnologías. Gestión del agua institucionalidad y gobernanza

Modelado Hidrogeológico conceptual de las aguas termales presentes en las microcuencas del Sector La Mesa, población de Tabay, Mérida-Venezuela

Díaz, Jonathan¹. Marcano, María¹. Toro, Rosibeth¹. Prado, Lenis²

1 Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica.

2 Laboratorio de Isótopos Estables, Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT)

leniscarolap@gmail.com

El estudio de las aguas termales en el estado Mérida, Venezuela, se basa en los modelos propuestos por Pinagua (1992) en el cual destaca tres posibles orígenes para las aguas termales: magmático, mixto y meteórico, siendo este último el asociado a la zona de estudio y sustentado por Urbani (1992) en donde expresa que las fuentes termales en el país se encuentran distribuidas en franjas paralelas a las principales zonas de fallas que limitan o cortan las cordilleras. En sector La Mesa de Tabay, Mérida, Venezuela, se identificaron cuatro fuentes termales de origen telúrico en las dos microcuencas: Santa María y La Mesa. A pesar de su importancia, carecían de estudios hidrogeológicos, por lo tanto, se llevaron a cabo estudios que abarcaron análisis fisicoquímicos e isotópicos, datos permitieron desarrollar un modelo hidrogeológico conceptual para la zona, proporcionando información crucial sobre la dinámica y el comportamiento de las aguas termales y su relación con la geología local.

La metodología implementada en este proyecto se basa en los lineamientos propuestos por Arias (2012), clasificando los estudios según su profundidad y diseño. Se cataloga como un estudio exploratorio y descriptivo que combina literatura y métodos de campo para lograr una comprensión integral del fenómeno en estudio, dividiendo este procedimiento en tres fases separadas para garantizar un proceso coherente y completo.

El modelo hidrogeológico conceptual se desarrolló combinando los resultados de los análisis fisicoquímicos e isotópicos con la información geológica y morfológica obtenida. El modelo se generó con ayuda del programa QGIS

V.3.32, Surfer V5.2 y Easy_quim V2012 (versión libre), proporcionando una comprensión detallada de la dinámica de las aguas termales y su interacción con la geología local en el área de estudio.

Las temperaturas de surgencia de estas fuentes, oscilaron entre 30,2 °C y 50 °C, siendo las más mineralizadas los manantiales MT-2 y MT-3.

Las aguas termales estudiadas en la investigación exhiben temperaturas hipotermas y mesotermas, junto con un pH neutro-alcalino y una concentración mineral elevada, aunque no alcanzan los niveles para ser consideradas aguas termo-minerales. Se detecta una predominancia de cationes de sodio, calcio, y potasio, con un mínimo contenido de magnesio, mientras que los aniones muestran una secuencia de sulfato, bicarbonato y cloruro. La clasificación temporal basada en un diagrama de Piper sugiere una evolución en la composición mineralógica de sulfatos cálcico-sódicos a sulfatos sódicos, indicando posibles cambios en el aporte mineral a lo largo del tiempo, con implicaciones sobre la permanencia actual de las aguas en el subsuelo.

La correlación de los valores isotópicos de las aguas con la línea meteórica mundial confirmó su origen en zonas cercanas al Ecuador, con tendencia a la condensación en áreas montañosas, frías y de mayor altitud. A partir de los isótopos estables de deuterio y oxígeno-18, se estimó la cota de infiltración en las microcuencas, ubicando el punto de infiltración entre los 2500-2600 m.s.n.m en Santa María y entre los 2000-2200 m.s.n.m en La Mesa. Además, la relación entre el gradiente geotérmico y las temperaturas superficiales permitió estimar la profundidad máxima de origen de las aguas, situándola entre los 720 m.s.n.m para La Mesa y los 290 m.s.n.m para Santa María.

Al no existir actividad volcánica en el país, las aguas termales son el resultado de la filtración del agua atmosférica en el suelo y están influenciadas por factores como las precipitaciones, la pendiente del terreno y las propiedades de las rocas. En el estado Mérida se producen aguas termales debido a la

intensa actividad tectónica, dando lugar a aguas termales como las encontradas en el sector de Tabay. Estas aguas, situadas principalmente en las rocas ígneo-metamórficas de la Asociación de Sierra Nevada, constituyen un atractivo científico y turístico regional. El estudio pretendía evaluar la composición fisicoquímica e isotópica de estas aguas para desarrollar un modelo hidrogeológico conceptual que permita observar con claridad las entradas, recorrido y salidas de las aguas, así como conocer su composición mineralógica y su relación con la geología local.

Aproximación a un nuevo método de predicción de variables hidrológicas. Caso: cuenca del río Urama, Venezuela

Guevara, Edilberto ¹. Márquez, Adriana ¹. Pérez, Sergio ¹. Buroz, Eduardo ²

1 Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales, Universidad de Carabobo

2 Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat de Venezuela.

eguevara@uc.edu.ve ammarquez@uc.edu.ve sperezz@uc.edu.ve eduardo.buroz@gmail.com

En este artículo se propone una aproximación a un nuevo método para la predicción espacio - temporal de variables hidrológicas en cuencas denominado CIHAM-UC-SPF-HV. Esta aproximación se planteó utilizando como variables hidrológicas la precipitación y evaporación medidas en 174 y 82 estaciones de monitoreo respectivamente, durante el período 1960-2000 ubicadas en la zona UTM 19 Norte de Venezuela y la variable indirecta estimada mediante un balance hídrico. Comprende las etapas:

1) Recolección de datos hidrológicos, 2) Estimación de la predicción espacial de variables hidrológicas, 3) Pronóstico temporal de parámetros derivados del modelo estadístico de predicción espacial para variables hidrológicas, 4) Pronóstico espacio-temporal de variables hidrológicas y 5) Validación de los resultados en las variables hidrológicas previstas.

Las principales ventajas son: a) la combinación de componentes aleatorios deterministas y espacialmente correlacionados, ambos sustentados en registros históricos asociados a series temporales de variables hidrológicas, y b) múltiples estructuras matemáticas contribuyen a predecir los parámetros del modelo de pronóstico espacial estadístico de las variables hidrológicas, seleccionando aquella cuyo patrón y tendencia estacional sea la más cercana a los valores observados. El método es adecuado para reproducir el patrón espaciotemporal entre los valores observados y pronosticados por debajo de dos desviaciones estándar de los valores medios.

En el presente estudio se ha evaluado el método CIHAM-UC-STF-HV para el pronóstico espacio - temporal de variables hidrológicas en cuencas encontrando que el método produce resultados adecuados, reproduciendo el patrón espacio-temporal entre valores observados y pronosticados por debajo de dos valores estándar (desviación de los valores medios). El método CIHAM-UC-STF-HV tiene como ventajas:

a) combinación de componentes aleatorios y deterministas: Este método integra componentes aleatorios deterministas y espacialmente correlacionados, ambos basados en registros históricos de series temporales de variables hidrológicas. La cantidad y ubicación de las estaciones de monitoreo utilizadas para la predicción espacial pueden variar según la escala temporal seleccionada para el estudio.

b) aplicación de múltiples estructuras matemáticas: Se pueden emplear diversas estructuras matemáticas para pronosticar los parámetros del modelo estadístico de estimación espacial de las variables hidrológicas. Se selecciona la estructura que mejor represente el patrón estacional y la tendencia observada en los datos.

c) reducción de parámetros pronosticados: El método requiere pronosticar un número reducido de parámetros para lograr una predicción espacio-temporal adecuada de las variables hidrológicas.

d) alcance del pronóstico espacio-temporal: La duración del pronóstico espacio-temporal puede extenderse hasta cubrir el patrón estacional de las variables hidrológicas.

e) predicción en zonas sin registros históricos: Las áreas sin registros históricos de variables hidrológicas pueden obtener estimaciones precisas mediante este método.

f) finalmente, el CIHAM-UC-STF-HV ha sido validado utilizando variables hidrológicas directas e indirectas, mostrando una buena correlación entre los valores observados y los pronosticados.

Evaluación de modelos institucionales para la prestación de servicios de agua potable y saneamiento a nivel municipal. Caso: municipio de San Joaquín, Venezuela

Lugo, Kerlyn ¹. Peraza, Yorman ¹. Márquez, Adriana ¹. Guevara, Edilberto ¹. Pérez, Sergio ¹. Buroz, Eduardo ²

1 Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales, Universidad de Carabobo

2 Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat de Venezuela.

kerlynlugo@gmail.com msc.yorman.peraza@gmail.com Ammarquez@uc.edu.ve eguevara@uc.edu.ve sperezz@uc.edu.ve
eduardo.buroz@gmail.com

En este estudio se evaluaron modelos de prestación de servicios de agua potable y saneamiento para el Municipio San Joaquín, Estado Carabobo, Venezuela, administrados por el Instituto Municipal Autónomo del Agua de San Joaquín (IAGUASANJO). Para ello, se emplearon tres índices de gestión propuestos de manera integrada para agua potable y saneamiento, un índice modelo para la prestación de servicios de agua potable y un índice modelo para la prestación de servicios de saneamiento.

El método aplicado en este estudio constó de cuatro fases: 1) identificación del arreglo institucional de las empresas proveedoras de DWSS en el SJM-CS, 2) análisis de los modelos de provisión de DWSS en el SJM-CS, 3) establecimiento de los modelos de gestión de la provisión de DWSS en el SJM-CS, y 4) creación de índices del modelo de provisión DWSS en el SJM-CS.

El modelo de prestación de los servicios de agua potable y saneamiento (DSAS) en el Municipio San Joaquín (SJM), estado Carabobo (CS), República Bolivariana de Venezuela, resultó en un tipo de modelo de gestión pública directo-complejo representado por una estructura horizontal con participación de empresas públicas-delegados en las representaciones de la Empresa Hidrológica Central (HIDROCENTRO) y del IAGUASANJO. Bajo este modelo, IAGUASANJO gestiona la prestación del DWSS a los consejos comunitarios, asociaciones privadas (condominios de planificación urbana) e industrias que conforman la labor territorial en el municipio. Desde su creación en 2020 hasta la actualidad, IAGUASANJO ha seguido un perfecto alineamiento con los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el marco de la Agenda 2030 establecida por Naciones Unidas.

