

**DIPLOMADOS EN  
MEDIO AMBIENTE  
2007**



**DIPLOMADO EN CONTAMINACION DE AGUAS  
EFECTO DE LA EVAPORACION SOBRE UNA LAGUNA  
DE ACUMULACION DE LIQUIDOS LIXIVIADOS  
DE RELLENO SANITARIO**

Relator:  
Carlos Espinoza  
Ingeniero Civil, Ph.D.  
Académico Universidad de Chile



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
ESCUELA DE POSTGRADO



**Planteamiento del Problema**

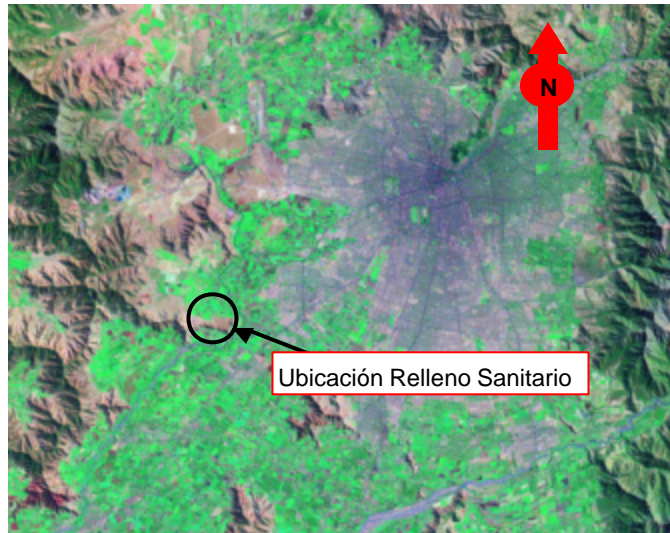


- Información disponible sobre la generación y acumulación de líquido lixiviado en Relleno Sanitario Santiago Poniente indica que existe una diferencia no explicada entre ambas cantidades.
- ¿Cuál es el origen de esa diferencia?
  - pérdida por infiltración en el fondo de las lagunas
  - evaporación
  - mala medición

Daño ambiental ?



## Ubicación



## Producción Histórica de Lixiviado

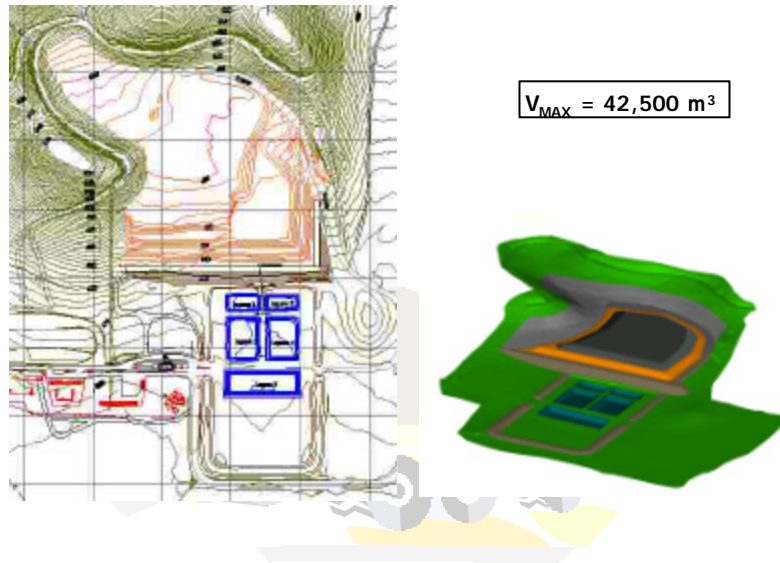
Caudales de lixiviado se han registrado en forma continua desde Diciembre del 2002.

Aforos puntuales realizados en tres oportunidades durante el día: 9:00, 12:00, y 18:00 horas.

Aforo volumétrico.



