

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE CUENCAS DE LOS HUMEDALES ALTOANDINOS PRIORITARIOS DE CHILE

INFORME FINAL

Fernando Ordenes Silva
13 de Septiembre de 2010

OBJETIVOS

Objetivo General:

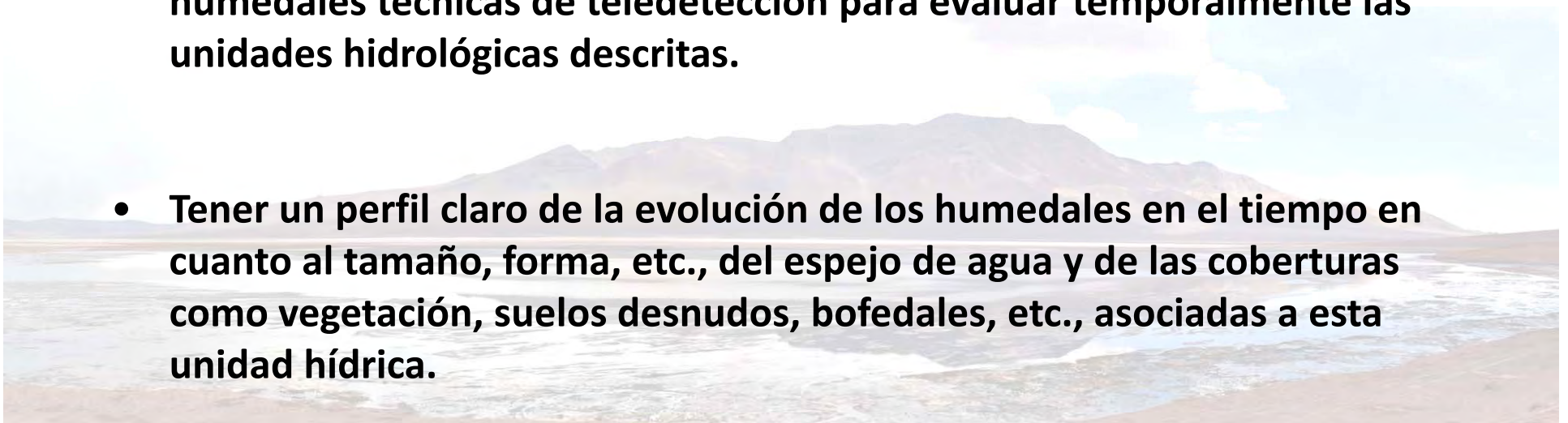
Implementar un inventario de 14 humedales, considerados prioritarios por su alto valor ambiental, para el Norte de Chile, considerando los estudios anteriores realizados, que incluya un análisis multitemporal de algunos parámetros ambientales mediante el procesamiento de imágenes satelitales del sensor Landsat TM.

Objetivos Específicos:

- a) Análisis multitemporal, entre los años 1989 y 2009, de 14 humedales prioritarios descritos en el “Plan de Acción para la conservación y uso sustentable de humedales Altoandinos”, usando imágenes Landsat TM y ETM+.
- b) Delimitación y análisis multitemporal de los espejos de agua asociados a los humedales prioritarios descritos para el estudio, usando imágenes Landsat TM y ETM+.

Alcances del Proyecto:

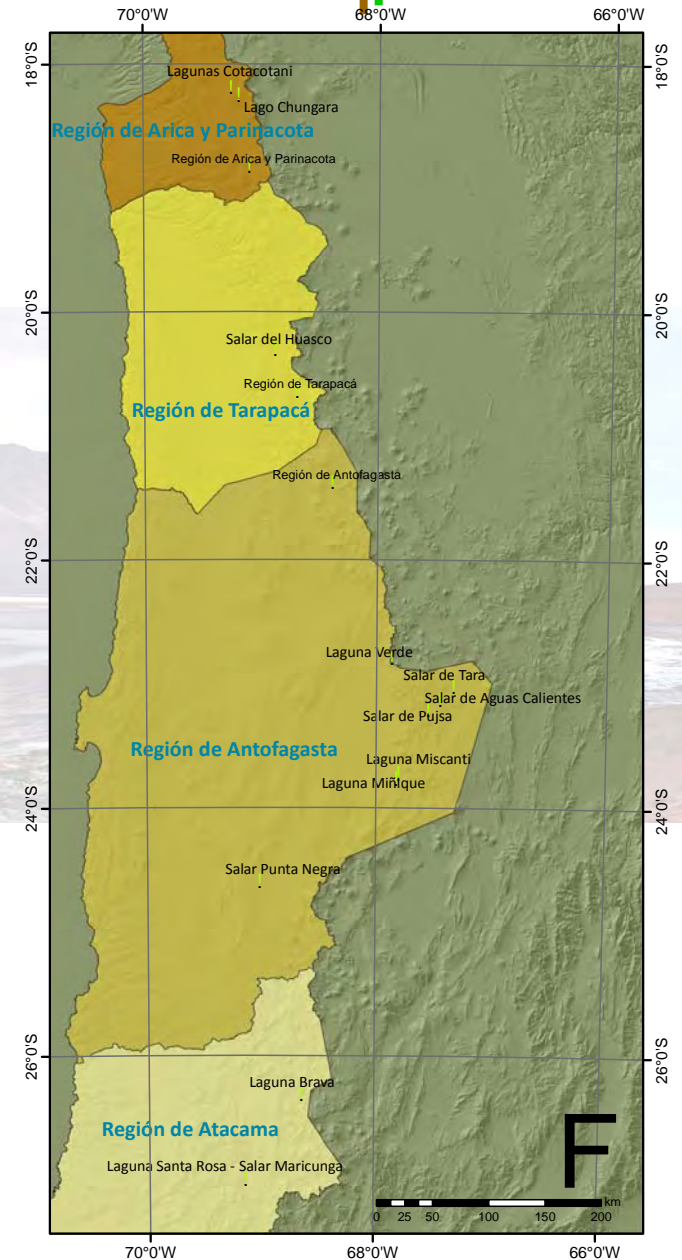
- Introducir como herramienta de trabajo en el estudio de los humedales técnicas de teledetección para evaluar temporalmente las unidades hidrológicas descritas.
- Tener un perfil claro de la evolución de los humedales en el tiempo en cuanto al tamaño, forma, etc., del espejo de agua y de las coberturas como vegetación, suelos desnudos, bofedales, etc., asociadas a esta unidad hídrica.
- Complementar los catastros de humedales ya existentes con información entregada con herramientas de teledetección y, principalmente, agregar el análisis multitemporal como herramienta de trabajo.




Selección de Humedales:

Los humedales seleccionados para el estudio corresponden a 14 humedales destacados como prioritarios en el Plan de Acción para la conservación y uso sustentable de humedales Altoandinos (CONAMA, 2009):

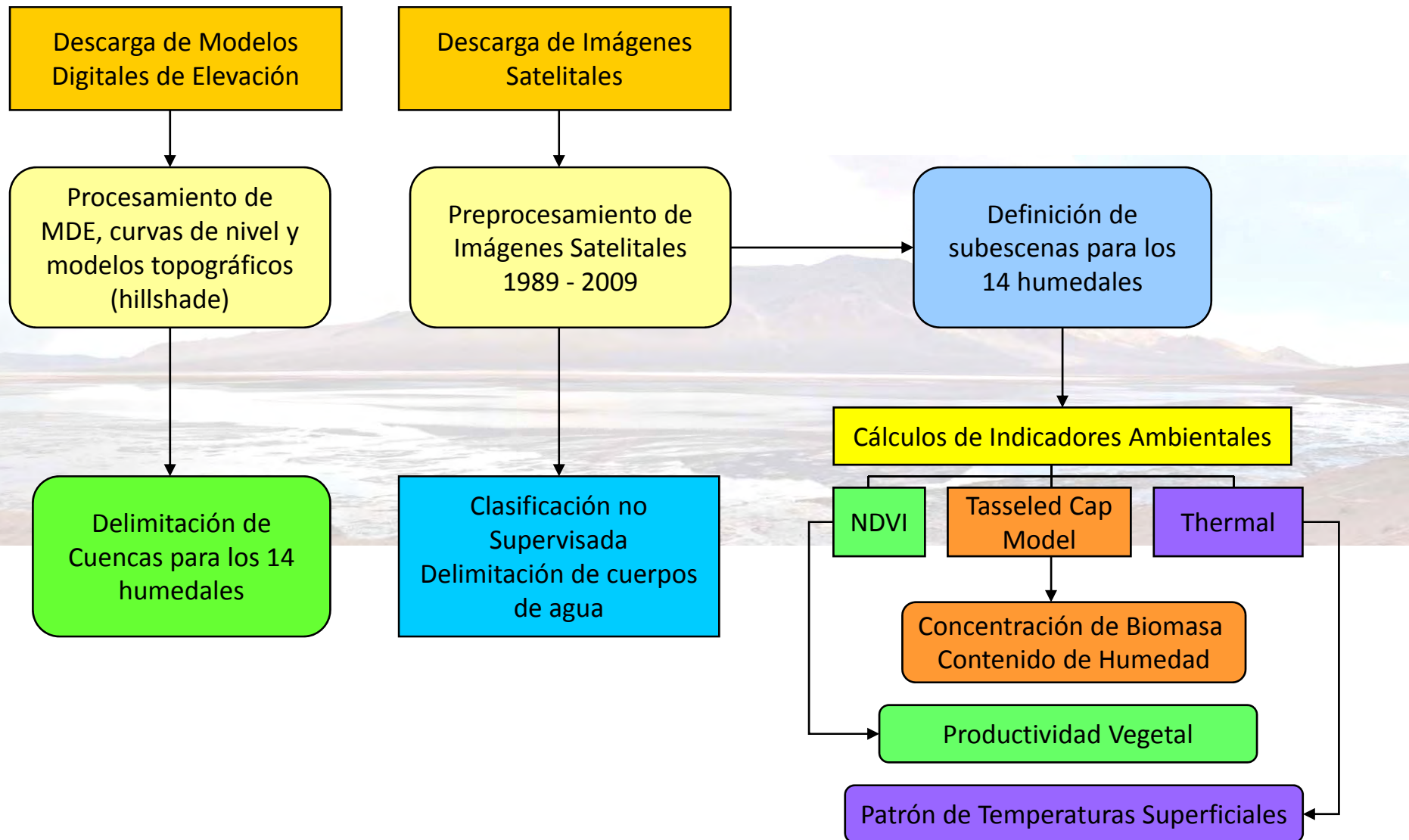
- **Lagunas Cotacotani**
- **Lago Chungara**
- **Salar de Surire**
- **Salar de Huasco**
- **Salar de Coposa**
- **Salar de Ascotan**
- **Salar de Tara**
- **Salar de Aguas Calientes**
- **Salar de Pujsa**
- **Sistema Laguna Verde (laguna verde y laguna Blanca)**
- **Sistema Hídrico de lagunas Miscanti y Miñiques**
- **Salar de Punta Negra**
- **Sistema Lagunas Bravas**
- **Complejo Lacustre de Laguna Santa Rosa (Salar de Maricunga)**





MATERIALES Y METODOS

METODOLOGIA:



IMÁGENES SATELITALES Y MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN:

1. Imágenes Satelitales

Se consideraron imágenes del sensor LANDSAT-TM desde 1989 al 2009, con resolución de píxel de 30x30 metros con TM5, de la estación invernal.

Para esto se descargaron imágenes gratuitas de los catálogos del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE) que depende del Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil.

HUMEDAL	FECHA DE IMAGENES
1. Salar Aguas Calientes	24 de Julio de 1989 17 de Junio de 1993 27 de Julio de 1996 13 de Junio de 2003 29 de Junio de 2009
2. Salar Ascotan	31 de Julio de 1989 26 de Julio de 1993 16 de Junio de 1996 25 de Junio de 1999 22 de Junio de 2004 01 de Julio de 2007 04 de Junio de 2009
3. Lago Chungara y Cotacotani	06 de Julio de 1989 01 de Junio de 1993 07 de Julio de 1996 02 de Julio de 1999 27 de Junio de 2003 19 de Junio de 2006 11 de Junio de 2009

<p>4. Salar Coposa</p>	<p>12 de Julio de 1991 23 de Julio de 1995 15 de Julio de 1998 07 de Julio de 2001 27 de Junio de 2003 21 de Julio de 2006 29 de Julio de 2009</p>
<p>5. Salar Huasco</p>	<p>06 de Julio de 1989 12 de Julio de 1991 23 de Julio de 1995 15 de Julio de 1998 07 de Julio de 2001 27 de Junio de 2003 21 de Julio de 2006 29 de Julio de 2009</p>
<p>6. Laguna Brava</p>	<p>03 de Junio de 1991 27 de Junio de 1994 16 de Junio de 1996 22 de Julio de 2003 08 de Junio de 2006 06 de Julio de 2009</p>
<p>7. Laguna Verde</p>	<p>08 de Julio de 1990 26 de Julio de 1993 21 de Junio de 1997 22 de Julio de 2003 28 de Junio de 2006 06 de Junio de 2009</p>

8. Lagunas Miscanti y Meñiques	26 de Junio de 1993 21 de Junio de 1997 22 de Julio de 2003 28 de Junio de 2006 06 de Junio de 2009
9. Salar Punta Negra	03 de Junio de 1991 27 de Junio de 1994 16 de Junio de 1996 22 de Julio de 2003 08 de Junio de 2006 06 de Julio de 2009
10. Salar Pujsa	08 de Julio de 1990 26 de Junio de 1993 21 de Junio de 1997 22 de Julio de 2003 28 de Junio de 2006 06 de Junio de 2009
11. Salar Surire	06 de Julio de 1989 01 de Junio de 1993 07 de Julio de 1996 27 de Junio de 2003 19 de Junio de 2006 11 de Junio de 2009
12. Salar Tara	24 de Julio de 1989 17 de Junio de 1993 02 de Junio de 1999 13 de Junio de 2003 26 de Julio de 2007 29 de Junio de 2009

13. Laguna Santa Rosa

03 de Julio de 1991
27 de Junio de 1994
06 de Junio de 1998
30 de Junio de 2001
11 de Julio de 2005
23 de Agosto de 2009

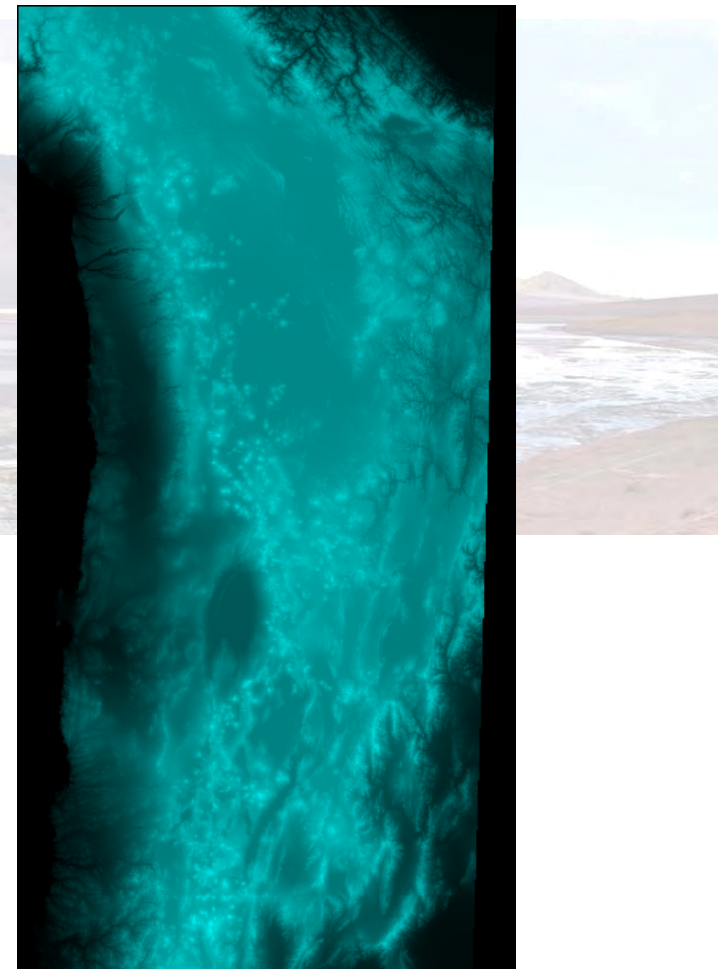
2. Modelo Digital de Elevaciones

Dadas las características de resolución espacial de las imágenes Landsat, se utilizó el modelo SRTM (**Shuttle Radar Topography Mission**), con resolución de 90x90 metros.

