



# Monitoreo de la vegetación y tamaños lacustres mediante imágenes satelitales en el borde este del Salar de Atacama

Gerencia de Medio Ambiente  
Vicepresidencia de Desarrollo Sustentable  
Octubre 2009





# Antecedentes Generales

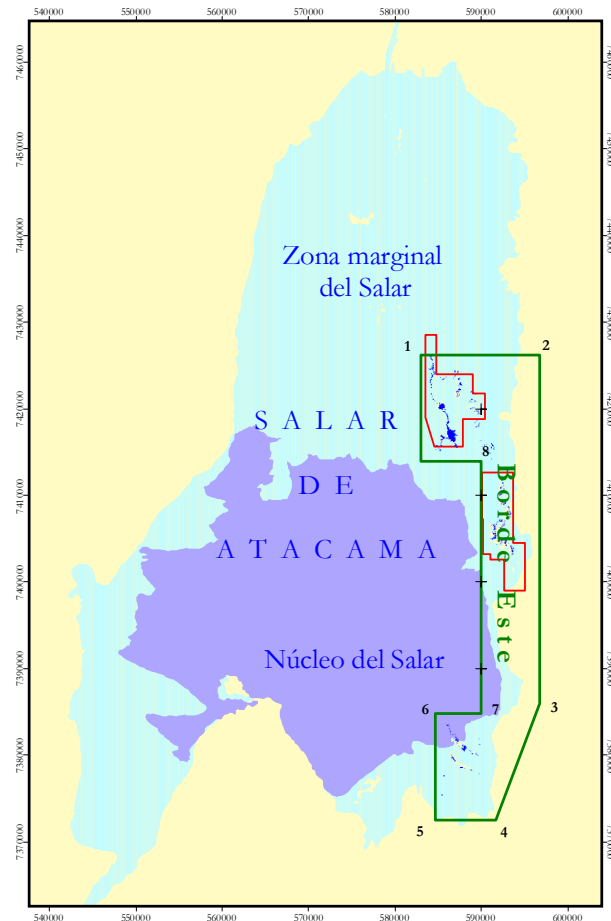
- El “Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama” contempla un Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) aprobado y establecido en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 226/2006.
- El PSA está orientado al seguimiento de componentes ambientales sensibles de los sistemas hidrogeológicos y bióticos del Salar de Atacama.



# Contenidos Plan de Seguimiento Ambiental (PSA)

Los componentes ambientales monitoreados en el PSA del Borde este del Salar de Atacama son:

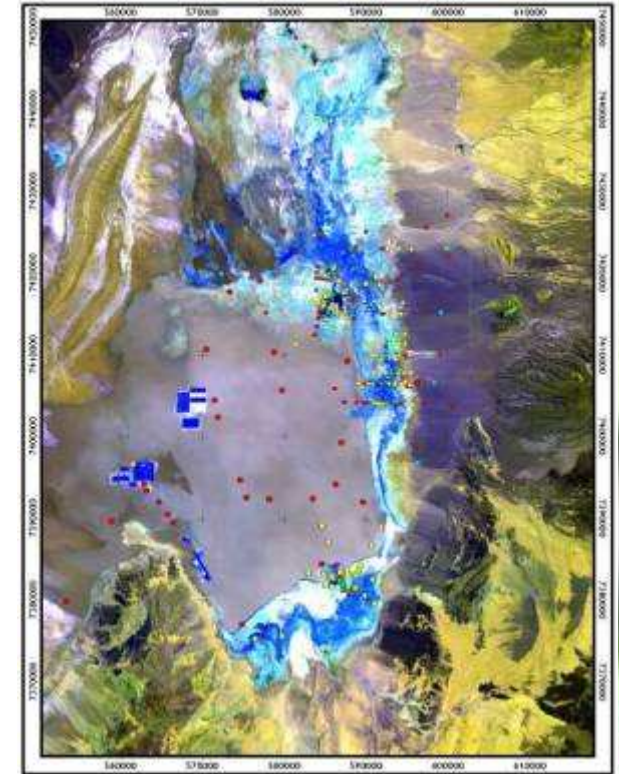
- Hidrogeología
- Suelo
- Biota acuática
- Fauna
- Vegetación
- Flora





# Contenidos del PSA

- **PSA Hidrogeológico (Agua superficial y subterránea) involucra:**
  - 225 puntos de monitoreo: 189 Pozos, 7 calicatas, 18 Reglillas (agua superficial), 4 estaciones de aforo (caudal superficial), 5 pozos de bombeo de agua y 2 estaciones meteorológicas.
  - Del total de puntos de monitoreo 47 corresponden a puntos de medición continua (automática)
  - Parámetros:
    - Nivel y calidad físico-química de los acuíferos
    - Caudal superficial
    - Volúmenes de bombeo (salmuera y agua)
    - Meteorología (viento, evaporación, precipitaciones y temperatura)
    - Superficie lacustre (topografía e imágenes satelitales)





# Contenidos del PSA

## PSA de Suelo

- Se realiza medición trimestral de humedad en 18 puntos distribuidos en el borde este del Salar .
- Se realizó una descripción de propiedades físicas, químicas y biológicas iniciales de suelo (abril del 2007).



## Contenidos del PSA

### PSA de Biota acuática

- **Incluye los siguientes sistemas lacustres:**
  - Soncor (10 puntos en lagunas y canales)
  - Aguas de Quelana (10 puntos)
  - Peine (5 puntos en lagunas)
- **Se mide:**
  - Parámetros físicos-químicos del agua.
  - Composición y abundancia de especies (Fitobentos, fitoplancton, zoobentos, zooplancton y plantas acuáticas)





