



**Geo**  
**termia**  
**IV Taller Regional**



# “Sustentabilidad y sostenibilidad del Recurso Geotérmico” – Costa Rica

Leyner Chavarría Rojas



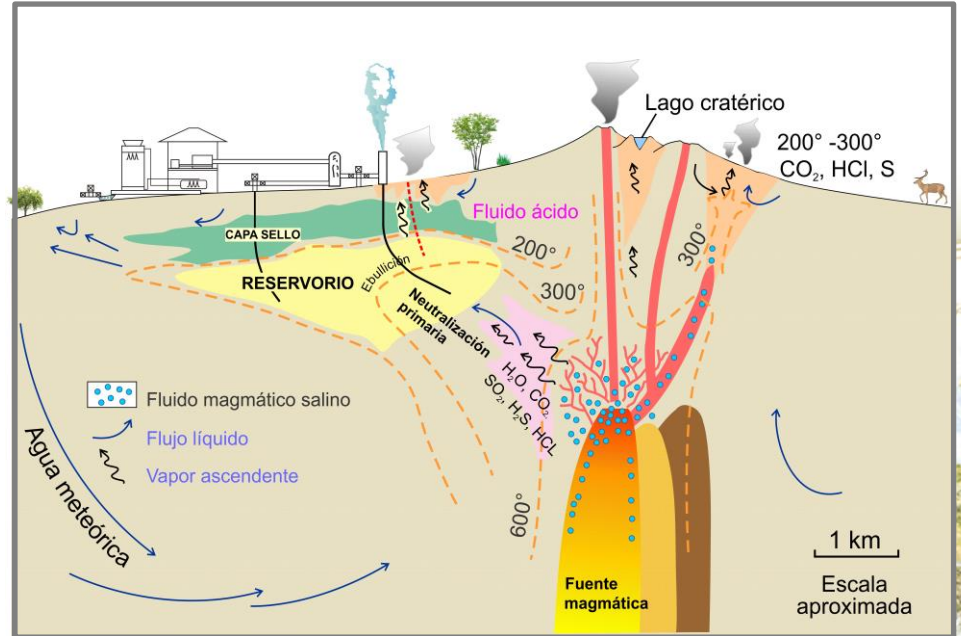
Instituto Costarricense de Electricidad



# Introducción

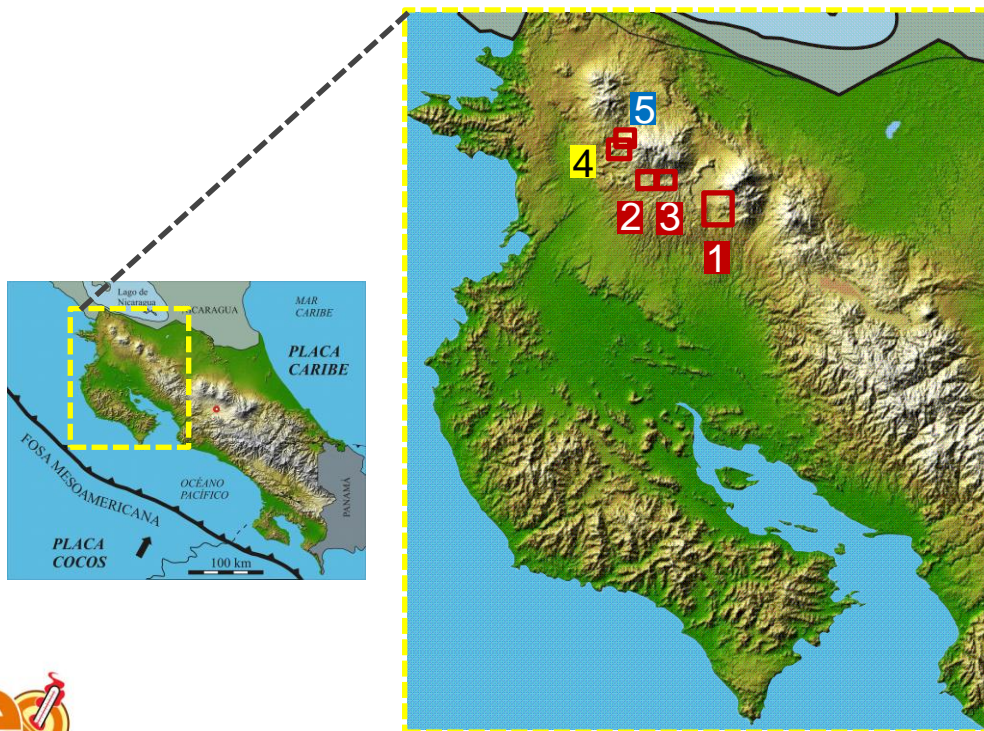
- ✓ Proceso geológico-industrial
- ✓ Componente geológica heterogénea.
- ✓ Sistemas en equilibrio parcial o total.
- ✓ Intervenimos el sistema y cambiamos las condiciones naturales.
- ✓ Importante contar con un monitoreo de variables físico-químicas.
- ✓ Políticas de explotación  $\Rightarrow$  sostenibilidad del recurso.