## Lagunas de Almacenamiento



## Lagunas de Almacenamiento

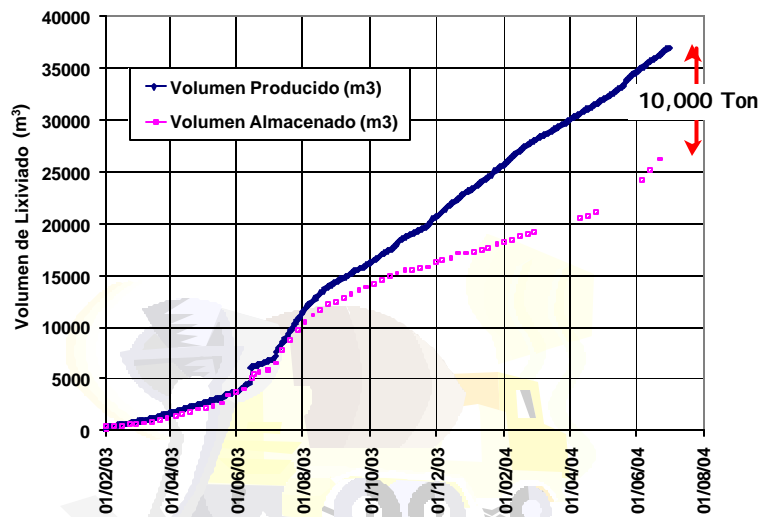
Producción de  
Lixiviado o Percolado



**MANEJO O GESTION  
INTEGRAL**



## Lagunas de Almacenamiento



## Estrategia de Análisis

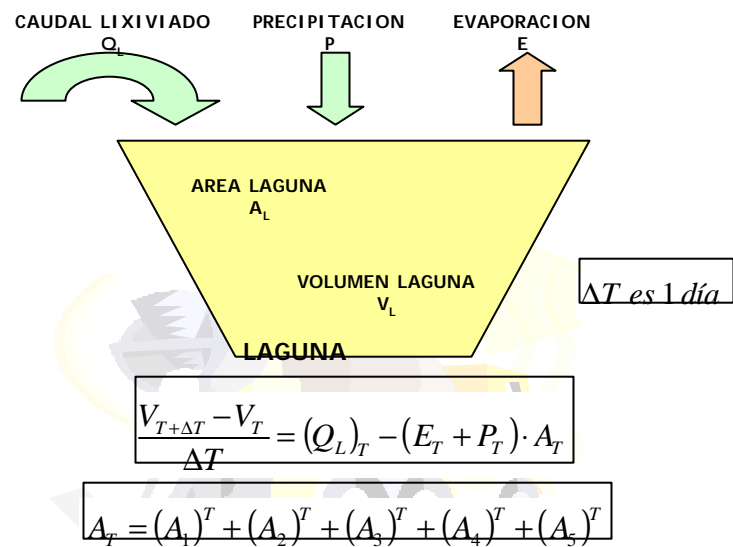


- Analizar posibles explicaciones para el origen de esa diferencia.
  - pérdida por infiltración en el fondo de las lagunas
  - evaporación
  - mala medición
- Realizar modelación numérica para incorporar el efecto de la evaporación y evaluar esta posible explicación a la diferencia.