# Contenidos del PSA

## PSA de Fauna

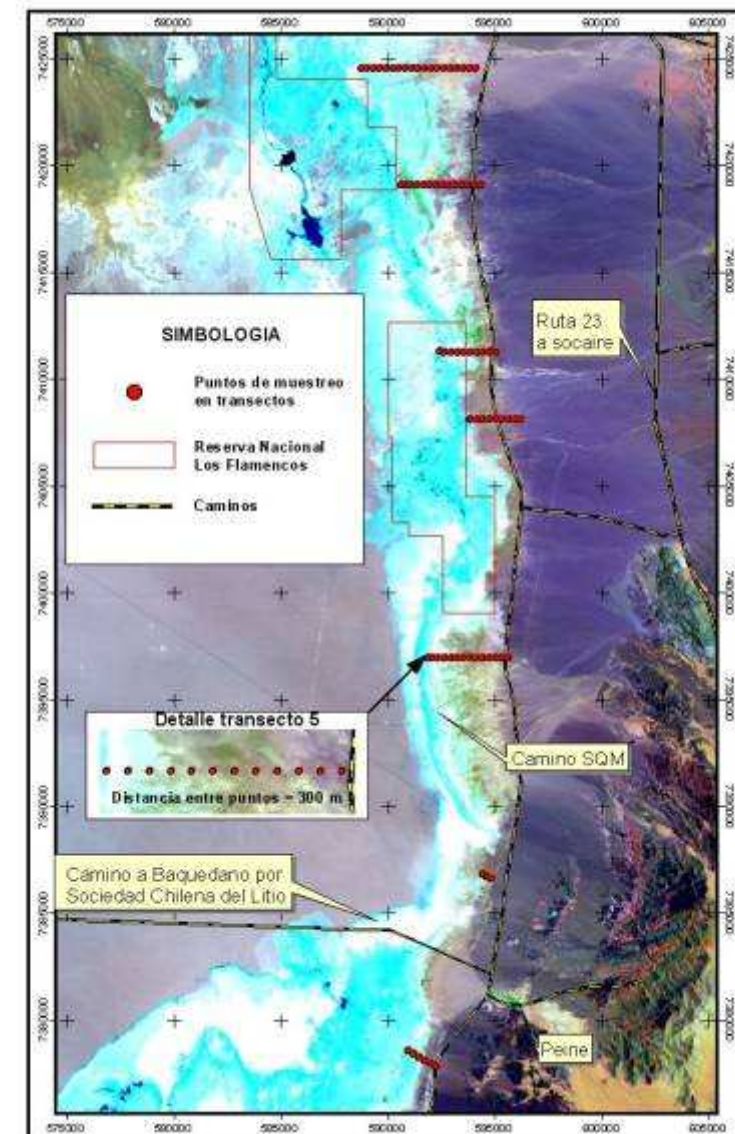
- Incluye los siguientes grupos:
  - Aves terrestres
  - Aves acuáticas
  - Reptiles
  - Micromamíferos
  - Carnívoros
- Se mide presencia y abundancia de especies



# Contenidos del PSA

## PSA de Flora

- 7 transectos en zona con presencia de vegetación.
- 75 puntos de muestreo distribuidos en las transectas.
- 5 parcelas por punto de muestreo (375 parcelas en total).
- Se registran: especies presentes, cobertura, salinidad y ph de suelo.
- Se registran además especies presentes fuera de los puntos de muestreo para completar catálogo florístico.
- Monitoreo de Algarrobos en sector Camar
- Frecuencia: anual (abril)

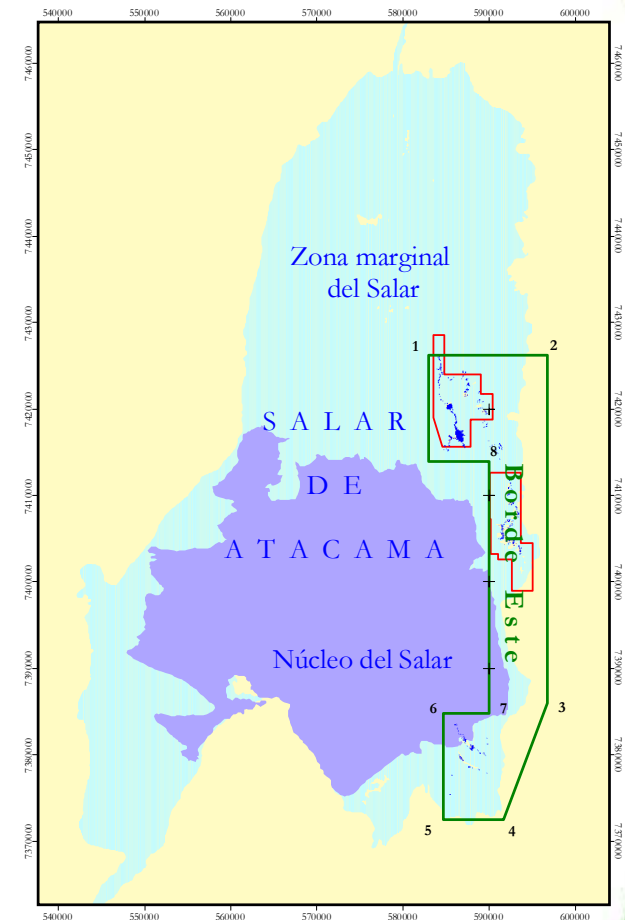




# Contenidos del PSA

## PSA de Vegetación

- Vegetación del Borde Este
- Vegetación en zona de conexión vegetación-acuífero





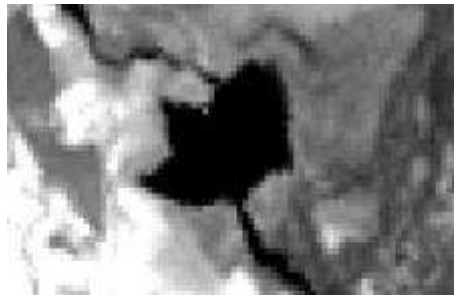
# Monitoreo mediante Imágenes Satelitales

## Objetivos:

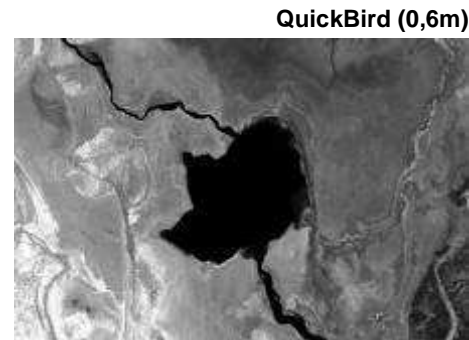
- Hacer seguimiento a las formaciones vegetales existentes en el Borde Este del Salar de Atacama mediante uso de imágenes satelitales (2006-2009)
- Revisar la evolución de la superficie de los cuerpos de agua ubicados en el Borde Este del Salar de Atacama mediante el uso de imágenes satelitales (2007-2009)