El modelo para la provisión de DWSS en SJM-CS estuvo representado por la evaluación de varios índices de gestión de la calidad del agua con enfoques para consumo humano y agua para riego agrícola donde se encontraron excelentes resultados, demostrando los niveles favorables de las características fisicoquímicas de las aguas subterráneas del acuífero de SJM-CS, constituyendo una fuente de agua segura para cubrir la demanda requerida por los habitantes del SJM-CS. Asimismo, de manera específica, este estudio ha evaluado y propuesto tres índices de gestión, involucrando un índice a tener en cuenta de manera integrada a la prestación de servicios de agua potable y saneamiento (IMPSAPS), un índice modelo para la prestación de servicios de agua potable. servicios de agua (IMPSAP) e índice modelo de prestación de servicios de saneamiento (IMPSS), según el cual IAGUASANJO ha orientado el 65 % de las actividades a la prestación de servicios de saneamiento y el 35 % de las acciones a la prestación de servicios de agua potable en el periodo 2020-2023, llevando a validar sus acciones para mejorar significativamente la calidad del DWSS.

Detección de cambios en el uso y la cobertura del suelo mediante técnicas de teledetección satelital en la cuenca del río Pao, Venezuela

Márquez, Mairim ¹. Márquez, Adriana ¹. Farías De Márquez, Bettys ¹. Guevara, Edilberto ¹. Pérez, Sergio ¹. Buroz, Eduardo ².

1 Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales, Universidad de Carabobo

2 Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat de Venezuela.

mmarquer@uc.edu.ve ammarquez@uc.edu.ve bfarias@uc.edu.ve sperez@uc.edu.ve eduardo.buroz@gmail.com

En esta investigación, se procedió a la detección de cambios en el uso y cobertura del suelo (LULC) en una cuenca tropical. Se evaluaron diez métodos de detección de cambios; nueve de ellos fueron clasificados como métodos basados en píxeles y el último correspondió al método de objetos clasificados. Se adquirieron once imágenes del satélite Landsat en el período comprendido entre 1986 y 2016. La adquisición de datos del satélite se realizó desde el sitio web Earth Explorer. Se adquirieron once imágenes Landsat; donde estaba contenida la cuenca del río Pao. La escena fue identificada bajo el sistema de referencia mundial correspondiente a la fila (005) y ruta (053). Las series temporales de imágenes de tres satélites Landsat se pueden agrupar de la siguiente manera: 1) L5TM (1986, 1990, 1991, 1998, 2001), 2) L7ETM (1999, 2000, 2002, 2003) y 3) L8OLI (2015 y 2016). Los criterios para seleccionar la serie temporal de imágenes Landsat fueron la misma estación de cada año y la menor cobertura de nubes, aerosoles y neblina. Los datos de referencia fueron representados por imágenes de Google Earth. Los porcentajes de área de cambio según cada método de detección de cambios de preclasificación fueron: a) Diferencia de imagen: 7 a 10%, b) Relación de imagen: 0,5 a 3%, c) Diferencia de imagen NDVI: 1 a 4% y d) Diferencia de imagen del componente principal: 4 a 10%. Los métodos de posclasificación contribuyeron con los métodos de preclasificación a una mejor aproximación a la proporción de diferencia de área asociada a cada uso/cobertura del suelo ocurrido en la zona de estudio. Entre los métodos de posclasificación, se encontró que la máquina de soporte de vectores proporcionó resultados más aproximados entre éstos y sus índices de precisión son superiores a los obtenidos mediante el algoritmo de máxima verosimilitud. Se evaluaron diez métodos de detección de cambios; nueve de ellos fueron clasificados como métodos basados en píxeles y el último correspondió al método de objetos clasificados. El método de detección de cambios basado en el píxel con mayor capacidad para estimar cambios LULC fue componentes principales utilizando el componente N° 1 en comparación con el resto de métodos como diferencia de imágenes, relación de imágenes, regresión de imágenes e índice de vegetación de diferencia normalizada. Este método incluyó la mayor variación en los valores de reflectancia en las regiones espectrales visible e infrarroja alrededor de LULC (coberturas agrícolas, de pastizales y urbanas, así como agua, vegetación y suelos degradados). Este método se puede complementar con los métodos de relación de imágenes y de vectores de cambio para conseguir una mejor detección de aquellos cambios asociados a una transformación de la cobertura de agua a vegetación, y en sentido contrario.

Análisis morfométrico de la cuenca del río Turbio, mediante sistemas de información geográfica, Lara

Lozano, José ¹.

¹ Universidad de Los Andes. Centro Interamericano de Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT)
lozano.jose@ula.ve

Las características morfométricas y la cuantificación de sus magnitudes según Méndez M. (2016), son elementos esenciales para la interpretación de la influencia de este en la dinámica hidrológica de las cuencas, dada su incidencia en eventos socionaturales, acentuadas por factores como la falta de planificación ambiental, desarrollo urbano inadecuado, degradación ambiental, pobreza y desigualdad, vulnerabilidad de los medios de vida rurales y la debilidad de la gobernanza hídrica.

El objetivo fue determinar e interpretar los parámetros morfométricos de la Cuenca del Río Turbio hasta la estación Sata Rosa, su incidencia en los riesgos de inundación pluvial y factores desencadenantes de desastres naturales. La metodología se fundamentó en el uso de los Sistemas de Información Geográficos de código abierto como y el acceso a fuentes geoespaciales de información.

El área de estudio comprende la cuenca del Río Turbio hasta la estación Santa Rosa, posee una superficie de 282.47 km², un perímetro de 142.48 km, una elevación media de 1206 metros sobre el nivel del mar, pendiente media de 7.21 %, longitud del cauce de 49. 57 Km, elevación máxima de 2412 metros sobre el nivel del mar indicando relieve muy alto, que indica terreno montañoso, textura de suelos fina, un factor de forma o índice de Horton con un valor de 0.1149, que indica que estamos ante la presencia de una cuenca de forma alargada, baja susceptibilidad a inundaciones repentinas, coeficiente de compacidad de forma rectangular-oblonga, se evalúan los métodos de tiempos de concentración de Kirpich (Tc), Kerby (Tc), Giandotti (Tc), Témez (Tc), USDA (Tc), se define el método de Giandotti como el más adecuado, el cual aplica para cuencas rurales montañosas entre 170 y 7000 km², definiéndose un tiempo de concentración de 104 minutos, para el diseño de estructuras hidráulicas, planeación y gestión de recursos hídricos en la cuenca bajo estudio.

Explorando el impacto del cambio climático sobre los cultivos de Venezuela.

Silva, Óscar ¹.

¹ Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay.

oscarsilvae@gmail.com

Se presentan resultados en avance sobre escenarios de cambio climático en Venezuela y el impacto que sufrirían algunos cultivos en varias localidades del país. Se estima que la temperatura tenderá a aumentar en todo el país. La precipitación mostró un comportamiento mucho más variable, pero en general, se observa una tendencia a su disminución en la mayoría del territorio. Los cambios de temperatura y precipitación pueden dar origen a tipos climáticos distintos (definidos a partir de la relación ETP/P). En general, ello puede poner en riesgo a las zonas agrícolas. El cambio climático estimado puede variar según la localidad y según el modelo climático global. No obstante, en general, se estiman reducciones de la disponibilidad de humedad (con extensión del período seco y reducción del húmedo) e incrementos de temperatura en las localidades evaluadas. El incremento de temperatura puede ser determinante para la reducción del rendimiento, independientemente de cómo se haya afectado la disponibilidad de humedad. La mayoría de los cultivos evaluados (maíz, frijol, soya, yuca, sorgo) podría disminuir su rendimiento por efecto de la reducción de la disponibilidad de humedad, por incrementos de la temperatura, o por ambas al mismo tiempo. Algunos cultivos bajo riego en algunas zonas (tomate, arroz, caña de azúcar) podrían incrementar ligeramente su rendimiento, siempre y cuando no se superen los límites admisibles de temperatura. No obstante, el riego no siempre podría ser una medida admisible de adaptación, pues se muestran casos en que, aunque se evite el déficit hídrico, debido al incremento de la temperatura, se limita el desarrollo del cultivo. La importancia del incremento de la temperatura en la reducción del rendimiento de los cultivos apunta a la relevancia del mejoramiento genético como estrategia de adaptación. Si bien no fue evaluado en estas experiencias, es necesario considerar elementos de mitigación ante el cambio climático, como la emisión de metano y la volatilización del nitrógeno.

**V2. Procesos y riesgos: ecohidrología,
inundaciones, sequía y cambio climático.
Disponibilidad del agua y gestión de los
recursos hídricos**

Reflexiones metodológicas en torno al acceso y gestión del agua en una zona del semiárido larense

Calvani, Francisco ¹

¹ Universidad Católica Andrés Bello, Escuela de Ciencias Sociales.

fcalvani@gmail.com

El estudio de caso en consideración se refiere a la problemática del acceso al agua por parte de siete comunidades rurales localizadas en la región semiárida de Siquisique (estado Lara), donde, la escasez de agua constituye uno de sus principales rasgos definitorios, lo cual se traduce en particulares dificultades, tanto para la actividad humana como para la preservación ambiental.

El agua es un componente esencial para la vida, altamente frágil, que no tiene sustituto. Si bien, ella ocupa las 3/4 partes de la superficie del planeta, apenas una pequeña fracción, de apenas el 0,3%, es agua dulce accesible al consumo humano.

A pesar de que Venezuela cuenta con importantes recursos hídricos, éstos se encuentran desigualmente repartidos a lo largo del territorio nacional, siendo las zonas semiáridas y áridas las que lo resienten con mayor fuerza. Ellas apenas representan el 5% del territorio nacional.

