

Las Matemáticas fluyen con el agua: el riego por gravedad y la ingeniería del campo

Bertha Ivonne Sánchez Luján

Jiménez, Chihuahua, México

ivonnesanchez10@yahoo.com

Doutora em Educação Matemática

Tecnológico Nacional de México-Ciudad Jiménez

<https://orcid.org/0000-0002-3595-8281>

El descubrimiento en una comida familiar

“Estábamos sentados alrededor de la mesa, y empezaron a platicar sobre los problemas de abastecimiento de agua para riego en una parcela agrícola, y cómo tendrían que hacer ajustes ya que el pozo estaba secándose”. En ese tiempo, yo estaba explicando principios de mecánica de fluidos y eficiencia energética en sistemas hidráulicos, cuando su comentario me dejó pensando: ¿qué tan sofisticado puede ser un sistema de riego sin electricidad?”

Esa fue la pregunta que me llevó a un viaje inesperado, no a través de libros o laboratorios, sino a los campos de cultivo de una comunidad rural, donde los conocimientos ancestrales fluyen con la misma precisión que el agua en un canal bien diseñado.

El riego por gravedad: tecnología milenaria en el siglo XXI

Con un clima desafiante, las tierras del norte de México han sido cultivadas por generaciones y ahora se enfrentan al cambio climático con problemas de abastecimiento de agua, los agricultores han desarrollado técnicas para aprovechar hasta la última gota. En comunidades como las del estado de Chihuahua, al norte de México, donde el agua es un recurso valioso y escaso.

Tratando de responder mi pregunta inicial, visité una comunidad rural y pude ver cómo el riego por gravedad se basa en un principio que, sin darse cuenta, los campesinos han aplicado por siglos: la pendiente hidráulica y la optimización del flujo de agua. Con una

inclinación mínima pero precisa, el agua se distribuye eficientemente sin necesidad de bombas eléctricas, aprovechan la fuerza de la gravedad.

Me impresionó descubrir que estos sistemas, aparentemente rudimentarios, siguen los mismos principios matemáticos que enseñamos en ingeniería: 1) Ecuación de Bernoulli: la conservación de la energía en un fluido en movimiento, 2) Reglas de optimización de flujo: uso de desniveles y canales para distribuir el agua eficientemente, y 3) Mecánica de fluidos aplicada: control de la velocidad y dirección del agua sin desperdicio.

Los agricultores han perfeccionado estos sistemas con la observación y la experiencia, sin necesidad de ecuaciones diferenciales ni software de simulación. Sin embargo, si escribiéramos sus técnicas en lenguaje matemático, estoy segura de que encontraríamos soluciones ingenieriles que no hemos pensado que podemos llevar al aula.

Aplicaciones en Ingeniería Mecánica e Industrial

En la universidad, hablamos de *Lean Manufacturing* y eficiencia en sistemas productivos, pero aquí en el campo, los principios de uso eficiente de recursos llevan siglos aplicándose de manera intuitiva. Me di cuenta de que los mismos conceptos que explicamos a nuestros estudiantes para optimizar fábricas ya estaban presentes en la vida cotidiana de los agricultores:

- Flujo sin desperdicio: Al igual que en una línea de producción industrial, el agua se canaliza solo donde es necesaria, sin pérdidas.
- Diseño basado en eficiencia energética: Mientras en la industria buscamos motores de bajo consumo, en el campo han desarrollado sistemas que no requieren energía externa.
- Mantenimiento predictivo: Los agricultores saben cuándo limpiar los canales y ajustar las compuertas, igual que en la industria se anticipan fallos en máquinas con sensores.

Aplicación del Principio de Bernoulli en el Riego por Gravedad

En mi curso de Ecuaciones Diferenciales, la Ecuación de Bernoulli es un tema central cuando analizamos el comportamiento de los fluidos en movimiento. Tradicionalmente, mis estudiantes la ven como una fórmula abstracta aplicada en ingeniería mecánica e hidráulica, pero nunca imaginé que encontraría su aplicación en la vida cotidiana de los agricultores de la región.

La Ecuación de Bernoulli, expresada como:

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{constante}$$

donde:

P es la presión del fluido,

ρ es la densidad del fluido,

v es la velocidad del fluido,

g es la aceleración gravitacional,

h es la altura con respecto a un punto de referencia,

Describe la conservación de la energía en un fluido en movimiento a lo largo de una línea de corriente. Es decir, en ausencia de fricción, la suma de la presión, la energía cinética y la energía potencial se mantiene constante.

Los agricultores no resuelven esta ecuación explícitamente, pero intuitivamente aplican sus principios cuando diseñan y ajustan sus canales de riego.

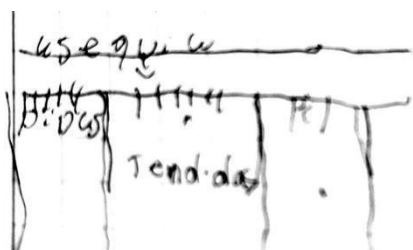
En la comunidad que visité, los agricultores diseñan los canales de riego sin necesidad de software de simulación ni cálculos matemáticos explícitos, pero, sin saberlo, aplican este mismo principio. Aprovechan la diferencia de altura entre la fuente de agua (un estanque o río) y los campos de cultivo para generar un flujo constante sin necesidad de bombas eléctricas. Modifican la forma y pendiente de los canales para controlar la velocidad del agua, asegurándose de que no sea demasiado rápida (para evitar erosión) ni demasiado lenta (para que llegue a toda la parcela). Diseñan compuertas que regulan la

presión y la velocidad del agua en distintos puntos, ajustando el caudal de manera eficiente.