SRTM consiste en un sistema de radar especialmente modificado que voló a bordo del transbordador espacial Endeavour en una misión de 11 días en febrero de 2000.

SRTM es un proyecto internacional liderado por la National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA).

En la actualidad se encuentra liberado para todo el mundo a una resolución de 90x90 metros, con un error altimétrico de 4 a 9 metros



PRE-PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES LANDSAT-TM:

En esta etapa se procedió a la preparación de las imágenes satelitales descargadas del sitio de INPE, a las que se le realizaron las siguientes correcciones:

1. Correcciones Radiométricas:

Las distorsiones radiométricas son **cambios en los valores de intensidad (nivel de gris)** de los píxeles de una imagen y que resultan en valores erróneos en los posteriores cálculos de índices. Estas distorsiones son el resultado de efectos de la atmósfera.

2. Correcciones Geométricas

Si bien las imágenes vienen previamente espacializadas, estas poseen desplazamientos horizontales que se corrigen al georreferenciar nuevamente la imagen tomando puntos de control. Las imágenes usadas fueron georreferenciadas y calibradas al a coordenadas UTM, zona 19 Sur y datum WGS84.

3. Correcciones Ortogonales

Debido a las distorsiones producidas en la modelación de las imágenes, es necesario efectuare correcciones de orthorectificacion para eliminar los errores de sombra; las imágenes fueron orthorectificadas usando los modelos digitales SRTM de 90x90 metros

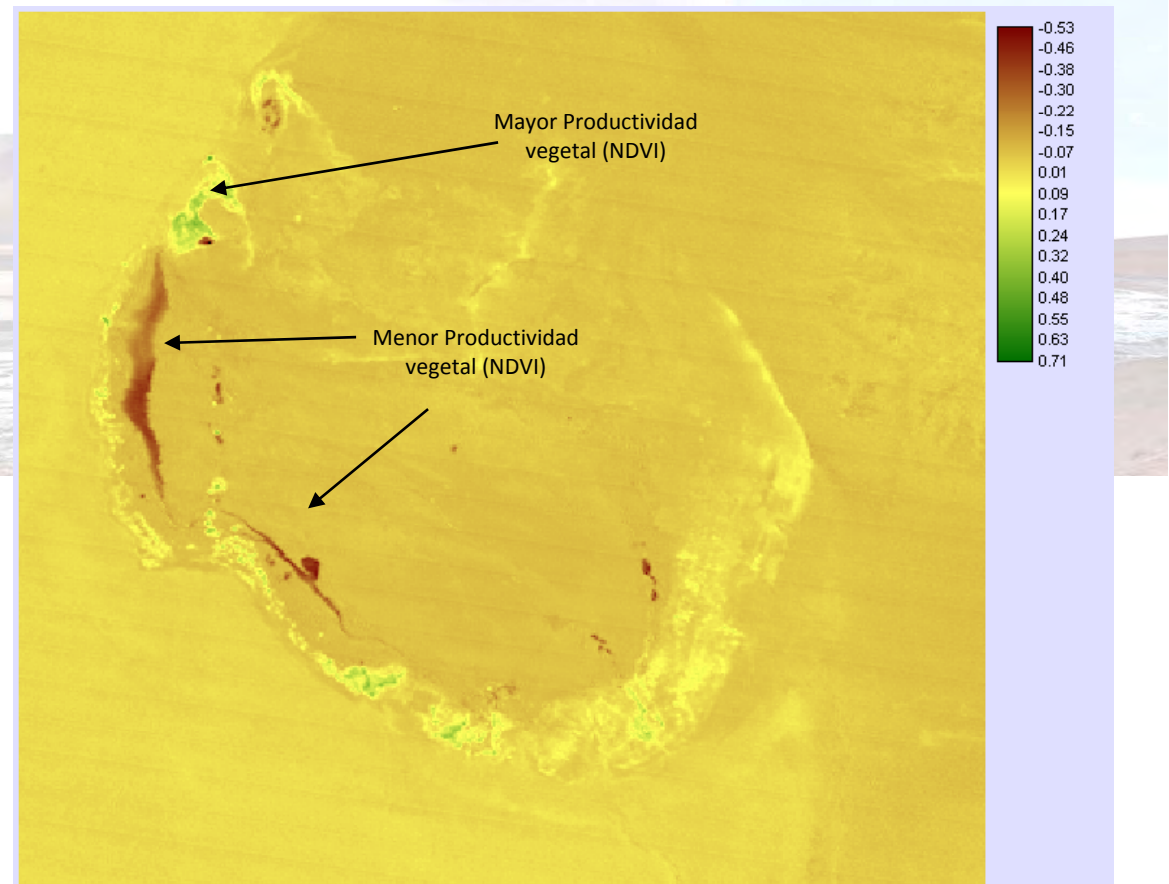
CALCULO DE INDICADORES AMBIENTALES

1. Índice de Vegetación de Diferencias Normalizadas (NDVI)

Este indicador permitirá medir la actividad fisiológica de la vegetación asociada al humedal, de esta manera se tendrá un parámetro claro de la productividad vegetal en el periodo en análisis. Es un excelente indicador de la “salud” de la vegetación circundante.

El indicador NDVI resulta de la relación entre la banda visibles del canal rojo (IR) y la banda infraroja (INR)

$$NDVI = (INR - IR) / (INR + IR)$$



2. Concentración de Biomasa y Contenido de Humedad en el suelo

Estos indicadores resultan del modelo de Modelo Tasseled Cap, que corresponde a una transformación lineal de las bandas del sensor Landsat (excepto la banda termal (6)) en cuatro nuevos ejes de los datos espectrales que pueden ser interpretados como los “componentes de actividad superficial”. Los canales o componentes que resultan son:

a. **Brillo (bright)** que se expresa como la suma ponderada de todas las bandas, este elemento es definido en la dirección de la principal variación en la reflectancia del suelo.

b. **Verdor (green)** que está aproximadamente ortogonal al brillo y es el contraste entre el infrarrojo cercano y las bandas visibles. Este índice es un indicador claro de la concentración de biomasa existente en el suelo.

c. **Humedad (moist)** que está en directa relación a los dos elementos anteriores, y que entrega los valores de contenido de humedad existente en la superficie.

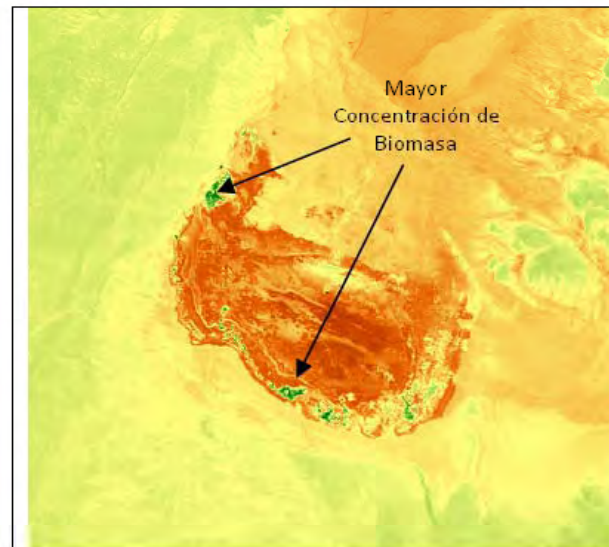


Fig. 4a. (Green) Concentración de Biomasa en el Suelo – Salar del Huasco – Febrero de 2009

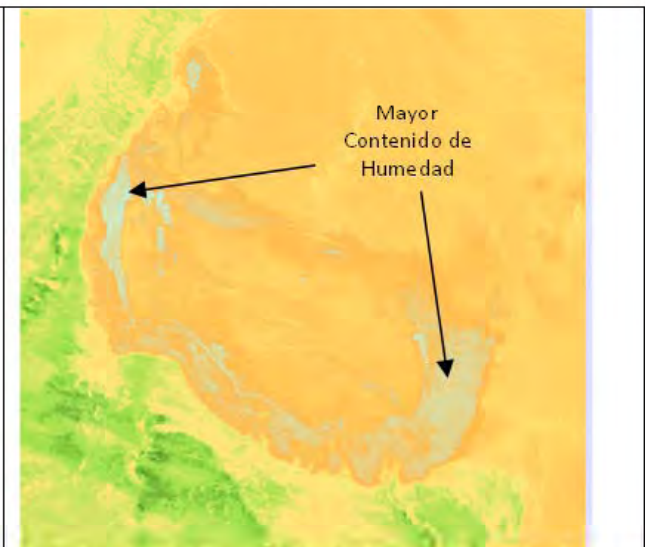
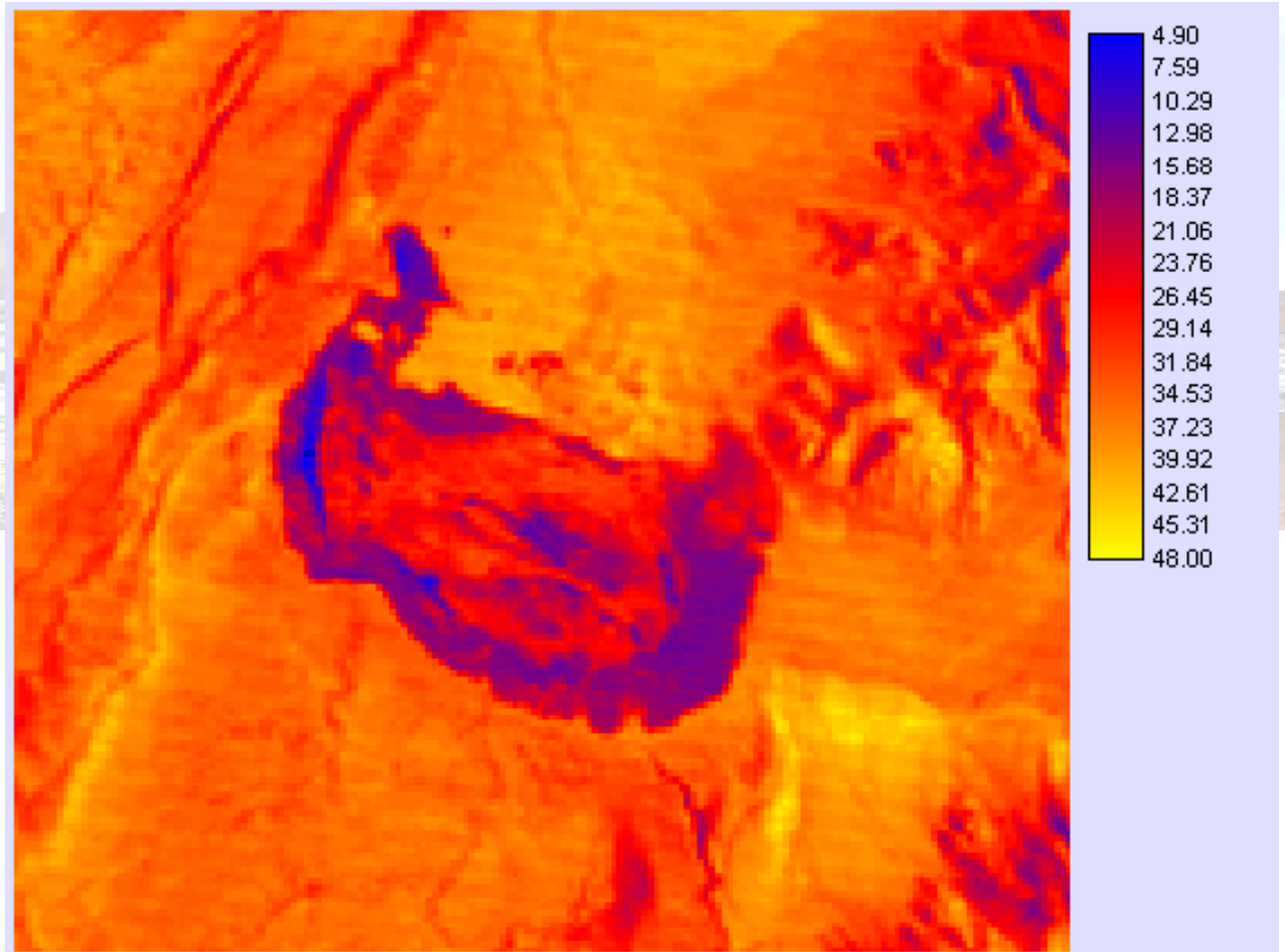


Fig. 5a. (Moist) Contenido de Humedad en el Suelo – Salar del Huasco – Febrero de 2009

3. Patrones de Temperatura del Suelo:

La Temperatura superficial se calcula a partir de los niveles digitales originales de la banda termal (banda 6) del sensor Landsat; esto permite conocer la relación entre el flujo de energía emitido por el suelo y el que efectivamente recibe el sensor satelital considerando las alteraciones que produce la atmosfera.