## Aprovechamiento de un recurso geotérmico



Basado en:  
Hendenquist, Izawa, Arribas & White, 1996.

# Ubicación de los campos geotérmicos de Costa Rica



**1** Campo Geot. Alfredo Mainieri P.  
(Explotación desde 1994)  
Cap. Instalada (154,5 MW)

**2** Campo Geot. Pailas I  
(Explotación desde 2011)  
Cap. instalada (42,5 MW)

**3** Campo Geot. Pailas II  
(Explotación desde 2019)  
Cap. instalada (55 MW)

**4** Campo Geot. Borinquen I  
(en desarrollo, 2027)  
Cap. propuesta (55 MW)

**5** Campo Geot. Borinquen II  
(Futuro desarrollo)  
Cap. Propuesta (55 MW)



¿Es posible determinar el óptimo entre extracción y reinyección en los primeros 5 años de explotación del campo?

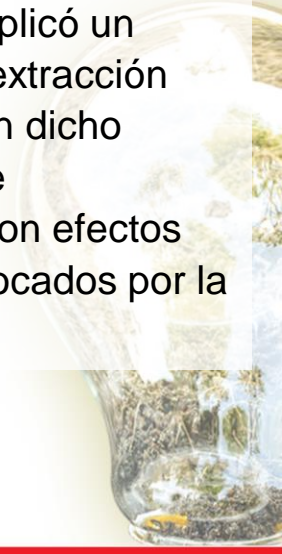


# Campo Geotérmico Alfredo Mainieri Protti

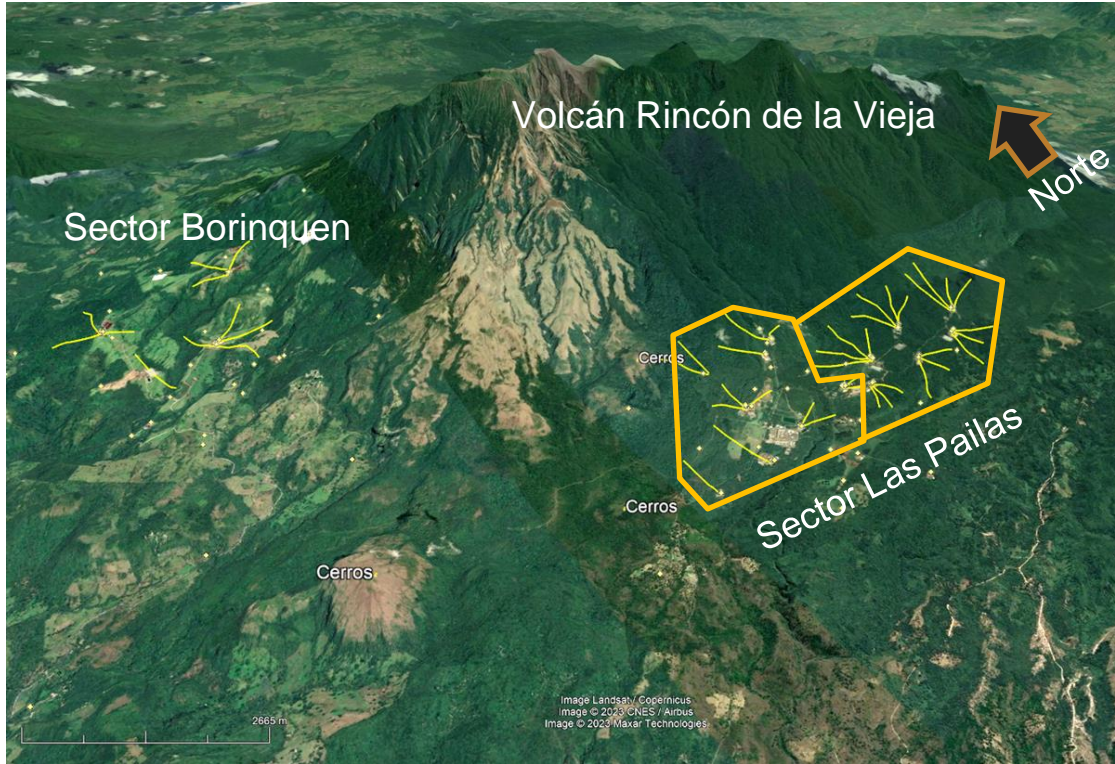