# Monitoreo mediante Imágenes Satelitales

## Características importantes de la Imagen Satelital QuickBird II

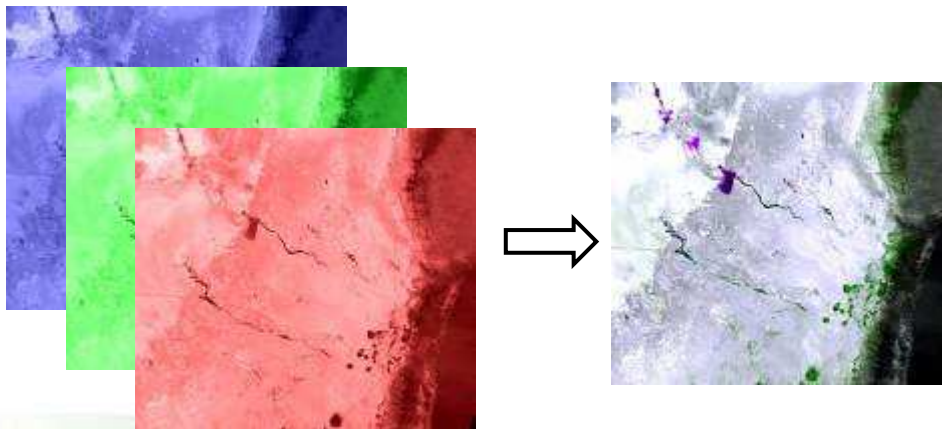


Landsat (30m)



QuickBird (0,6m)

- **Resolución espacial (tamaño de pixel):**
  - Bandas multiespectrales: 2,4 m
  - Pancromática: 0,6 m



- **Resolución espectral:**
  - 4 bandas espectrales (A-V-R-IRc)
  - 1 banda pancromática (B/N)





# Monitoreo de la Vegetación mediante Imágenes Satelitales

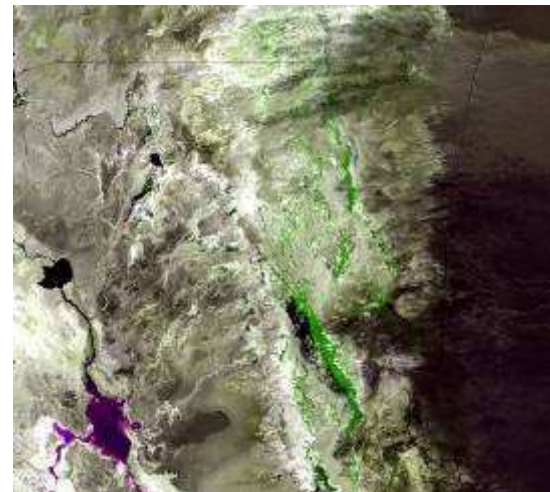
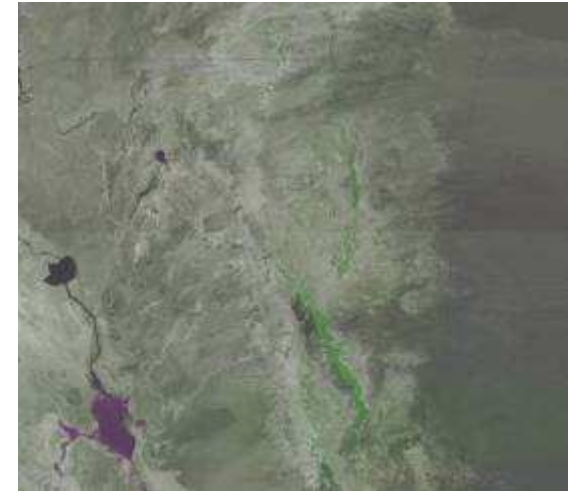
## Etapas:

- Georreferenciación y ecualización de la imagen satelital
- Prospección de terreno
- Clasificación digital de la imagen satelital

# Monitoreo de la Vegetación mediante Imágenes Satelitales

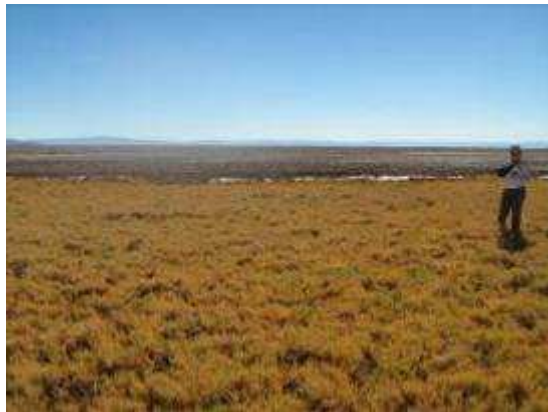
## Etapa: Georreferenciación y Ecuilización de Imágenes

- **Georreferenciación**
  - Posicionar geográficamente la imagen en el sistema de referencia utilizado (UTM, datum PSAD56, huso19)
  - Se utilizan 13 puntos de control
  
- **Ecuilización de bandas**
  - Resalta diferencias de niveles digitales de la imagen (realce de contrastes)



# Monitoreo de la Vegetación mediante Imágenes Satelitales

## Etapa: Prospección de terreno de vegetación

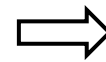
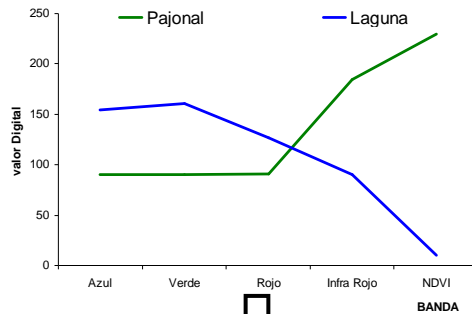
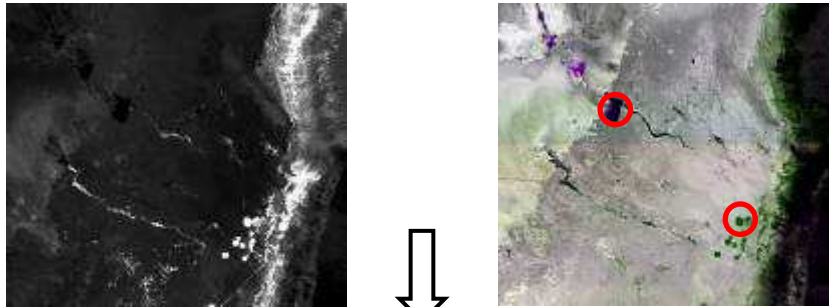


