

## RELATORÍA CONGRESO 60 AÑOS DE ERIS

### ACTIVIDAD 1: FORO “IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN EN LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO E INGENIERÍA SANITARIA”

#### EXPOSITORES:

*PhD. Ing. Félix Alan Douglas Aguilar*

*PhD. Ing. Stuart Oakley*

*PhD. Ing. Juan Manuel Morgan*

*PhD. Ing. Félix Santiago Collazo*

*PhD. Ing. Alfonso Gutierrez*

MODERADOR: PhD. Ing. Luis Alfaro

RELATOR: PhD. Ing. Dennis Argueta y PhD. Ing. Paris Rivera

HORARIO: 10:30 a 12:00

#### RELATORÍA

##### **Apertura y Bienvenida (09:30 a.m. - 10:00 a.m.)**

##### **Bienvenida**

La sesión de apertura fue realizada por el Ing. Hugo Rivera, Secretario de la Facultad de Ingeniería, quien inició la actividad con una breve reseña histórica sobre la fundación de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS), que celebra sus 60 años. Resaltó la relevancia de la ocasión, que reunió a expertos nacionales e internacionales en el campo de la ingeniería sanitaria y la gestión de recursos hídricos.

##### **Presentación de la Mesa de Honor**

El Ing. Rivera presentó a los miembros de la mesa de honor, quienes acompañaron el acto protocolario:

- Ing. Francisco Gómez Rivera – Decano de la Facultad de Ingeniería.
- Ing. Pedro Saravia – Director de ERIS.
- Ing. Rufino Salazar – Representante de la Dirección General de Investigación (DIGI).
- Ing. Álvaro Hugo Rodas, Gerente de EMPAGUA.
- Dr. Ing. David Aguilar de AGISA.

**Después de la presentación de la mesa de honor, se entonó el himno nacional.**

**Intervención del Director MSc. Ing. Pedro Saravia.**

El MSc. Ing. Pedro Saravia recordó la fundación de ERIS en 1964, destacando la visión de los fundadores y el compromiso con la sostenibilidad en los programas de posgrado. Mencionó la creación del programa de Ingeniería Sanitaria en Centroamérica, el cual evolucionó de una maestría en Artes a Ciencias y se complementó con un Doctorado en Ingeniería Sanitaria y Recursos Hídricos, un hito en la formación académica en la región.

Entrega de Reconocimientos: se realizó un reconocimiento a EMPAGUA por su colaboración continua con ERIS y su apoyo a los estudiantes que también laboran en esta entidad.

**Palabras del Ing. Álvaro Hugo Rodas de EMPAGUA**

El Ing. Rodas enfatizó la colaboración entre EMPAGUA y ERIS. Destacó que actualmente EMPAGUA opera seis plantas de tratamiento de aguas residuales y un número similar de instalaciones privadas, logrando tratar aproximadamente el 20% de las aguas producidas. También mencionó proyectos importantes, como el desarrollo de una planta de tratamiento en el sur de Villalobos, enfocada en el tratamiento de aguas que desembocan en el lago de Amatitlán. Subrayó la importancia de los megaproyectos de recarga hídrica y el aprovechamiento del agua de lluvia mediante tanques de almacenamiento y zanjas de infiltración en parques de la ciudad.

Reconocimientos Académicos y Motivación de Investigación En la continuación de la ceremonia, se rindió un homenaje al fundador de ERIS, en representación de quien estuvo presente su hija (Ingeniero García). A su vez, cada uno de los representantes de instituciones como DIGI (Lic. Rufino Salazar) y AGISA (Ing. David Aguilar) compartieron palabras de bienvenida y destacaron la importancia de la investigación y colaboración para afrontar los retos del agua y el cambio climático.

---

**Introducción del Foro**

**El foro fue presentado como un espacio de intercambio de conocimientos en gestión de recursos hídricos e ingeniería sanitaria, enfocado en responder a los desafíos contemporáneos del agua en un contexto de cambio climático.**

---

**Intervención del Dr. Ing. Félix Aguilar.** Durante su intervención, el Doctor Félix Aguilar, representante de ERIS, destacó la relevancia de la investigación en su relación con la docencia y la extensión universitaria. El Dr. Aguilar subrayó que el conocimiento científico debe aplicarse para mejorar normas nacionales y generar estudios adaptados a las realidades del país. En este contexto, mencionó la política de investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), la cual impulsa la modernización y el financiamiento de la investigación como parte de su compromiso institucional.

Para el Dr. Félix Aguilar, cualquier universidad debe basarse en tres pilares fundamentales: la docencia, la investigación y la extensión. En América Latina, reconoció que se ha avanzado en la formación de profesionales, pero señaló un vacío en la generación de conocimiento propio, lo cual ha convertido a la región en consumidora de información proveniente de otras latitudes. La investigación, puede reducir esta brecha al actualizar conocimientos y normas específicas para el país, generando así un conocimiento ajustado a la realidad local.

La extensión universitaria, otro eje clave, conecta a la academia con la sociedad. Dado que la USAC es una institución pública con un mandato constitucional, tiene la responsabilidad de abordar los problemas que afectan a las comunidades. Aguilar afirmó que la investigación puede contribuir a la mitigación y resolución de estas problemáticas, mediante mecanismos que incluyen la protección de la propiedad intelectual y el cumplimiento de condiciones éticas en la investigación.

Además, se destacó la importancia de fortalecer todas las fases educativas, desde el pregrado hasta el doctorado, e incluso los centros de investigación, promoviendo una vinculación integral entre estos niveles. A raíz de esta visión, en el 2023 se aprobó la modificación de la política de investigación de la USAC, con el propósito de adaptar los temas investigativos a las necesidades de la población guatemalteca, abordar la variabilidad climática y promover la innovación.

La nueva política de investigación de la USAC se fundamenta en cinco ejes: modernizar la estructura organizativa, hacer inclusivo y multidisciplinario el proceso de investigación, fomentar la formación de investigadores, incrementar las publicaciones de investigación y financiar el sistema de investigación. Aunque el Senacyt dispone de recursos limitados, la USAC incrementó su fondo de investigación desde 2019, y el Dr. Félix Aguilar hizo énfasis en la necesidad de transformar los procesos de asignación de recursos.

ERIS, la Escuela de Postgrado, ha logrado una acreditación regional en varios programas, siendo evaluada en aspectos como docencia, investigación y extensión. Actualmente, ERIS se encuentra en proceso de lograr su cuarta reacreditación. Entre sus contribuciones se destacan investigaciones sobre el control de inundaciones, la gestión de cuencas y cuerpos de agua subterráneos, y la modelación hídrica, que han generado un conocimiento valioso sobre la situación hídrica del país.