Desafortunadamente, las poblaciones que habitan estos espacios son poco numerosas, viven pobremente, en precarias condiciones de vida. Todas ellas funcionan en base a una economía familiar de subsistencia, donde la migración campo ciudad es un hecho frecuente. A pesar de las precariedades existentes, sus pobladores se han adaptado a vivir bajo estas vulnerables condiciones y manifiestan un importante apego a su terruño.

Dentro de este espacio se ubica nuestro caso de estudio, un pequeño Proyecto de desarrollo -AQUA-, cuyo propósito central se orienta al fortalecimiento de actores para la gestión sostenible del agua en la búsqueda de alternativas que mejoren las condiciones de vida de los habitantes de Siquisique.

En este Proyecto participan tres instituciones (Fundación Tierra Viva, Acción Campesina A.C., Redsoc) bajo la coordinación central de Fundación Tierra Viva, contando con el apoyo financiero de la Unión Europea, donde cada una tenía definido su espacio de actuación. Acción Campesina asume la experiencia de Siquisique, siendo el acceso al agua su eje central de actuación. El Proyecto tuvo una duración de cuatro años, entre febrero 2019 y febrero 2023.

Las comunidades seleccionadas tenían serios problemas de acceso al agua, surtiéndose bien sea a través de camiones cisternas o al uso errático de alguno que otro pozo artesanal. Con la acción del Proyecto se logran rescatar y/o mejorar varios de dichos pozos, así como constituir y capacitar a los comités de gestión de agua en cada comunidad.

Al inicio del Proyecto se evidencia la complejidad del mismo y la escasez de propuestas metodológicas específicas, en la cual se combinan acciones de desarrollo social con procesos ingenieriles que requieren de alguna experticia. De allí que, a partir de las bases programáticas se fueron delineando progresivamente los componentes metodológicos específicos a la experiencia de Siquisique.

Los componentes metodológicos establecidos a partir de la práctica cotidiana son los siguientes:

- 1) Articulación inter-institucional desde la cual aprovechar las experticias locales y disponer de algunos recursos que permitiesen complementar los esfuerzos en curso.
- 2) Acompañamiento técnico y organización de los esfuerzos comunitarios en el rescate y/o rehabilitación de las soluciones de agua
- 3) Desarrollo y fortalecimiento de las capacidades locales, tanto de los pobladores como de los funcionarios en la conformación y atención de los comités de gestión de agua.
- 4) Desarrollo de las capacidades de los comités de gestión de agua en la administración y gestión de recursos propios para el mantenimiento de la correspondiente solución de agua.

5) Sensibilización en torno a las consideraciones ambientales en la protección y conservación de los pozos y/o de las fuentes de agua.

De allí que, este caso de estudio pretende no solamente presentar los esfuerzos realizados en la búsqueda de mejores condiciones de vida en el contexto semiárido, sino también sistematizar los componentes metodológicos de intervención, que permitan su replicabilidad en situaciones similares.

Implementación de HydroBID-WAM en Venezuela

Mora, Luis ¹. Nalesso, Mauro ².

¹ Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT)

² Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

lemoramora@gmail.com mauron@aidb.org

El objetivo del siguiente trabajo es presentar la implementación inicial de HydroBID-WAM en Venezuela, destacando su importancia para la gestión de recursos hídricos frente al cambio climático. HydroBID, desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), es un sistema integrado de simulación del ciclo del agua que se ha especializado en tres módulos principales: HydroBID-WAM para la oferta de agua, HydroBID-Alloc para la asignación de demandas de agua, y HydroBID-Flood para el análisis de crecidas e inundaciones.

En América Latina y el Caribe (ALC), ha revolucionado la gestión hídrica al proporcionar una herramienta de uso libre con una extensa base de datos de más de 300,000 cuencas, conocida como AHD LAC. Esta base de datos ha redefinido la información de línea base para la región, facilitando análisis detallados y simulaciones precisas que ayudan a cuantificar los impactos del cambio y la variabilidad climática.

En el contexto específico de Venezuela, se destaca la colaboración con el Centro de Soporte HydroBID (CeSH-BID) y el Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial de la Universidad de Los Andes (CIDIAT-ULA). Entre octubre de 2021 y febrero de 2023, se llevó a cabo un taller de formación dirigido a cuadros técnicos venezolanos, enfocado en la implementación de HydroBID-WAM. Este taller fue crucial para expandir el uso de HydroBID en el país, permitiendo una implementación extensiva del modelo en diversas cuencas.

La metodología utilizada para la implementación incluyó la formación a través de talleres, el análisis detallado de seis cuencas seleccionadas en Venezuela (Alto Tocuyo, río Chama, río Motatán, río Uribante, río Caroní y río Hueque), y el uso de datos históricos y de sensores remotos para complementar la información. Se emplearon técnicas avanzadas como el método de downscaling delta para analizar modelos de cambio climático y se evaluaron diferentes escenarios de impacto climático en las cuencas estudiadas.

Los resultados obtenidos de la simulación para cuencas específicas como la del río Uribante y la del río Alto Tocuyo mostraron una buena calibración del modelo con datos históricos, así como proyecciones preocupantes de disminución en la producción hídrica bajo escenarios futuros de cambio climático (por ejemplo, una posible reducción del 27% en la producción de la cuenca del río Uribante para el período 2080-2100 bajo el escenario RCP 2.6).

Finalmente, las conclusiones resaltan que HydroBID-WAM se posiciona como una herramienta efectiva para la gestión y simulación de recursos hídricos en Venezuela, a pesar de los desafíos como la falta de datos diarios, que se abordan mediante técnicas especializadas de procesamiento de información. La implementación exitosa y los resultados obtenidos demuestran el potencial de HydroBID para apoyar decisiones estratégicas y políticas en la gestión del agua frente a los desafíos del cambio climático en la región.

En resumen, HydroBID no solo mejora la disponibilidad de información crucial para la gestión hídrica, sino que también fortalece las capacidades técnicas y analíticas en países como Venezuela, promoviendo un manejo más eficiente y sostenible de los recursos hídricos en un contexto de cambio climático global.

Requerimientos para obtener las concesiones/asignaciones y licencias de los recursos hídricos en Venezuela

Quero, Ausberto ¹.

¹ Centro de Ingenieros del estado Zulia (CIDEZ)

aquero25@yahoo.com

Los recursos hídricos en Venezuela tienen una distribución muy variada, en cuanto a las aguas superficiales como a las aguas subterráneas. El país cuenta con una enorme cantidad de recursos hídricos, representados por grandes ríos, lagos y zonas pantanosas. El territorio es drenado por más de un millar de ríos, 124 de los cuales poseen cuencas mayores de 1.000 Km². En relación con las aguas subterráneas se estima que los acuíferos representan una superficie total de unos 829.000 Km², cuyos estudios preliminares, han determinado ocho mil millones de metros cúbicos por año.

Bajo tales circunstancias, al margen de la disponibilidad que existe, el aprovechamiento de dichos recursos, debe considerar el uso sostenible para garantizar en el tiempo la cantidad y calidad de los mismos, razón por la cual a los efectos de la presentación en este III Simposio, se hará énfasis a los compromisos que los usuarios(as) de esos recursos deben de cumplir como requerimientos mínimos, para obtener los permisos necesarios ante la autoridad competente el Ministerio del Poder Popular para la Atención a las Aguas (MINAGUAS), considerando lo establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, la Ley de Aguas y su Reglamento, que indican como requerimiento presentar un Estudio de Impacto Ambiental y Socio Cultural (EIASC), para obtener la autorización que permitan hacer uso de los recursos hídricos de manera eficiente y controlada en el tiempo.

La información a reportar en el EIASC, consta del uso que se le dará al recurso hídrico, caudales promedios en la captación, estudio técnico del balance demanda-disponibilidad del recurso sustentado con análisis hidrológico, cronograma y descripción técnica del aprovechamiento y de la infraestructura para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución, análisis físico químico de las aguas, identificar los posibles impactos asociados al aprovechamiento, el programa de seguimiento/ monitoreo y el plan de supervisión ambiental, así como los estudios técnicos basados en los análisis hidrogeológicos del caso.

Modelado espacio temporal de erosión del suelo y rendimiento de sedimentos en la cuenca del río Tucutunemo, Venezuela

Cárdenas, Samuel ¹. Márquez, Adriana ¹. Guevara, Edilberto ¹. Pérez, Sergio ¹.

¹ Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales, Universidad de Carabobo

sfcardenas@uc.edu.ve , ammarquez@uc.edu.ve eguevara@uc.edu.ve

En este trabajo se presenta la modelación espacio-temporal de erosión del suelo y rendimiento de sedimentos en la cuenca del río Tucutunemo, Venezuela, para los meses de 2015. Los modelos USLE y Langebein-Schumm fueron adaptados a productos de teledetección como imágenes satelitales Landsat y el Modelo de elevación digital global ASTER de 30 metros de resolución espacial. La precipitación mensual se modeló utilizando modelos estadísticos de predicción espacial basados en Krigging Ordinario a partir de registros de 23 pluviómetros. Las precipitaciones de 30 minutos durante la época seca fueron inferiores a 35 mm, correspondientes a un tipo de precipitación que provocó una condición seca del suelo mientras que la precipitación en la época de lluvias varió entre 35 y 50 mm, dejando una humedad moderadamente alta en el suelo. Los eventos de precipitación mayores a 50 mm ocurrieron con menor frecuencia; se registraron tres eventos en los meses de julio, agosto y octubre para 2015. El factor de erosionabilidad (K) fue mayor en los inceptisoles con respecto a los molisoles. El factor de longitud de pendiente (L) se definió utilizando una longitud de pendiente de campo de 100 m, que es una dimensión asociada a la longitud promedio de los surcos en las parcelas agrícolas. La pendiente (S), influyó en el signo positivo o negativo como indicador de la dirección del escurrimiento del agua sobre el terreno. El cambio de dirección fue significativo en la zona montañosa de la cuenca del río Tucutunemo. El factor de manejo de cultivos (C) y la práctica de conservación (P) dependieron del uso y la cobertura del suelo. La erosión del suelo y el rendimiento de sedimentos en la cuenca del río Tucutunemo alcanzaron valores altos hacia la parte alta y media de la cuenca reduciendo la magnitud hacia la parte baja. Además, las magnitudes de la erosión del suelo y la producción de sedimentos fueron influenciadas por las estaciones seca y lluviosa. La cuenca del río Tucutunemo es una zona rural donde los principales LULC, son actividades agrícolas, vegetación y suelos degradados. Las actividades agrícolas se desarrollaron en la parte media de la cuenca. Mediante este estudio se encontró que la erosión del suelo y la producción de sedimentos se produjeron en la parte alta y media de la cuenca. Según la ubicación, ocurrieron precipitaciones de 30 minutos en una magnitud de moderada a alta durante la temporada de lluvias. Las precipitaciones provocaron la mayor cantidad de erosión del suelo y producción de sedimentos en la parte alta y media de la cuenca donde el suelo era tipo inceptisoles, mientras que estos fenómenos fueron menores en la parte baja de la cuenca donde el suelo era tipo molisoles, que eran suelos cohesivos debido al contenido de arcilla.

