



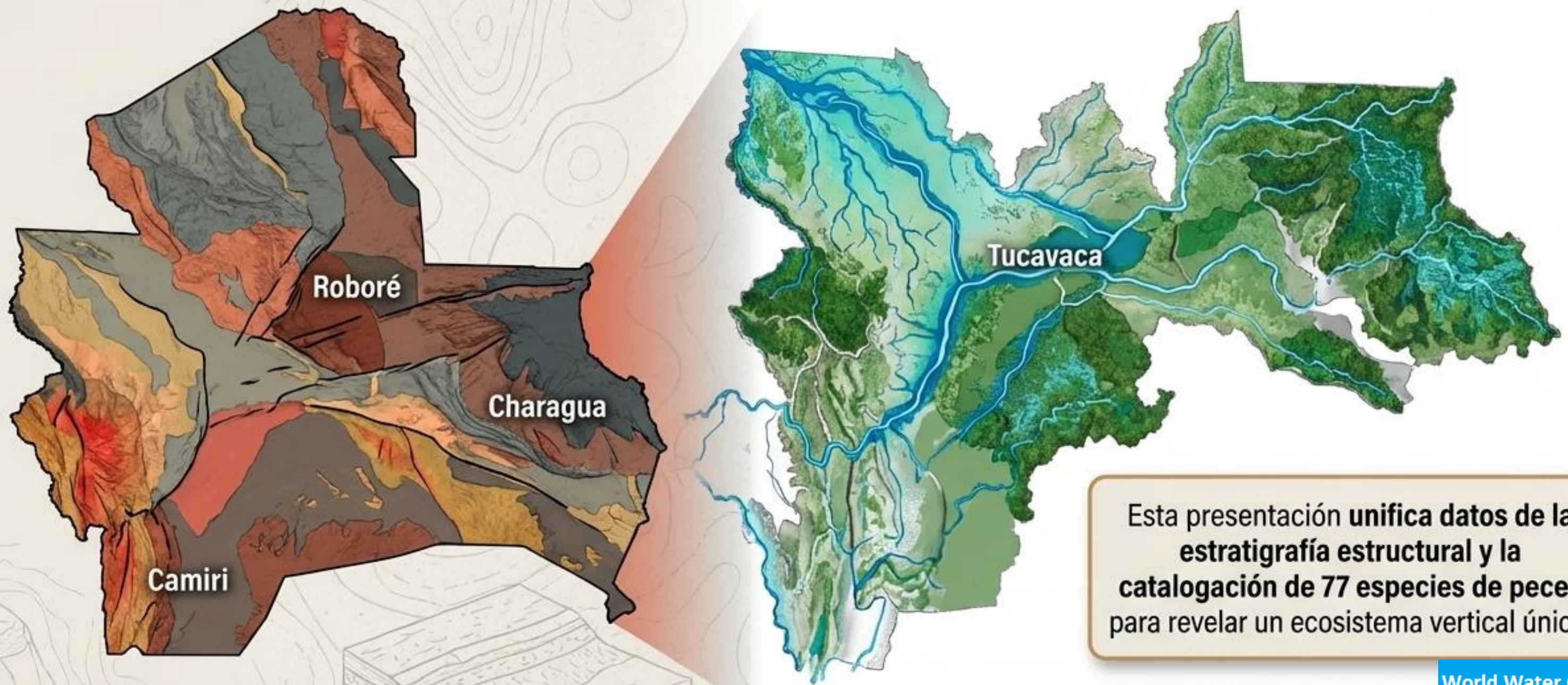
# Latidos subterráneos, vida superficial

Cómo la arquitectura geológica profunda de Santa Cruz impulsa la biodiversidad íctica en las cuencas de Tucavaca y Aguas Calientes.

Un análisis integrado de dinámica hidrotermal y ecología acuática.

