

## INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas ambientales más graves en la actualidad es la contaminación del recurso hídrico.

El incremento de volúmenes cada vez mayores de Agua Residual Doméstica en los núcleos urbanos e industriales del país, ha dado origen a diversos estudios sobre control y prevención de la contaminación tendientes a solucionar los crecientes problemas entre otros el que presenta la contaminación de cuerpos receptores de agua, misma que proviene de los diferentes usos del agua, principalmente aguas domésticas.

El tratamiento de aguas residuales es necesario para la prevención de la contaminación ambiental y del agua, al igual que para la protección de la salud pública. Mientras que cada región tiene sus propias necesidades correspondientes a métodos de tratamiento particulares, cierto número de opciones tradicionales y modernas de tratamiento se encuentran disponibles al diseñar. (Kelly A. Reynolds, MSPH, Ph.D., 2002)

En la ciudad **Entre Ríos** la capital de la provincia **O'Connor**, del departamento de **Tarija** no es la excepción, sus aguas residuales son vertidas a los cuerpos de agua específicamente en dos puntos de mayor impacto, el primero, barrio San José, vierte sus aguas al río Pajonal donde no tiene ningún tipo de tratamiento, mas así existía un sistema de sedimentación y separación de Sólidos Suspendidos, que sobrepasó su capacidad, colapsando y actualmente se encuentra sin funcionamiento alguno, descargando sus aguas directamente en el río Pajonal. El segundo punto barrio **Manantial**, donde se realizó el estudio es el que descarga sus Aguas residuales domésticas en el río seco, desembocadura al río **Santa Ana**, que cuenta con un inadecuado tratamiento, y no cumple con lo requerido según el reglamento de contaminación hídrica de la ley 1333, para evitar o aliviar los efectos contaminantes al ambiente humano y natural, creando un gran riesgo para la salud humana, y el medio ambiente.

Las Aguas Residuales Domésticas (ARD), son aquellas que se obtienen luego de que el agua potable es usada en actividades como limpieza general, preparación de

alimentos, y sanitarios entre otras. Las ARD contienen gran cantidad de materia orgánica (proteínas, carbohidratos y lípidos) e inorgánica (sales nutritivas de Nitrógeno y fósforo, entre otras) que modifican las características fisicoquímicas del agua, generando un ambiente propicio para la proliferación de organismos en ellas. (Cardona & Garcia, 2008)

Los organismos presentes en las ARD pueden ser tanto como inocuos como patógenos, en cuyo caso corre riesgo la integridad de todo aquel que use estas aguas de forma indiscriminada, si a esto le sumamos las sustancias contaminantes y el exceso en el que se encuentran es posible explicar el desarrollo reciente de las tecnologías físicas químicas y biológicas necesarias para el tratamiento de aguas residuales. (Cardona & Garcia, 2008)

Actualmente se han desarrollado nuevos métodos para el tratamiento de aguas residuales, uno de estos métodos es de 1980 por el Profesor Teruo Higa de la Universidad de Ryukus - Japón, utilizando microorganismos denominados “Microorganismos eficaces” – EM. Estos microorganismos efectivos, cuando entran en contacto con materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatos y antioxidantes. El tratamiento aguas residuales con productos EM es una forma de obtener un nivel deseable de calidad de agua y lodo residual para el ambiente, descomponiendo y trasformando la materia orgánica, con esta técnica se logra reutilizar el agua muchas veces (Beltrán Beltrán, 2016)

Todos los tratamientos de ARD, incorporan la recirculación, ya que los EM convierten las moléculas grandes en moléculas sencillas, los mejores parámetros a considerar son el tiempo, costos y composición de gases.

**FIGURA 1.** Mapa de Ubicación de la PTAR de la ciudad de Entre Ríos y los barrios que entran al sistema.



**Fuente:** Elaboración propia.

## ANTECEDENTES

El método de aplicación de microorganismos eficaces (EM) que se va a investigar, cuenta con documentación en diversos países, como Perú, Colombia, Uruguay, Costa Rica, Honduras, México y otros que tienen ya implementado el tratamiento de Aguas Residuales Domésticas con EM-AGUA. Pero actualmente en el país de Bolivia no se cuenta con información de trabajos realizados y documentados con EM-AGUA, mas así se sabe que en el departamento de Santa Cruz el Señor Carlos Reyes cuenta con experiencia en el uso de este producto con el cual trabaja a nivel particular en pozas sépticas de hoteles y restaurantes privados.