- Campaña de terreno anual (abril) simultánea a la toma de Imagen satelital
- Descripción de la vegetación en 99 puntos distribuidos en el Borde Este
- Caracterización estructural y florística de la vegetación:
  - Especies presentes
  - Cobertura
  - Estado vital
  - Proporción de copa verde
  - Fase fenológica



# Monitoreo de la Vegetación mediante Imágenes Satelitales













## Etapa: Clasificación digital de la Imagen

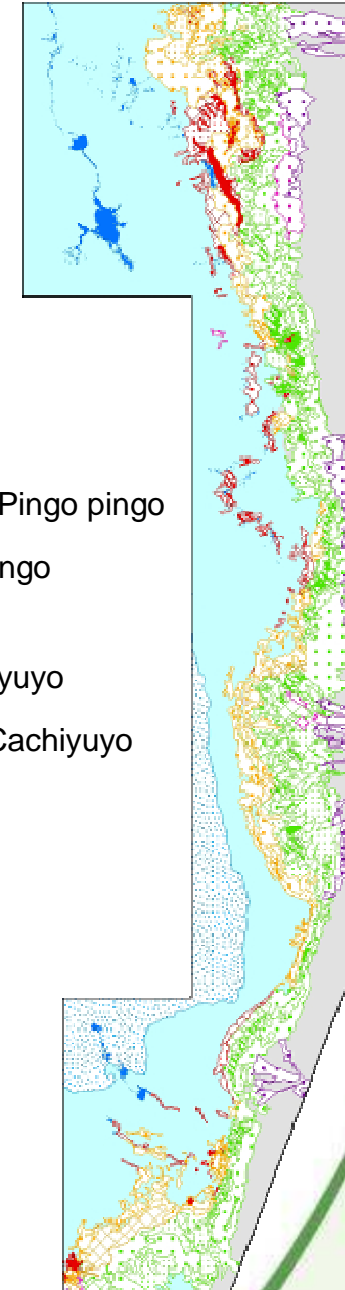


- Cálculo de Índice de Vegetación Normalizado (NDVI)
- Definición de áreas de entrenamiento
- Firmas espectrales
- Fase de Asignación
- Delimitación de unidades cartográficas y cálculo de superficies

# Resultados Vegetación

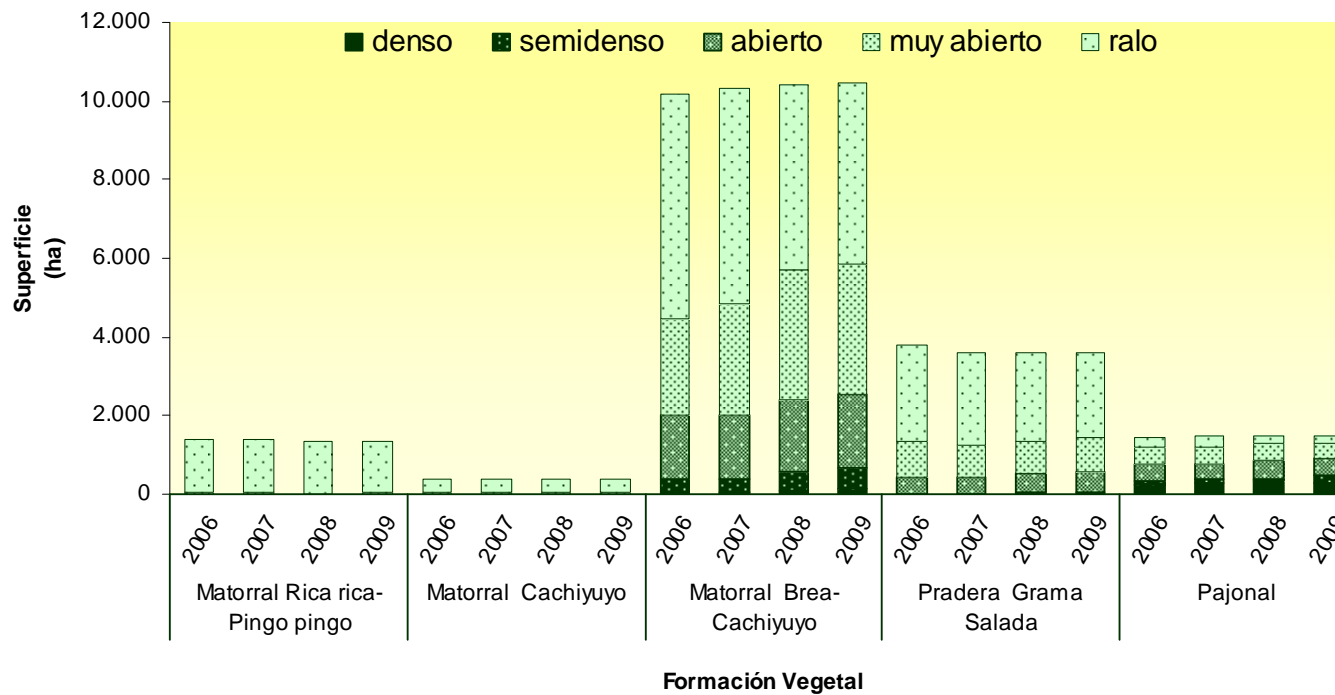
- Existen 5 formaciones vegetales en el Borde Este del Salar de Atacama que se presentan en distintas densidades

 Matorral denso de Brea-Cachiyuyo	 Matorral muy abierto Rica rica-Pingo pingo
 Matorral semidenso de Brea-Cachiyuyo	 Matorral ralo Rica rica-Pingo pingo
 Matorral abierto de Brea-Cachiyuyo	 Matorral abierto de Brea-Cachiyuyo
 Matorral muy abierto de Brea-Cachiyuyo	 Matorral muy abierto de Brea-Cachiyuyo
 Matorral ralo de Brea-Cachiyuyo	
 Pradera densa de Grama salada	 Pajonal denso
 Pradera semidensa de Grama salada	 Pajonal semidenso
 Pradera abierta de Grama salada	 Pajonal abierto
 Pradera muy abierta de Grama salada	 Pajonal muy abierto
 Pradera rala de Grama salada	 Pajonal ralo