# Dos mundos conectados por el flujo del agua

En el departamento de **Santa Cruz**, coexisten dos realidades científicas que rara vez se estudian juntas. En la profundidad, un sistema de fallas geológicas y gradientes geotérmicos calienta aguas meteóricas. En la superficie, estas aguas emergen para sostener uno de los ecosistemas acuáticos más desconocidos y ricos de la región **Chiquitana**.



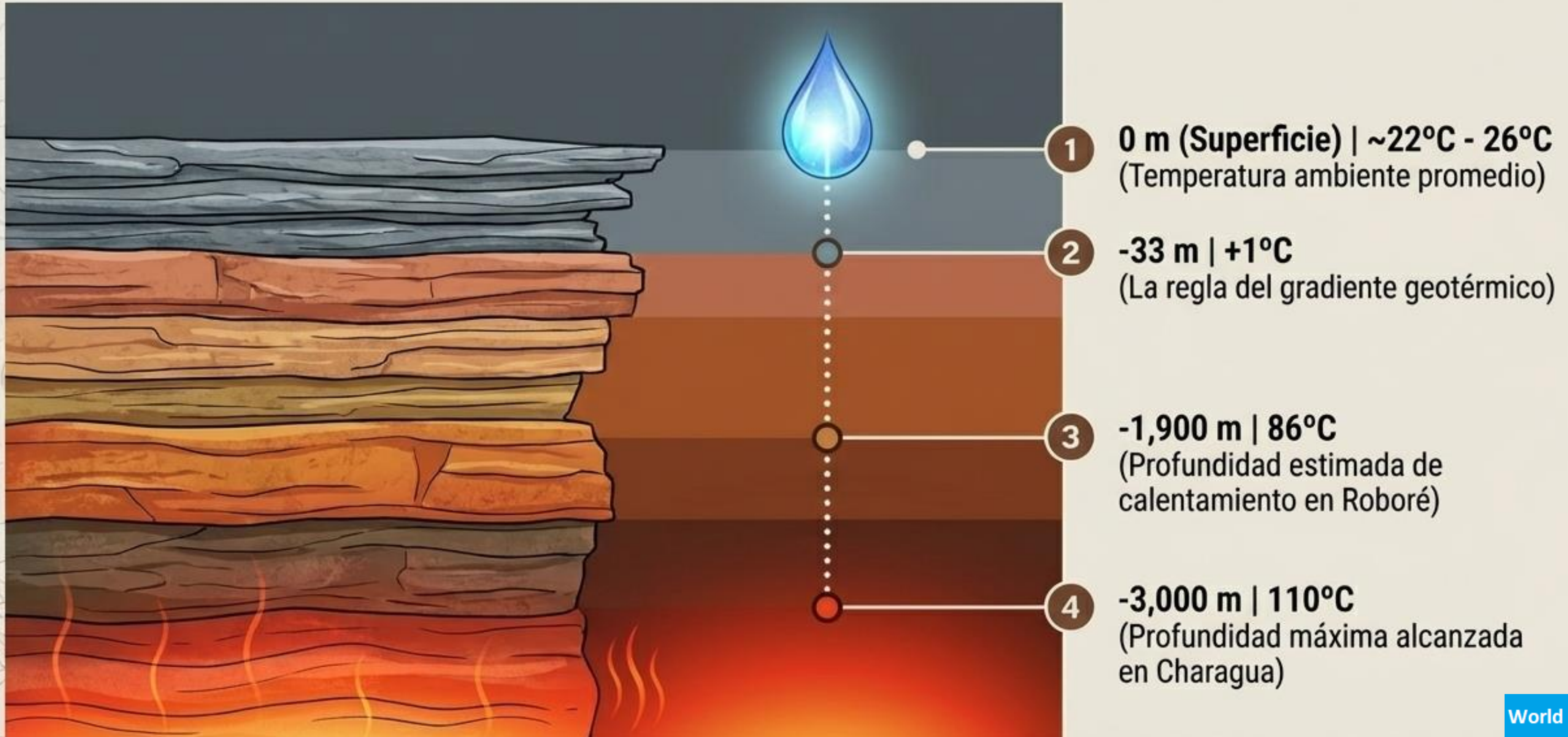
Esta presentación **unifica datos de la estratigrafía estructural y la catalogación de 77 especies de peces** para revelar un ecosistema vertical único.