Hasta la fecha, no se cuenta con ningún tipo de experiencia, trabajos ni utilización del producto EM-AGUA, en la ciudad de Entre Ríos- Tarija.

Algunos de los documentos a nivel internacional llegaron a las siguientes conclusiones.

- Toc, Manuel (2012) en la tesis “Efecto de los microorganismos eficientes (EM) en las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano” Zamorano, Honduras, se llegó a las siguientes conclusiones:
  - La adición de Microorganismos Eficaces (EM) en las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano redujo la cantidad de la Demanda Biológica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Totales (ST) a los sesenta días después de su aplicación.
  - Se pudo observar una reducción natural de la  $DBO_5$ , DQO y ST en el tratamiento control debido a la posibilidad de acción de los microorganismos eficientes benéficos y microorganismos no benéficos.
  - Evaluar una dosis más alta de Microorganismos Eficientes (EM) y adicionarlos a 113 l de aguas residuales de la granja porcina, Zamorano, esperando únicamente un mes de acción de los EM para observar si existe mayor efecto en la reducción en la  $DBO_5$ , DQO y ST.
  - Hacer el ensayo en la laguna de oxidación de la granja porcina, Zamorano, probando los EM, para validar el efecto de los EM en la descomposición de la

Materia orgánica, colocar aireadores en los contenedores para facilitar la producción de Oxígeno.

- Cardona, Juanita y Gracia, Luisa (2008), en la Tesis “Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la calidad de un Agua Residual Doméstica” Bogotá, Colombia. Llegaron a las siguientes conclusiones y recomendaciones:
  - Se observaron que no hay diferencias significativas en las concentraciones de ningún parámetro con respecto a los tiempos, entre el control y los tratamientos. Por lo cual se concluyó que no existió un efecto de la profundidad de la aplicación de EM, bajo las condiciones del estudio.
  - Para implementar los microorganismos eficaces EM para tratamiento de aguas residuales generadas, es aconsejable que esta sea, sometida previamente a un tratamiento preliminar y/o primario como filtro de arena o rejillas para así disminuir la cantidad de material que pueda obstruir el resto del proceso.
  - Es aconsejable emplear un sustrato poroso que no aporte materia orgánica al agua para la colonización de los microorganismos, tal como polvo de ladrillo o estropajo, entre otros.
  - Con el fin de obtener conclusiones más certeras acerca del efecto de EM para el tratamiento de ARD, el agua empleada para el estudio debe ser un ARD que no haya sido tratada previamente con EM previamente.
  - Para que los resultados obtenidos sean confiables desde el punto de vista analítico y estadístico, es aconsejable que las técnicas empleadas para la medición de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos deben estar estandarizadas.
- Reyes, Brenda (2004) En su estudio “Estabilización de los lodos sépticos que provienen de una comunidad pequeña con microorganismos eficaces (EM)”, Guácimo, Costa Rica, llegó a la siguiente conclusión:
  - El uso de EM en este proyecto resultó ser eficiente, por lo que se concluye que es un excelente estabilizador de biosólidos crudos. (estabiliza el lodo tratado biológicamente, que resulta de la separación y tratamiento del componente

sólido del líquido, en el proceso ya sea por sedimentación o flotación, para ser usados para la agricultura y jardinería.)