En el ámbito de la ingeniería sanitaria, la ERIS ha desarrollado estudios sobre la estratificación térmica en lagunas facultativas, coeficientes cinéticos en filtros percoladores, parámetros de diseño para trampas de grasa, y el reuso de coagulantes en plantas de tratamiento de agua potable, entre otros. Para facilitar esta investigación, ERIS ha establecido alianzas estratégicas con instituciones como DAAD, EMPAGUA, INSIVUMEH, INDE, ICC, MARN, y universidades internacionales.

Finalmente, El Dr. Aguilar mencionó la revista "Agua, Saneamiento y Ambiente" (ASA), que lleva más de 15 años publicando investigaciones y está indizada en Latindex y DOAJ, con un flujo de 30 a 40 visitas diarias. La revista es un ejemplo del esfuerzo de la ERIS por difundir el conocimiento científico y técnico en temas ambientales.

### **Se presentaron a los panelistas del foro**

Dr. Alfonso Gutiérrez de la Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Dr. Félix Santiago-Collazo de la Universidad de Georgia, Estados Unidos.

Dr. Stewart Oakley, Universidad Estatal de California, Chico, Estados Unidos.

Dr. Juan Manuel Morgan, Universidad Nacional Autónoma de México –UNAM–

### **Preguntas sobre tendencias de investigación**

#### **1. ¿Cuáles son las tendencias emergentes en la investigación sobre la gestión de recursos hídricos en las principales universidades a nivel internacional?**

- Dr. Morgan: "La tendencia en cada país depende del contexto y de las necesidades locales. En México, por ejemplo, se enfoca en el tratamiento de aguas residuales, especialmente en la eliminación de materia orgánica para cumplir con las normas nacionales. Aunque el avance tecnológico es lento, es esencial apoyarse en la investigación para innovar en el tratamiento del agua y no solo replicar soluciones de otros países sin atender primero nuestras propias necesidades fundamentales."
- Dr. Stewart: "En los Estados Unidos, existen programas destacados de investigación en recursos hídricos. Sin embargo, una gran barrera sigue siendo la falta de reconocimiento de las aguas residuales como un recurso valioso, especialmente en el contexto del reúso y la conservación del agua."
- Dr. Félix Santiago: "Es crucial considerar un enfoque multi-riesgo, abordando eventos como huracanes y promoviendo el uso de infraestructura verde resiliente al cambio climático. La adaptación es fundamental para lograr una gestión del agua equitativa y para proteger comunidades frente a inundaciones y otros desastres naturales."
- Dr. Alfonso Gutiérrez: "En México, el estrés hídrico, la calidad del agua y su balance son temas prioritarios. Actualmente, trabajamos en un mapa de estrés hídrico que permita un mejor uso y protección del agua, favoreciendo el balance y el reúso de este recurso." En resumen, como tendencia: balance hídrico llevados al estrés hídrico de los países.

#### **2. En el campo de la hidrología, ¿cómo están evolucionando las investigaciones para enfrentar los desafíos relacionados con el cambio climático y los eventos extremos?**

- Dr. Alfonso Gutiérrez: "Los estudios actuales buscan modelar fenómenos extremos mediante el uso de distribuciones específicas para eventos como lluvias convectivas y huracanes. En nuestra región, necesitamos prepararnos mejor para estos eventos y aprender de los desastres, ya que la falta de preparación sigue siendo una limitación." Cuando hay un valor extremo fuera de la serie de datos (se elimina). Es un error. Ahora

de aquí en adelante hay que trabajar con esos valores extremos. Estar preparados para modelar eventos extremos.

Nuestra región no ha aprendido de los desastres. No solo es necesario modelar o tener sistema de alerta. Hay que analizar. Entra en juego la ingeniería forense. Aprender de esos eventos extremos, tener las capacidades y herramientas para modelar eventos extremos (verdaderamente extremos).

- Dr. Félix Santiago: "La forma de abordar los eventos extremos debe ser más holística, integrando diferentes tipos de eventos en una misma simulación. Por ejemplo, en lugar de tratar cada fenómeno de forma aislada, se pueden simular juntos para entender mejor sus impactos combinados y cómo responder de manera más efectiva."
- Dr. Stewart: "El sobreuso de aguas subterráneas y la reducción de la nieve en Sierra Nevada, junto con el descenso en los niveles freáticos, son temas críticos. Asimismo, el lago Titicaca ha alcanzado niveles históricamente bajos. Se debería considerar el uso de aguas residuales para la recarga de acuíferos en lugar de que estas terminen en el mar."

### **3. ¿Qué avances científicos o tecnológicos recientes han tenido un mayor impacto en la gestión eficiente del agua y en la ingeniería sanitaria?**

- Dr. Morgan: "Uno de los avances más relevantes es el uso de membranas en reactores biológicos, que ayudan a reducir los tiempos de retención hidráulica y celular. También, los reactores anaerobios han avanzado en términos de granulación, tecnología que ahora se aplica en reactores aerobios. Sin embargo, es importante no desestimar los métodos tradicionales, que siguen siendo efectivos y de menor costo."

### **4. ¿Cómo ha cambiado la colaboración interdisciplinaria en los proyectos de investigación en ingeniería sanitaria y recursos hídricos en los últimos años?**

- Dr. Félix Santiago: "Cada vez es más común ver equipos interdisciplinarios que incluyen ingenieros, sociólogos, geólogos y antropólogos, lo cual permite integrar la comunidad en los proyectos y fortalecer su impacto."
- Dr. Stewart: "La colaboración entre biólogos, ingenieros sanitarios y psicólogos ha sido clave para el éxito en muchos proyectos. En el campo de la ingeniería sanitaria, el trabajo interdisciplinario es esencial."
- Dr. Morgan: "La interdisciplinariedad permite abordar los problemas desde una perspectiva holística. Se observa un incremento en la

participación de profesionales de distintas áreas, lo cual ha enriquecido el desarrollo de soluciones."

- Dr. Gutiérrez: "En México, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología ha incluido el componente humanista en los proyectos de los últimos seis años. Trabajamos con informáticos, abogados y otros profesionales para abordar temas como la gobernanza y la vinculación social, que son vitales para el éxito de los proyectos."