# El motor invisible: El gradiente geotérmico

Toda agua termal en esta región comienza como agua de lluvia (meteórica). Su calentamiento obedece a una regla geológica estricta: la temperatura de la Tierra aumenta progresivamente con la profundidad.



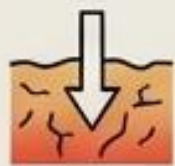


# El ciclo convectivo del agua meteórica



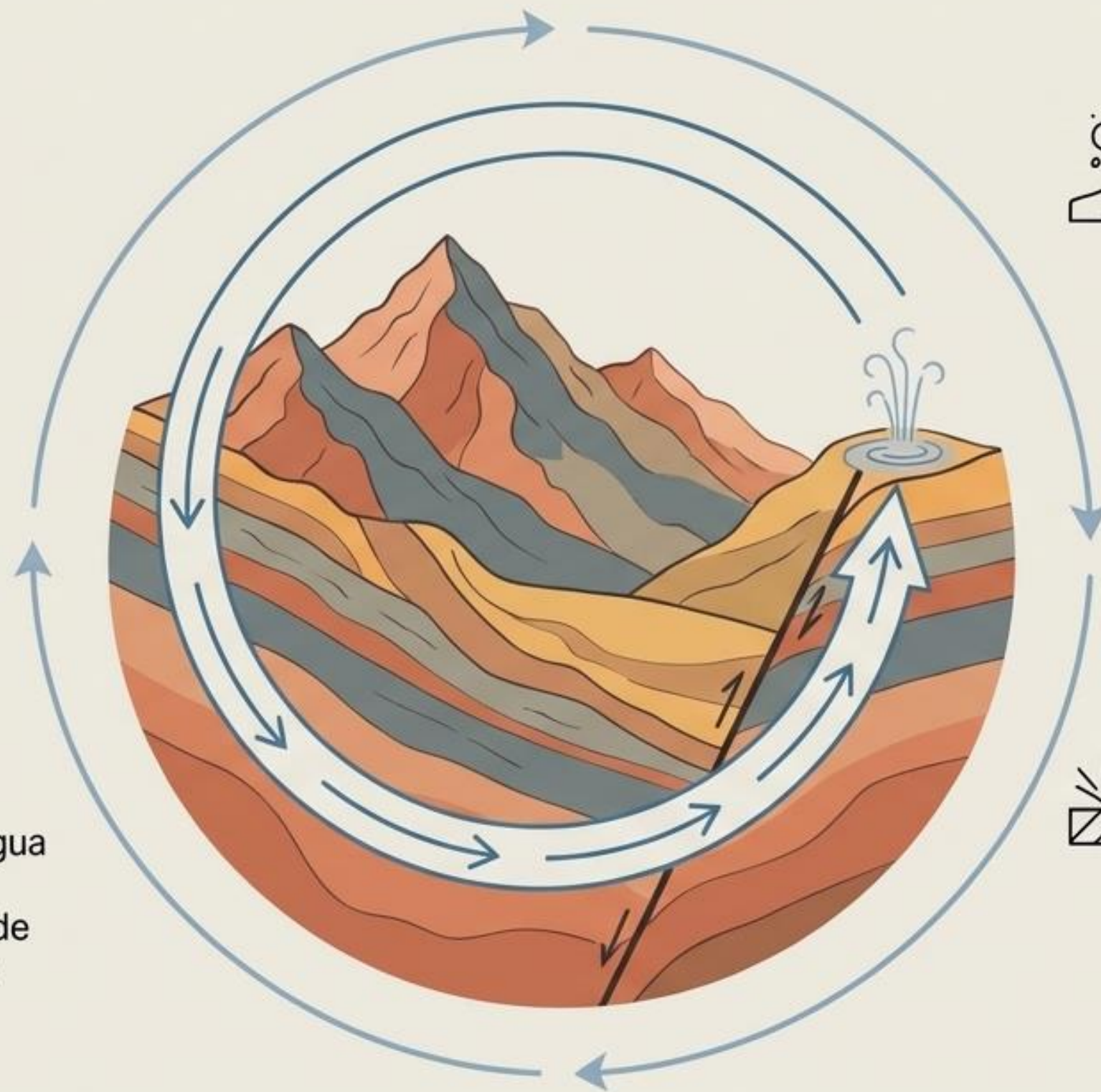
## 1. Infiltración

El agua de lluvia penetra estratos rocosos permeables (areniscas) que actúan como esponjas gigantes inclinadas.