- En los tratamientos con EM, las Coliformes Totales y Fecales habían sido eliminadas totalmente para el día 9 de ambos experimentos.
- Durante el transcurso del tiempo de ambos experimentos, en los tratamientos con EM, el cambio en olor, que había pasado de un olor fecal a un olor ligero característico de alcoholes, y la reducción en el pH indicaron que había ocurrido un proceso de fermentación.
- Para los tratamientos con EM, la presencia de un color amarillo intenso se debió a la acción de las bacterias lácticas y levaduras, otra indicación de que ocurrió un proceso de fermentación.
- Una reducción en la turbidez, sólidos Totales, DBO<sub>5</sub>, y DQO, para los tratamientos con EM, indicó una reducción en la materia orgánica en los lodos sépticos. Aunque la reducción de sólidos Totales y DQO en los tratamientos con EM fue significativa, este descenso no llegó a los límites permisibles de estos parámetros (<1 000 mg l<sup>-1</sup> y <2 000 mg l<sup>-1</sup>, respectivamente).
- En base a los resultados, la concentración más baja de EM y el tiempo menor para que ocurra una estabilización efectiva de los lodos sépticos, fueron el tratamiento que usó 2,5% de EM y un tiempo no mayor que 5 días. La utilización de Microorganismos Eficaces (EM) es adecuada para la estabilización de lodos sépticos determinándose una dosis y un tiempo de estabilización. La dosis que recomiendan es de 2,5% (v/v) de EM activado y el tiempo de estabilización es de 5 días.
- Se recomienda experimentar con la estabilización de los lodos en tanques grandes para determinar si es posible alcanzar un ambiente anaeróbico y por ende un estado de fermentación y estabilización de los lodos.
- Más estudios son necesarios para determinar los niveles de nutrientes en el lodo estabilizado y la disponibilidad de dichos nutrientes para la absorción por las plantas.

- Fioravanti, Marcos; Vega Natalia (2003), en su Tesis “Eficiencia de los microorganismos (EM) en la estabilización de lodos sépticos para su reúso agrícola”, Guácimo, Costa Rica. Llegó a las siguientes conclusiones:
- El tratamiento con EM eliminó efectivamente más del 99% de los Coliformes Totales y Fecales a las dos semanas de tratamiento. Con esto se superó los límites legales establecidos por la ley costarricense para el reúso agrícola de lodos sépticos.
  - El tiempo necesario de estabilización con EM fue de dos semanas; esto considerando los requisitos legales establecidos por la ley costarricense, de acuerdo con los resultados obtenidos para otras variables medidas como DBO<sub>5</sub>, nitratos y sólidos sedimentables, no se justifican cuatro semanas de tratamiento con EM. Sin embargo, no se puede afirmar absolutamente que no se justifican más de dos semanas, pues no se analizaron muestras a la tercera semana.
  - Es posible que sean necesarias tres semanas o algún número intermedio entre la segunda y cuarta semana. Sólo algunas variables (pH, temperatura, contenido nutricional) mostraron evolución positiva después de la segunda semana. Esto se debería decidir mediante un análisis de costo-beneficio de la tercera semana de tratamiento.
  - EM fue un catalizador eficaz del proceso de estabilización que se pretendía. Las condiciones ambientales generadas por EM en el tanque anaeróbico generaron una efectiva remoción de elementos contaminantes presentes en los lodos sépticos. La reducción de la DBO<sub>5</sub>, en los lodos tratados con EM indica la fermentación intensa de la materia orgánica a las dos semanas.
  - Esta fermentación también se evidencia con el fuerte olor a alcoholes y ácidos, y el color café claro característico de colonias de bacterias ácido-lácticas, algas y levaduras. Otro dato indicador del proceso de fermentación fue la marcada reducción del pH y la disminución acelerada de la temperatura al inicio del proceso. En conclusión, esta intensa fermentación anaeróbica inhibió los

procesos de putrefacción, en consecuencia, eliminó la producción de olores desagradables y también inhibió el desarrollo de microorganismos patógenos.

- La mejor forma sería llevar el experimento a una escala menor, quizás al nivel de laboratorio; así, se podría multiplicar las repeticiones considerablemente.
- Se recomienda determinar con muestreos más frecuentes el tiempo ideal de fermentación. En el presente estudio ya se identificó que la cuarta semana no es necesaria, pero habría que determinar con datos más frecuentes si es necesaria una tercera semana de tratamiento.
- Por su calidad de preliminar, en este estudio se midieron gran cantidad de variables que aumentaron mucho los costos. Es recomendable, en estudios siguientes, la escrupulosa selección de las variables a medir, de manera que se hagan muestreos más frecuentes, con más determinaciones, y que se obtengan más datos a más bajo costo. Particularmente se recomienda la medición de olor, color, DBO<sub>5</sub>, pH, temperatura, sólidos sedimentables, nitratos, amonio y contenido de Coliformes Fecales.