---

### **Preguntas sobre motivación a la investigación**

#### **5. ¿Qué estrategias han sido exitosas en universidades para motivar a los estudiantes y jóvenes investigadores a participar activamente en la investigación de recursos hídricos e ingeniería sanitaria?**

- Dr. Gutiérrez: "En México, incentivamos a los estudiantes a presentar sus investigaciones a concursos, donde pueden ganar premios monetarios. También buscamos que se enfoquen en problemas locales para generar un impacto directo en sus comunidades."
- Dr. Félix Santiago: "Es esencial que el estudiante tenga un interés genuino en la investigación. Se les motiva ofreciendo apoyo financiero, alojamiento y tiempo, asegurándonos de que puedan desarrollarse plenamente."
- Dr. Stewart: "Facilitamos programas de intercambio internacional, enviando estudiantes a otros países para que trabajen en contextos diferentes y adquieran una visión más global de la problemática."
- Dr. Morgan: "El apoyo gubernamental y las becas son clave para motivar a los estudiantes a continuar en la investigación. Además, incentivamos a los estudiantes a realizar maestrías, ya que una licenciatura ya no es suficiente para profundizar en el área."

---

#### **6. ¿Cómo han logrado vincular sus investigaciones con las necesidades de la sociedad y el medio ambiente en sus universidades?**

- Dr. Félix Santiago: "Buscamos concientizar a los estudiantes para que su formación sea útil para la comunidad. Desde su facultad, los estudiantes resuelven problemas reales y desarrollan soluciones que aplican en sus viajes y trabajos de campo."
- Dr. Gutiérrez: "Contamos con una dirección de extensión universitaria que fomenta la participación de los estudiantes en comunidades. Ellos deben solucionar un problema local como parte de su formación, lo cual refuerza el vínculo entre universidad y sociedad."
- Dr. Morgan: "En la UNAM, incentivamos la creación de patentes y la transferencia de tecnología, lo que nos permite colaborar con el sector privado y lograr un impacto social. Así, promovemos proyectos de alto

valor social que tienen más probabilidades de obtener financiamiento gubernamental."

- Dr. Stewart: "He trabajado en proyectos de colaboración en Guatemala, aplicando los conocimientos de investigación para abordar problemas locales de gestión del agua."

---

### **Pregunta de cierre**

#### **7. ¿Qué estrategia sugieren para fortalecer los programas de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hídricos (IS y RRHH) en beneficio de la comunidad latinoamericana?**

- Dr. Félix Santiago: "Promover programas de becas, intercambios estudiantiles y foros como este son pasos importantes para fomentar el crecimiento de los programas en toda la región."
- Dr. Gutiérrez: "Es fundamental que las universidades ofrezcan oportunidades de intercambio para estudiantes y docentes. En México, muchos programas están diseñados para integrar estudiantes de distintos países, lo cual enriquece la investigación regional."
- Dr. Morgan: "Fortalecer la conexión entre investigación, docencia y extensión universitaria con la realidad nacional es clave para que las estrategias y programas sean efectivos."
- Dr. Stewart: "Visitar y colaborar con otros países latinoamericanos permite aprender de las experiencias y soluciones que han implementado en contextos similares."

## **PREGUNTAS DEL PÚBLICO**

### **Preguntas del público**

#### **1. ¿Se puede lograr potabilizar el agua residual después de pasar por un sistema de tratamiento adecuado?**

Dr. Morgan: "Sí, es posible, pero requiere una gestión y gobernanza efectivas para garantizar su éxito. Otros países ya lo implementan; el principal reto en nuestra región es mejorar la gestión de estas plantas."

---

#### **2. ¿Tiene alguna propuesta novedosa para el cuidado de los cuerpos receptores ya que en Guatemala solo se regulan las descargas?**

Dr. Gutiérrez: "En Querétaro enfrentamos un problema similar con tres

cuerpos de agua que reciben aguas residuales y pluviales. Implementamos captadores tipo cortina para retener residuos sólidos y así evitar la contaminación en las partes bajas."

**3. ¿En el proceso de reuso de los lodos podríamos centrifugarlos, prensarlos y secarlos de una manera solar, para su uso como fertilizante?**

Dr. Stewart: "Es preferible no utilizar lodos contaminados, ya que pueden contener patógenos y otros contaminantes. Su uso implica riesgos considerables."

**4. ¿Cuál es su opinión respecto a las inundaciones en Valencia, España (país altamente desarrollado)?**

Dr. Félix Santiago: "La reciente DANA en Valencia mostró problemas de manejo, ya que la sequía previa hizo que el suelo no absorbiera bien la lluvia. Modelar estos eventos es posible, pero para una precisión adecuada se necesita un sistema de monitoreo más local y detallado."

**5. Si el agua subterránea es el recurso más importante para el consumo potable de muchos países en América Latina, ¿cómo debe ordenarse las iniciativas privadas y gubernamentales de infiltración de agua de lluvia para realmente recuperar los niveles donde el consumo ocurre?**

- Dr. Gutiérrez: "Hay investigaciones sobre cómo mantener el balance natural del agua en áreas urbanizadas. Para que los valores se mantengan como en un entorno virgen, se deben tomar medidas que consideren el volumen de agua en la cuenca natural y la urbanizada."

**6. ¿Conoce investigaciones y los resultados que impulsaron los esfuerzos de saneamiento del lago Tahoe?**

Dr. Stewart: "El lago Tajo fue contaminado durante décadas, pero en los últimos años el gobierno portugués ha implementado proyectos para reducir la contaminación, con resultados visibles."

En los años 50, el Lago Tahoe presentaba un alto nivel de contaminación debido a la descarga de aguas residuales. En respuesta a esta situación, en los años 60 se construyó una planta de tratamiento avanzada, que implementó un sistema de bombeo para el trasvase de aguas residuales como única opción viable para preservar la calidad del lago. Desde entonces, aunque la población permanente alrededor del lago ha crecido, el estado de conservación de Tahoe ha mejorado considerablemente. En 2013, un grupo de diez guatemaltecos visitó el Lago Tahoe



para observar esta experiencia de recuperación ambiental, y pudieron constatar las condiciones favorables del lago hasta el día de hoy.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

#### Fomento a la investigación contextualizada

Las universidades en América Latina se destacan en la formación profesional, pero enfrentan el reto de generar conocimiento propio adaptado a las realidades nacionales. La investigación contextualizada es esencial para desarrollar normas y soluciones eficaces a problemas regionales.

#### Importancia de la colaboración multidisciplinaria

La investigación en ingeniería sanitaria y recursos hídricos ha demostrado que los enfoques interdisciplinarios enriquecen los proyectos, especialmente cuando se integran profesionales de diversas áreas, como ingenieros, biólogos, arquitectos, antropólogos, sociólogos, entre otros.

#### Innovación en gestión del agua

Las tecnologías avanzadas, como las membranas en reactores biológicos y la reutilización de aguas residuales (debido a su valor como recurso hídrico), están permitiendo una gestión del agua más eficiente. Sin embargo, el avance es lento y se necesita mayor inversión en investigación e infraestructura para alcanzar el potencial máximo.