## Efecto Evaporación



## Modelo Conceptual



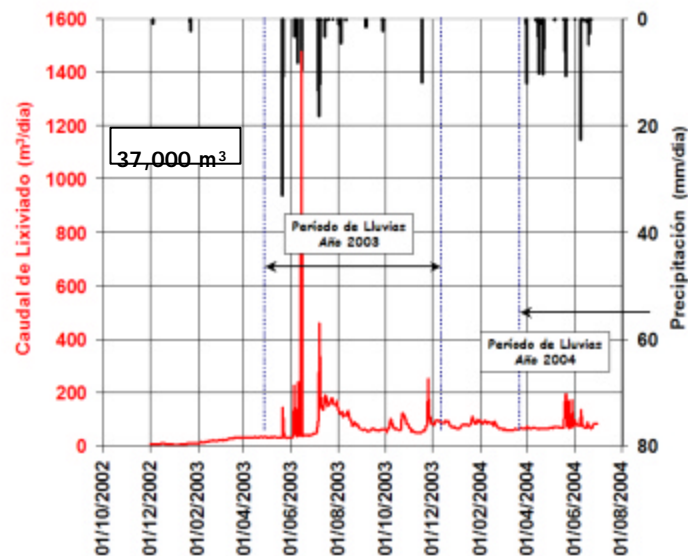
## Datos Básicos



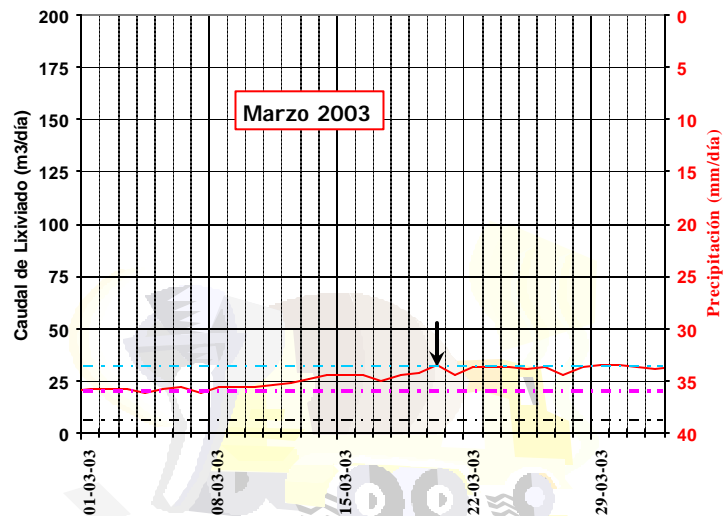
- Recolectar información diaria sobre los siguientes temas:
  - Producción de lixiviado:  $Q_L$
  - Precipitación:  $P$
  - Evaporación:  $E$
  - Volumen ocupado por lixiviado:  $V_1, V_2, V_3, V_4$ , y  $V_5$
  - Relación Volumen y Area Expuesta:  $A = f(V)$