Eso depende de las características de cada campo, por ejemplo:

Tuvimos una secuencia de entradas en operación de plantas (1994, 1998, 2000) que implicó un aumento de extracción del campo; en dicho periodo no se experimentaron efectos nocivos provocados por la reinyección.

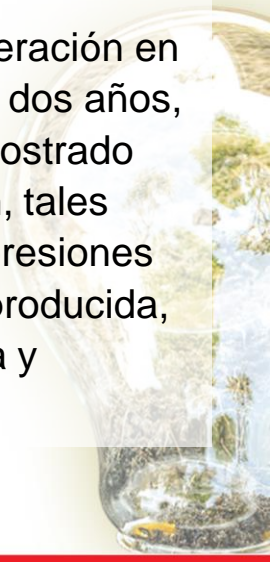


# Desarrollos geotérmicos en el Volcán Rincón de la Vieja: Borinquen y Las Pailas.



**Pailas I:** entró en operación en julio 2011 e inmediatamente se notó un efecto de enfriamiento y reducción de la masa en dos pozos: uno de producción y uno de reserva.

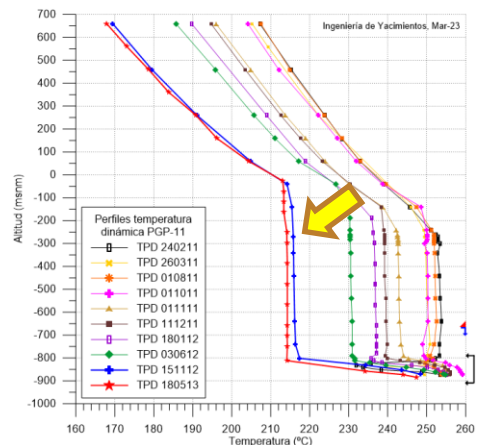
**Pailas II:** entró en operación en Julio 2019 y luego de dos años, algunos pozos han mostrado indicios de afectación, tales como: reducción de presiones de operación, masa producida, temperatura dinámica y entalpía.