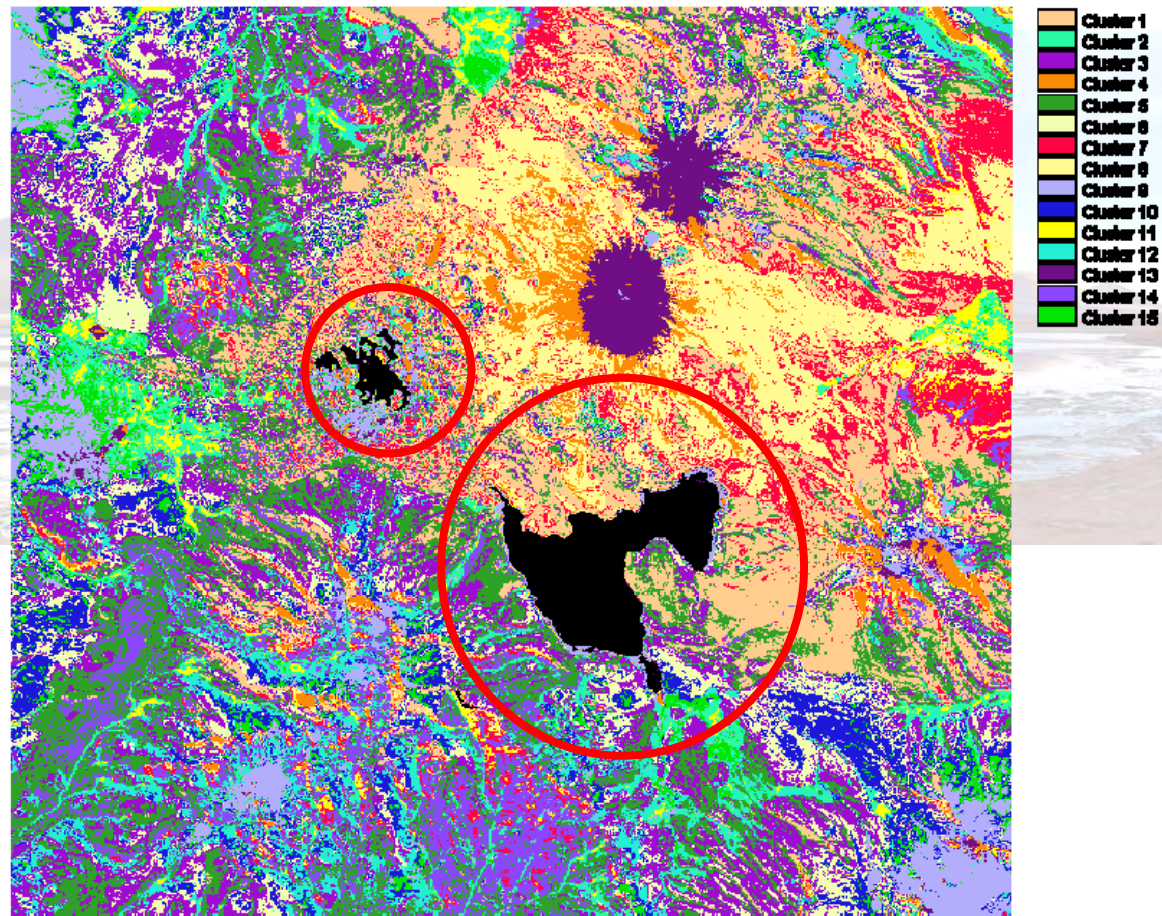
El método contempla primero la conversión de los Niveles Digitales de la banda original (banda 6) en valores de radiancia; posteriormente, para estos valores de estima la temperatura de brillo utilizando la ley de Planck (definida para cuerpos negros), se corrige la distorsión atmosférica, se calcula la emisividad para cada píxel de la imagen en cada banda para luego obtener la temperatura superficial.



4. Clasificación No Supervisada del Suelo:

Mediante este procedimiento se pretende caracterizar geoméricamente (límites, superficie y forma) del espejo de agua asociado al humedal y obtener una primera aproximación de las coberturas de suelo existentes en el entorno del humedal, para los periodos entre 1988 y 2009, y establecer posibles relaciones de estas coberturas con ella.

El procedimiento consiste en la construcción de firmas espectrales que indiquen valores similares de radiancia, posteriormente mediante algoritmos matemáticos como el de "máxima Probabilidad", se extrapolan las clases de equivalencia según los valores de las firmas espectrales construidas para clasificar las categorías de uso o cobertura del suelo

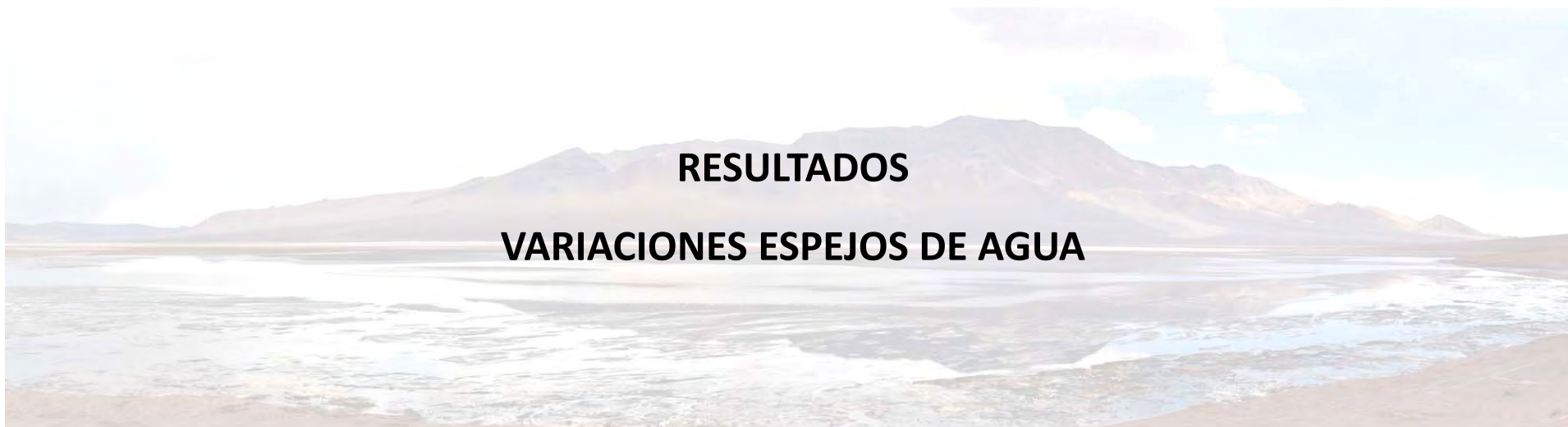


RESULTADOS



RESULTADOS

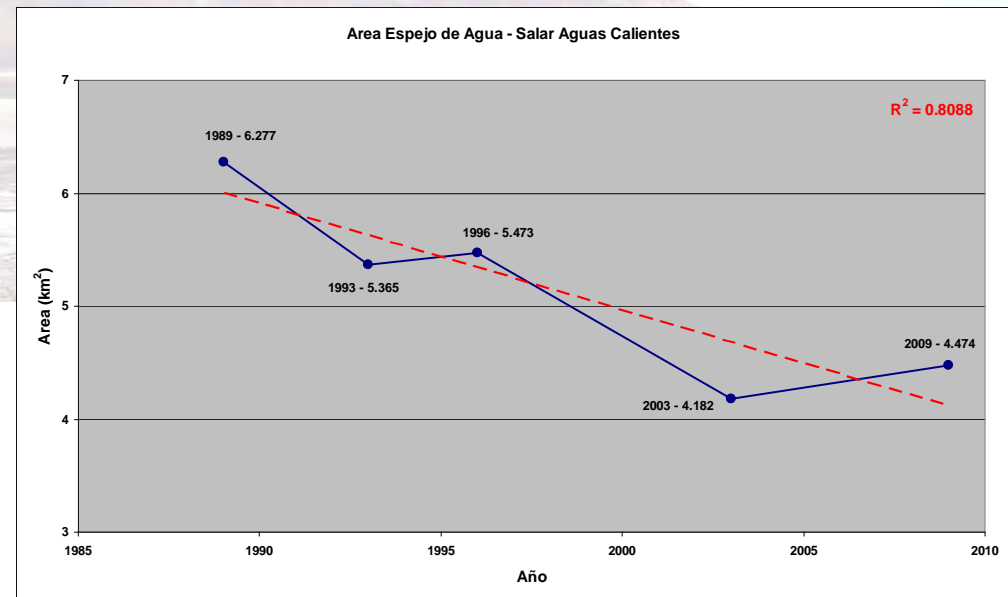
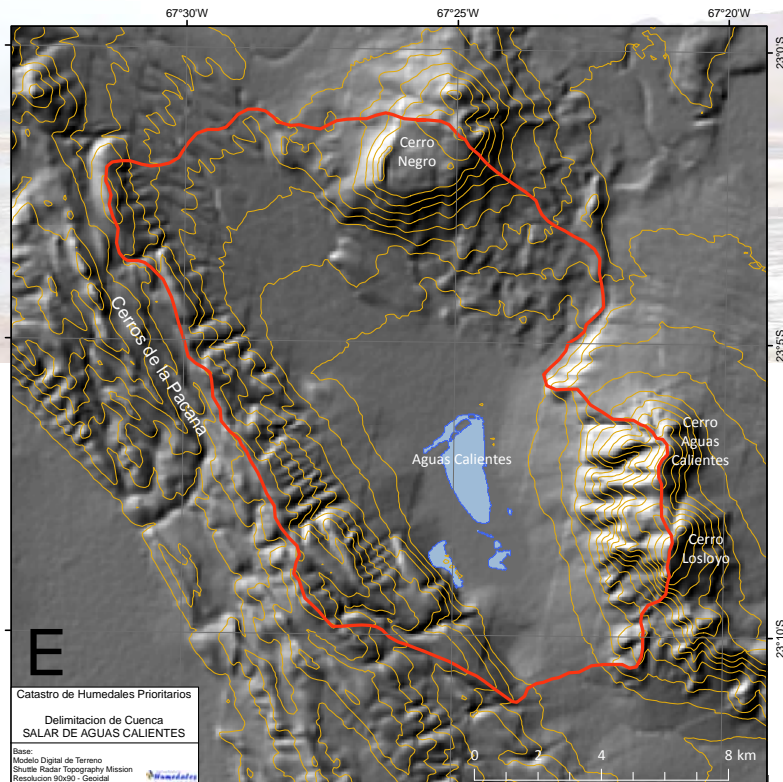
VARIACIONES ESPEJOS DE AGUA



1. Espejo de Agua - Salar de Aguas Calientes:

El salar de Aguas Calientes presenta la existencia de tres cuerpos de agua claramente definidos, localizados en la parte sur de la cuenca. Estos cuerpos de agua se mantienen relativamente estables en el tiempo, excepto uno de ellos que presenta una disminución importante el año 2003 al 2009, siendo este el que aporta el mayor porcentaje de retroceso areal en el periodo estudiado.

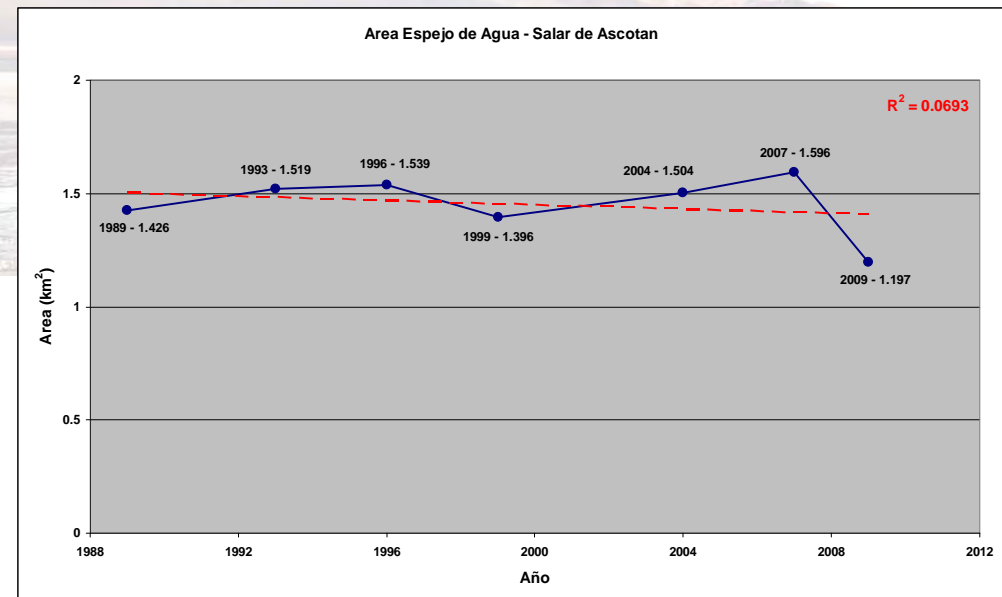
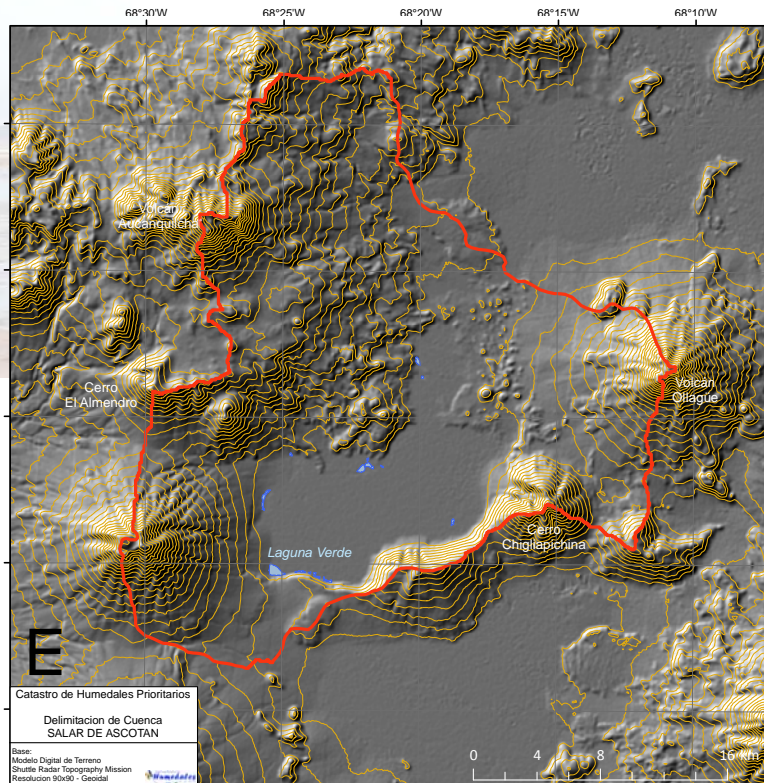
El caso de este humedal muestra una muy importante disminución en el tiempo de las masas de agua existentes. Con una disminución del 30% aproximadamente ya que baja de 6.2 km² en 1989 a 4.4 km² en el 2009. Por otro lado, la tendencia en el tiempo es de reducción del espejo asociado al humedal.