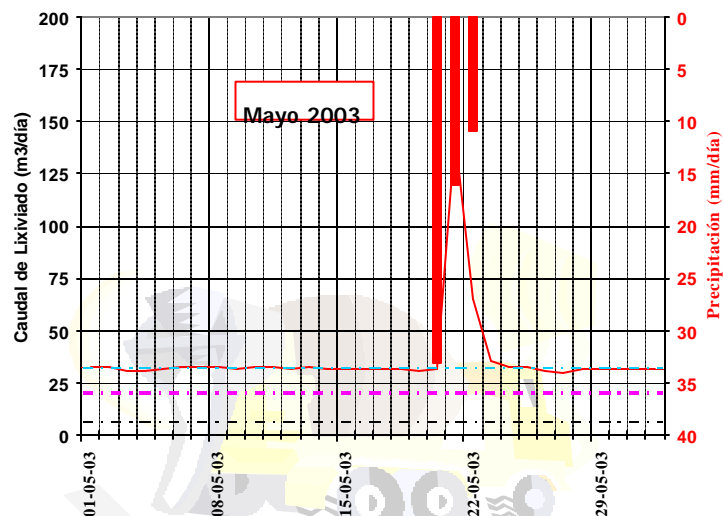
## Producción Histórica de Lixiviado



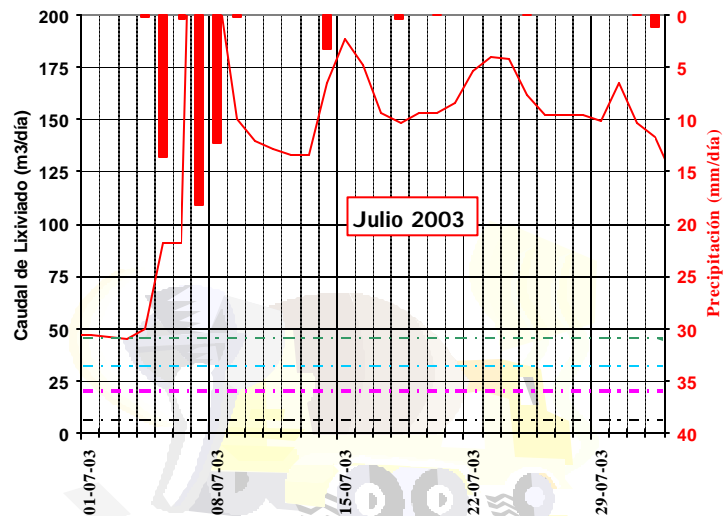
## Producción Histórica de Lixiviado



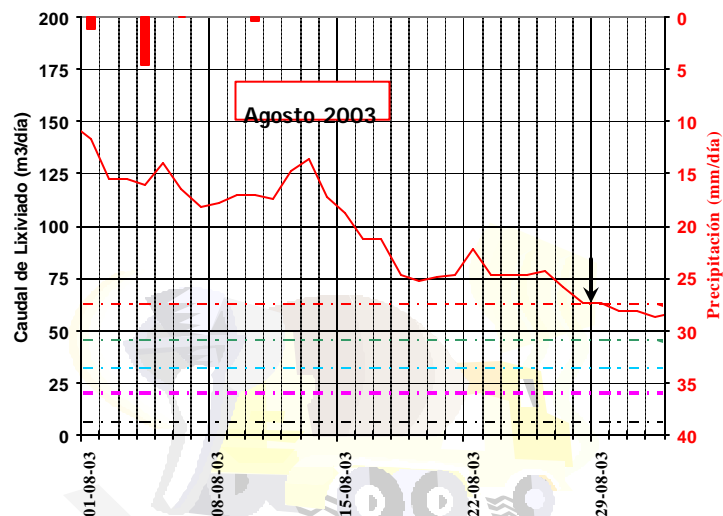
## Producción Histórica de Lixiviado



## Producción Histórica de Lixiviado

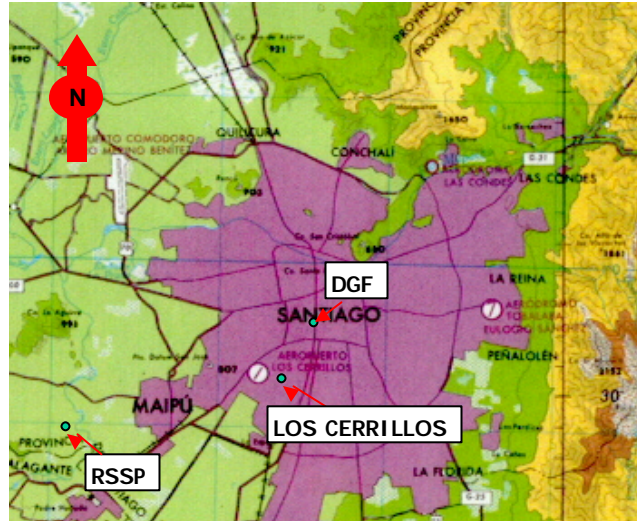