# Resultados Vegetación

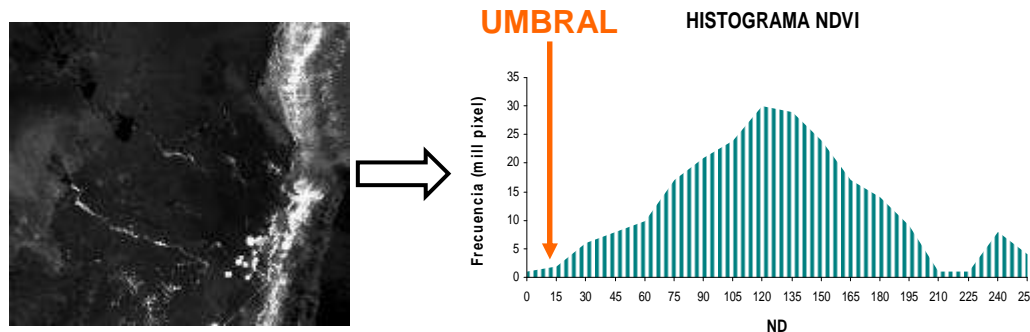
- La formación vegetal más abundante es Matorral de Brea-Cachiyuyo y la menos abundante es Matorral de Cachiyuyo.
- En el monitoreo de 4 años se observa estabilidad en la superficie cubierta con vegetación, con muy pequeñas variaciones en las densidades de las formaciones.



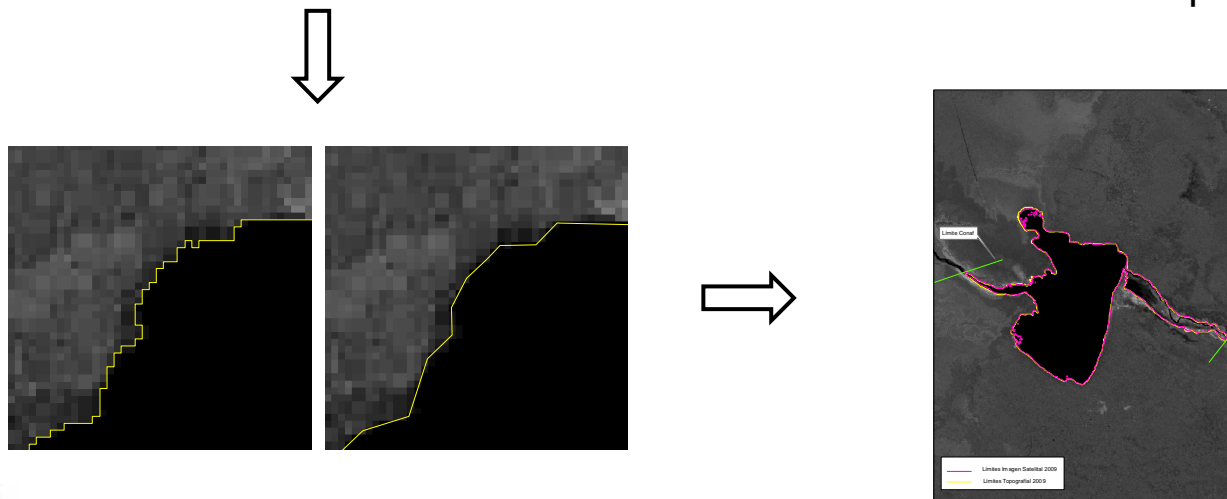


# Monitoreo de la Superficie Lacustre mediante Imágenes Satelitales

## Etapa: Clasificación digital de la Imagen



- Cálculo de Índice de Vegetación Normalizado (NDVI)
- Delimitación de cuerpos lacustres
- Suavización de contornos
- Corte del límite
- Cálculo de superficies