2. Espejo de Agua - Salar de Ascotan

Los cuerpos de agua del Salar de Ascotan corresponden a pequeños espejos existentes en los límites mismos del salar, destacándose principalmente la Laguna Ascotan que esta al sur de este (Fig. 8a). Estos cuerpos se alimentan principalmente de las laderas ubicadas en el sector oriental del Salar.

Evolutivamente, los espejos de agua de este humedal se presentan relativamente estables en el tiempo, es decir con una baja variación temporal ($R^2 = 0.0693$), no mayor a 0.5 km². Solo presenta una mayor disminución del tamaño de los cuerpos de agua hacia el 2009 con 1.19 km²; manteniendo su tendencia a la baja (Grafico 2, Anexo Tablas y Gráficos). Su mayor valor en tamaño se presenta el año 2007 con 1.596 km².

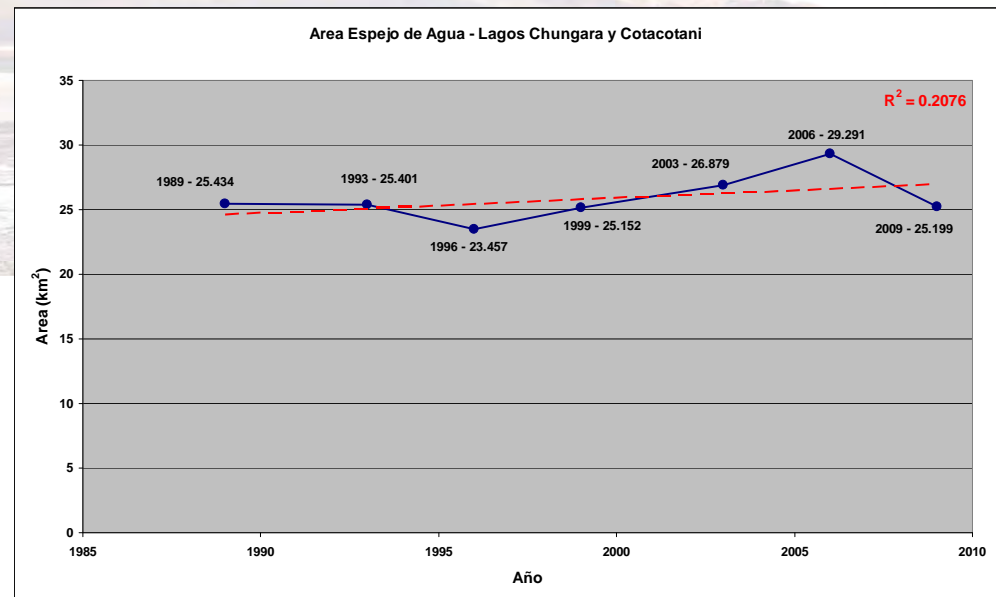
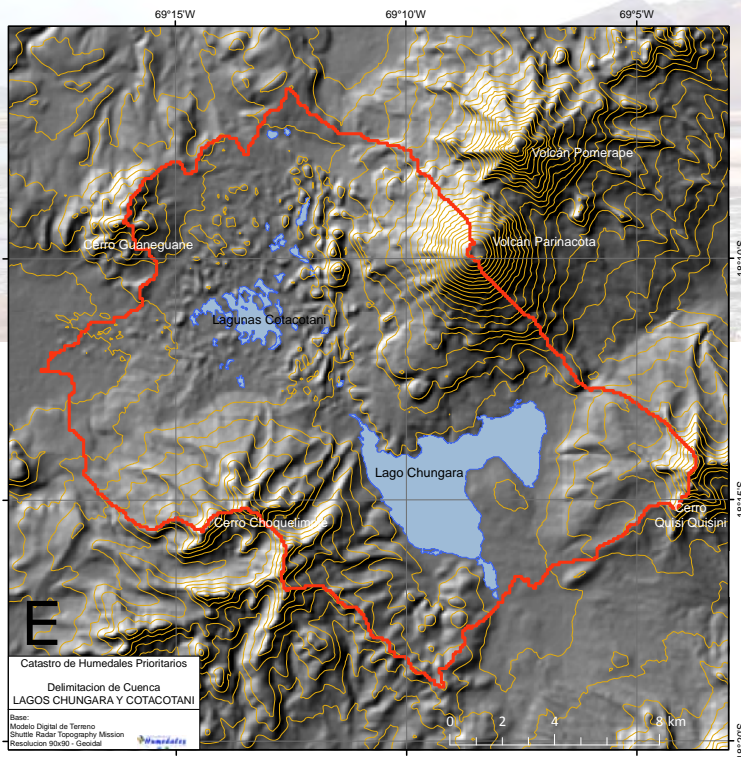


3. Espejo de Agua - Lagos Chungara y Cotacotani

El Lago Chungara corresponde a un importante cuerpo de agua localizado al sur del Volcán Parinacota; las Lagunas de Cotacotani, por el contrario, corresponden a una agrupación de espejos de agua ubicados al Noroeste del Lago Chungara, formándose, principalmente, por la topografía de lomajes existentes en el lugar (Fig. 9a).

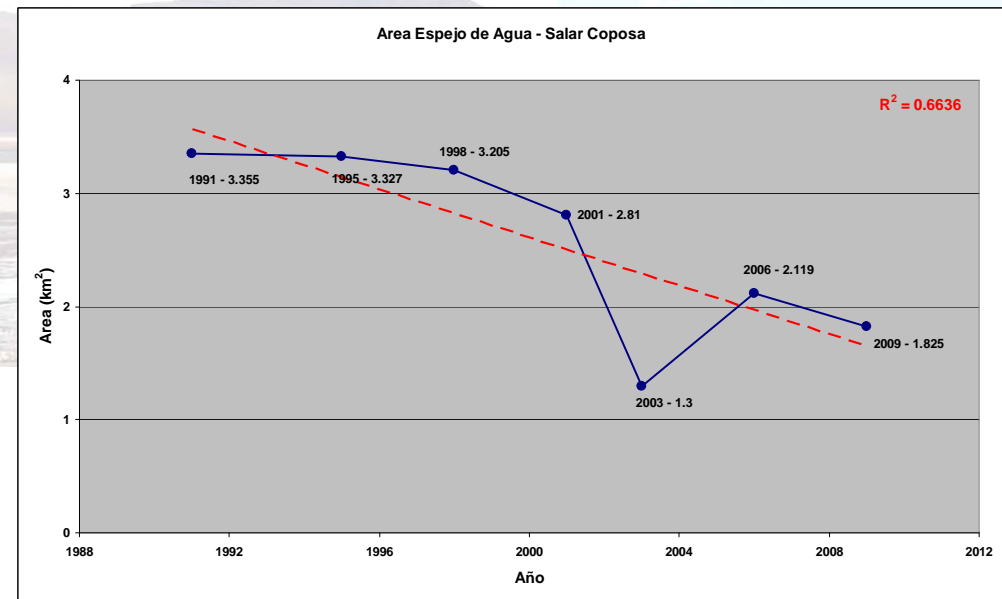
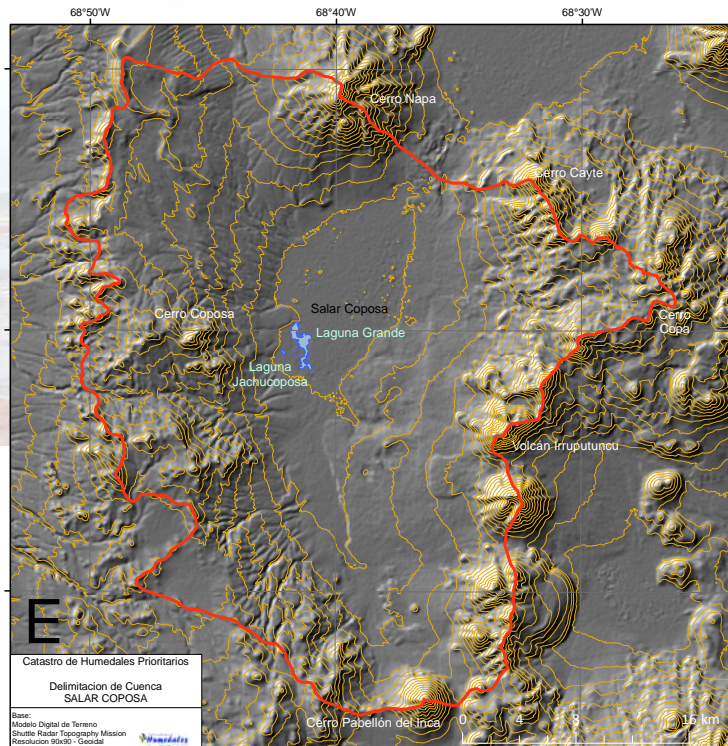
En estos espejos lacustres, se presenta una situación de leve aumento, del área de agua, entre 1989 y el 2006, pasando de 25.4 km² (entre ambos grupos de lagos) a 29.3 km²; sin embargo, el 2009 vuelve a sus niveles iniciales con 25.2 km² (Grafico 3, Anexo Tablas y Gráficos).

En cuanto a su forma, el Lago Chungara se mantiene mayoritariamente estable, de esta manera, la evolución del área lacustre esta condicionada principalmente a la dinámica de las lagunas de Cotacotani.



4. Espejo de Agua - Salar de Coposa

Este salar presenta la existencia de un cuerpo de agua principal denominado Laguna Grande, localizado al suroeste del salar; además existe una pequeña laguna al oeste del cuerpo principal llamada laguna Jachucoposa (Fig. 10a). La evolución temporal del área de este espejo de agua es de una clara tendencia a retroceso entre 1991 y el 2009, pasando de 3.35 km² en el inicio del periodo a 1.82 km² en el último año de análisis (Gráfico 4, Anexo Tablas y Gráficos).

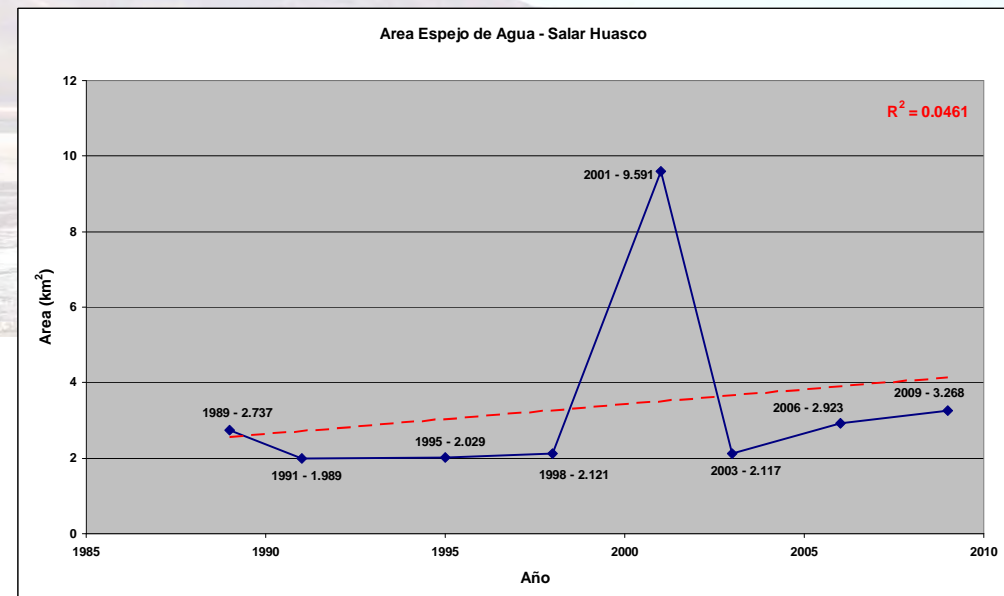
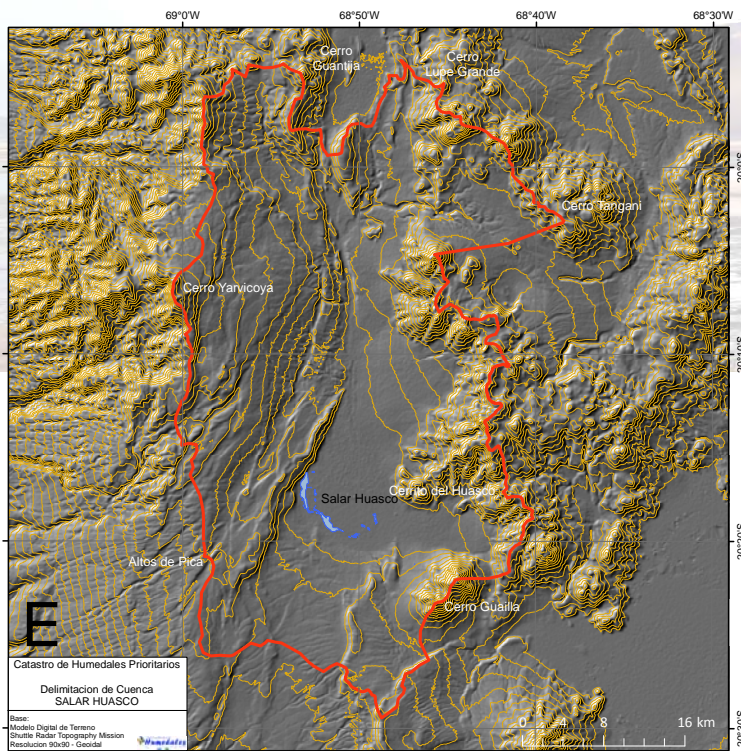


5. Espejo de Agua - Salar del Huasco (INVIERNO)

El Salar del Huasco tiene una forma elipsoidal horizontal y un área de 51 km² promedio. Entre 1989 y 2009, la forma del salar se mantuvo relativamente inalterable, presentando cambios de borde principalmente en el sector norte del salar, siendo este el más afectado por los cambios temporales.