## 2. Percolación y Calentamiento

La gravedad empuja el agua hacia profundidades de hasta 3,000 metros, donde absorbe el calor extremo de la roca.



## 4. Surgencia

La falla actúa como un tubo de escape, propulsando el agua rica en minerales de regreso a la superficie antes de que pierda todo su calor.



## 3. Choque Estructural

El agua caliente, ahora con menor densidad y viscosidad, choca contra barreras impermeables (como la Falla de Chiquitos).



# Matriz de motores térmicos regionales

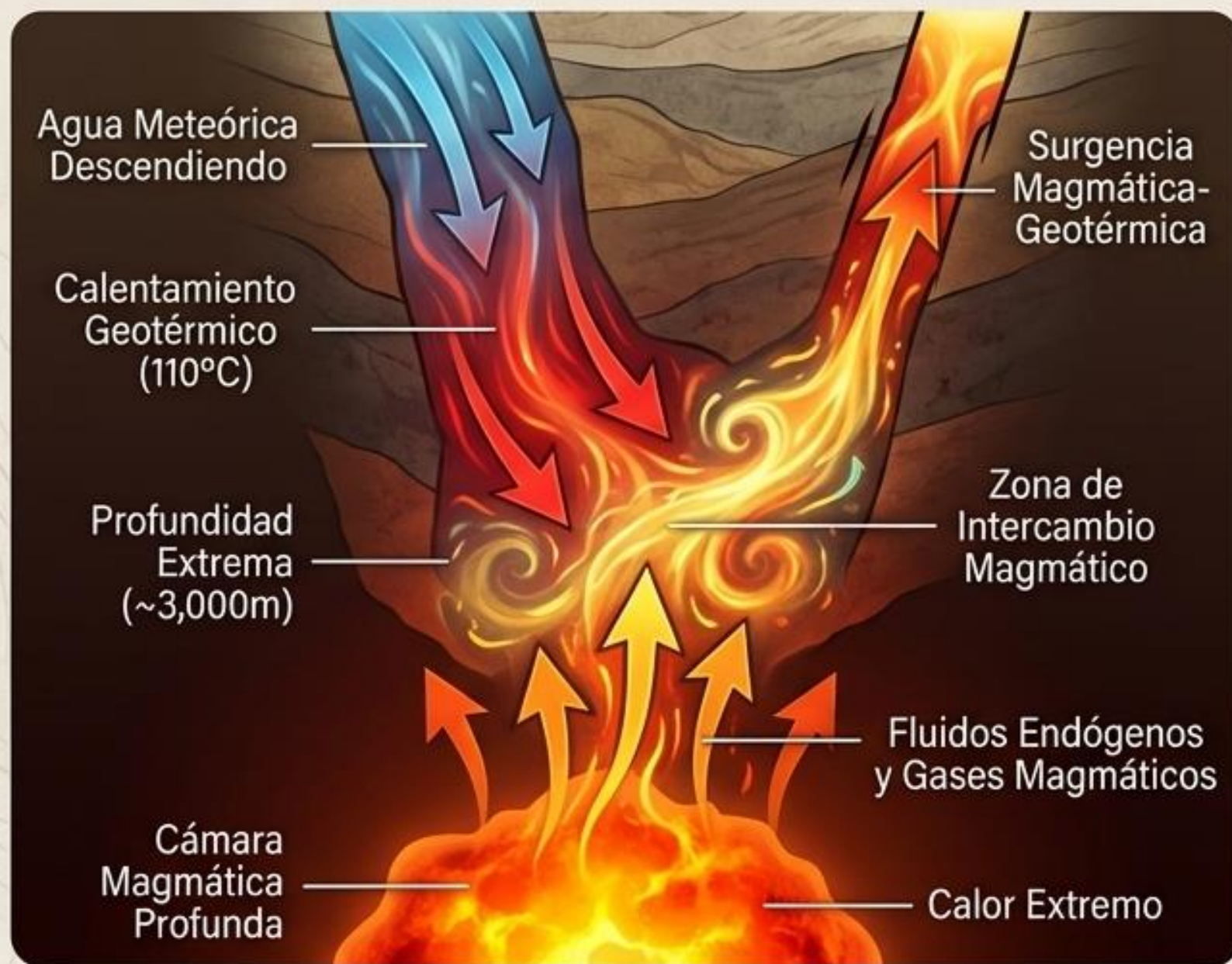
Aunque el mecanismo base es similar, la arquitectura subterránea de cada zona dicta el carácter de sus aguas termales.