Método para pronosticar el riesgo de inundaciones en un país tropical. Caso: cuenca del río Pao

Márquez, Adriana ¹. Márquez, Mairim ¹. Farías De Márquez, Bettys ¹. Guevara, Edilberto ¹. Pérez, Sergio ¹. Buroz, Eduardo ².

¹ Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales, Universidad de Carabobo

² Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat de Venezuela

ammarquez@uc.edu.ve mmarquer@uc.edu.ve bfarias@uc.edu.ve eguevara@uc.edu.ve sperez@uc.edu.ve
eduardo.buroz@gmail.com

En este estudio, se propone un método novedoso para pronosticar el riesgo de inundaciones denominado CIHAM-UC-FFR en un país tropical. El área de estudio es la cuenca del río Pao, Venezuela. El método se basa en el proceso lluvia-escorrentía. El método CIHAM-UC-FFR consta de tres etapas: 1) calibración y validación del modelo de precipitación efectiva, denominado modelo CIHAM-UC-EP, 2) calibración de los modelos de pronóstico para los componentes del modelo CIHAM-UC-EP, 3) modelo propuesto para la previsión del riesgo de inundaciones en malla denominado CIHAM-UC-FR. El modelo CIHAM-UC-EP tiene una estructura matemática derivada de un modelo conceptual obtenido aplicando el principio de conservación de masa combinado con el principio adaptado de la ley de Fick. El modelo CIHAM-UC-FR es una ecuación estocástica basada en la probabilidad de excedencia de la precipitación efectiva pronosticada. El objetivo principal del método CIHAM-UC-FFR es proporcionar información para tomar decisiones que contribuyan a prevenir las consecuencias de las inundaciones protegiendo a los seres humanos y los bienes. El método propuesto podría clasificarse como híbrido, que puede aplicarse para obtener valores agrupados o distribuidos en las principales variables de interés pronosticadas, estimadas utilizando modelos propuestos para la precipitación efectiva (CIHAM-UC-EP) y el riesgo de inundaciones (CIHAM-UC-FR) dependiendo de la disponibilidad de información local. En general, el método CIHAM-UC-FFR incluyó varias categorías de modelos para sus componentes: 1) CIHAM-UC-EP (Evento, parámetros conceptuales/cuasi-conceptuales, agrupados/distribuidos, medidos/ajustados), 2) Precipitación (Evento, distribuido/acumulado, empírico, estocástico, parámetro ajustado), 3) Parámetros de CIHAM-UC EP (Evento, agrupado, empírico, estocástico, parámetro ajustado), 4) Función probabilística para CIHAM-UC EP (Evento, agrupado/distribuido, empírico, estocástico, parámetro ajustado), 5) CIHAM-UC-FR (Evento, distribuido, empírico, determinista, parámetro ajustado). Las ventajas de aplicar el método propuesto se basan en: 1) la actualización de la calibración de ecuaciones debido a que ofrece una fácil incorporación de nueva información para realizar la recalibración continua de los componentes del modelo CIHAM UC-EP mediante el uso de series temporales de precipitación medida a partir de pluviómetros y series temporales de imágenes satelitales para el factor LULC, 2) la adaptabilidad de los tres parámetros incluidos en el modelo CIHAM-UC-EP para ser derivados mediante algoritmos de ajuste matemático u obtenidos a partir de mediciones de campo, lo que conduce a CIHAM- El UC-EP puede clasificarse como modelo conceptual o cuasiconceptual. El parámetro de atenuación del flujo (A_f) se puede obtener midiendo la tasa de infiltración para una longitud de flujo determinada, expresada en $m^2 h^{-1}$. El tiempo de atenuación del flujo (t) se puede obtener a partir del tiempo de concentración medido casi físicamente. Se muestran varios escenarios para un futuro en el que el riesgo de inundación disminuye progresivamente a medida que aumenta el parámetro de vida esperada de la estructura hidráulica.

V3. Nuevos enfoques aplicados a la gestión de los recursos hídricos. Usos del agua, seguridad alimentaria e hídrica

Nuevas Corrientes: los caudales ambientales en la planificación hídrica moderna

Bastidas, Luis ¹. Vich, Alberto ². Henao, Ángela ³.

¹ Andes Geo Inc

² Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA- IDEARN)

³ Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT)

luisbastidas@gmail.com ajvich@mendoza-conicet.gob.ar hangelamaria@gmail.com

Los caudales ambientales son esenciales para mantener la salud de los ecosistemas acuáticos y el bienestar humano, especialmente en áreas con recursos hídricos limitados. La Declaración de Brisbane y la Agenda de Acción Global sobre los Caudales Ambientales de 2018 proporcionan pautas para garantizar la cantidad y calidad adecuadas de agua dulce para sostener los ecosistemas acuáticos y los servicios que proporcionan a las sociedades.

En regiones donde la disponibilidad de agua es escasa y su demanda es alta, la gestión de los recursos hídricos se vuelve crucial. La extracción excesiva de agua para uso agrícola y urbana ha llevado a vastas regiones a la desecación de sus humedales, afectando tanto a la biodiversidad como a las comunidades locales que dependen de ellos.

La implementación de la estrategia de los caudales ambientales requiere un enfoque integrado que involucre políticas, regulaciones y prácticas culturales para garantizar su efectividad y beneficios a largo plazo. Además, el cambio climático agrava la situación al aumentar el riesgo de degradación de los ecosistemas acuáticos, lo que subraya la urgencia de actuar para proteger e implementar los caudales ambientales.

La ausencia de implementación de los caudales ambientales pone en peligro la existencia de ecosistemas, comunidades y economías en regiones con recursos hídricos limitados. En el caso del centro-oeste argentino (cuenca del río Atuel, sureste de la provincia de Mendoza), caracterizado por un clima semiárido y sequías recurrentes, la situación es especialmente grave. Durante décadas, la presión sobre los recursos hídricos en los grandes oasis irrigados ha llevado a la construcción de tres represas, produciendo una disminución de los caudales naturales hacia la cuenca baja, para detrimento de los ecosistemas riparios y comunidades asociadas (incluyendo a la porción de la cuenca sobre la limítrofe provincia de La Pampa, generando un conflicto legal interprovincial).

Así como sucede en varias regiones de Argentina, en el mundo existen diversos ejemplos que requieren la necesidad urgente de implementar los caudales ambientales (p. ej., centro de Australia, Mar de Aral, Lago Chad, interior de California, entre otros).

En Venezuela, los caudales ambientales toman especial relevancia en términos de su cantidad en regiones semiáridas (p. ej., noroeste de Falcón) y por su calidad en áreas urbanas o de explotación agrícola, cuyos efluentes podrían causar problemas en la salud de ecosistemas y sociedades.

Si bien la convención Ramsar de protección internacional de humedales insta a las partes contratantes (de la cual Venezuela es firmante) a proteger estos espacios, la presión humana y la falta de regulaciones efectivas continúan amenazando estos ecosistemas vitales.

Garantizar los caudales ambientales adecuados es fundamental para proteger la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y el bienestar humano, especialmente en regiones con recursos hídricos limitados. De esta forma, estos caudales conforman una parte importante dentro de la planificación integrada de los recursos hídricos, cuya implementación permite obtener un balance entre las necesidades económicas y ambientales de agua, y la oferta natural del recurso que ofrece cada sistema hidrológico.

Modelamiento de manejo del Humedal Urama, Venezuela

López, Nereida ¹. Márquez, Adriana ¹. Pérez, Edilberto ¹. Pérez, Sergio ¹. Buroz, Eduardo ².

¹ Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales, Universidad de Carabobo

² Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat de Venezuela.

nereidalopezster@gmail.com ammarquez@uc.edu.ve

eguevara@uc.edu.ve sperezz@uc.edu.ve eduardo.buroz@gmail.com

Este artículo presenta, como novedad, una propuesta de modelamiento de manejo del humedal Urama, Venezuela. El modelo se basa en la combinación de los componentes y criterios establecidos en el 4to Plan Estratégico 2016 – 2024 de la Convención RAMSAR sobre Humedales con la Taxonomía de Bloom. Los resultados del análisis cualitativo contribuyeron a establecer el alcance del grado de compromiso de los países latinos a través del plan estratégico de manejo de humedales propuesto (WMSP) y su implementación demostrada en la 13ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes. El modelo de manejo de humedales propuesto constituye una herramienta para contribuir con un índice de modelo de manejo integral de humedales, resultado de la ponderación de los índices asociados a la Taxonomía Bloom en cinco niveles que incluyeron conocimiento, comprensión, aplicación, evaluación y creación, los cuales fueron influenciados por la implementación en los países latinos de metas vinculadas a los objetivos de un WMSP-RAMSAR. El modelo de gestión de humedales tropicales se logró teniendo en cuenta los WMSP de dieciocho (18) países latinos. Las técnicas aplicadas para interpretar los WMSP han sido ampliamente aplicadas en diversos estudios como la matriz Fortalezas-Debilidades-Oportunidades-Amenazas (FODA), la Taxonomía de Boom y el Sistema de Información Geográfica (SIG). Se generó una herramienta compuesta por una matriz modelo de criterios múltiples que permitió asignar un peso que representa el grado de cumplimiento de cada país latino con los WMSP para detectar el alcance en cinco niveles o etapas, los cuales se establecieron como base de la Taxonomía Bloom (conocimiento, comprensión, aplicación, evaluación y creación). Se encontró que el nivel más alto de implementación del WMSP lo ejecutan México (América Latina) y España (Europa), seguidos por Costa Rica (Alto), Honduras y Panamá (Centroamérica) y Colombia, Ecuador, Perú y Chile (Sur-América) en el nivel medio, y Guatemala, El Salvador, Nicaragua (Centroamérica), Venezuela, Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina (Suramérica) en el nivel bajo. Los resultados obtenidos fueron validados gracias a la declaración dada por cada país en los eventos RAMSAR sobre evaluación del cumplimiento de los WMSP celebrados en los últimos años. El modelo de manejo de humedales tropicales propone una herramienta para evaluar a nivel de unidad el cumplimiento de los WMSP de un país en particular. Además, detectar los alcances o brechas que deben complementarse comparándolos con otros países, como resultado de este posicionamiento relativo, definir objetivos y realizar planes de acción complementando o cubriendo en el diseño y cumplimiento de los WMSP de cada país.