# Campo Geotérmico Pailas I



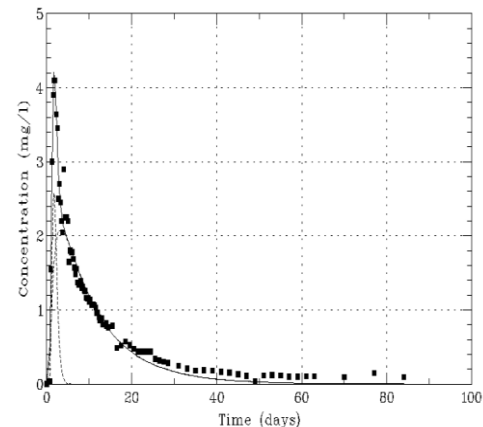
## Evolución de la temperatura Dinámica PGP-11



Reducción máx. 40 °C

Elaboró: Sergio Castro Z.

## Prueba de trazadores PGP-25 (benzoato de sodio)

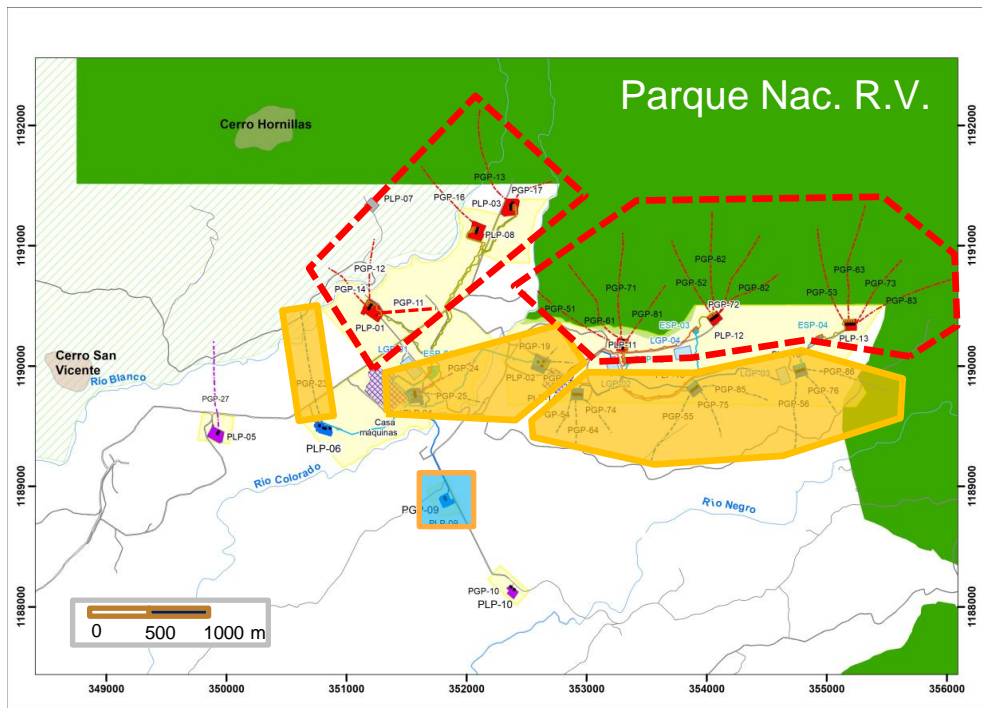





Se detectó luego de 24 h  
( $v = 33,75$  m/h)