Los espejos de agua existentes al interior del salar, se destaca un cuerpo mayor localizado en el Oeste del Salar de aproximadamente 1.4 km², que se ha mantenido relativamente estable entre el periodo 1989 a 2009; un poco más al sur, se presenta el segundo cuerpo de mayor importancia, con un área de aproximadamente 0.6 km² (Fig. 11a).

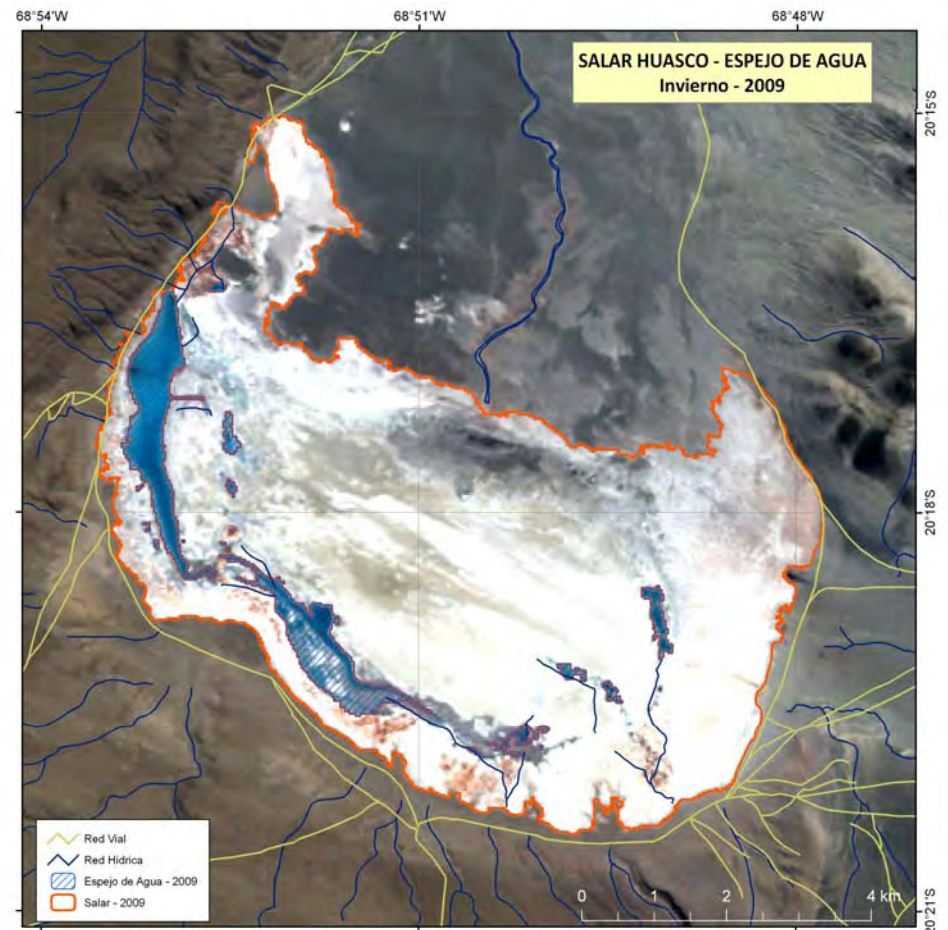
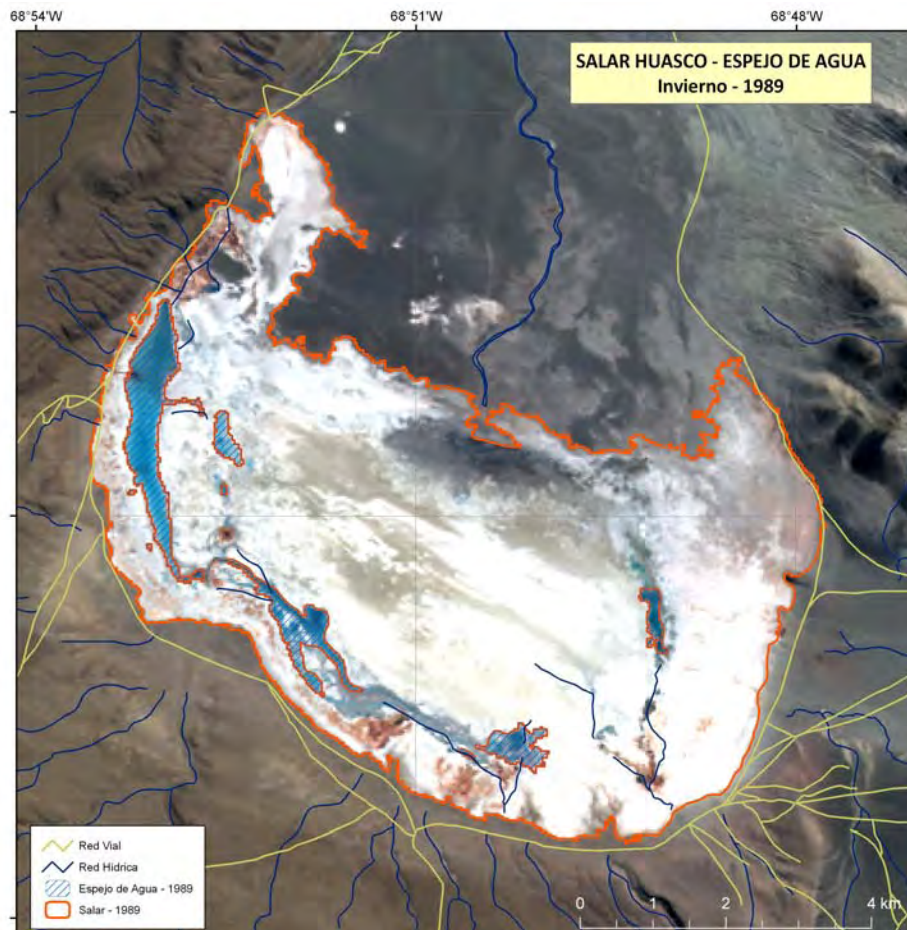
En general, los cuerpos de aguas existentes al interior del Salar del Huasco se mantienen estables.



INVIERNO

1989

2009

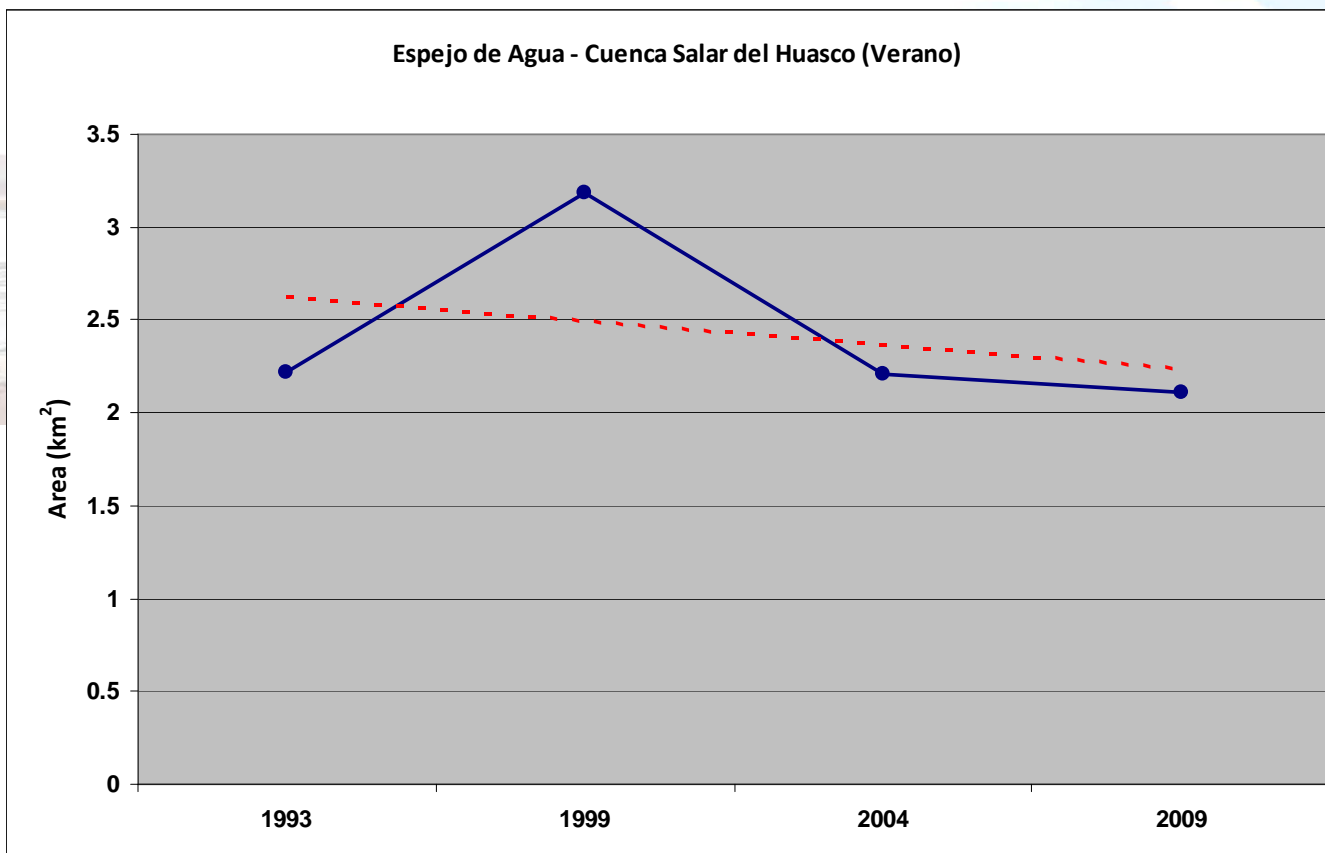


Verano

1989 - 2009

Año	Salar (km2)	Espejo de Agua (km2)	Total (km2)
1993	49.03863	2.21674	51.25537
1999	47.85423	3.18866	51.04289
2004	48.29309	2.20681	50.49990
2009	48.12146	2.11230	50.23375

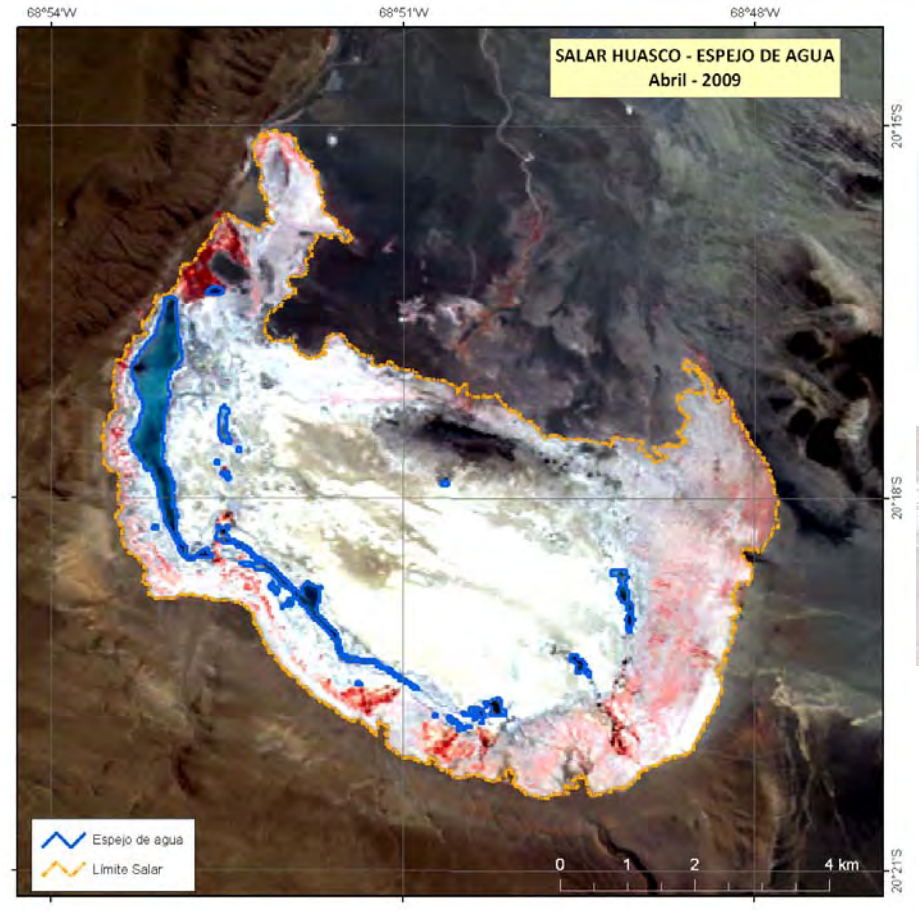
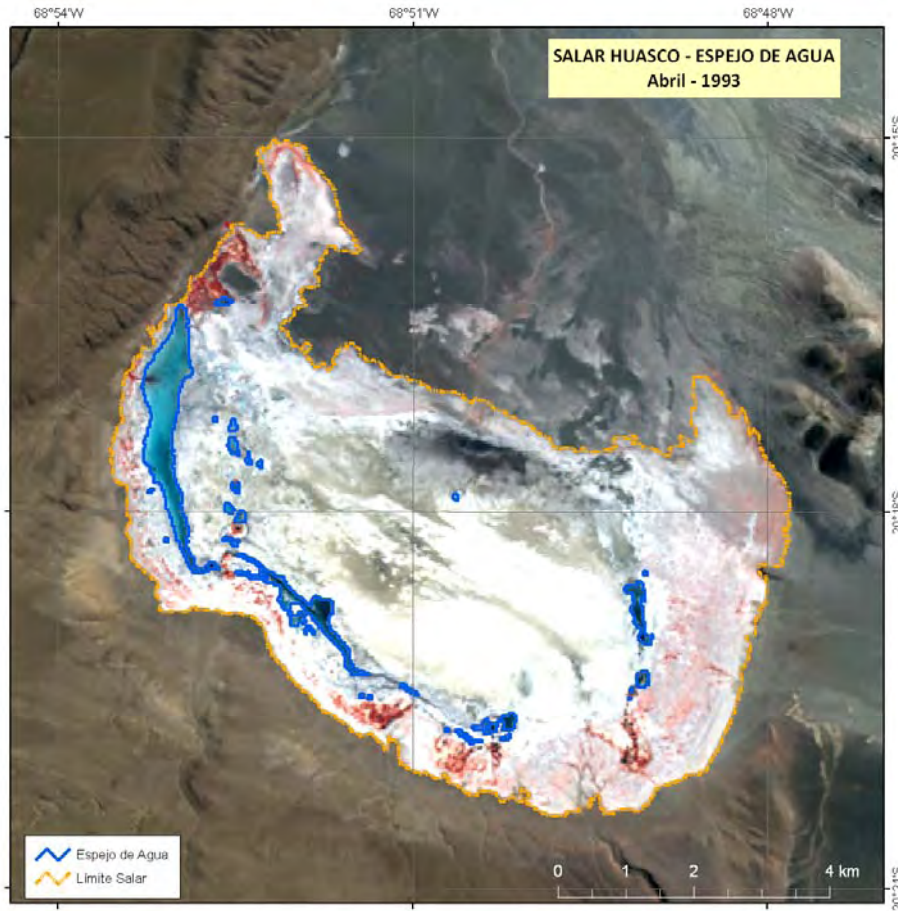
Espejo de Agua - Cuenca Salar del Huasco (Verano)