Región	Origen	Profundidad	T° Surgencia	Estructura Clave
<b>Roboré</b> (Sierras Chiquitanas)	Geotérmico puro	~1,900m	40°C	Falla Roboré / Zona de cizalla
<b>Camiri</b> (Subandino Sur)	Geotérmico puro	~2,000m	50°C	Sistema de cabalgamientos
<b>Charagua</b> (Subandino Sur)	Mixto (Geotérmico + Magmático)	~3,000m	75°C	Falla Mandeyapecua



# La anomalía de Charagua: Un origen mixto

A diferencia de Roboré y Camiri, el agua meteórica en Charagua desciende tanto (3,000m / 110°C) que entra en contacto con fluidos endógenos provenientes de cámaras magmáticas profundas.



## Key Takeaway

**Mezcla Volátil:** El agua meteórica en estado gaseoso se fusiona con fluidos magmáticos.



## Key Takeaway

**Firma Química:** El agua arrastra elementos volcánicos hacia la superficie (flúor, cloro, azufre, magnesio, fósforo).



## Key Takeaway

**Calor Extremo:** Emerge a la superficie a 75°C, con un fuerte olor a azufre, creando hábitats superficiales extremos.



# La emersión: Donde la geología se hace biología

Cuando las aguas termales escapan de la roca y tocan la luz del sol, su viaje geológico termina, pero su rol ecológico apenas comienza.

Ríos como Aguas Calientes surgen con **temperaturas constantes**, un pH específico (7-8) y una salinidad única heredada de su viaje subterráneo. Este cóctel hidrotermal crea un oasis superficial en medio del Bosque Seco Chiquitano.



# Una explosión de biodiversidad íctica

Las subcuencas termales y superficiales del sistema Paraguay-Paraná albergan una riqueza biológica desproporcionada. A pesar de ser una de las zonas más desconocidas de la Chiquitania, los muestreos revelan un ecosistema vibrante.



2,951

Individuos capturados y catalogados.

77

Especies únicas identificadas.

17

Familias taxonómicas.