## Producción Histórica de Lixiviado

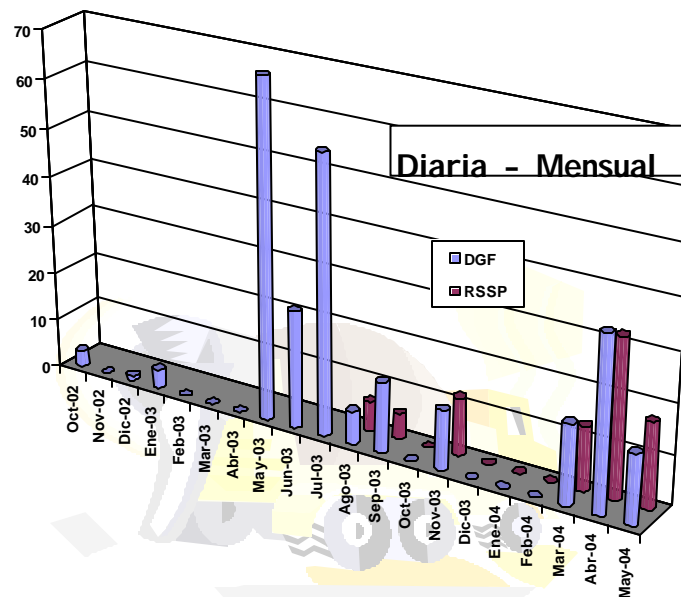




## Precipitación



## Precipitación

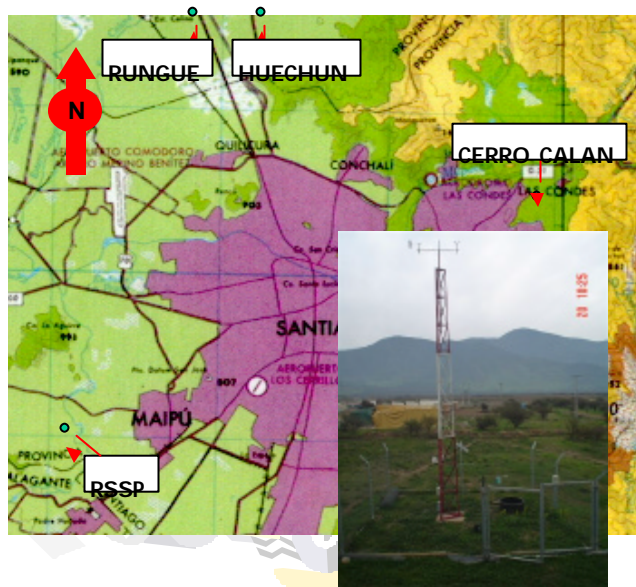


## Precipitación

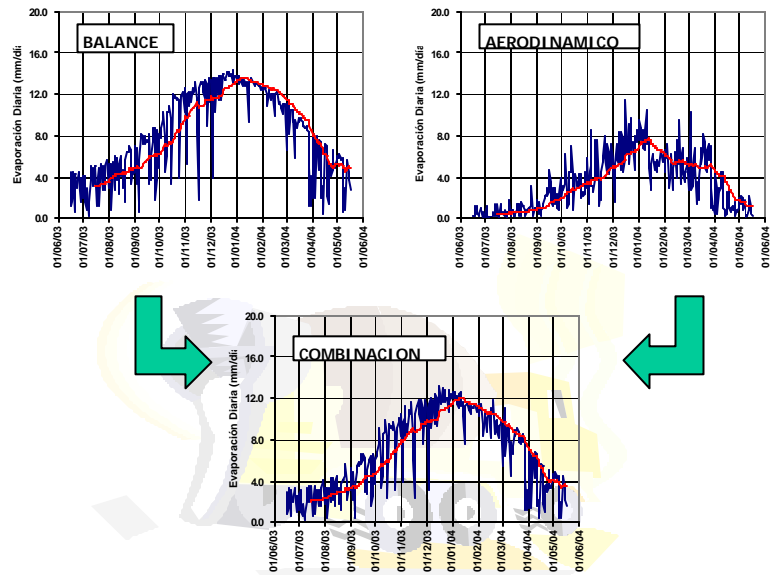
Precipitación Diaria en Estaciones DGF y RSSP (Octubre 2002 a Junio 2004)