VERANO

1989

2009

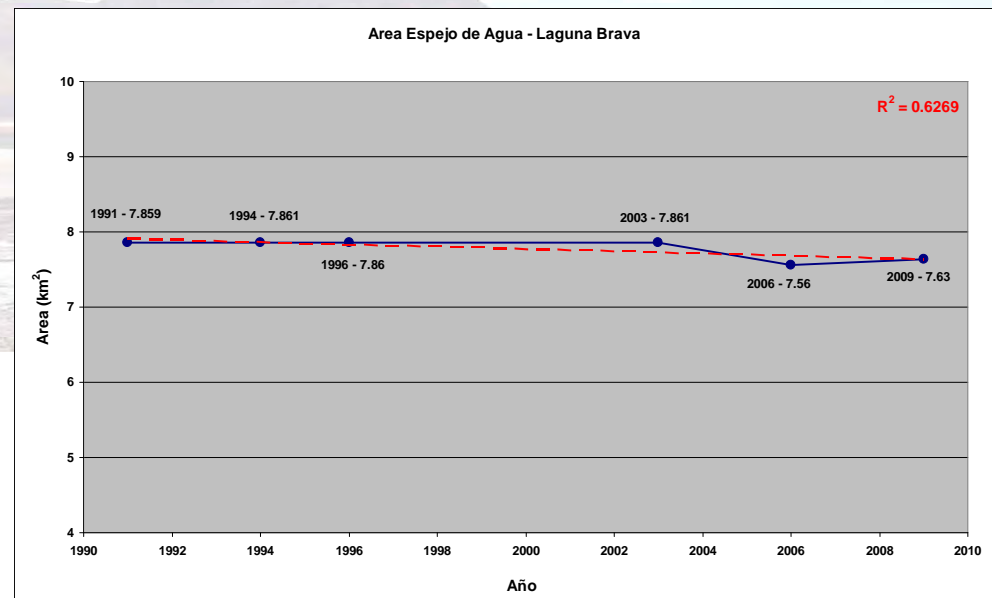
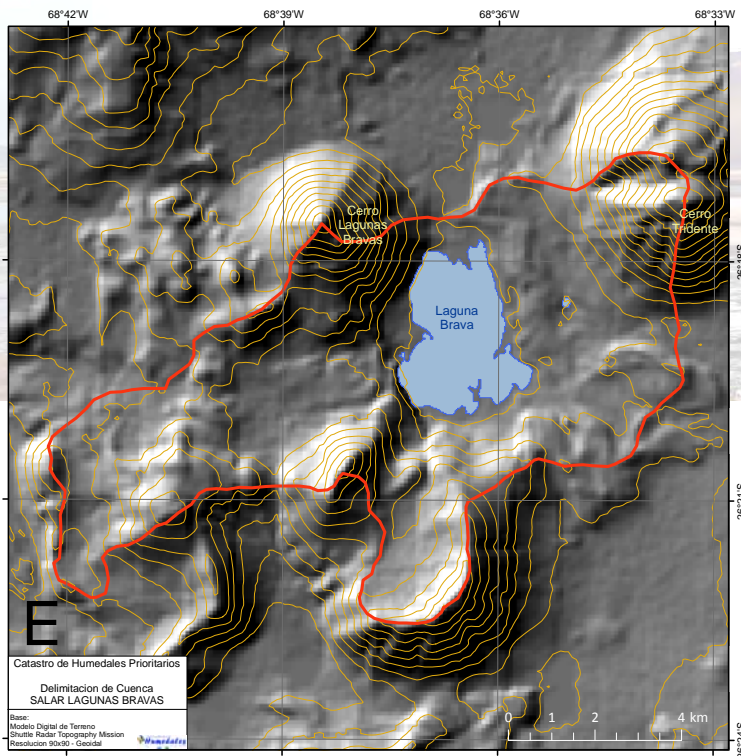


- Al igual que en invierno, en esta época estival, el área del salar se presenta condiciones de estabilidad, con un promedio de área alrededor de los 49 km², un poco menor que en invierno 51 km²).
- En cuanto a los cuerpos de agua, estos se mantienen igual en cuanto a forma y tamaño que lo visto en el periodo invernal; aumentando solo levemente su promedio (2.4 km²) con respecto a lo medido en Invierno. Por otro lado, entre 1993 a 2009 la situación es de estabilidad.
- En cuanto al cuerpo de agua principal, este se mantiene estable entre el periodo estudiado y, comparado con lo medido en Invierno, mantiene, en general, su forma y área (1.3 km²)
- En lo que respecta a la situación espacial de los cuerpos de agua, estos se mantiene en posiciones y tamaños relativamente parecidos en el tiempo. Y con respecto a la situación de Invierno, solo un poco más fragmentados y la aparición de algunos cuerpos menores en el centro del salar, al norte del cuerpo de agua principal.

6. Espejo de Agua - Laguna Brava

La Laguna Brava corresponde a un cuerpo de agua localizado entre los cerros Lagunas Bravas y Tridente, posee una forma ovoidal bien definida y ocupa una importante área de la cuenca; al este de esta laguna existe un cuerpo de agua (sin topónimo definido) de mucho menor tamaño. (Fig. 12a).

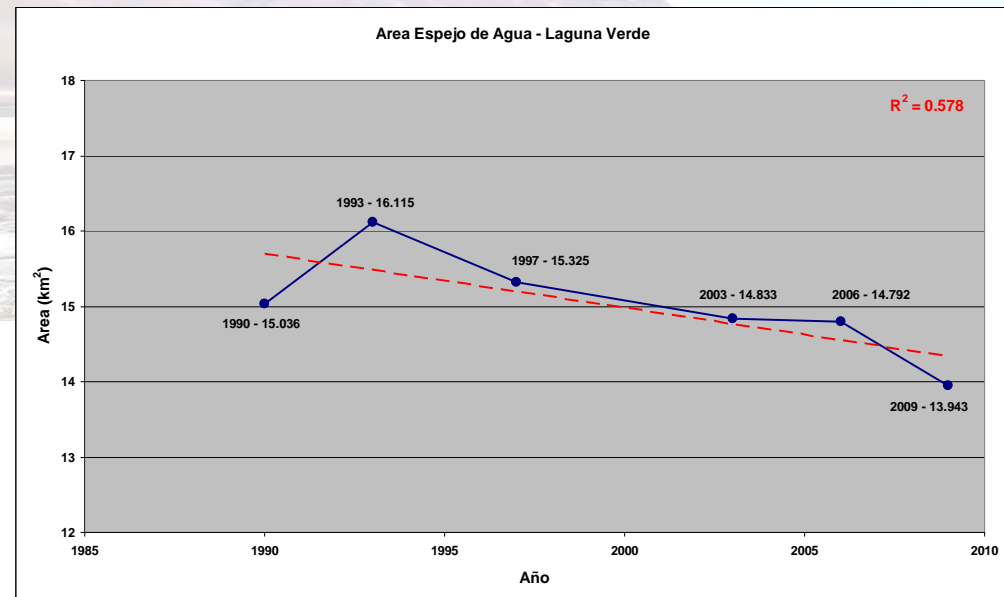
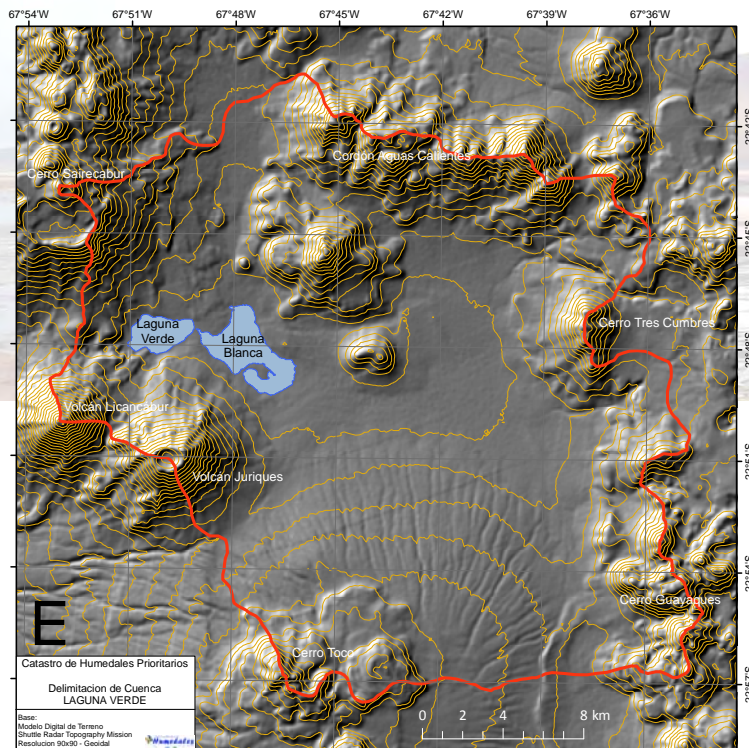
La Laguna Brava presenta, entre los 14 humedales seleccionados para el estudio, una de las mayores estabilidades en el tiempo. En efecto, entre 1991 y el 2009, la variación areal del cuerpo lacustre se mantiene entre los 7.86 km², al principio del análisis, y 7.63 km² en el año 2009 (Grafico 6, Anexo Tablas y Gráficos).



2. Espejo de Agua - Laguna Verde

La Laguna verde es un pequeño espejo de agua localizado en el límite internacional entre Chile y Bolivia, al noreste del Volcán Licancábur; posee además un lago gemelo, interconectado por una quebrada, denominado Laguna Blanca (localizada en Bolivia) (Fig. 13a).

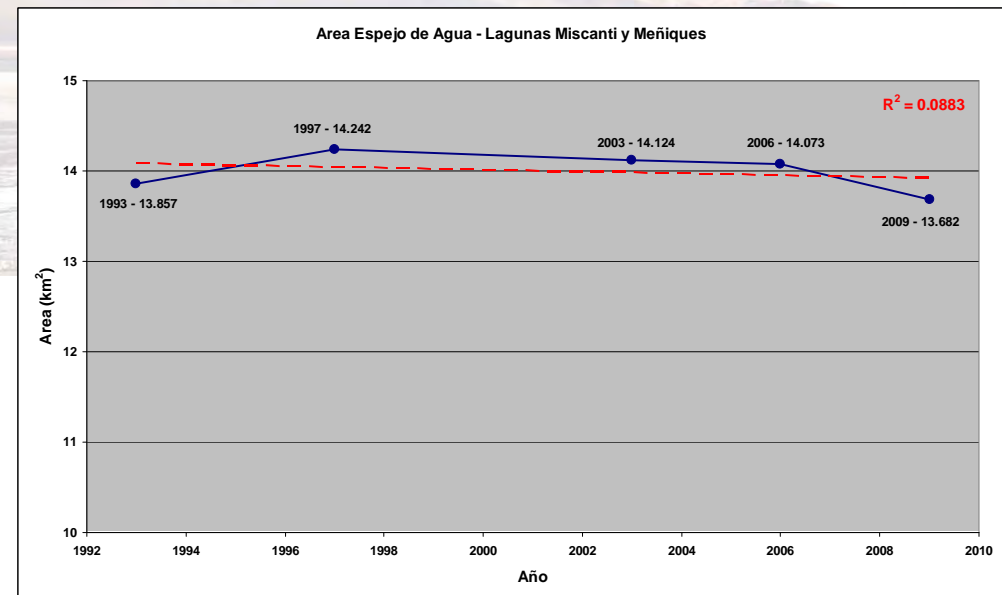
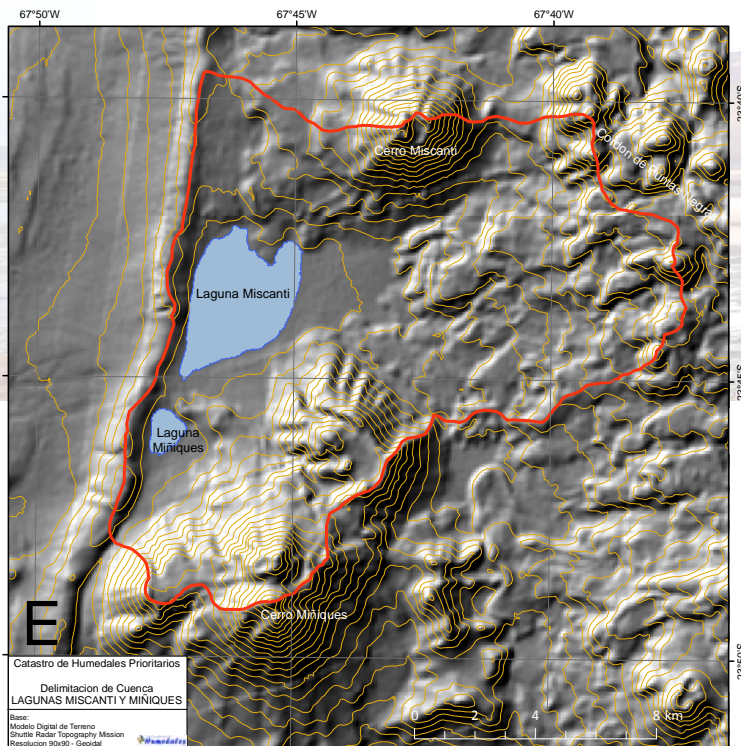
En cuanto a su evolución temporal, la Laguna Verde presenta, entre los años 1990 y 2009, una clara tendencia de retroceso. Entre 1990 y 1993 se presenta un importante aumento de 15 a 16.1 km², pero a partir de ahí, la tendencia es a la disminución del área del espejo de agua, para llegar a 13.9 km² en el 2009 (Grafico 7, Anexo Tablas y Gráficos).