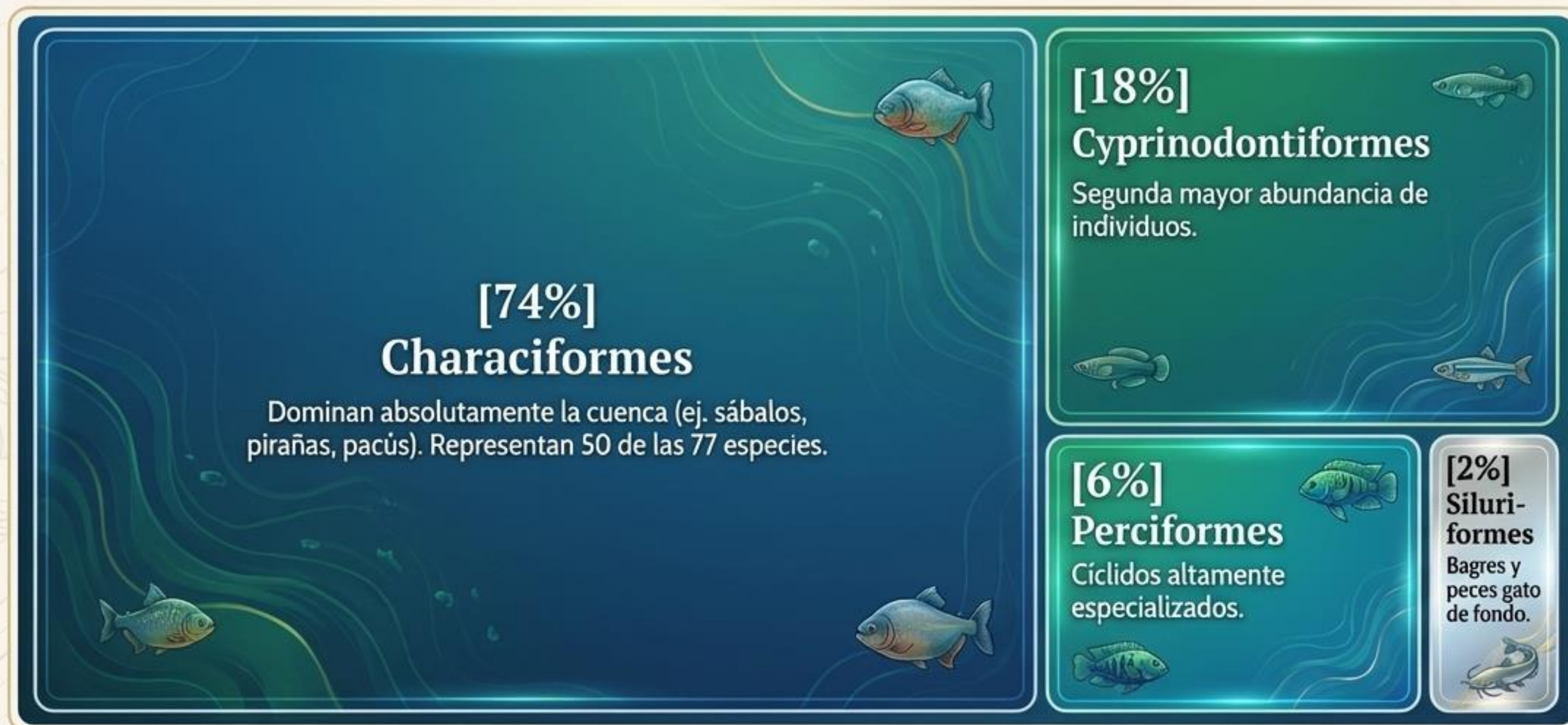
70%

De la ictiofauna conocida para toda la inmensa cuenca del Río Paraguay en Bolivia está representada en estas pequeñas subcuencas.



# Arquitectura del ecosistema: La dominancia de los Characiformes

El ecosistema está estructurado por una jerarquía clara. La gran mayoría son peces de pequeño porte (tetras, sardinas de agua dulce) que forman la base alimenticia para especies mayores y tienen altas tasas de especiación.



# Joyas vulnerables y endemismo termal

Las condiciones precisas forjadas por la geología han permitido la evolución de especies que **no existen en ningún** otro lugar del planeta.

## Especies en el Libro Rojo

⚠️ ***Prochilodus lineatus* (Sábalo)** – Estado: **Vulnerable (VU)**. Fuerte presión comercial.