#### Extensión y vinculación con la sociedad

Las universidades en general, pero especialmente las públicas, deben conectar activamente la investigación y la enseñanza con las necesidades sociales, promoviendo la conciencia social en sus estudiantes y alineando proyectos de investigación con problemas reales de las comunidades.

### Recomendaciones

#### Fortalecer los recursos de investigación

Es fundamental que las universidades, especialmente las públicas, cuenten con fondos y mecanismos de financiamiento adecuados para impulsar investigaciones locales que atiendan necesidades nacionales, reduciendo la dependencia de conocimientos externos.

#### Fomentar programas de movilidad y alianzas internacionales

Establecer colaboraciones y programas de intercambio con universidades y centros de investigación extranjeros enriquecerá los programas académicos y motivará a los estudiantes a aprender y aplicar conocimientos adquiridos en su región.

### **Promover la innovación en infraestructura verde**

Se recomienda integrar infraestructura verde y soluciones de resiliencia climática en los programas de ingeniería sanitaria e hidráulica para adaptarse a los efectos del cambio climático y mejorar la capacidad de respuesta ante eventos extremos.

### **Desarrollar estrategias para incentivar la investigación en pregrado y postgrado**

incentivar a los estudiantes mediante proyectos aplicados, tesis colaborativas y experiencias prácticas en comunidades, a nivel nacional o internacional, permitirá una formación integral y un compromiso real con la sociedad.

## **FOTOGRAFÍAS DE LA ACTIVIDAD**



**ACTIVIDAD 2: PRESENTACIONES INVESTIGACIONES PROGRAMA RECURSOS  
HIDRÁULICOS: Determinación del Índice de Sostenibilidad de las cuencas Xayá y Pixcayá  
en el departamento de Chimaltenango. Expositor: MSc. Ing. Agr. Víctor Lionel Mux Caná.**

MODERADOR: PhD. Ing. Luis Alfaro

RELATOR: PhD. Ing. Paris Rivera

HORARIO: 12:00 a 12:20

## **RELATORÍA**

Se desarrolló un índice de sostenibilidad para evaluar el estado de las cuencas de Xayá y Pixcayá, aplicando el marco de "Presión-Estado-Respuesta" en un análisis de las condiciones de las cuencas hace 20 años, en la actualidad, y su proyección a futuro. La investigación buscaba entender las presiones que enfrentan estas cuencas. La hipótesis inicial sugería un valor de sostenibilidad del 70%, pero los resultados revelaron un índice del 48%. Su metodología combinó aspectos cuantitativos y cualitativos, considerando variables de calidad de agua, ambiente, políticas y desarrollo humano. Entre los indicadores, se analizaron la disponibilidad per cápita, el uso del suelo, y el índice de desarrollo humano (IDH), el cual reflejó un valor promedio de 0.48 en áreas rurales en los años 90.

## **PREGUNTAS DEL PÚBLICO**

¿Qué mostró el índice de sostenibilidad de las cuencas de Xanya y Pishcaya?  
El índice reveló un valor de sostenibilidad del 48%, indicando que estas cuencas enfrentan presiones significativas que afectan su sostenibilidad a largo plazo, a pesar de la hipótesis inicial de un 70%.

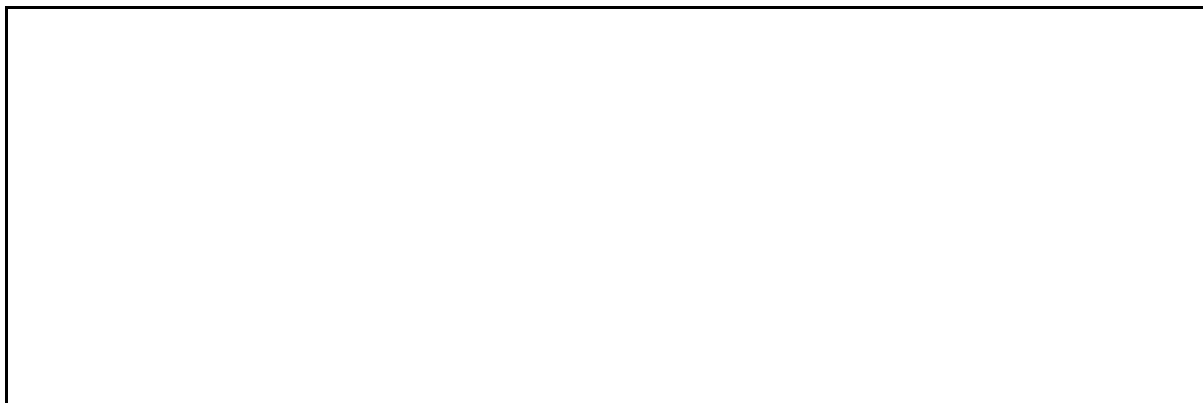
## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Indicadores de Sostenibilidad como Herramienta de Evaluación**

El foro subrayó el valor de desarrollar indicadores de sostenibilidad que integren tanto datos cuantitativos como cualitativos para monitorear el estado de las cuencas. La experiencia presentada en la creación de un índice de sostenibilidad, que abarca factores como calidad del agua, políticas ambientales y desarrollo humano, resaltó cómo estas métricas pueden guiar la planificación y el manejo a largo plazo de los recursos hídricos en diferentes contextos.

**Integrar indicadores de sostenibilidad en la planificación de cuencas:** Se recomienda adoptar indicadores de sostenibilidad que combinen datos cuantitativos y cualitativos, como calidad del agua y desarrollo humano, en la planificación de cuencas. Estos indicadores ayudarán a monitorear el estado de las cuencas y a tomar decisiones informadas que contribuyan a su gestión y conservación a largo plazo.

## FOTOGRAFÍAS DE LA ACTIVIDAD



**ACTIVIDAD 3: PRESENTACIONES INVESTIGACIONES PROGRAMA RECURSOS  
HIDRÁULICOS:** *Uso de tecnología de percepción remota para la generación de curvas  
Intensidad-Duración-Frecuencia en la vertiente del pacífico de Guatemala. Expositor: MSc.  
Ing. Felix Martínez*

MODERADOR: PhD. Ing. Luis Alfaro

RELATOR: PhD. Ing. Paris Rivera

HORARIO: 12:20 a 12:40

## RELATORÍA

Se evaluó la precisión de datos de precipitación de percepción remota mediante los productos CMORPH y TRMM en comparación con datos de estaciones meteorológicas. CMORPH, con una resolución espacial de 8 x 8 km, ofrece datos cada 30 minutos, mientras que TRMM proporciona datos cada 3 horas a una resolución de 32 x 32 km. La investigación analizó datos de 16 estaciones meteorológicas entre 2008 y 2018, utilizando distribuciones de frecuencia y modelos matemáticos para calcular curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF). Entre las seis distribuciones evaluadas, la distribución de Gumbel demostró ser la más precisa para representar las intensidades máximas de lluvia. Finalmente, CMORPH mostró mejor desempeño en la estimación de la intensidad de lluvias, con un coeficiente de determinación elevado, lo que lo posiciona como una herramienta confiable para estudios hidrológicos.