Desarrollo de modelos híbridos y acoplados para el diseño de filtros anaeróbicos de flujo ascendente mediante múltiples etapas separadas en la eliminación de materia orgánica de lixiviados de rellenos sanitarios

Maldonado, Julio ¹. Márquez, Adriana ². Guevara, Edilberto ². Pérez, Sergio ².

¹ Grupo de Investigación Ambiental: Agua, Aire y Suelos, Universidad de Pamplona

² Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales, Universidad de Carabobo

jimaldonadom@hotmail.com ammarquez@uc.edu.ve eguevara@uc.edu.ve sperez@uc.edu.ve

En este artículo se presentan tres novedades, tipo de reactor, modelos híbridos y acoplados para el diseño de reactores UAF-MSS (Upflow Anaerobic Filter – Multiple Separated Stages), y los coeficientes cinéticos para el desempeño del UAF-MSS en la demanda química de oxígeno (DQO) remoción de lixiviados de rellenos sanitarios. Se propuso la formulación, calibración y validación de estructuras matemáticas de modelos híbridos y cinco modelos acoplados para reactores UAF-2SS y UAF-3SS. Los modelos híbridos se basaron en la ley de conservación de masa, estimando el componente de transformación de la materia orgánica dentro de los reactores UAF-2SS y UAF-3SS a partir de ecuaciones empíricas que han sido probadas en reactores de cultivo aeróbico, adaptadas a factores experimentales, entre ellos, aquellos bajo condiciones advectivas no estacionarias basadas en la Ley de Velz, la Ley de Phelps y la ecuación de Monod. Los modelos acoplados combinaron componentes del transporte molecular por procesos de biosorción y difusión molecular, con adaptaciones de la ecuación de Stack y la ley de Fick, así como la transformación de sustratos orgánicos por biomasa, cuyos coeficientes cinéticos contribuyeron a explicar la fracción en la que se desarrollan los procesos de movilidad y la transformación bioquímica de la materia orgánica se estaba produciendo en la biomasa dentro de los biorreactores. El parámetro cinético asociado a la tasa máxima de utilización del sustrato (SUR) resultó en un valor medio aproximado que varía en el orden de 10^0 y 10^1 d^{-1} para UAF-MSS. Los valores del coeficiente de biosorción variaron en el orden de 10^{-3} a 10^{-1} m^3 kg^{-1} d ($0,1 - 100$ L kg^{-1} d) para biorreactores de biopelícula fija, lo que indica que, en un momento dado, la mayoría de las moléculas contaminantes estaban biodisponibles en el agua superficial y era menos probable que fueran absorbidos por el sedimento. En consecuencia, la DQO mostraba una tendencia a disolverse en agua y en menor proporción a absorberse en biopelículas. El coeficiente de difusión molecular (D M), D MV y D MH variaron entre 10^{-1} y 10^2 m^2 s^{-1} . La tasa de transporte y transformación del sustrato fue significativamente diferente entre el movimiento vertical y horizontal. Se descubrió que el número de etapas o fases de los nuevos filtros biológicos influía en la eliminación de DQO. Las eficiencias de eliminación de DQO aumentaron entre 1,3 y 3,5 veces desde el reactor UAF-2SS hasta el reactor UAF-3SS. En los modelos híbridos y acoplados, el mejor desempeño en la aproximación de los valores medidos en relación a los resultados pronosticados de los modelos fueron las ecuaciones para el reactor UAF-2SS y el reactor UAF-3SS, cuyos modelos acoplados consistieron en una combinación del modelo de proceso de transporte (sorción -desorción y difusión molecular) y modelos de transformación basados en la tasa de utilización del sustrato por los microorganismos.

Diseño de un sistema de abastecimiento de agua para la comunidad de Las Veritas, municipio Morán del estado Lara, haciendo uso de las herramientas KoboToolBox y Epanet

Dugarte, Sebastián ¹. Mendoza, Maigualida ².

¹ Instituto Universitario de Tecnología “Antonio José de Sucre”

² Instituto Politécnico Universitario Santiago Mariño, extensiones Barinas y Puerto Ordaz
sebastianjd2003@gmail.com maigua@gmail.com

Siguiendo los lineamientos de una investigación del tipo de campo descriptiva, se realizó el estudio del caso del caserío Las Veritas, ubicado en el municipio Morán del estado Lara, quien fue escenario de irregularidades continuas en su suministro de agua, haciéndose notar en las diferencias de cargas en función de la sectorización, o inclusive la carencia de suministro de agua. Estos planteamientos dieron justificación para la realización de la propuesta de un replanteamiento del sistema hidráulico de esta comunidad, centrándose en la elaboración de un prediseño hidráulico basándose en el uso conjunto de la plataforma KoboToolBox para la toma de los puntos geográficos de los tramos de tubería existentes y viviendas, así como la herramienta de simulación hidráulica EPANET. En base a esto, se definieron los siguientes objetivos:

Objetivo General: Realizar el diseño de un sistema de abastecimiento para la comunidad de Las Veritas, Municipio Morán del Estado Lara, haciendo uso principal de las herramientas KoboToolBox y Epanet.

Objetivos Específicos:

- Determinar la dotación de agua necesaria para el número de habitantes de la comunidad.
- Levantar puntos geográficos de interés utilizando la herramienta KOBO, registrando coordenadas de viviendas, almacenamientos y tramo existente de la línea de aducción.
- Caracterizar la cuenca alimentadora del sistema y con ello determinar la capacidad aportante de la quebrada El Corozal al punto de toma.
- Simular con la información recabada el diseño detallado del sistema de abastecimiento a plantear, utilizando la herramienta EPANET.

En primer término, se recabó la información requerida en campo mediante la plataforma de encuestas KoboToolBox, misma que permite la tabulación de coordenadas geográficas junto con otros campos seleccionados en su plataforma. Esta información fue la base de la metodología de trabajo planteada para la ejecución de la propuesta, misma que comenzó con la caracterización de la cuenca aportante desde el punto definido como toma principal para determinar si la quebrada poseía la capacidad de suministrar agua a la comunidad; Dicha caracterización fue realizada en base al flujo de trabajo que posibilita las herramientas basadas en el concepto emergente de la hidrología computacional haciendo uso de software SIG, siendo en este contexto utilizado el programa ArcGIS y usando como dato base un modelo digital de terreno aproximado al área de la cuenca, además de un archivo ráster de cobertura terrestre generado con inteligencia artificial y mapas de tipos de suelos.

Luego de ser caracterizado la cuenca aportante, se determinó la demanda total requerida para la comunidad, siendo aplicado a su vez incrementos porcentuales que prevean las variaciones en la demanda futura y las posibles pérdidas de flujo. En base a este dato se concluyó que la quebrada posee la capacidad de proveer a la comunidad del recurso hídrico. Teniendo esto claro, se procedió finalmente a la realización del prediseño hidráulico, simulando el sistema utilizando la herramienta EPANET, logrando con esto definir una conexión directa entre la plataforma Kobo y EPANET haciendo uso de una macro de Excel para la importación directa de los puntos geográficos requeridos.

Cinética del crecimiento de células microbianas, utilización de sustratos orgánicos y producción de metano en filtros anaeróbicos de flujo ascendente en dos y tres etapas separadas para el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios

Maldonado, Julio ¹. Márquez, Adriana ². Guevara, Edilberto ². Pérez, Sergio ².