Fecha	DGF [mm]	RSSP [mm]	Fecha	DGF [mm]	RSSP [mm]	Fecha	DGF [mm]	RSSP [mm]
06-10-02	0.8	0.7	18-07-03	0.0	0.3	14-04-04	0.6	3.3
19-10-02	1.0	0.9	20-07-03	1.5	0.1	15-04-04	6.4	10.2
20-10-02	1.5	1.3	25-07-03	0.0	0.1	16-04-04	0.0	0.1
04-12-02	1.0	0.9	31-07-03	0.0	0.1	17-04-04	0.0	0.9
20-01-03	0.8	0.7	01-08-03	2.8	1.1	20-04-04	0.8	1.1
21-01-03	0.8	0.7	04-08-03	4.1	4.6	21-04-04	27.6	10.4
22-01-03	2.5	2.2	06-08-03	0.0	0.1	22-04-04	0.0	5.6
20-05-03	37.8	33.3	10-08-03	0.0	0.3	06-05-04	0.0	0.2
21-05-03	18.5	16.3	05-09-03	0.0	1.5	07-05-04	0.0	0.1
22-05-03	12.4	10.9	06-09-03	2.3	1.4	17-05-04	0.1	0.1
05-06-03	3.8	3.3	07-09-03	1.0	0.0	20-05-04	9.6	6.2
10-06-03	9.4	8.3	22-09-03	1.0	0.0	21-05-04	4.4	10.6
14-06-03	10.9	9.6	26-09-03	0.0	0.1	22-05-04	0.0	0.2
04-07-03	0.3	0.2	27-09-03	10.2	2.2	01-06-04	0.0	0.1
05-07-03	15.5	13.6	28-09-03	0.0	0.1	09-06-04	28.7	22.6
06-07-03	0.5	0.4	17-11-03	12.2	11.9	10-06-04	0.0	0.2
07-07-03	20.8	18.3	30-03-04	0.4	0.9	11-06-04	0.0	0.2
08-07-03	14.0	12.3	31-03-04	15.9	12.1	15-06-04	0.7	0.0
09-07-03	0.3	0.2	12-04-04	0.0	0.2	16-06-04	0.5	0.6
14-07-03	3.8	3.3	13-04-04	0.0	0.4			