## PREGUNTAS DEL PÚBLICO

¿Cuál fue el resultado del estudio de Félix sobre el uso de datos de percepción remota en comparación con estaciones meteorológicas?

Félix concluyó que el producto CMORPH es más preciso que TRMM en la estimación de la intensidad de lluvias, lo que lo hace una herramienta confiable para estudios hidrológicos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusión

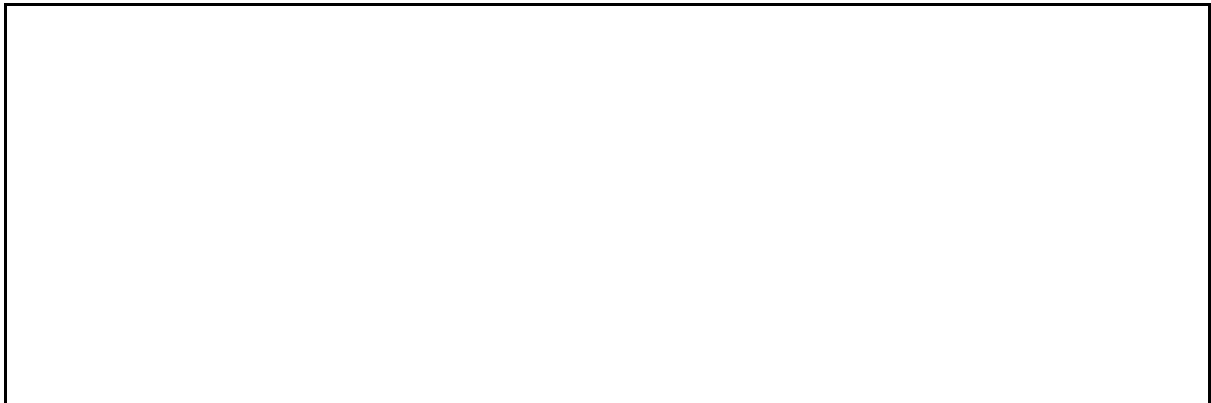
La ppt concluyó que el uso de datos satelitales, como los de CMORPH y TRMM, es valioso para complementar y mejorar los estudios de lluvia en áreas con estaciones meteorológicas limitadas. Estos datos de percepción remota demostraron alta precisión en la estimación de la intensidad de precipitación, lo cual resulta fundamental para estudios hidrológicos y la generación de herramientas predictivas como las curvas IDF. Sin embargo, también se destacó la necesidad de evaluaciones constantes para asegurar la confiabilidad de estos

datos en diversas aplicaciones.

### **Recomendación**

Fomentar el uso de datos satelitales como los de CMORPH y TRMM en estudios hidrológicos, especialmente en regiones con limitada cobertura de estaciones meteorológicas, para mejorar la precisión en la estimación de la precipitación. Además, se recomienda implementar evaluaciones periódicas de estos datos para garantizar su confiabilidad en diferentes aplicaciones, ajustándolos según las condiciones locales y validándolos con datos de campo siempre que sea posible.

### **FOTOGRAFÍAS DE LA ACTIVIDAD**



*ACTIVIDAD 4: PRESENTACIONES INVESTIGACIONES PROGRAMA RECURSOS  
HIDRÁULICOS: Vulnerabilidad a contaminación del acuífero noreste de la ciudad de  
Guatemala. Expositor: MSc. Ing. Edio Gonzalez*

MODERADOR: PhD. Ing. Luis Alfaro

RELATOR: PhD. Ing. Paris Rivera

HORARIO: 12:40 a 13:00

## RELATORÍA

Se presentó una evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de Guatemala usando el método DRASTIC, que pondera parámetros clave para determinar la susceptibilidad del acuífero a la contaminación. Su estudio incluyó la integración de datos del modelo SWAT, información del INSIVUMEH y registros locales. Se generaron mapas de recarga hídrica y otros parámetros esenciales, y se incluyó una variable de uso de la tierra para ponderar el impacto antrópico. A través de esta metodología, se logró obtener un mapa del índice de vulnerabilidad DRASTIC. En la sesión de preguntas, Giovanni explicó que el método podría aplicarse a otras áreas, aunque una limitante importante es la falta de datos detallados de pozos en otras regiones.

## PREGUNTAS DEL PÚBLICO

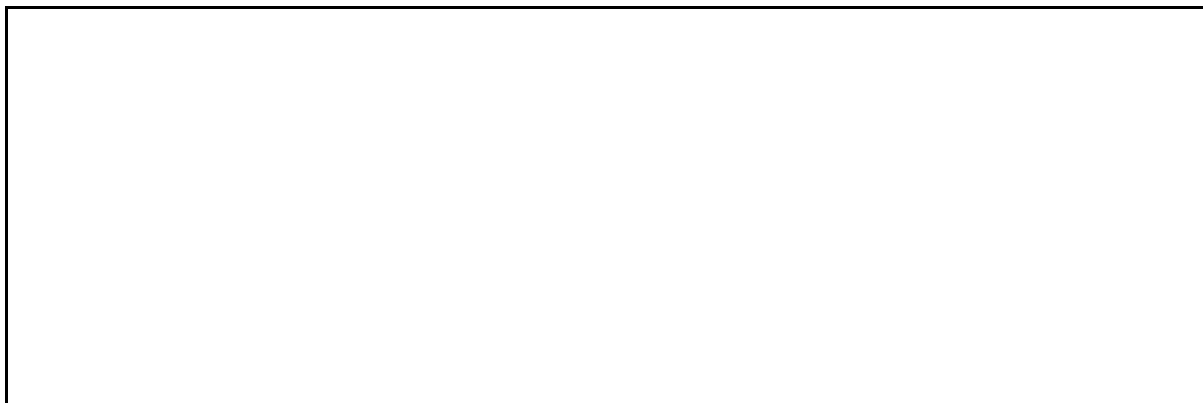
¿Qué método utilizó para evaluar la vulnerabilidad del acuífero de Guatemala a la contaminación?  
El método DRASTIC, que pondera parámetros clave para evaluar la susceptibilidad del acuífero a la contaminación.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**Conclusión:** la aplicación del método DRASTIC, complementado con datos del modelo SWAT, información del INSIVUMEH y registros locales, permitió desarrollar un mapa de vulnerabilidad del acuífero de Guatemala, proporcionando una herramienta clave para identificar áreas de alto riesgo de contaminación y apoyar en la toma de decisiones para la protección del recurso hídrico.