1 Grupo de Investigación Ambiental: Agua, Aire y Suelos, Universidad de Pamplona

2 Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales, Universidad de Carabobo

jimaldonadom@hotmail.com ammarquez@uc.edu.ve sperezz@uc.edu.ve

Este artículo aborda la cinética de crecimiento de células microbianas, utilización de sustratos orgánicos y producción de metano en Filtros Anaeróbicos de Flujo Ascendente en Dos y Tres Etapas Separadas (UAF-2SS y UAF-3SS) que tratan lixiviados de relleno sanitario, bajo tres temperaturas (20, 27, y 34 °C), alimentados con Cargas Orgánicas Volumétricas (VOLs) para UAF-2SS (1.8, 2.25, 2.76, 3.45, 3.71, 4.64 kg DQO (Demanda Química de Oxígeno)m⁻³ d⁻¹) y UAF-3SS (1.7, 2.25, 2.44, 2.6, 3.15, 3.45, 3.5, 4.57, 4.64, 6.31, 11.61, 14, 18, 17.48 kg DQO m⁻³ d⁻¹). Los parámetros cinéticos se obtuvieron a temperatura (20-34 °C), pH (8,8-9,1), cada una de las tres etapas dentro de los reactores UAF-2SS y UAF-3SS que contienen bacterias metanogénicas (metanococos) sp y metanobacteria sp) y Clostridium sp : La tasa máxima de utilización del sustrato (r m,s) resultó en 100 mg DQO/L/h, la tasa máxima de crecimiento de células microbianas (μ_m) varió entre 100 y 1000 UFC (Unidades formadoras de colonias) mL⁻¹ h⁻¹, metano (CH₄) la tasa de producción (r_{m,CH₄}) tendió a variar de 1 a 10 mg CH₄ d⁻¹ y el coeficiente de producción máximo (Y) varió de 0 a 100 UFC/mL/h/ mg DQO /L/h. El desempeño de los reactores UAF-2SS y UAF-3SS en la remoción de materia orgánica, expresada como Demanda Química de Oxígeno (DQO), contenida en lixiviados de relleno sanitario con fuertes niveles de contaminación, estuvo influenciado por el aumento de la temperatura a 20 °C, 27 °C y 34 °C, obteniendo comparativamente una reducción de aproximadamente 1,5 veces en la DQO en el efluente del reactor con fraccionamiento en tres etapas. Tanto para los reactores UAF-2SS como para los UAF-3SS, la tasa máxima de utilización del sustrato (r_s) fue del orden de 100 mg L⁻¹ h⁻¹. Para la muestra de bacterias examinadas (metanogénicas –methanobacterium y metanococo-, clostridium), la tasa máxima de crecimiento (r_(g,m)) fue similar a temperaturas de 20 °C y 27 °C y aumentó significativamente a una temperatura de 34 °C (10.000 UFC)mL⁻¹ h⁻¹ para Metanobacteria sp) del orden de 100-1000 veces, así como también se encontró que la tasa de crecimiento celular microbiano (r_g) se mantuvo entre 100-1000 UFC mL⁻¹ h⁻¹ para cada una de las etapas en el reactor UAF-3SS a 34 °C. El coeficiente de producción de células microbianas por unidad de sustrato utilizado (Y) fue sensible a la temperatura y a las especies microbianas ascendiendo de 1 a 100 (UFC/mL/h) /(mg/L/h). La tasa de producción de metano (r_{CH₄}) y el coeficiente de producción de metano por tasa de sustrato utilizado fueron constantes y similares independientemente de la secuencia y número de etapas en los reactores UAF-MSS, así como de la temperatura, tomando valores en el primero de 1-10 mg CH₄ d⁻¹ y 0,01 (mg d⁻¹) (mg/L⁻¹ h⁻¹)⁻¹.

Biorremediación in situ y ex situ de un acuífero contaminado con hidrocarburos en la zona industrial La Guacamaya – Estado Carabobo, Venezuela. Caso: estación de servicio de combustibles El Prado

Márquez, Adriana ¹. Freytez, Estefanía ². Maldonado, Julio ³. Cárdenas, Samuel ¹. Pérez, Manuel ⁴. Luque, Oswaldo ⁵. Guevara, Edilberto ¹. Pérez, Sergio ¹. Madriguera, Castillo De Eduardo ⁶.

¹ Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales, Universidad de Carabobo

² Agroindustrial, Universidad Centro-Occidente Lisandro Alvarado (UCLA)

³ Grupo de Investigación Ambiental: Agua, Aire y Suelos, Universidad de Pamplona

⁴ Guacara, Estado Carabobo

⁵ Universidad Central de Venezuela

⁶ Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat de Venezuela

ammarquez@uc.edu.ve estefaniafreytez@ucla.edu.ve jimaldonadom@hotmail.com Ammarquez@uc.edu.ve eguevara@uc.edu.ve
sperez@uc.edu.ve eduardo.buroz@gmail.com

El trabajo está enfocado en probar un nuevo método de biorremediación en un acuífero contaminado con hidrocarburos, ubicado en la Zona Industrial La Guacamaya, estado Carabobo, Venezuela. La contaminación se produjo por fugas de combustible de tanques subterráneos ubicados en el área de la Estación de Servicio de Combustibles El Prado (EPFSS). Se sitúa en una zona que comparte límites entre usos residenciales e industriales. Se desarrollará una propuesta de remediación ex situ a escala de laboratorio. Para el tratamiento del suelo, se proponen dos biorreactores acoplados que consisten en un reactor discontinuo de secuenciación de suelo-lodo (SS-SBR) y un filtro anaeróbico de flujo ascendente separados en tres fases (UAF-3SS). Estos biorreactores acoplados tratarán suelos que contienen hidrocarburos absorbidos en concentraciones superiores a las normas internacionales, permitiendo la ocurrencia de procesos de transferencia de masa al aire (volatilización) presentes en los espacios vacíos del suelo en la zona vadosa y en las aguas subterráneas (sorción-desorción) en la zona saturada. Para el tratamiento de aguas subterráneas, se utilizan biorreactores SBR-UAF-3SS. Cada biorreactor fue probado experimentalmente, demostrando un desempeño satisfactorio en la eliminación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de aguas residuales industriales que contienen sustancias inhibitoras (46-98%). La propuesta de remediación in situ se probará a escala piloto en el subsuelo dentro de EPFSS para comparar los coeficientes cinéticos del desempeño microbiano autóctono con el tratamiento de biorremediación ex situ, mediante la implementación de un sistema de rociado de aire en la zona saturada y un sistema de extracción de vapor del suelo en la zona no saturada. Ambos sistemas se instalarán en dos secciones transversales de suelo en el área de EPFSS que comprende quince pozos de monitoreo donde se determinaron las mayores concentraciones de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos (mixtos) e Hidrocarburos Totales de Petróleo en los estratos que comprenden la interfaz entre las zonas saturadas e insaturadas. a profundidades entre 3 y 8 m bajo la superficie del suelo. Se recomienda la implementación de la propuesta ex situ debido a dos aspectos principales, existe un metal pesado como el plomo en toda el área de la estación que puede causar inhibición de la biomasa autóctona para biodegradar los hidrocarburos, provocando restricciones importantes para la biorremediación in situ. Asimismo, existen suelos multicapa que contienen materiales arcillosos tanto en la zona vadosa como en las profundidades de la zona saturada que restringen significativamente la inyección de aire a la interfaz arcilla-arena que separa la zona no saturada de la zona saturada, donde se produce la mayor contaminación por hidrocarburos, así como la dificultad de transportar los compuestos orgánicos volátiles en fase de vapor en flujo en los múltiples estratos de la zona vadosa.

V.4. Usos del agua, seguridad alimentaria e hídrica. Hidro-informática y simulación

Remoción de componentes orgánicos en aguas residuales mediante un reactor del tipo biopelícula sumergida aireada

Guevara, Edilberto ¹. Márquez, Adriana ¹. Pérez, Sergio ¹. Buroz, Eduardo ².

¹ Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales, Universidad de Carabobo

² Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat de Venezuela.

eguevara@uc.edu.ve ammarquez@uc.edu.ve sperezz@uc.edu.ve eduardo.buroz@gmail.com

En esta investigación se diseña, construye y evalúa el funcionamiento de un reactor del tipo Biopelícula Sumergida Aireada (BSA) usando un sustrato sintético para remover cargas orgánicas expresadas a través de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_{5,20}) y Demanda Química de Oxígeno (DQO). El experimento y determinación de parámetros se llevaron a cabo en el laboratorio de la empresa Diseños Ambientales C.A. autorizado para hacer análisis de aguas por el Ministerio de Ambiente. El sustrato sintético se preparó diluyendo 120 g de sacarosa en un volumen de 200 L de agua potable. El reactor BSA consistió de una unidad en la cual los microorganismos desempeñaron sus funciones metabólicas en un medio aerobio, formando una delgada capa conocida como biopelícula. Ésta se encontró adherida a un medio de material polivinil cloruro (PVC) inerte y estacionario, sumergido totalmente dentro del volumen útil de del reactor. Los componentes del sistema incluyeron: a) tanque de almacenamiento del agua residual con un volumen de 200 L. b) el sistema de bombeo del agua residual consistió de una bomba de diafragma modelo A-48A, con una potencia de 0.004 Hp un caudal máximo de 7.5 L/h. El sistema de aireación del reactor y recirculación de lodos, estuvo integrado por un conjunto de mangueras plásticas de diámetro 3/16 pulgadas para conectar los difusores a tres sopladores, así como alimentar el reactor en 12 puntos. El sistema de aireación también fue usado para el proceso de recirculación de los lodos del sedimentador hacia el reactor mediante un sistema airlift. El reactor se construyó en material plexiglass, teniendo dimensiones: ancho: 40 cm, Largo: 40 cm, y altura de 70 cm, logrando volumen total de 112 L, y volumen útil de 105 L. El medio de soporte sólido estuvo constituido de 24 láminas corrugadas de PVC, con factor de área específica de 100 m² m⁻³. Las dimensiones del medio de soporte de la biopelícula empleadas de acuerdo con el tamaño del reactor fueron 37x39x55 cm. Se contó con 8 m² de área superficial para la fijación de la biopelícula. El sedimentador fue construido con forma de media tolva, área superficial de 24 cm² y caudal máximo de 60 L d⁻¹. La carga superficial del sedimentador fue de 1.5 m³ m⁻² d⁻¹ y tiempo de retención hidráulico de 10 h. El volumen del sedimentador se dividió en una sección rectangular de 20 L y una prismática de 5 L. La operación del reactor BSA se dividió en dos etapas: aclimatación de los microorganismos y tratamiento del efluente residual. En la etapa de aclimatación de la biomasa se usaron 30 L de lodos provenientes del digestor de una planta de textiles. La etapa de aclimatación de la biomasa duró un mes. Al finalizar esta etapa, la biopelícula alcanzó un espesor entre 0.5 y 2.9 mm. La concentración de oxígeno disuelto en el reactor varió entre 2 y 8 mg/L. En la etapa del tratamiento del agua residual, tres cargas orgánicas fueron aplicadas al reactor BSA (2.78 g DBO_{5,20}/m²/d, 1.85 g DBO_{5,20}/m²/d, 0.93 g DBO_{5,20}/m²/d DBO_{5,20}/m²/d), en correspondencia con tres cargas hidráulicas (7.5 L/m²/d, 5 L/m²/d, 2.5 L/m²/d), variando la tasa de flujo en 20, 40 y 60 L d⁻¹. El sustrato sintético alcanzó una concentración de materia orgánica expresada como DBO de 371 mg L⁻¹ y DQO de 1287 mg L⁻¹. La eficiencia de remoción de la materia orgánica en términos de DBO_{5,20} varió entre 71 y 97%, en DQO entre 54 y 96%. La remoción de la materia orgánica se incrementó a medida que la carga hidráulica disminuyó.