⚠️ ***Potamorrhaphis eigenmanni* (Pez aguja)** – Estado: **Datos Insuficientes (DD)**. Amenazado por la acuariofilia.

## El Endemismo



**Especie:** *Bujurquina oenolaemus*

**Hábitat:** Exclusivo del Río Aguas Calientes.

**Ecología:** Cíclido endémico que se alimenta de pequeños moluscos.

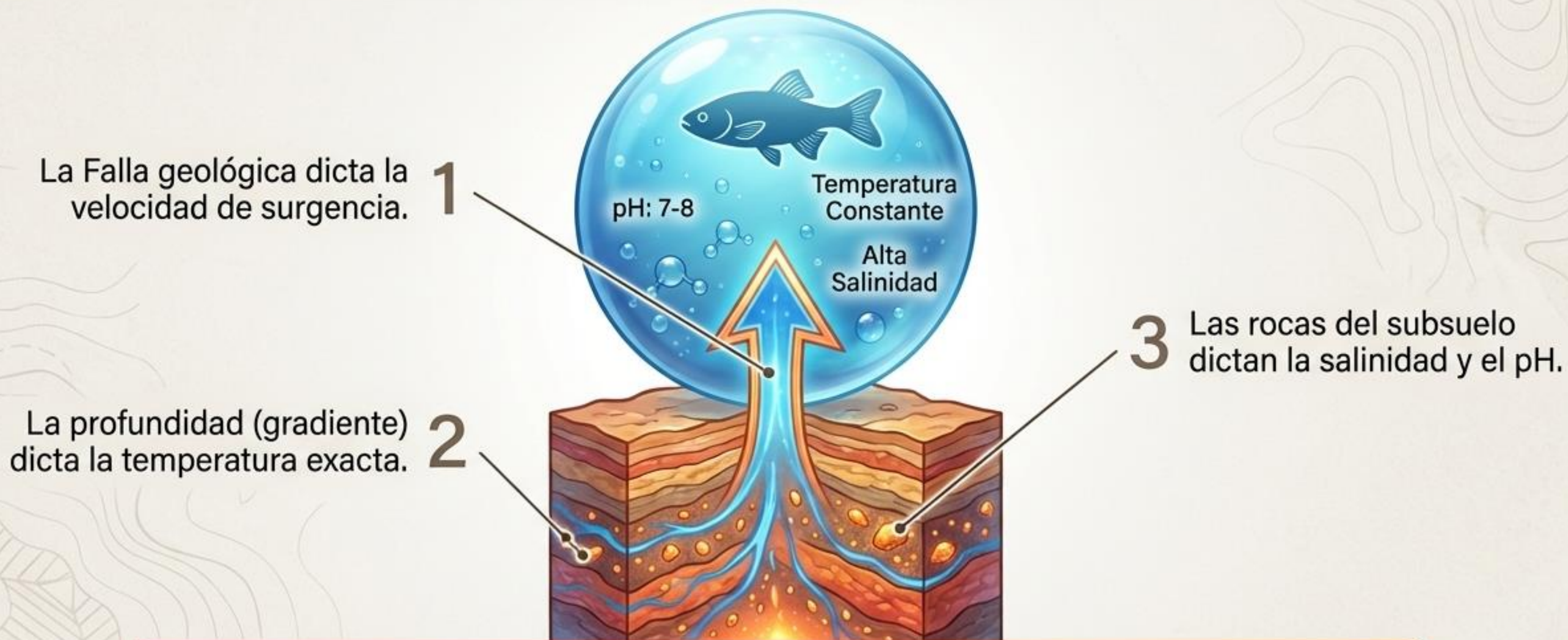
**Alerta:** Su único hábitat natural en el mundo no cuenta con ninguna categoría de protección oficial.