**Recomendación:** para mejorar la precisión de los estudios de vulnerabilidad en otras áreas, es esencial fortalecer la recopilación de datos locales, especialmente registros detallados de pozos, y mantener actualizada la información sobre el uso de la tierra. Esto permitirá aplicar el método DRASTIC de manera más efectiva en la evaluación de acuíferos en otras regiones.

## FOTOGRAFÍAS DE LA ACTIVIDAD





**ACTIVIDAD 5: PRESENTACIONES INVESTIGACIONES PROGRAMA RECURSOS  
HIDRÁULICOS: Propuesta de manejo de áreas críticas de recarga hídrica en la cuenca El  
Hato, Guatemala. Expositor: Ing. Ricardo Chan**

MODERADOR: PhD. Ing. Luis Alfaro

RELATOR: PhD. Ing. Paris Rivera

HORARIO: 13:00 a 13:20

## **RELATORÍA**

Se presentó un enfoque integral para el manejo de cuencas, enfocado en la conservación de áreas de recarga hídrica. Su investigación propuso prácticas sostenibles para reducir la degradación del suelo y la escorrentía en estas áreas, utilizando modelos hidrológicos para evaluar su efectividad. La propuesta busca mitigar los efectos de la deforestación y otras prácticas que afectan la disponibilidad de agua en cuencas estratégicas.

## **PREGUNTAS DEL PÚBLICO**

¿Por qué es importante conservar las áreas de recarga hídrica en una cuenca?  
Las áreas de recarga hídrica son esenciales para mantener el flujo de agua en las cuencas y evitar la escasez de agua; su conservación ayuda a reducir la degradación del suelo y la pérdida de recursos hídricos.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusión**

Se destacó la necesidad de implementar enfoques de manejo integral de cuencas que consideren tanto la conservación de áreas de recarga hídrica como prácticas sostenibles. Los asistentes coincidieron en que la implementación de modelos hidrológicos permite evaluar de manera efectiva el impacto de estas prácticas y, por ende, contribuye a la reducción de la degradación del suelo y la mejora de la disponibilidad de agua en las cuencas.

### **Recomendación**

Para mejorar la gestión de cuencas, es fundamental implementar modelos hidrológicos que permitan evaluar el impacto de prácticas sostenibles y de conservación en áreas de recarga hídrica. Esto contribuirá a optimizar el manejo de los recursos, reducir la degradación del suelo y asegurar una mayor disponibilidad de agua en las cuencas a largo plazo.

## FOTOGRAFÍAS DE LA ACTIVIDAD



**ACTIVIDAD 6: PRESENTACIONES INVESTIGACIONES PROGRAMA INGENIERÍA  
SANITARIA: Uso de escoria de ferroníquel como medio filtrante en un filtro biológico para  
tratamiento de aguas grises. Expositor: MSc. Inga. Jackeline Sajmoló**

MODERADOR: MSc. Ing. Adán Pocasangre

RELATOR: PhD. Ing. Dennis Argueta

HORARIO: 14:30 a 14:50

**RELATORÍA**

La propuesta plantea utilizar escoria de ferroníquel como un medio filtrante para el tratamiento biológico de aguas grises. Este material es un subproducto generado en la fundición de hierro y níquel, comúnmente considerado como un desecho. En los últimos años, la cantidad acumulada de escoria de ferroníquel ha superado los 2 millones de toneladas, y actualmente continúa en aumento, lo que representa una oportunidad para su aprovechamiento en procesos de tratamiento de aguas.

La investigación fue realizada en la planta piloto de tratamiento de aguas residuales Ing. Arturo Pazos Sosa, ubicada en la colonia Aurora II. Los resultados obtenidos evidencian una alta eficiencia en la remoción de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales, tanto en análisis gráficos como numéricos. Los filtros biológicos, como los que utilizan escoria de ferroníquel, son especialmente efectivos en la remoción de materia orgánica y ofrecen, además, beneficios económicos en comparación con otros métodos.

**PREGUNTAS DEL PÚBLICO**

¿Cuánto tiempo estuvo en operación el filtro?

9 meses

¿La empresa no valoriza el residuo?

No tiene valor comercial, por lo cual se realizó una caracterización de la escoria. Es un material inerte.

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

**Conclusión**

El filtro con escoria de ferroníquel demostró una alta eficiencia en la remoción de contaminantes como la DBO, DQO y sólidos suspendidos (SS) en el tratamiento de aguas grises, lo que sugiere que este material es una opción viable y económica como medio

filtrante. Además, el estudio aporta una caracterización tanto de las aguas grises tratadas como de la propia escoria de ferroníquel, confirmando su potencial como recurso inerte para procesos de filtración biológica.

### **Recomendación**

Para ampliar el alcance y robustez de estos resultados, se recomienda incorporar otros parámetros de comparación, siguiendo al menos los requisitos del Acuerdo Gubernativo 236-2006, así como realizar análisis de metales pesados presentes en el agua tratada. Esto permitirá una evaluación más integral de la efectividad y seguridad de la escoria de ferroníquel como medio filtrante.

### **FOTOGRAFÍAS DE LA ACTIVIDAD**



**ACTIVIDAD 7: PRESENTACIONES INVESTIGACIONES PROGRAMA INGENIERÍA SANITARIA:** *Evaluación de contaminantes emergentes de origen farmacéutico en drenajes y cuerpos de agua ubicados en la cuenca del río Motagua. Expositores: Inga. Catalina Paque e Ing. Engel Cáceres*

MODERADOR: MSc. Ing. Adán Pocasangre

RELATOR: PhD. Ing. Dennis Argueta

HORARIO: 14:50 a 15:10

## RELATORÍA

En esta presentación, se abordó el concepto de contaminantes emergentes y la relevancia de investigarlos, resaltando la necesidad de estudios tanto a nivel nacional como internacional. El muestreo se llevó a cabo en 36 puntos diferentes, detallando además la nomenclatura utilizada en el análisis. Dado que en Guatemala no se dispone del equipo necesario, se contó con el apoyo de la Universidad de Taiwán; las muestras se preservaron localmente y luego se enviaron a Taiwán para su análisis.

La metodología incluyó varias etapas: preparación del muestreo, preservación de las muestras, preparación para el envío, análisis en laboratorio, y procesos de acondicionamiento, carga, lavado y elución en Taiwán.

Los resultados mostraron la presencia de una amplia gama de contaminantes emergentes, en su mayoría de origen farmacéutico. Se concluyó que el ibuprofeno y el acetaminofén fueron los compuestos más frecuentes, presentes en el 81.58% de los puntos muestreados. Las concentraciones más altas detectadas fueron de acetaminofén, con 123,929 ng/L, y de cafeína, con 22,637 ng/L. En las descargas hospitalarias se identificaron ibuprofeno, acetaminofén y cafeína como los contaminantes predominantes, siendo la cafeína un contaminante emergente notablemente presente tanto en descargas hospitalarias como en otras fuentes.