BOORIE-WNTR: una herramienta de apoyo para los servicios de agua potable

Mora, Luis ¹. Molina, Javier ². Cardillo, Juan ³.

¹ Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT)

² TribuCorp-DCKStudios

³ Escuela de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes

lemoramora@gmail.com

Se presenta la iniciativa desarrollada por TribuCorp-DCKStudios como un complemento a WNTR (Water Network Tool for Resilience), una herramienta de la Agencia USEPA para la gestión de sistemas de agua potable. WNTR, basada en EPANET, está diseñada para enfrentar desafíos como el envejecimiento de infraestructuras, gestión de riesgos y adaptación al cambio climático.

Boorie surge como una plataforma de libre uso que integra inteligencia artificial (IA) para mejorar la eficiencia en la gestión de sistemas de agua y saneamiento. Se enfoca en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 6 (agua limpia y saneamiento) y el ODS 13 (acción por el clima), buscando reducir la huella de carbono y optimizar el uso de recursos.

La metodología del estudio incluye la revisión de las capacidades y limitaciones de WNTR. Entre las capacidades destacadas se encuentran la construcción de modelos de red de agua, simulación de escenarios operativos y desastres, y la esqueletización de redes para gemelos digitales. Sin embargo, presenta limitaciones como la simulación de equipos de bombeo con velocidad variable y la falta de soporte para curvas de bombas más complejas.

Para hacer accesible WNTR a un público más amplio, se selecciona Streamlit como plataforma de ejecución, facilitando su uso a usuarios con conocimientos básicos de tecnología. Los usuarios pueden cargar sus redes en formato .inp y visualizar resultados a través de una interfaz web generada por Streamlit.

Además, Boorie se potencia con IA generativa, utilizando modelos de lenguaje como ChatGPT para responder preguntas específicas sobre la gestión de agua, mejorando así su utilidad como herramienta de apoyo para expertos hidráulicos y decisores.

Los resultados y discusiones del estudio se presentan mediante la plataforma Streamlit, mostrando análisis de criticidad de redes, esqueletización de grandes redes y comparaciones de tiempos de cálculo. Esto demuestra la capacidad de Boorie para generar salidas visuales y análisis relevantes para la toma de decisiones en la gestión de agua potable.

Se concluye que Boorie-WNTR ofrece una herramienta efectiva para la socialización del conocimiento en la gestión de sistemas de agua potable y saneamiento, destacando por su capacidad de integrar IA, facilitar el acceso a plataformas tecnológicas amigables como Streamlit y mejorar la eficiencia operativa bajo criterios de sostenibilidad y adaptación al cambio climático.

Perspectivas futuras incluyen la implementación de Boorie en proyectos respaldados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), demostrando su adaptación y utilidad en América Latina y el Caribe a partir de 2024, consolidando su rol como una herramienta clave en la industria 5.0 para empresas de agua potable y saneamiento.

Análisis de variación temporal de plaguicidas organoclorados en agua y sedimentos en la cuenca del Río Tucutunemo, Venezuela

Cárdenas, Samuel ¹. Márquez, Adriana ¹. Guevara, Edilberto ¹. Pérez, Sergio ¹.

¹ Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales, Universidad de Carabobo

sfcardenas@uc.edu.ve ammarquez@uc.edu.ve eguevara@uc.edu.ve sperez@uc.edu.ve

En este artículo se analiza como novedad la variación temporal de los plaguicidas organoclorados (POCs) en aguas y sedimentos en la cuenca del río Tucutunemo, Venezuela, influenciada por los usos agrícolas durante el periodo 2013-2016. Dentro del método aplicado, se recolectaron muestras de agua y sedimentos cada seis meses, en las temporadas seca (abril) y lluviosa (octubre), del periodo 2013 - 2016. En el río Tucutunemo, se identificaron por sus coordenadas UTM, tres estaciones o puntos de muestreo: E1, E2 y E3. En cada estación, se colectaron tres muestras que son repeticiones, tomadas cada 3 días, siguientes al inicio de la campaña de muestreo, de cada periodo climático. De modo que, en cada temporada, se recolectaron nueve muestras simples de agua. Las muestras de agua se tomaron manualmente y fueron colocadas en frascos de vidrio color ámbar, obtenidas en la línea central de la sección transversal del río, en la mitad de la profundidad del cauce. Las muestras de sedimento se recogieron como una fina lámina superficial a partir de una capa de 0 a 10 cm de espesor en lechos y márgenes del río, con un peso aproximado de 500 g. Estas muestras se pusieron en bolsas plásticas limpias de 2 kg de capacidad. La determinación analítica de los POCs se realizó en el Laboratorio de Calidad Ambiental del Ministerio de Ecosocialismo, Vivienda y Hábitat. En el período de estudio, se recogieron un total de 72 muestras de agua y 72 de sedimentos. Se realizó una revisión de casos, desde finales del siglo XX hasta la actualidad, respecto a la caracterización de POCs en agua y sedimentos, encontrando que, en aguas del río las concentraciones de DDT fueron similares al comparar con nueve estudios mientras que las concentraciones de DRINs fueron menores en diez veces que los observados en uno de un total de nueve estudios. Se recomienda incrementar el monitoreo de DRINs en agua de ríos. En los sedimentos, las concentraciones de DDT fueron similares al compararlas con 22 estudios de un total de 31 casos, mientras que las concentraciones de DRINs fueron 100 veces mayores que las observadas en diez de 31 estudios. Se recomienda incrementar el monitoreo de DRINs en sedimentos de ríos. El promedio de los POCs en agua y sedimentos variaron de la siguiente manera: pp'-DDT ($0,001 - 0,022 \mu\text{g L}^{-1}$), ($0,1 - 8,24 \mu\text{g kg}^{-1}$), op'-DDT ($0,001-0,021 \mu\text{g L}^{-1}$), ($0,51 - 5,76 \mu\text{g kg}^{-1}$), pp'-DDD ($0,001-0,01 \mu\text{g L}^{-1}$), ($0,14 - 1,96 \mu\text{g kg}^{-1}$), pp'-DDE ($0,001-0,027 \mu\text{g L}^{-1}$), ($0,52 - 7,32 \mu\text{g kg}^{-1}$), op'-DDE ($0,001-0,041 \mu\text{g L}^{-1}$), ($0,2 - 5,52 \mu\text{g kg}^{-1}$), Aldrin ($0,004-0,053 \mu\text{g L}^{-1}$), ($0,23 - 8,22 \mu\text{g kg}^{-1}$), Dieldrín ($0,001-0,032 \mu\text{g L}^{-1}$), ($1,13 - 6,82 \mu\text{g kg}^{-1}$), y Endrín ($0,001-0,008 \mu\text{g L}^{-1}$), ($1,16 - 7,60 \mu\text{g kg}^{-1}$). En el sector agrícola, se intenta controlar la aplicación de POCs para disminuir las concentraciones de estos plaguicidas que permitirían el uso potencial de las aguas para el consumo humano.

Nivelación de tierras para optimizar eficiencia de riego por superficie en sistema de riego Majaguas. Portuguesa, Venezuela.

España, Rafael ¹. Antonucci, Franco ¹. Urriola, Ricardo ¹. Quintero, José. Venturini, Pedro

¹ Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora"

respana1@gmail.com

El uso agrícola representa el 72 % del total de extracciones de agua dulce en el planeta para el año 2020 (FAO, 2023). Dentro de este uso, el riego por superficie consume el 95 % del agua extraída para riego. Optimizar la eficiencia del riego por superficie contribuye significativamente al Objetivo de Desarrollo Sostenible 6.4.2, que busca garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos. En este contexto, se ha desarrollado el presente trabajo con el objetivo de optimizar el uso del agua para riego en el sistema de riego Majaguas, ubicado en Portuguesa, Venezuela. Para lograr este objetivo, se diseñó la nivelación de tierras siguiendo criterios que protegen tanto el suelo como el agua. La metodología empleada incluyó los siguientes pasos:

Levantamiento topográfico de alta precisión: Se realizó un levantamiento topográfico utilizando una estación total con una precisión de 2 mm cada 1000 metros.

Diseño del mínimo movimiento de tierras: Se diseñó el movimiento de tierras con criterios ambientales y agrícolas, utilizando sistemas de información geográfica (SIG). El cálculo del movimiento de tierra se realizó mediante el método de mínimos cuadrados, ajustando un plano de proyecto que ayuda a preservar el suelo y el agua, haciendo un uso responsable de los recursos. Los criterios incluyeron un corte máximo de 8 cm y la preservación del 50 % del horizonte A del suelo.

Chequeo topográfico posterior al movimiento de tierra: Se realizó un chequeo topográfico con estación total después del movimiento de tierra. Al verificar el movimiento de tierra, se encontró que el 70 % de los lotes evaluados seguían el diseño propuesto.

Estimación de ahorro de agua y mejora en la productividad: Se estimó un ahorro en la cantidad de agua utilizada y una mejora en la productividad. La eficiencia de aplicación del riego mejoró en un 22 % en los lotes evaluados.

Sostenibilidad de proyectos agrícolas bajo riego

Pérez, José ¹. Proaño, Jaime ². Mora, Luis ¹. Rosales, José ¹.