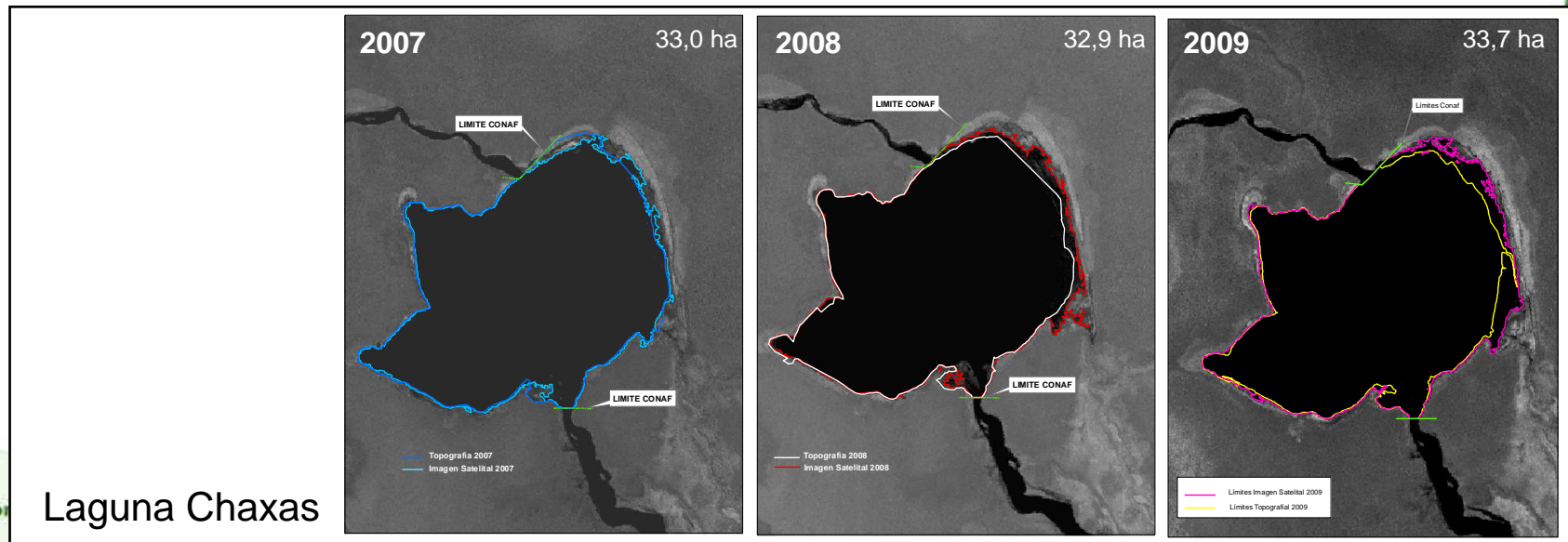
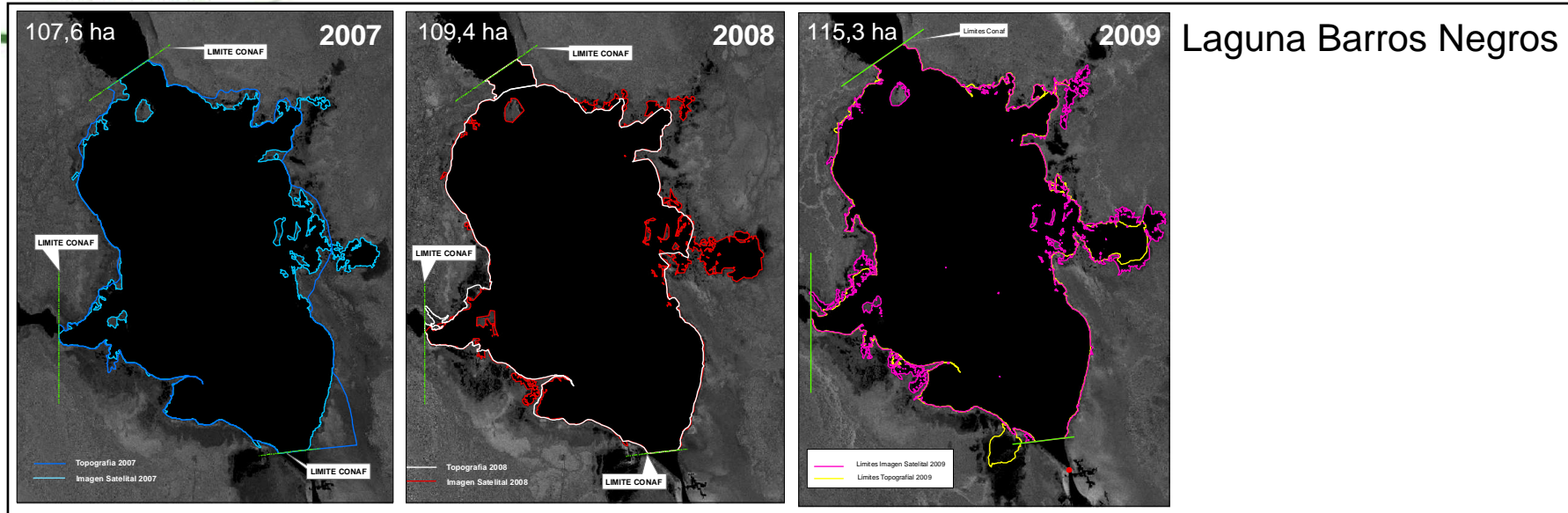
# Monitoreo de la Superficie Lacustre mediante Imágenes Satelitales

## Etaa: Prospección de terreno superficies lacustres

- Levantamiento topográfico de superficies lacustres (anual)
- Delimitación georreferenciada de lagunas (puntos de control) mediante GPS (2009)



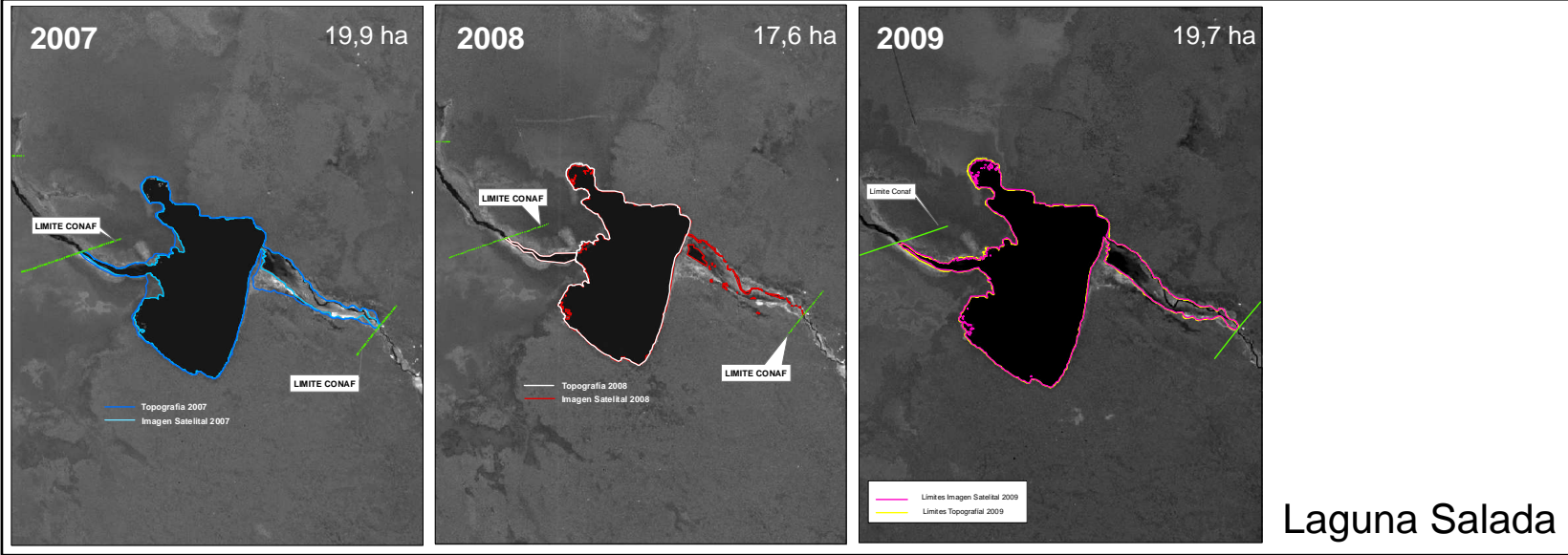
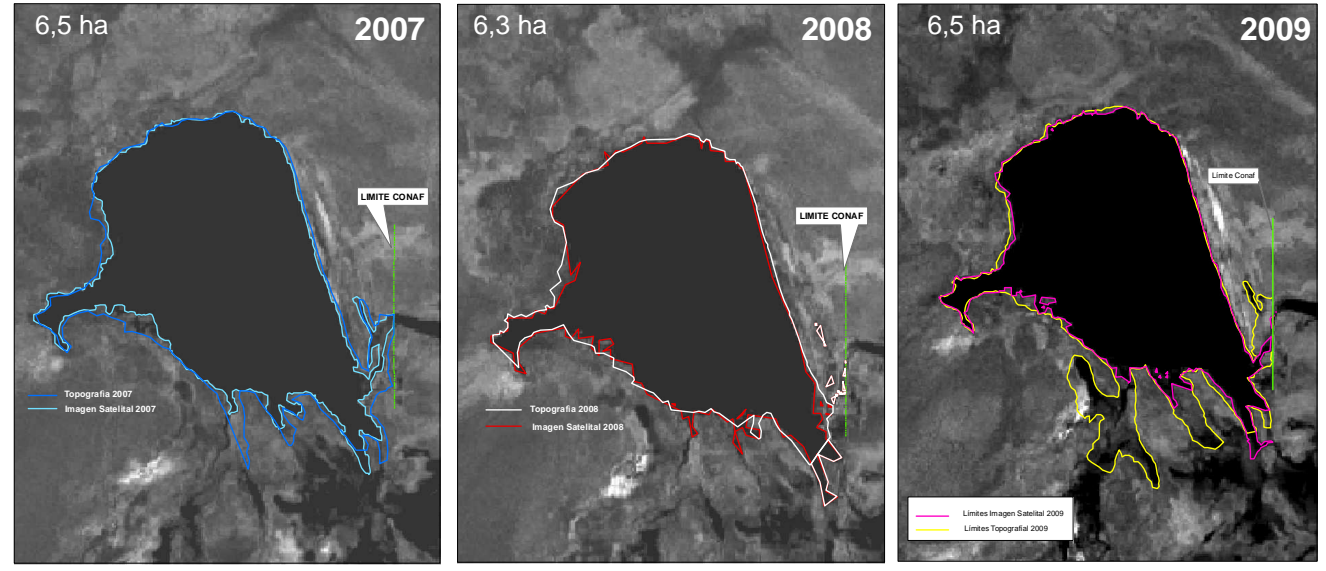
# Resultados: Comparación de Superficies Lacustres año 2007, 2008 y 2009