## PREGUNTAS DEL PÚBLICO

¿Se tiene conocimiento de cuáles son los ramales más contaminados del Proyecto Motagua, y es posible establecer alguna alianza para compartir la información científica?

Se tienen los puntos de muestreo identificados, y sí puede trasladarse la información, una vez se publique oficialmente la investigación.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

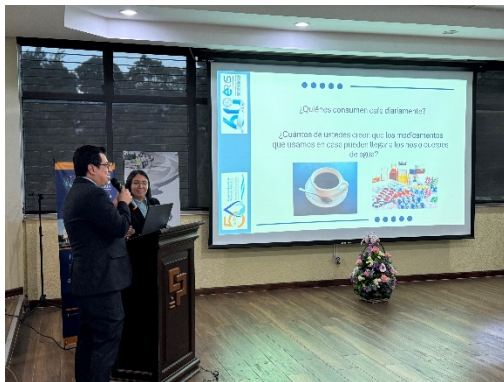
La investigación aporta un avance significativo en la comprensión de la presencia de

contaminantes emergentes, especialmente fármacos, en aguas residuales, y establece una base para evaluar los riesgos ambientales y de salud asociados a estos compuestos. Además, los resultados obtenidos sirven como fundamento para desarrollar nuevas estrategias de remediación de aguas contaminadas.

### **Recomendaciones**

Para mejorar la gestión de contaminantes emergentes, se recomienda continuar con investigaciones enfocadas en procesos de remoción en plantas de tratamiento. También es fundamental llevar a cabo campañas de sensibilización sobre el consumo responsable de medicamentos, invertir en la tecnificación de laboratorios para realizar análisis más detallados, y desarrollar políticas específicas para la gestión de estos contaminantes emergentes.

### **FOTOGRAFÍAS DE LA ACTIVIDAD**



**ACTIVIDAD 8: PRESENTACIONES INVESTIGACIONES PROGRAMA INGENIERÍA  
SANITARIA:***Evaluación de la eficiencia de remoción de coliformes fecales con compuestos  
de Cloro en aguas residuales tratadas. Expositores: Inga. Elsy Zamora*

MODERADOR: MSc. Ing. Adán Pocasangre

RELATOR: PhD. Ing. Dennis Argueta

HORARIO: 15:10 a 15:30

**RELATORÍA**

La calidad de los ríos en ciertas zonas de Honduras se asemeja a la de las aguas residuales crudas. Desde 2003, las normas de calidad de agua no se han cumplido, lo que sigue siendo un problema en la actualidad. Esto genera un impacto considerable en la salud pública debido a la contaminación por aguas residuales, donde la falta de procesos de desinfección en muchas plantas de tratamiento permite la presencia de patógenos en el agua. La eliminación de estos patógenos se realiza a través de métodos físicos, como los sistemas lagunares y la desinfección UV, o mediante métodos químicos, siendo la cloración una de las más utilizadas mundialmente. Entre los desinfectantes comunes se encuentran el hipoclorito de calcio y el hipoclorito de sodio.

Para evaluar la efectividad de los desinfectantes, se diseñó un experimento en la metodología de Hacienda Real, en la zona 16, empleando un diseño experimental por bloques. Se consideraron dos factores: el tipo de desinfectante (dos niveles) y la concentración de desinfectante (tres niveles: 10 mg/L, 15 mg/L y 20 mg/L). Cada corrida se replicó tres veces, resultando en 126 análisis de coliformes fecales. Los muestreos se llevaron a cabo entre el 6 de febrero y el 7 de mayo de 2024. Para la preparación de los tratamientos de desinfección, cada muestra se dividió en siete envases de un litro, homogeneizándose con agitación durante un minuto y dejándola en reposo por 30 minutos. Posteriormente, se añadió tiosulfato de sodio al 10% para inactivar el cloro.

Un tercio de los análisis fueron realizados en el laboratorio de la ERIS, y el resto en laboratorios privados. El método utilizado fue el de tubos de fermentación con diluciones múltiples para determinar los coliformes fecales, diferenciando entre tubos positivos y negativos en las pruebas confirmativas. Además, se analizaron parámetros como pH, temperatura y turbiedad.

En cuanto a los resultados, la mayoría de los tratamientos no presentaron diferencias significativas desde un punto de vista estadístico. La eficiencia de remoción de coliformes fue superior al 99.99% en la mayoría de los casos. De acuerdo con el Acuerdo Gubernativo 236-2006, el tratamiento con hipoclorito de calcio a 10 mg/L cumplió con el 95% de los estándares requeridos.

**PREGUNTAS DEL PÚBLICO**

--

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

La investigación muestra que, en términos descriptivos, el hipoclorito de calcio tiene una mejor eficiencia promedio de remoción de coliformes fecales en comparación con el hipoclorito de sodio, cuando se utilizan como desinfectantes para aguas residuales tratadas. Sin embargo, en términos estadísticos, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. El tratamiento más eficiente y de menor costo para tratar caudales de hasta 5 L/s es el hipoclorito de calcio a 10 mg/L, lo que lo convierte en una opción viable para el tratamiento de aguas residuales en condiciones específicas.

### Recomendaciones:

Se recomienda evaluar el desempeño de los tratamientos en condiciones reales para validar los resultados obtenidos en el laboratorio. Además, es importante comparar estos métodos con otras tecnologías de desinfección, considerando la eficiencia, costos y el impacto ambiental. También se debe investigar la formación de organoclorados y su relación con la presencia de compuestos reductores en las aguas residuales. Para mejorar la implementación de estos tratamientos, es crucial ofrecer capacitación técnica a los operadores de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

### Principales aportes de la investigación:

La investigación proporciona datos específicos sobre la eficiencia y el costo de desinfección con hipoclorito de calcio e hipoclorito de sodio, lo que facilita la elección del desinfectante más adecuado para cada caso. Estos resultados son aplicables para el cumplimiento de normativas locales y sirven como base para justificar la selección de desinfectantes en futuras aplicaciones. Además, el estudio fomenta la exploración de este tema y la toma de acciones para mejorar la calidad del medio ambiente. Finalmente, contribuye a la mejora de las capacidades locales para monitorear y evaluar la calidad del agua, lo que resulta fundamental para la gestión sostenible de los recursos hídricos.