## **JUSTIFICACIÓN**

### **Justificación científica**

El tratamiento de Agua Residual Doméstica con EM AGUA es una tecnología innovadora y amigable con el medio ambiente, la aplicación en el tratamiento de estas aguas es una metodología que no se realizó aún en Bolivia y un aporte en la investigación científica.

### **Justificación económica**

Una de las mejores herramientas para el tratamiento natural de los efluentes es el EM, evita la construcción de instalaciones caras y de alto mantenimiento para el tratamiento de los efluentes, al paso que incluso disminuye el estrés de los trabajadores y restablece la buena relación con la vecindad, ya que estos no van inhalar gases nocivos a la salud y estarán libres de mal olor. Por otra parte, se reducen los costos de las enfermedades que podrían ser producidas por la contaminación de las aguas residuales, ya que se estaría realizando la desinfección de bacterias patógenas presentes en estas aguas.

### **Justificación social**

Las aguas contaminadas al ser tratadas con EM AGUA, podrían ser colectadas río abajo y ser utilizadas para el riego de los cultivos, siendo así un beneficio para las comunidades, y generándose también un mejor paisaje en cuanto al que se tiene actualmente.

### **Justificación ambiental**

El tratamiento de las aguas residuales permitirá reducir los impactos que se tiene por la contaminación de ARD generada en la población. El hecho de utilizar esta tecnología es una opción adecuada ya que no afecta al medioambiente y no existe la necesidad de añadir sustancias químicas al agua.

## **ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

### **Planteamiento del problema**

La ciudad de Entre Ríos actualmente no cuenta con un tratamiento adecuado para sus aguas residuales y no cubre la totalidad de la población de la zona urbana, en uno de los puntos de descarga donde se realizará el trabajo, solo existe el tratamiento primario con un sistema de sedimentación y separación de Sólidos Suspendidos, descargando estas aguas semitratadas al río seco, desembocadura al río Santa Ana. Como se llegó a observar, según los resultados de la tesis “determinación de la calidad del agua del río Santa Ana según reglamento en contaminación hídrica en la ciudad de Entre Ríos”, (Rios, 2014), se clasifica en categoría D, con presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos y sobre todo por el vertido de las aguas servidas que provienen de la población de Entre Ríos, en simple observación, el agua es gris y el olor que se percibe es fuerte ya sea que se encuentren cerca del lugar o no. También se pueden encontrar las heces flotando en el río incluso aguas abajo, es necesario importante y de forma inmediata que se efectuó un tratamiento adecuado de sus ARD y es así que se busca una solución a esta problemática implementando un modo experimental de tratamiento de Aguas Residuales Domésticas con microorganismos eficaces que por las condiciones distintas de estudio varía el resultado esperado.

### **Formulación del problema**

¿Con la aplicación de microorganismos eficaces de forma experimental en el tratamiento de Aguas Residuales, se reducirán los niveles de concentración de los parámetros contaminantes del afluente que ingresa al sistema de tratamiento primario por celdas, de la Planta de Tratamiento?

### **HIPÓTESIS**

Con la aplicación experimental con microorganismos eficaces (EM) se podrá reducir los niveles de contaminación de las Aguas Residuales Domésticas extraídas del afluente que ingresa a la Planta de Tratamiento.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Experimentar la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en época de primavera para demostrar la reducción de los niveles de concentración de los parámetros físico químico, biológico, del afluente que ingresa a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del barrio Manantial en la ciudad de Entre Ríos, provincia O'Connor.

### **Objetivos Específicos**

- 1) Preparar la activación de los microorganismos eficaces con melaza.
- 2) Analizar los resultados de laboratorio de los microorganismos Coliformes Fecales en función del tiempo.
- 3) Determinar la reducción de la concentración de los parámetros físico – químico del ARD (DBO<sub>5</sub>, DQO, OD, SS, pH, Temperatura) antes y después de aplicar la metodología EM.
- 4) Determinar costos del proceso de tratamiento.
- 5) Plantear una propuesta con los datos obtenidos, la activación de sistema cerrado hacia sistema continuo.