# Resultados: Comparación de Superficies Lacustres año 2007, 2008 y 2009

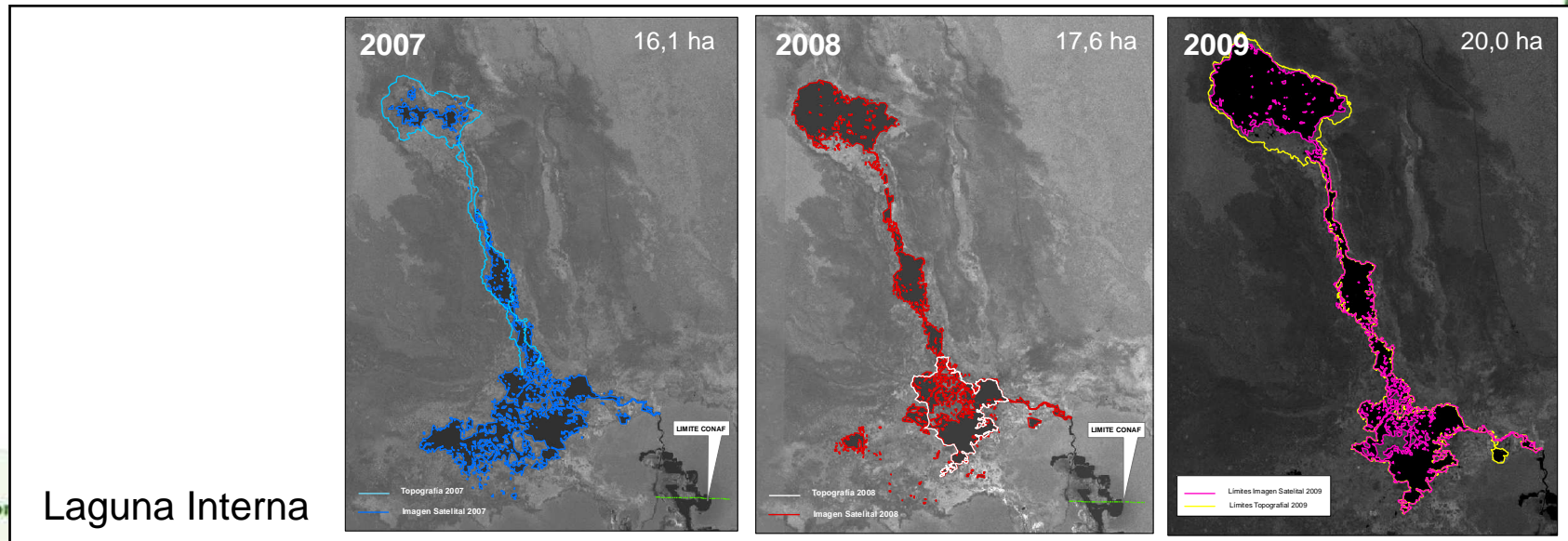
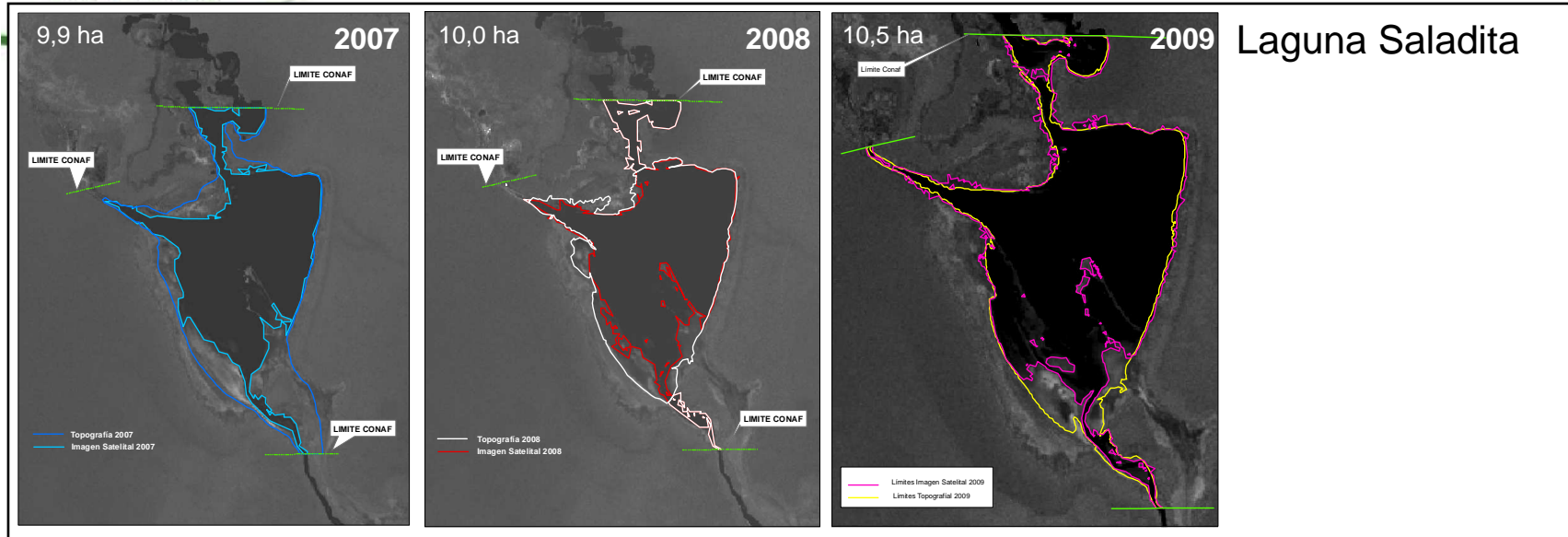
Laguna Puilar