¹ Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT)

² Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

prjose1950@gmail.com lemoramora@gmail.com j.rosales48@gmail.com

La sostenibilidad de los proyectos agrícolas bajo riego es un tema de creciente importancia a nivel mundial, dada la creciente demanda de alimentos, el cambio climático y la escasez de agua en muchas regiones como es el caso de las islas Galápagos en Ecuador y las regiones áridas de Venezuela. Un proyecto agrícola bajo riego se considera sostenible cuando satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades. Para que un proyecto agrícola bajo riego se considere sostenible debe ser viable técnicamente, legalmente, políticamente, institucionalmente, socialmente, ambientalmente y financiera y económicamente. Técnicamente es que las propuestas técnicas sean conocidas localmente y existan los insumos para la construcción de la misma. Legalmente es que el proyecto se realice bajo la normativa legal del país. Políticamente es que el proyecto contribuya con el desarrollo del país. Institucionalmente es que las instituciones implementadoras trabajen coordinadamente y cuenten con las capacidades técnicas y económicas para llevar adelante el proyecto. Socialmente es que el proyecto tenga equidad social, de género y con los grupos indígenas. Ambientalmente es que el proyecto tome en cuenta y controle los impactos del cambio climático sobre el proyecto y los impactos que el proyecto va a crear a los medios físico químico, biológico ecológico, social cultural y económico operacional en la zona donde se va implementar el mismo. Financieramente, significa que el proyecto sea rentable para los usuarios del mismo y económicamente es que el proyecto sea rentable para el país donde se va a implementar. En la práctica no es fácil reunir todas estas condiciones, por lo cual se hace uso de análisis multicriterio para ayudar a la selección de propuestas de proyectos agrícolas llamados “sostenibles” bajo riego. El análisis multicriterio es una herramienta poderosa para evaluar la sostenibilidad de proyectos agrícolas bajo riego, ya que permite considerar de manera simultánea y ponderada todos los criterios mencionados antes. Para realizar el análisis multicriterio, un panel de expertos les coloca pesos a cada criterio, que refleja la importancia relativa de los mismos. Luego, a cada proyecto, les coloca puntaje de mayor a menor según los resultados de evaluación que presenta cada proyecto para los diferentes criterios. Seguidamente, se multiplica los pesos por los puntajes de cada criterio para cada proyecto y se obtiene un valor de sostenibilidad para cada proyecto por experto. Se suman los puntajes de los diversos expertos y para cada proyecto se divide el valor encontrado por cada experto para cada proyecto entre la suma total anterior. El proyecto con mayor valor será el más sostenible.

Calibración y validación de modelos para el rendimiento hídrico del acuífero confinado de San Diego, Venezuela

Huguet, Gerardo ¹. Márquez, Adriana ¹. Guevara, Edilberto ¹. Pérez, Sergio ¹. Buroz, Eduardo ².

¹ Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales, Universidad de Carabobo

² Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat de Venezuela.

ammarquez@uc.edu.ve eguevara@uc.edu.ve sperezz@uc.edu.ve eduardo.buroz@gmail.com

Este artículo trata sobre la calibración y validación de modelos de rendimiento hídrico del acuífero confinado de San Diego, Venezuela. La novedad consiste en convertir en coeficientes aquellos parámetros asociados a la función de pozo propuesta por Theis para flujo no estacionario hacia un pozo en un acuífero confinado. Con base en el análisis de 28 perfiles litológicos proporcionado por el Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo (MINEC), se encontraron estratos de arcilla y arena fina a gruesa a profundidades que variaron entre 43 y 96 m bajo la superficie del suelo, lo que confirma la condición de un acuífero confinado. La caracterización de las variables de flujo hacia pozos en acuífero confinado del municipio de San Diego estuvo a cargo de 21 tesis de pregrado de la Universidad de Carabobo desarrolladas en el periodo 2015 al 2019. De ellos se realizaron 20 pruebas de bombeo a caudal variable midiendo caudal y nivel de agua en los pozos. En tesis de pregrado del Centro Hidrológico y Ambiental de la Universidad de Carabobo (CIHAM-UC), se utilizó una cinta aislante de doble hilo graduada en metros, modelo PLM, Seba. Hidrometría. Las propiedades asociadas a la transmisividad (T) y al coeficiente de almacenamiento (S) del acuífero se determinaron bombeando un caudal variable (Q) y midiendo el abatimiento durante varios intervalos de tiempo. Con base en valores de propiedades geofísicas obtenidos en 28 perfiles litológicos de pozos de bombeo del acuífero San Diego, el espesor saturado del acuífero varió entre 5 y 55 m, siendo 15 m el valor de ocurrencia más frecuente (40%). La permeabilidad en los estratos acuíferos varió de 50 a 1.200 m/d, siendo el intervalo de mayor frecuencia del 65%. Los valores más altos de Q se midieron en pozos de bombeo ubicados en áreas de uso industrial (15,6 L s⁻¹), recreativo (23,9 L s⁻¹) y educativo (19,7 L s⁻¹). Los parámetros T y S resultaron con la mayor frecuencia de ocurrencia (85%), correspondiente a valores de transmisividad entre 0 y 77 m² d⁻¹. En cuanto a los valores del coeficiente de almacenamiento, se encontraron valores asociados a la alta frecuencia (70%) del orden de 0,00001. Se calibró y validó la modificación del modelo Theis para un acuífero confinado, encontrándose ajustes satisfactorios para la predicción de los parámetros S y T. Los modelos propuestos obtuvieron coeficientes de determinación en una magnitud entre 75 y 85%, lo que indicó que las relaciones de $h_0 - h$ f(Q, T) y T f(S, r²/t) fueron descritas adecuadamente por la curvatura de las funciones propuestas. La etapa de validación demostró que se puede lograr una mejora de los modelos aumentando las pruebas de bombeo de flujo variable realizadas en el acuífero de San Diego.

Restauración de la calidad del agua con énfasis en la eliminación de plaguicidas organoclorados y condiciones eutróficas en Ríos de los estados Carabobo y Aragua – Venezuela aplicando técnica in situ (Sistema de fitorremediación mediante *Chrysopogon zizanioides*) y técnica ex situ (Biorreactores acoplados). Casos: Río Chirgua, Río Paito, Río Guacara, Río Ereigüe y Río Tucutunemo

Márquez, Adriana ¹. Freytez, Estefanía ². Maldonado, Julio ³. Cárdenas, Samuel ¹. Pérez, Manuel. Luque, Oswaldo ⁴. Guevara, Edilberto ¹. Pérez, Sergio ¹. Buroz, Eduardo ⁵.

¹ Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales, Universidad de Carabobo

² Agroindustrial, Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado

³ Grupo de Investigación Ambiental: Agua, Aire y Suelos, Universidad de Pamplona

⁴ Universidad Central de Venezuela (UCV)

⁵ Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat de Venezuela.

ammarquez@uc.edu.ve estefaniafreytez@ucla.edu.ve jimaldonadom@hotmail.com
eguevara@uc.edu.ve sperez@uc.edu.ve eduardo.buroz@gmail.com

Este trabajo aborda un enfoque para la restauración de la calidad del agua con énfasis en la eliminación de pesticidas organoclorados (OCPs) y condiciones eutróficas en ríos de los estados Carabobo y Aragua, Venezuela. La presencia de OCPs y condiciones eutróficas han provocado influencia en el manejo del acueducto centro-regional, como fuente de abastecimiento de agua para consumo humano (4 millones de personas) y producción industrial en los estados Carabobo, Cojedes y Aragua, Venezuela. Los tratamientos para la eliminación de OCPs y condiciones eutróficas consistirán en probar técnica in situ de biorremediación asociada a fitorremediación mediante *Chrysopogon zizanioides* (CZ) y técnica de biorremediación ex situ apoyada en biorreactores acoplados, Reactor Batch de Secuenciación (SBR) seguido de un Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente en Tres Etapas Separadas (UAF-3SS). Están involucrados cinco ríos conocidos como Chirgua, Paito Guacara, Ereigüe y Tucutunemo, cuyas aguas han sido clasificadas como hipereutróficas, y que contienen plaguicidas organoclorados (OCPs). Como muestra, para el río Tucutunemo, los OCPs incluyeron al DDT (diclorodifeniltricloroetano) y sus isómeros y los DRIN (Aldrin, Endrin y Dieldrin) disueltos en agua y absorbidos en sedimentos, los cuales fueron medidos durante las temporadas seca y lluviosa en el período 2013 a 2016, en tres estaciones de monitoreo distribuidas en un alcance de 15 km. Los resultados indicaron que la concentración de pp' - DDT disuelta en agua se incrementó hasta 10 veces desde la época de lluvias a la seca, indicando que se está realizando un uso permanente por parte de los agricultores en el desarrollo de la actividad agrícola. Las concentraciones constantes de los isómeros del DDT (p. ej., pp' -DDD y pp' -DDE) y de los isómeros de la aldrina (p. ej., dieldrín) demostraron que los procesos de biodegradación anaeróbica y aeróbica ocurrieron a lo largo del río y entre estaciones climáticas. A escala experimental, el sistema hidropónico VZ desarrollado durante un período de seis meses para la eliminación de nutrientes demostró eficiencias de eliminación de moderadamente bajas a altas. Con respecto a los biorreactores acoplados, cada biorreactor ha sido probado experimentalmente, demostrando un desempeño satisfactorio en la eliminación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de aguas residuales industriales que contienen sustancias recalcitrantes e inhibitoras (46-98%), la cual se estimó en el

afluente entre 3.500 y 5.500 mg. /L, lo que evidencia que el acoplamiento de biorreactores podría conducir a que la DQO en el efluente cumpla con las regulaciones ambientales.

V.5. Memorias Interactivas

El conjunto de memorias expuestas, constituye la recopilación de las presentaciones llevadas a cabo en el Tercer Simposio Venezolano de Recursos Hídricos, con el propósito de que el público en general, pueda acceder a las diferentes investigaciones realizadas por los ponentes adscritos a instituciones afines los recursos hídricos y que, en la actualidad siguen generando productos para ser expuestos en espacios como el presente simposio.

El repositorio interactivo con los resúmenes y las distintas presentaciones, se encuentran disponibles en la página web del CIDIAT-ULA. <http://web.ula.ve/cidiat/2025/09/25/memorias-del-tercer-simposio-venezolano-de-recursos-hidricos/>