# El delicado balance hidro-térmico

La biología superficial es un reflejo exacto de la geología profunda. La Bujurquina oenolaemus no evolucionó de forma aislada; es el producto directo del motor térmico que ocurre a miles de metros bajo sus aletas.



**Conclusión central:** Alterar la geología o los acuíferos subterráneos destruirá inevitablemente este hábitat endémico superficial.



## Conservación en eje vertical

Tradicionalmente, protegemos lo que podemos ver: el cauce del río, los bosques ribereños, los peces. Pero los estudios de Roboré, Charagua y Aguas Calientes nos enseñan una lección fundamental:

**“No se puede proteger la ictiofauna superficial sin salvaguardar la integridad de las fallas, acuíferos y vías geotérmicas profundas que originan su hábitat.”**

La conservación del futuro no solo requiere mirar a los lados; requiere mirar hacia abajo.

Copyright © Michel Louis Friedman, 01/2026. Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción sin autorización.

### **Versión personalizada**

1. Para consultar los costes de traducción, contáctenos.
2. Para añadir documentación específica de la empresa, contáctenos.
3. Para una opción editable, contáctenos.
4. Consultas disponibles en [Michel.friedman@fands-llc.com](mailto:Michel.friedman@fands-llc.com) o [mlf10357@yahoo.com](mailto:mlf10357@yahoo.com).

o Las traducciones, logotipos, términos y conceptos específicos son propiedad de Fands-llc en todo el mundo  
o RSS-NMR® es una marca registrada a nivel mundial en el domicilio de Michel-Louis Friedman-Matarese.

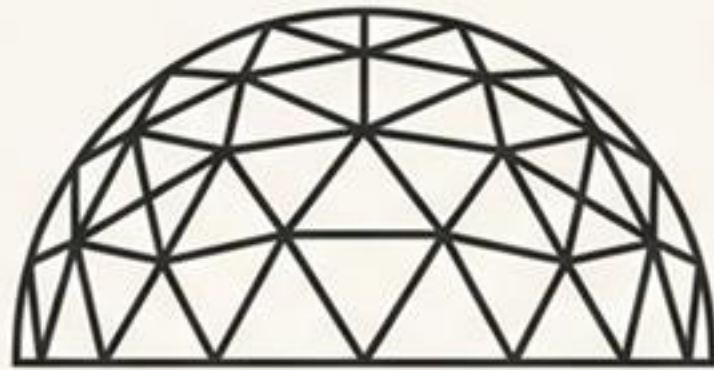
### **Descargo de responsabilidad**

Las opiniones, análisis y explicaciones expresadas en este texto son exclusivamente de su autor, Michel Louis Friedman. No representan las opiniones de ninguna institución, empresa, empleador ni entidad. El autor se exime de toda responsabilidad por el uso o la interpretación de este material.

- o Ley de Derechos de Autor © 11 de marzo de 1957 Ley N.º 57-298 del 11 de marzo de 1957, relativa a la propiedad de la literatura y de los artistas
- o Copyright © 2005-2026 Fands-LLC
- o Copyright © 2009-2026 Fands-LLC div. Proactive Economic Intelligence
- o Todos los derechos de autor © y marcas registradas ® están protegidos por la Ley de Derechos de Autor de los Estados Unidos de 1976 y sus modificaciones posteriores, así como por las leyes relacionadas contenidas en el Título 17 del Código de los Estados Unidos.

Todos los derechos de autor, © y marcas registradas ® en los Estados Unidos se rigen por la legislación aplicable.

Patentes y Marcas Registradas (12 de diciembre de 1980) <https://www.copyright.gov/>



# FANDS-LLC

Inteligencia Económica Proactiva



FANDS-LLC es una firma de inteligencia económica proactiva especializada en análisis estratégicos y soluciones tecnológicas para sectores críticos.

**Michel L. Friedman**

michel.friedman@fands-llc.biz

**WhatsApp:** +591 71696657

**Oficina Física:** Aparthotel El Suto, calle el suto s/n  
San Jose de chiquitos Bolivia