2. Espejo de Agua - Lagunas Miscanti y Miñique

Las lagunas Miscanti y Miñique corresponden a dos cuerpos de agua que forman un mismo sistema lacustre (Fig. 14a). Estos espejos de agua se mantienen estables entre los periodos en estudio, 1993 y 2009, manteniéndose entre los 13.8 km² y los 13.6 km² respectivamente. Entre 1996 y 2006, si bien se presenta un leve aumento pasando por sobre los 14 km², la tendencia sigue siendo a la disminución de su área. El año de mayor tamaño areal del espejo de agua fue en 1997 con 14.2 km² (Grafico 8, Anexo Tablas y Gráficos).

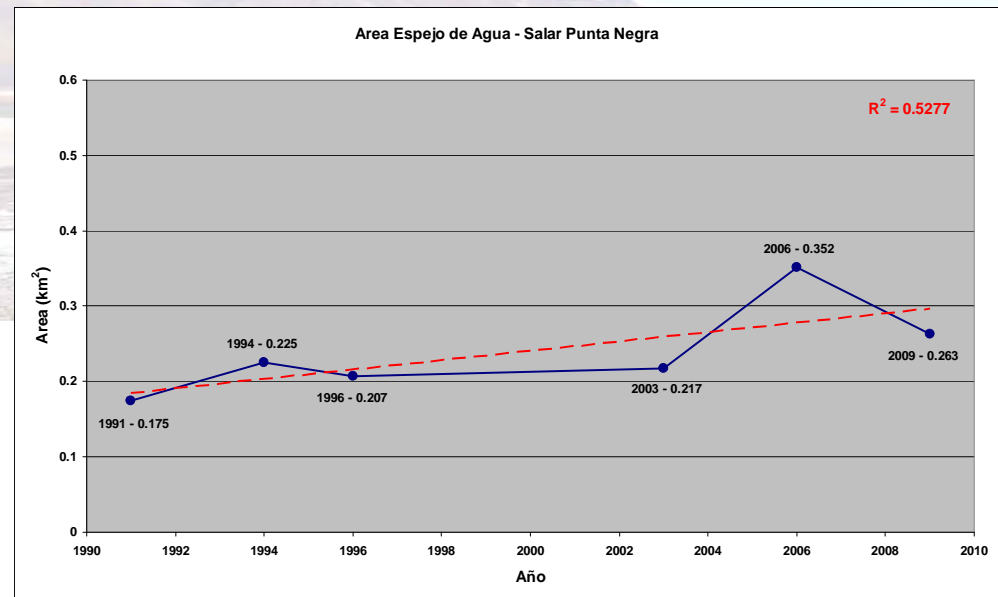
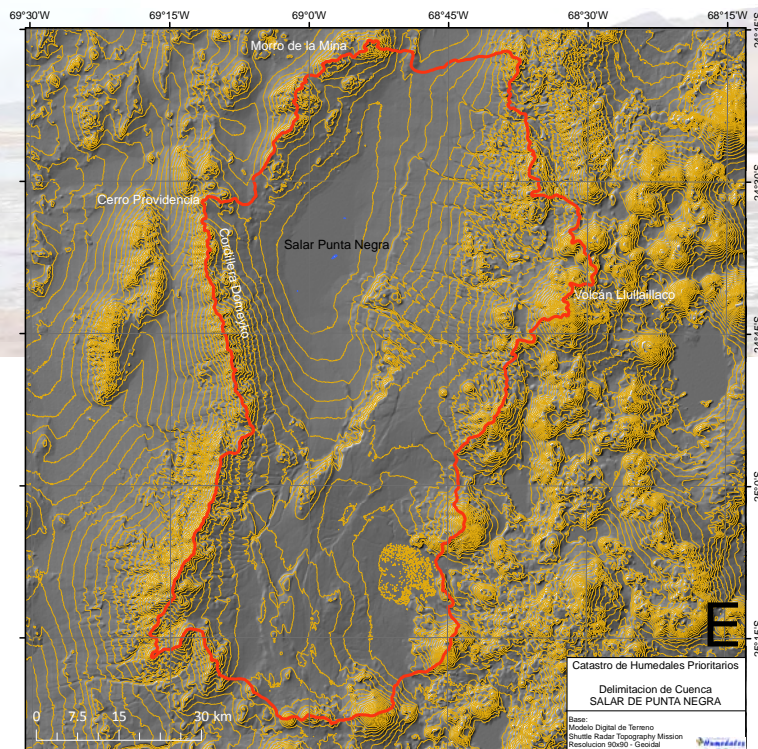
En cuanto a su forma, esta se presenta inalterable en el periodo estudiado, no cambiando su forma ninguno de los dos espejos de agua de la cuenca.



2. Espejo de Agua - Salar Punta Negra

El Salar de Punta Negra presenta una muy escasa aparición de espejos de agua asociados a su dinámica hídrica. En efecto, al interior de la cuenca, los cuerpos de agua corresponden solo a pequeños espejos lacustres localizados en el área del salar al norte de la cuenca (Fig. 15a).

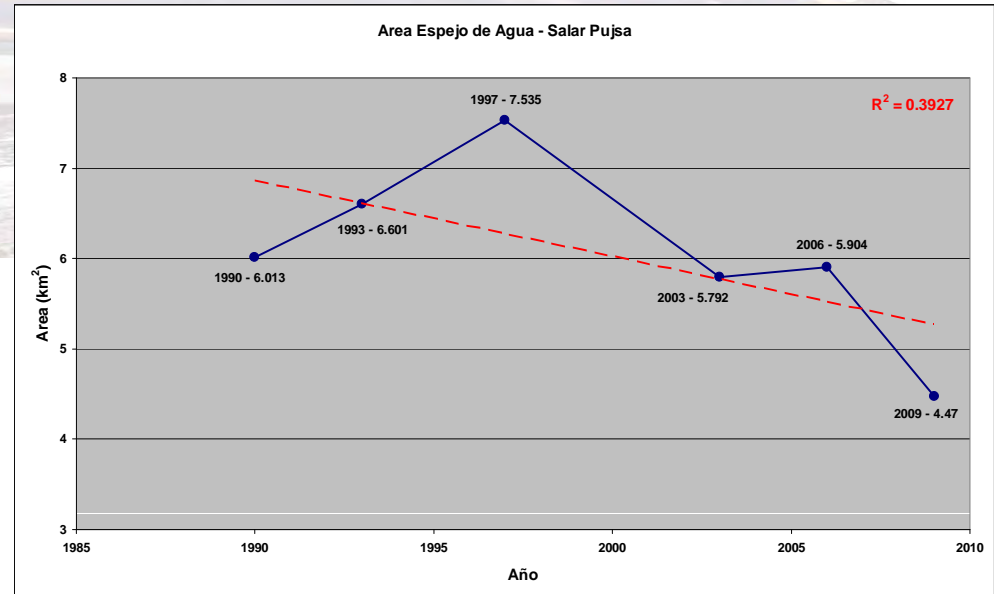
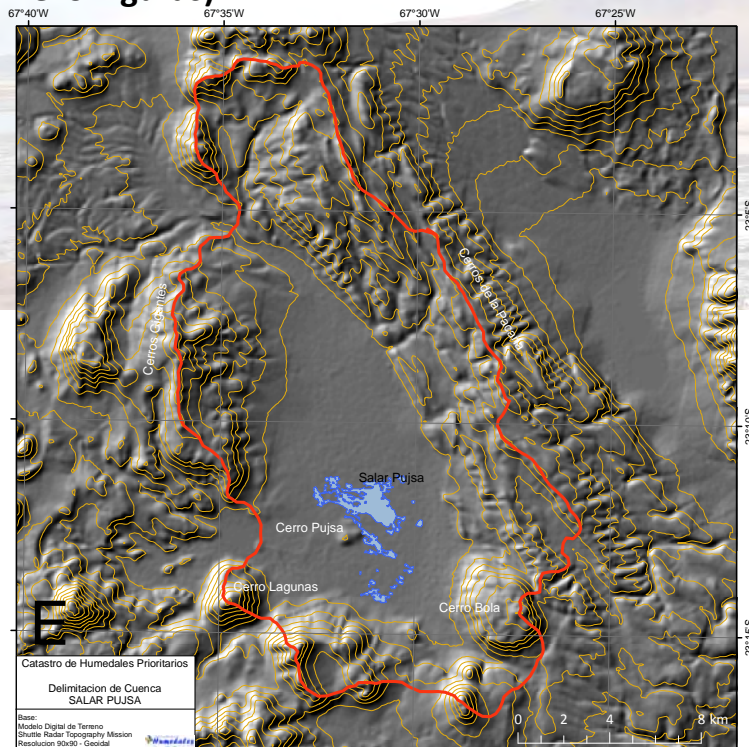
En cuanto a la evolución temporal de estos espejos de agua se destaca su variabilidad areal; si bien, los cuerpos de agua del salar nunca superan los 0.4 km² totales, estos presentan pequeños aumentos y retrocesos areales, no mayores a su 50%; sin embargo, dada esta característica, la tendencia general es en aumento, aumento su area de los 0.17 km² en 1991 a 0.263 km² en el año 2009. El año de mayor tamaño fue el 2006 con 0.35 km² totales (Grafico 9, Anexo Tablas y Gráficos).



2. Espejo de Agua - Salar de Pujsa

El espejo de agua asociado a la cuenca del Salar de Pujsa se presenta como una unidad de forma irregular asociado a las características morfológicas e hídricas del salar (Fig. 16a).

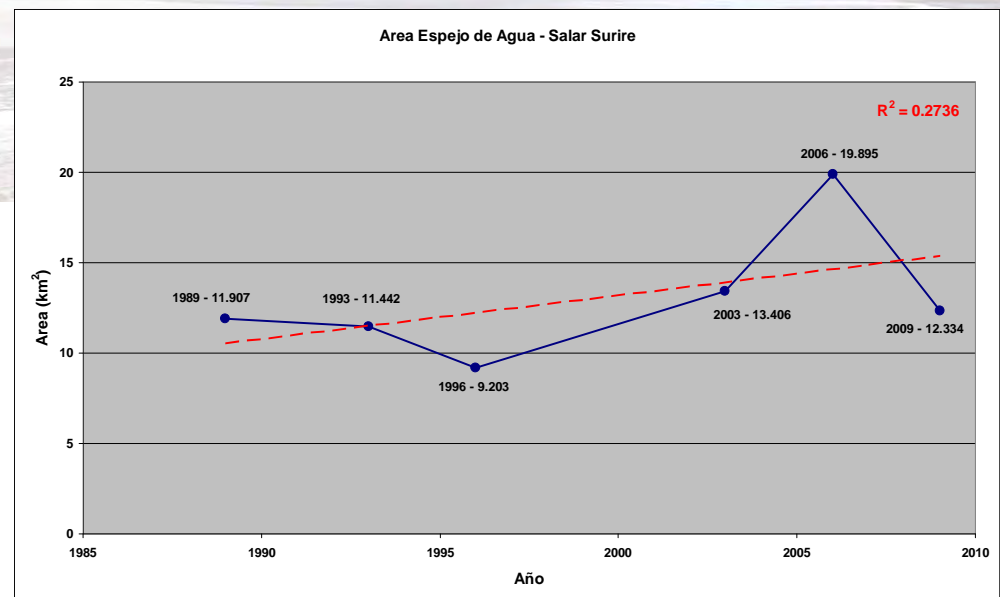
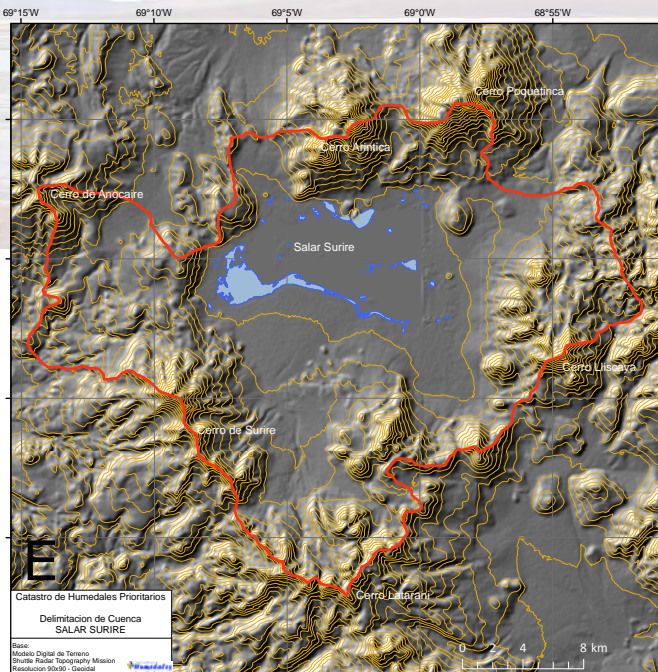
La evolución temporal del tamaño de estos espejos de agua en la cuneca, presenta dos etapas claramente identificables, entre 1990 a 1997 existe un importante aumento de tamaño, pasando de 6.0 a 7.5 km²; posteriormente, entre 1997 al 2009 la tendencia se invierte para disminuir su área de 7.5 a 4.47 km² en el 2009, es decir, un descenso de cerca del 60% de su área total en el año 1997 (Grafico 10, Anexo Tablas y Gráficos). Morfológicamente, el espejo de agua se mantiene estable hasta el año 1997, posteriormente, el la etapa de retroceso se aprecia una clara disminución de la parte sur del cuerpo lacustre, disminuyendo claramente las lagunas al sur del cuerpo principal así como desapareciendo la mayoría de las pequeñas lagunas cercanas a esta (Fig. 10.1 a 10.24, Anexo Figuras).