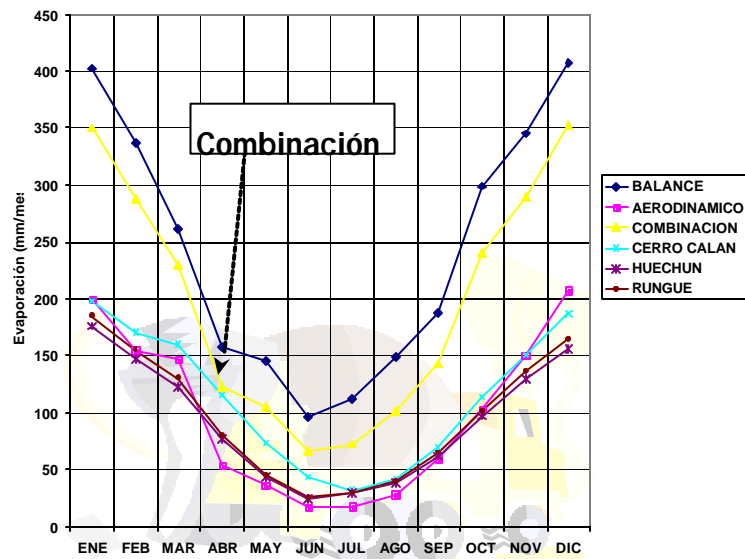
## Evaporación



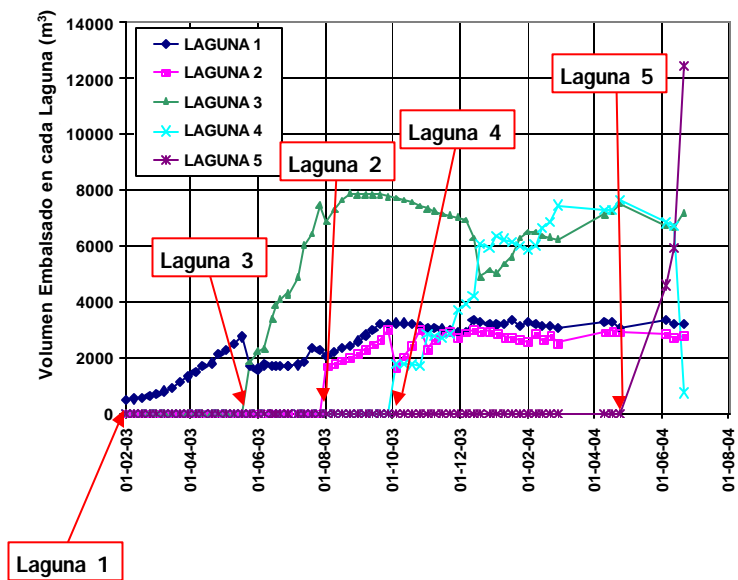
## Evaporación



## Evaporación



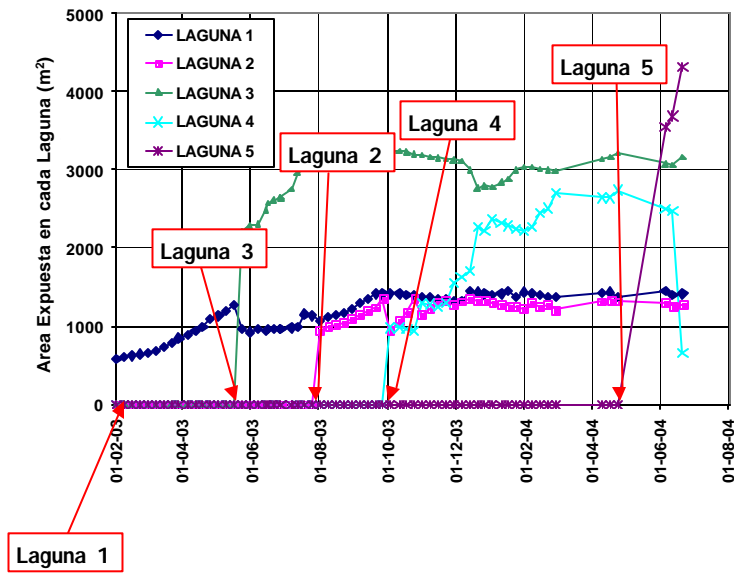
## Volumen Embalsado en Lagunas



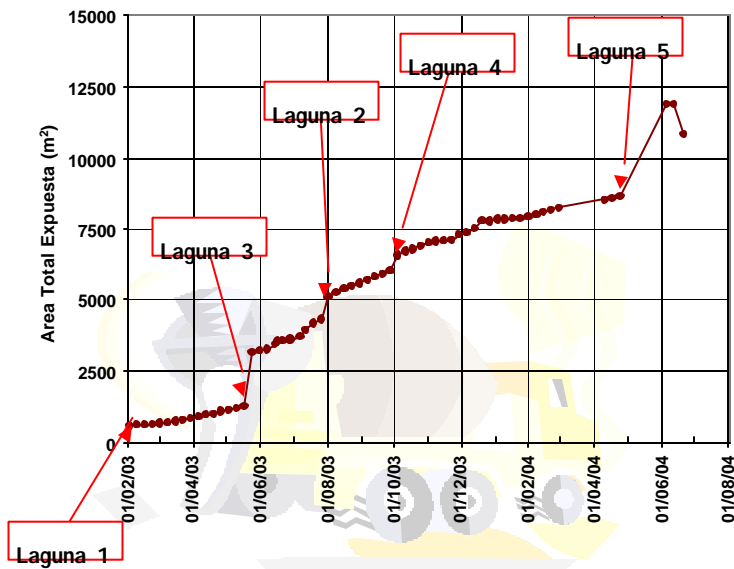
## Volumen Embalsado versus Area Expuesta

LAGUNA	Volumen Máximo (m <sup>3</sup> )	AEx versus VEm
1	3,600	$AEx = 450 + 0.3 \cdot VEm$
2	3,500	$AEx = 450 + 0.3 \cdot VEm$
3	9,000	$AEx = 1,900 + 0.175 \cdot VEm$
4	9,400	$AEx = 1,900 + 0.175 \cdot VEm$
5	17,000	$AEx = 3,100 + 0.098 \cdot VEm$
TOTAL	42,500	