## FOTOGRAFÍAS DE LA ACTIVIDAD





**ACTIVIDAD 9: PRESENTACIONES INVESTIGACIONES PROGRAMA INGENIERÍA SANITARIA:** *Cuantificación del uso de pañales desechables y toallas sanitarias en el casco urbano de la cabecera municipal de San Miguel Ixtahuacán, Huehuetenango. Expositores: Inga. José Velásquez*

MODERADOR: MSc. Ing. Adán Pocasangre

RELATOR: PhD. Ing. Dennis Argueta

HORARIO: 15:30 a 15:50

## **RELATORÍA**

La producción y consumo masivo de pañales desechables y toallas sanitarias ha modificado los patrones de consumo. Este cambio ha alterado las costumbres, como la sustitución de los pañales de tela por los desechables. Este fenómeno es un reflejo de las transformaciones en las prácticas de higiene personal y cuidado infantil, impulsadas por la disponibilidad de productos desechables en el mercado.

La metodología utilizada en el estudio se dividió en varias fases: antecedentes, socialización, cálculo de la muestra, selección de la muestra, recolección de la muestra y análisis de la muestra. Se utilizó una guía para la elaboración de estudios de caracterización de residuos sólidos comunes, de acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). En el caso específico de este estudio, se enfocó en identificar a los niños de 0 a 3 años y a las mujeres en edad fértil que utilizan toallas sanitarias.

Para obtener los datos, se realizó un censo en toda la población, con el objetivo de identificar cuántos niños de 0 a 3 años usaban pañales desechables en comparación con los que utilizaban pañales de tela. Además, se recopiló información sobre cuántas mujeres en edad fértil usaban toallas sanitarias. Aunque el censo incluyó a toda la población, no todos estaban dispuestos a colaborar; aproximadamente el 90% de la población participó en el proceso.

Los resultados obtenidos mostraron que el 17% de los pañales utilizados eran desechables, mientras que el 4% correspondían a toallas sanitarias. En conjunto, estos residuos representaron un 21% de los desechos analizados, destacando que los desechos sanitarios son una proporción considerable de los residuos sólidos generados. En total, se generaron 1.40 toneladas de desechos sanitarios al día.

Además, se realizó un sondeo en los comercios locales, que incluyó 20 tiendas y farmacias. Este sondeo reveló que se venden 140 pañales desechables y 124 toallas sanitarias al día. Sin embargo, no todos los comercios participaron en el sondeo, ya que algunos se negaron a colaborar.

## **PREGUNTAS DEL PÚBLICO**

¿En qué época del año se hizo la comparación, ya que la lluvia y humedad pueden alterar los pesos? Se hizo en los meses de octubre y noviembre del 2023.

¿Cuánto es la generación per cápita? 0.6 Kg/persona

¿Aumento del uso de pañales, tiene que ver con la ausencia del suministro del agua, y eso no permite reutilizar de tela? ¿hay alguna correlación con enfermedades para identificar un posible aumento del uso de pañal? Se preguntó en el censo por qué utilizar uno u otro. También se preguntó si tienen Agua Potable y Saneamiento. En el municipio existe amplia cobertura de agua potable (98% del área urbana tiene acceso a agua potable). Se hizo en el área urbana. Una mina que estuvo anteriormente dejó buenos servicios. Por comodidad muchos dijeron utilizar pañales desechables en vez de pañales de tela.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Los pañales desechables y toallas sanitarias representan el 21% de los residuos sólidos generados en San Miguel Ixtahuacán, con una generación diaria de 1.40 toneladas de residuos, lo que destaca la necesidad urgente de un manejo adecuado.

En los comercios locales se venden un promedio de 7 pañales y 6.2 toallas sanitarias por comercio al día, lo que sugiere un incremento potencial en los residuos generados.

### Recomendaciones

Establecer un sistema de separación de residuos en origen para facilitar su manejo y reciclaje, reduciendo el impacto ambiental de los productos desechables.

Explorar alternativas como el compostaje en pilas aeróbicas y la biodegradación de pañales usando cultivo de setas (*Pleurotus ostreatus*), para el tratamiento de estos residuos.

## FOTOGRAFÍAS DE LA ACTIVIDAD



**ACTIVIDAD 10: PRESENTACIONES INVESTIGACIONES PROGRAMA INGENIERÍA  
SANITARIA: Monitoreo de la desinfección en aguas residuales. Expositores: MSc. Ing.  
Norman Siguí**

**MODERADOR:** PhD. Ing. Dennis Argueta

**RELATOR:** MSc. Ing. Adán Pocasangre

**HORARIO:** 15:50 a 16:10

**RELATORÍA**

Este estudio representa un avance a nivel doctoral en el área de la desinfección de aguas residuales. Los métodos utilizados para este proceso incluyen ozono, radiación ultravioleta (UV) y cloro. De estos, el cloro se elige con mayor frecuencia debido a su bajo costo y facilidad de aplicación, lo que lo convierte en una opción accesible para muchas plantas de tratamiento de aguas residuales.

Sin embargo, el uso de cloro presenta ciertos desafíos. En primer lugar, la subcloración puede resultar en una desinfección deficiente, lo que pone en riesgo el cumplimiento de los estándares legales establecidos para la calidad del agua. Por otro lado, la sobrecloración puede generar la formación de subproductos tóxicos, lo que representa un peligro para la salud humana y el medio ambiente.

El monitoreo de este proceso se realiza comúnmente mediante métodos colorimétricos, que se enfocan en la medición exclusiva del cloro residual. No obstante, el control adecuado de la cloración requiere la aplicación de la dosis óptima de cloro, la cual depende de varios factores, como el pH, la temperatura, la turbiedad, la materia orgánica, los sólidos suspendidos y los compuestos de nitrógeno presentes en el agua.

Es crucial determinar la correlación entre la turbiedad y la dosis de desinfectante óptima, medida en términos de la adecuada eliminación de coliformes fecales, para poder controlar de manera efectiva el proceso de cloración. Los ensayos para este estudio se llevarán a cabo a escala de laboratorio, utilizando muestras de efluentes secundarios de una planta de tratamiento de aguas residuales, tanto anaerobia como aerobia. Además, se realizará una caracterización del agua y un aforo para obtener datos precisos sobre las condiciones iniciales del agua tratada.

**PREGUNTAS DEL PÚBLICO**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusión:

El control adecuado del proceso de cloración en el tratamiento de aguas residuales es fundamental para garantizar una desinfección eficiente y cumplir con los estándares de calidad del agua. La subcloración y la sobrecloración pueden tener efectos negativos tanto

en la salud pública como en el medio ambiente.

Recomendación:

Es necesario realizar estudios adicionales para establecer la correlación entre turbiedad y dosis óptima de cloro, con el fin de optimizar el proceso de cloración y minimizar la formación de subproductos tóxicos.

## FOTOGRAFÍAS DE LA ACTIVIDAD