Laguna Salada

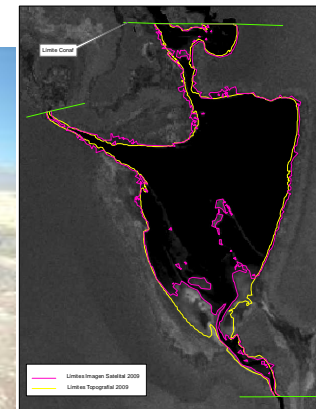
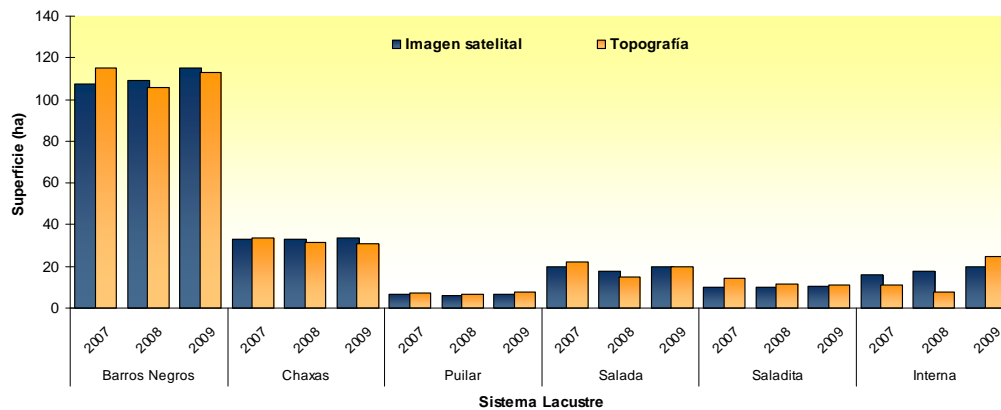


# Resultados: Comparación de Superficies Lacustres año 2007, 2008 y 2009



# Resultados Superficies Lacustres

- La superficie de las 6 lagunas analizadas han presentado variaciones pequeñas a lo largo del periodo monitoreado.
- La determinación de superficie lacustre mediante imágenes satelitales de alta resolución muestra un buen grado de ajuste con los levantamientos topográficos convencionales.
- Las pequeñas diferencias que se detectan entre ambos métodos tienen relación con la presencia de bordes difusos (saturados), bordes irregulares, presencia de islas o zonas de difícil acceso para la realización de la topografía o desfases temporales entre la toma de la imagen y el levantamiento topográfico.





## Resultados Superficies Lacustres

- Las ventajas del uso de imágenes satelitales para la determinación de superficies lacustres por sobre los métodos tradicionales de terreno están dadas por:
  - La posibilidad de identificar y cuantificar bordes irregulares y presencia de islas en las lagunas.
  - La trazabilidad del proceso (queda imagen de respaldo que puede analizarse posteriormente).
  - La uniformidad de criterios de definición.
  - La facilidad para hacer cambios de escala de análisis (visión general/específica)
  - La validación, perfeccionamiento y utilización de técnicas de discriminación de agua libre y zonas saturadas en la misma imagen.
  - Facilita la comparación gráfica entre diversas imágenes.
  - La posibilidad de tomar puntos de control en terreno para facilitar procesamiento posterior.





# CONCLUSIONES

- Se determinó la distribución y abundancia de 5 tipos vegetales: Matorral de Rica rica-Pingo pingo, Matorral de Cachiyuyo, Matorral de Brea-Cachiyuyo, Pradera de Grama salada y Pajonal.
- La abundancia, composición y distribución de la vegetación no ha sufrido cambios, sólo pequeñas variaciones en sus densidades a lo largo del periodo monitoreado (2006-2009).
- Las superficies lacustres se han mantenido estables dentro de los rangos históricos registrados para estos sistemas.
- La determinación de superficie lacustre mediante imágenes satelitales de alta resolución muestra un buen grado de ajuste con los levantamientos topográficos convencionales, y tiene ventajas respecto de la precisión que se puede obtener con ella.
- El análisis de imágenes satelitales es una eficaz herramienta para el monitoreo de la composición, distribución y abundancia de la vegetación, como también para el monitoreo de los sistemas lacustres.







# Monitoreo de la vegetación y tamaños lacustres mediante imágenes satelitales en el borde este del Salar de Atacama

Gerencia de Medio Ambiente  
Vicepresidencia de Desarrollo Sustentable  
Octubre 2009