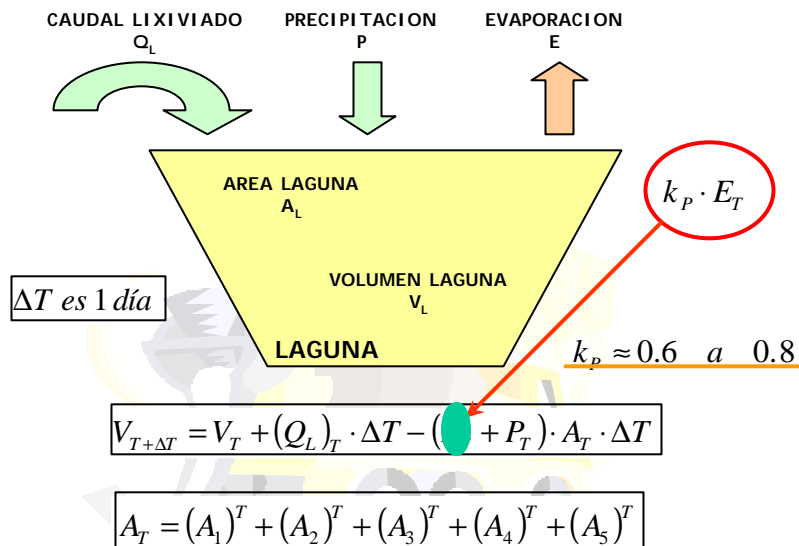
## Area Expuesta en Lagunas



## Area Expuesta Total



## Modelo Conceptual

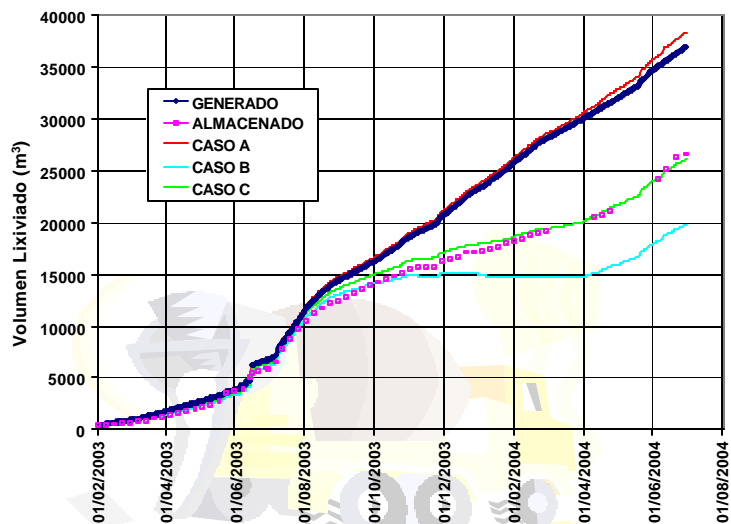


## Efecto de Evaporación

Como parte del análisis se realizó una comparación, para tres casos de interés, entre el volumen de lixiviado generado en el período de estudio y el volumen embalsado en las lagunas:

- CASO A:** Se incluye sólo el efecto de la precipitación sobre las lagunas de almacenamiento.
- CASO B:** Se incluye el efecto de la precipitación y el total de la evaporación calculada por el método de combinación.
- CASO C:** Se incluye el efecto de la precipitación y un porcentaje de la evaporación calculada por el método de combinación. El mejor ajuste se logra para un 66% de la evaporación calculada.

## Efecto de Evaporación



## Conclusión



- Impacto significativo de la evaporación desde las superficies expuestas a la radiación solar sobre el volumen de lixiviado que se almacena en las lagunas ubicadas al pie del relleno sanitario.
- Modelo numérico permite cuantificar efecto de evaporación y precipitación.
- El efecto de la evaporación explica la diferencia entre los volúmenes almacenados y los generados.

No hay pérdidas!!!!!!!!!!