Fuente:  
Torres & Axelsson, 2015

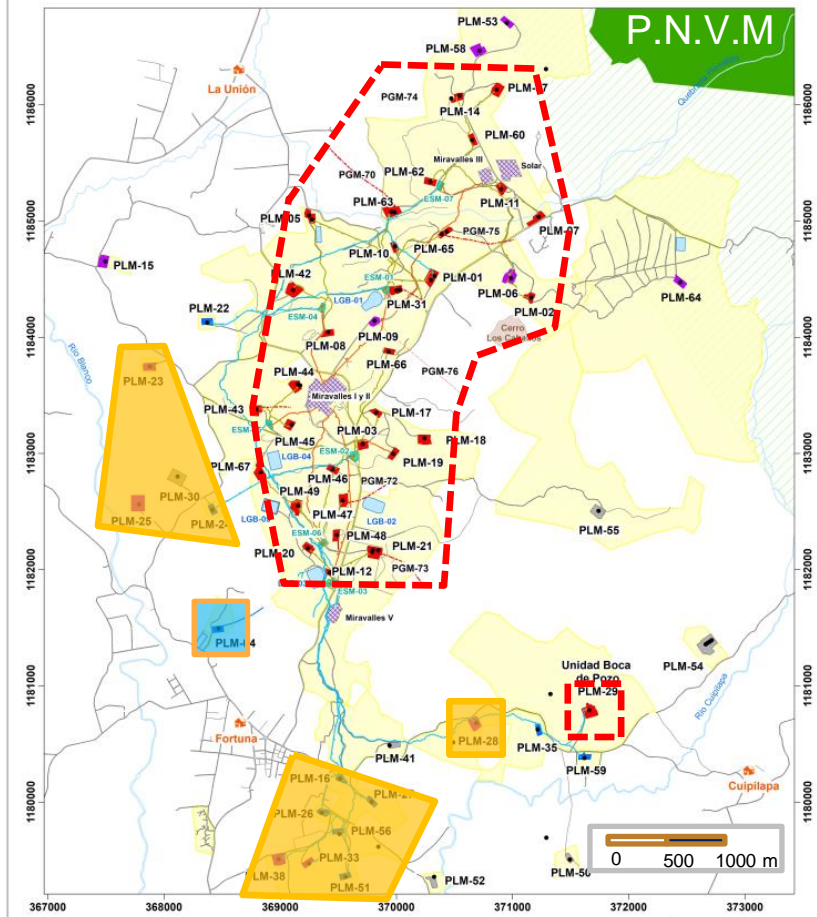





## C.G. Pailas I y II (V. Rincón de la Vieja)



-  Producción
-  Reinyección en caliente
-  Reinyección en frío

## C.G. Alfredo Mainieri Protti (V. Miravalles)



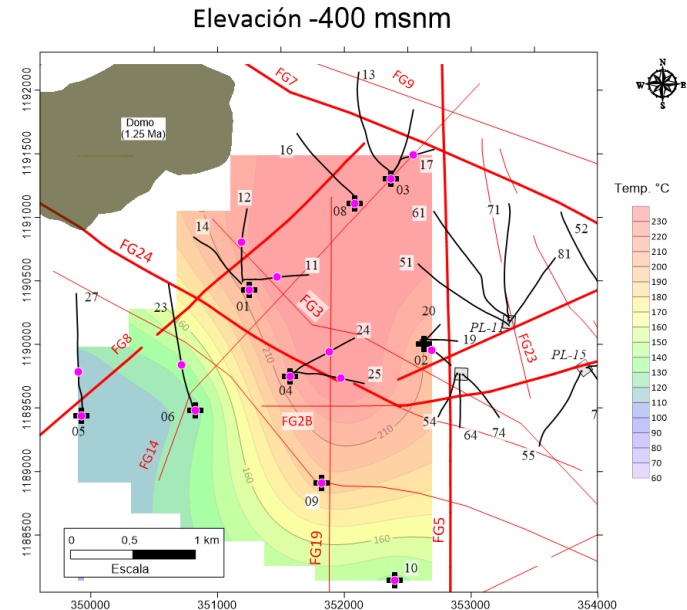
-  Producción
-  Reinyección en caliente
-  Reinyección en frío

## Se concluye que:

El campo Alfredo Mainieri Protti (Miravalles) por haber sido desarrollado en su mayoría con pozos verticales y conservando distancias mayores entre pozos de producción y producción-reinyección (800 m en el oeste y 1750 m en el sur), no se han observado serios fenómenos de enfriamiento.

Por otro lado, Pailas I y II, se desarrollaron con pozos direccionales, con posible interceptación de estructuras que comunican los pozos; así como una menor distancia entre la producción y reinyección (350-500, 1000 m), lo cual favorece fenómenos de afectación térmica en los pozos productores.

## Campo Geotérmico Pailas I



¿Cuál es la relación óptima entre pozos productores y pozos de reinyección?