En este viaje, platiqué con Ramón, un trabajador del campo que me explicó como aprovechan el agua de la *asequia*, poniendo *pipas* (tubos de PVC por donde fluye el agua) en cada *tendida* (espacio de tierra sembrada) y como tapan el flujo de agua con plástico para aprovecharlo y regar cada tendida y van moviendo las *pipas* que conducen el agua. Comparto la siguiente conversación:

- Ramón: Para cada tendida pongo 8 *pipas* de 2 (pulgadas) para tener a las 10 (pulgadas de flujo) que nos daría el pozo que se está secando...
- Yo: Mmmhhh! No me salen las cuentas, 8 por 2 son 16, y me dice que el pozo es de 10.
- Ramón: es que es sin bombeo, ¡sólo por gravedad!
- Yo: (pensando) Gran lección le dio a la maestra de matemáticas.

En términos matemáticos, están manipulando h (altura) y v (velocidad) para garantizar que la energía total del sistema se distribuya óptimamente.



Este es un dibujo realizado por Ramón para ejemplificar el proceso, donde nos muestra la *asequia*, las *pipas* y las *tendidas*.

El valor de la Etnomatemática se hace presente, la Ecuación de Bernoulli, que parecía reservada para la academia, cobra vida en los campos de cultivo, donde el agua sigue su camino guiada por la intuición matemática de quienes han trabajado la tierra por siglos.

-Yo: ¿Y a Usted quien le enseñó esto?

-Ramón: Pues mi papá.

- Yo: ¿Y a su papá?

-Ramón: ¡Noooo, pues no se! (riendo)

Conexión con la Ingeniería y la Educación

En clase, explicamos la Ecuación de Bernoulli para resolver problemas de tuberías industriales, aviones o sistemas hidráulicos avanzados. Sin embargo, al ver su aplicación en un contexto rural, entendí que este conocimiento no solo pertenece a la ingeniería moderna: los agricultores han aplicado estos principios durante siglos de manera empírica.

Este descubrimiento transformó mi enfoque en el aula. Ahora, cuando explico Bernoulli, invito a mis estudiantes a imaginar los canales de riego en las comunidades de donde ellos provienen, donde la matemática y la física son más que ecuaciones en el pizarrón, son herramientas vivas que han sostenido la producción agrícola por generaciones. El conocimiento ancestral y la ciencia moderna no están en competencia; son dos formas complementarias de entender el mundo.

Reflexión final: La Matemática en la vida cotidiana

Este viaje me dejó con una pregunta que aún resuena en mi mente: ¿Cuántas veces enseñamos matemáticas desconectadas de la realidad cotidiana?. En los libros, la optimización de flujo es un conjunto de ecuaciones; en la comunidad de Ramón, es una práctica viva, transmitida de generación en generación.

Me di cuenta de que la enseñanza de la ingeniería puede enriquecerse si dejamos de ver la matemática como algo exclusivo del aula y comenzamos a reconocerla en la sabiduría del entorno. La *Etnomatemática* nos muestra que el conocimiento no siempre viene de los laboratorios; a veces fluye con el agua de un canal bien diseñado en el campo.

As Matemáticas Fluem com a Água: a Irrigação por Gravidade e a Engenharia do Campo

Mathematics Flows with Water: Gravity Irrigation and Field Engineering

Las Matemáticas fluyen con el agua: el riego por gravedad y la ingeniería del campo

Resumo

Nesta crônica, explora-se a presença da Etnomatemática em uma comunidade rural do norte do México, onde o conhecimento tradicional sobre a irrigação por gravidade demonstra a aplicação intuitiva de princípios matemáticos e de engenharia, sem recorrer a equações formais. Através do relato de um trabalhador do campo, evidenciam-se conceitos como a mecânica dos fluidos e a eficiência energética, aplicados por gerações. A formação em engenharia pode se enriquecer ao conectar a teoria acadêmica às práticas culturais. A Etnomatemática nos permite redescobrir a matemática nos saberes tradicionais e valorizar a interseção entre ciência, tecnologia e cultura.

Palavras-chave: Etnomatemática. Irrigação por gravidade. Matemática cotidiana. Saberes ancestrais. Engenharia.

Abstract

This chronicle explores the presence of Ethnomathematics in a rural community in northern Mexico, where traditional knowledge about gravity-based irrigation demonstrates the intuitive application of mathematical and engineering principles without relying on formal equations. Through the story of a field worker, it reveals how concepts such as fluid mechanics and energy efficiency have been applied for generations. Engineering education can be enriched by connecting academic theory with cultural practices. Ethnomathematics allows us to rediscover mathematics in traditional knowledge and appreciate the intersection between science, technology, and culture.

Keywords: Ethnomathematics. Gravity-based irrigation. Everyday mathematics. Ancestral knowledge. Engineering.

Resumen

Esta crónica explora la presencia de la Etnomatemática en una comunidad rural del norte de México, donde el conocimiento tradicional sobre el riego por gravedad demuestra la aplicación intuitiva de principios matemáticos e ingenieriles sin recurrir a ecuaciones formales. Mediante el relato de un trabajador del campo, se muestran conceptos como la mecánica de fluidos y la eficiencia energética han sido utilizados por generaciones. La enseñanza de la ingeniería puede enriquecerse si conectamos la teoría académica y las prácticas culturales. La etnomatemática nos permite redescubrir la matemática en los saberes tradicionales y valorar la intersección entre ciencia, tecnología y cultura.

Palabras clave: Etnomatemática. Riego por gravedad. Matemática cotidiana. Saberes ancestrales. Ingeniería.