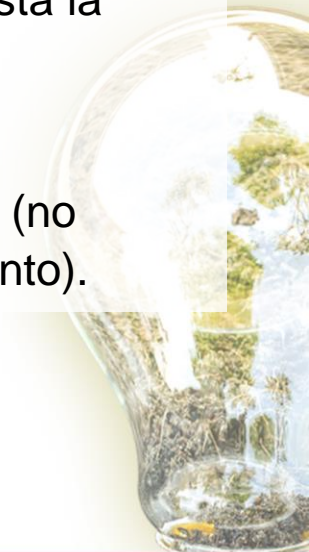


En nuestro caso ha sido variable, en función de las características propias de cada campo (extensión, permeabilidad, temperatura, área disponible para el desarrollo) y flexibilidad operacional que se le quiera dar al campo.

Campo Geot.	Pozos producción/reinyección
Alfredo M. P.	3/1
Pailas I	3/2
Pailas II	4/3

Para procurar la sostenibilidad del recurso es importante procurar que los fluidos de reinyección **retornen al yacimiento geotérmico con suficiente tiempo para que sean calentados** en su viaje hasta la zona productora.

Es importante distribuir la reinyección espacialmente (no concentrarla en un solo punto).



¿De acuerdo con su experiencia, cuáles han sido las mejores lecciones aprendidas para evitar el decaimiento de producción y temperatura en los campos en explotación?



- ✓ Conocer en la medida de lo posible las características geológicas (estructurales), geoquímicas y físicas del sistema (modelo conceptual) y definir las políticas de explotación basado en ellas.
- ✓ Contar con adecuados sistemas de inhibición de  $\text{CaCO}_3$  y neutralización de fluidos ácidos.
- ✓ Mantener un monitoreo permanente del sistema para identificar posibles cambios. Adecuar las políticas de explotación al comportamiento del yacimiento (evitar la sobre-explotación y enfriamiento del sistema).



- ✓ Mantener una prudente distancia entre los pozos y entre las zonas de producción y de reinyección.
- ✓ La reinyección debería estar a una distancia tal, que permita la recarga del sistema, sin provocar el enfriamiento de la zona productora. Esto depende de varios factores, como el tiempo de residencia del fluido reinyectado en el reservorio antes de ingresar a la zona de producción (condicionado en gran medida por la distancia y la conectividad entre pozos, caudales de operación) y la temperatura del reservorio.



¿Qué rol tiene el monitoreo constante de las variables del campo?

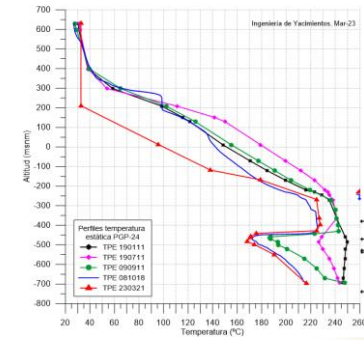




Es determinante, pues a partir del monitoreo de variables es posible identificar los fenómenos que están ocurriendo en el yacimiento geotérmico; lo cual es indispensable para plantear modificaciones a las políticas de explotación que permitan la continuidad de la explotación.

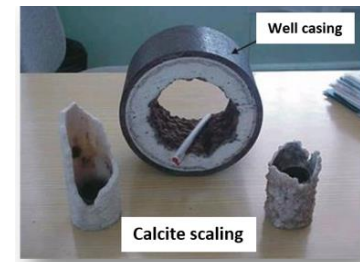
De acuerdo a nuestra experiencia, se recomienda evaluar los pozos de producción dos veces por año durante los primeros dos años de explotación; luego de eso se considera apropiado un seguimiento anual.

### Evolución de la temp. estática



Fuente: Castro y Torres, 2023

### Incrustación CaCO<sub>3</sub>





Leyner Chavarría Rojas  
[Lchavarriar@ice.go.cr](mailto:Lchavarriar@ice.go.cr)

# Geo termia IV Taller Regional