2. Espejo de Agua - Salar Surire

La cuenca del salar de Surire presenta una importante cantidad de espejos de agua asociados a los límites del área del salar. Existe un cuerpo de agua principal alargado que va desde el Suroeste al Sureste del salar, con una cabecera importante al inicio de esta; a si mismo, hacia el norte del salar se presentan cuerpos hídricos de menor tamaño pero bien repartidos a lo largo de el. Al interior de este, si bien se presentan importantes cuerpos de agua como el existente hacia el este de el, son de menor cantidad y tamaño que los de los limites del Surire (Fig. 17a).

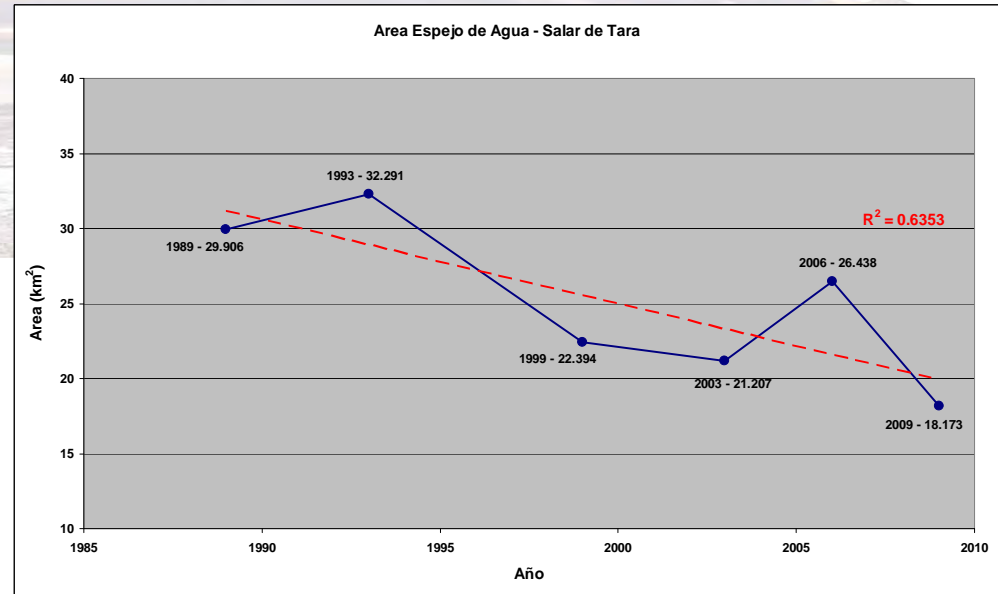
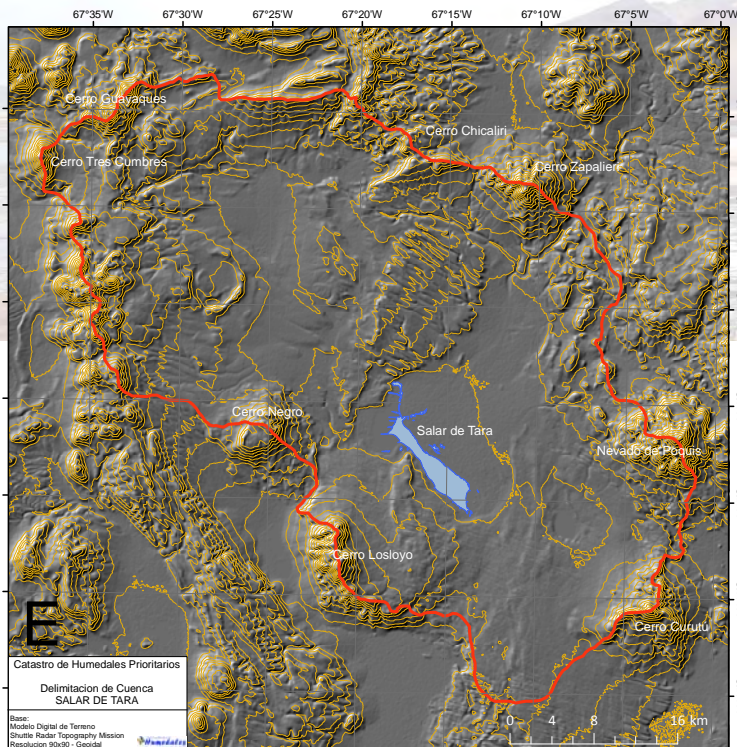
Si bien, evolutivamente en el tiempo, el área de estos espejos de agua se mantiene estables en los valores de los extremos del intervalo de tiempo analizado (11.9 km² en 1989 y 12.3 km² en el año 2009) y, además, se presenta una línea de tendencia positiva (en aumento); a lo largo del periodo de análisis se presenta una importante variabilidad (R² = 0.27). Entre 1989 y 1996 existe una disminución de 2.7 km² (9.2 km² en 1996), pasando a un claro aumento entre 1996 y el 2009, subiendo de 9.2 a 19.89 km² en el año 2006, para nuevamente bajar en el 2009 en la cifra anteriormente señalada (Grafico 11, Anexo Tablas y Gráficos).



2. Espejo de Agua - Salar de Tara

El espejo de agua asociado al Salar de Tara se presenta con una forma romboidal que corre desde el límite noroeste al sureste del salar. Presenta además la existencia de brazos lacustres que salen del lado norte del cuerpo de agua principal, para formar pequeñas lagunas al norte del salar de tara (Fig. 18a).

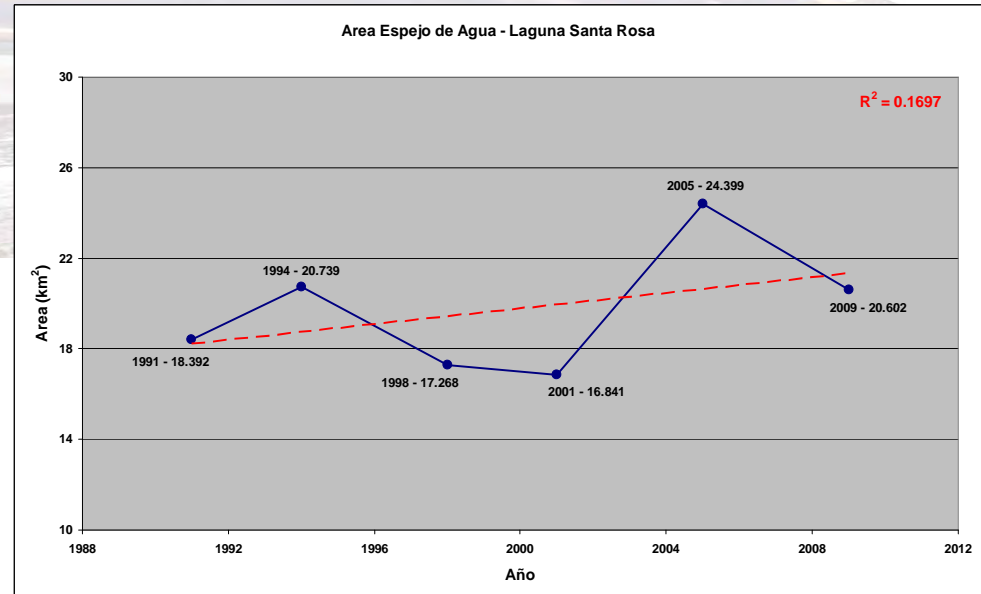
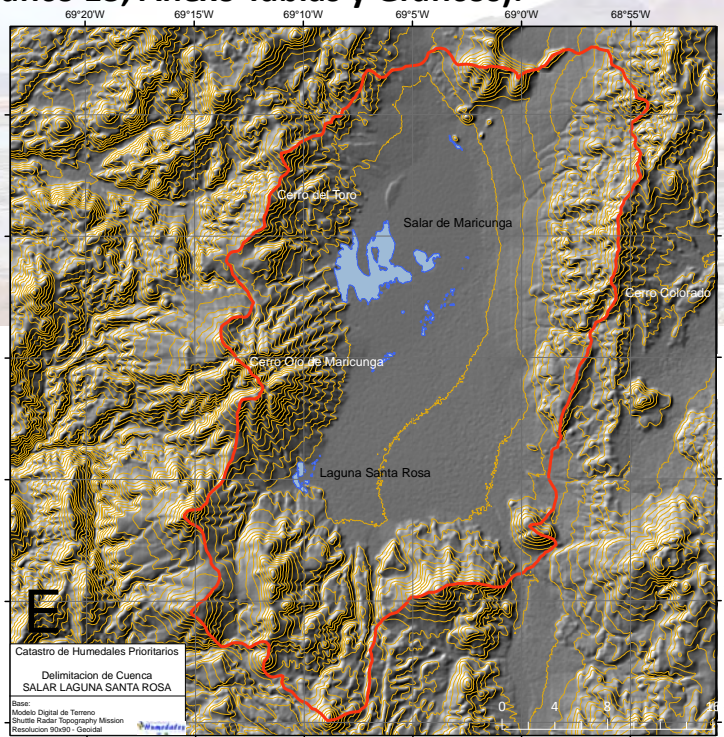
La dinámica del espejo de agua asociado al Salar de Tara se presenta con una clara tendencia a la disminución de su área hídrica. En efecto, el año 1989 se aprecia un área de 29.9 km², esta decrece en el año 2009, bajando a 18.1 km², es decir, una disminución de la superficie cercana al 60%. Se destaca como importante que el año 1993 el área del espejo de agua aumento a 32.29 km², sin embargo, posterior a dicho máximo, esta disminuyo paulatinamente hasta el año 2009, solo apreciándose un nuevo máximo el año 2006 con 26.4 km² (Grafico 12, Anexo Tablas y Gráficos).




2. Espejo de Agua - Laguna Santa Rosa (Salar de Maricunga)

El salar de Maricunga presenta la existencia de dos espejos de agua claramente definidos. Uno es la Laguna Santa Rosa que se encuentra al sur del salar y el otro (sin toponimia definida) esta localizado en el entro del salar. Ambos cuerpos lacustres están interconectados por una quebrada que corre de norte a sur y que permite la existencia de la Laguna Brava propiamente tal (Fig. 19a).

Temporalmente, el área de estos cuerpos hídricos presenta una importante variabilidad, con una leve tendencia al aumento de su superficie. El año 1991 tiene un área de 18.39 km² y pasa a 20.6 km² en el año 2009, al final del análisis. A lo largo de ese periodo, se presentan máximos y mínimos en sus valores de superficie; en efecto, el año 2001 se presenta el menor valor areal con 16.8 km² y el año 2005 su máximo valor de superficie con 24.4 km² (Grafico 13, Anexo Tablas y Gráficos).





INDICADORES AMBIENTALES
CUENCA SALAR DEL HUASCO - INVIERNO

ÁREAS (km²) INDICADORES AMBIENTALES – CUENCA SALAR DEL HUASCO - 1989 - 2009

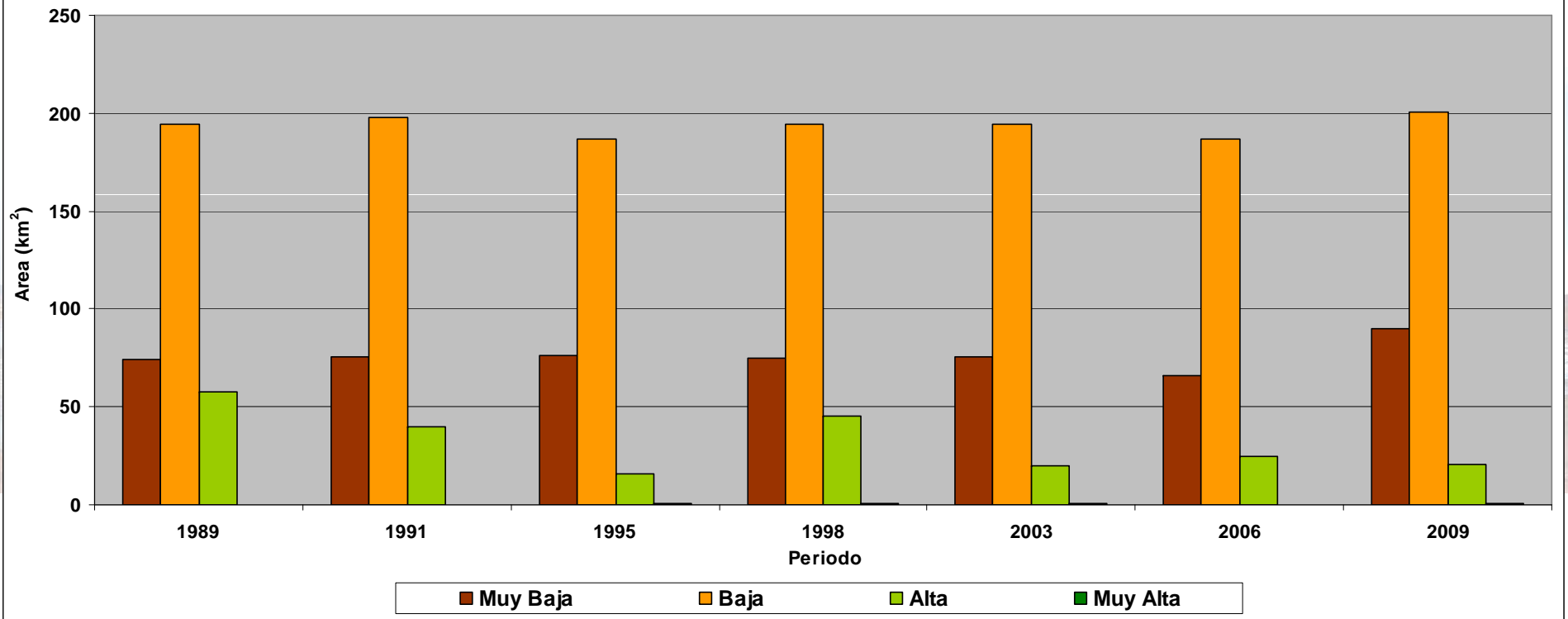
Concentración de Biomasa		1989	1991	1995	1998	2003	2006	2009
1	Muy Baja	74.2	75.52	75.9611	75.2014	75.8054	66.1238	90.185
2	Baja	194.1	197.6545	186.7681	194.4615	194.6378	187.1415	200.5714
3	Media	1276.6	1289.5827	1323.6915	1287.3798	1311.1103	1324.2024	1290.327
4	Alta	57.5	39.678	15.8776	45.0574	20.1794	24.8844	20.9114
5	Muy Alta	0.2	0.1851	0.3469	0.4896	0.9145	0.2692	0.6424
Total		3591.6	3593.6	3597.6	3600.6	3605.6	3608.6	3611.6

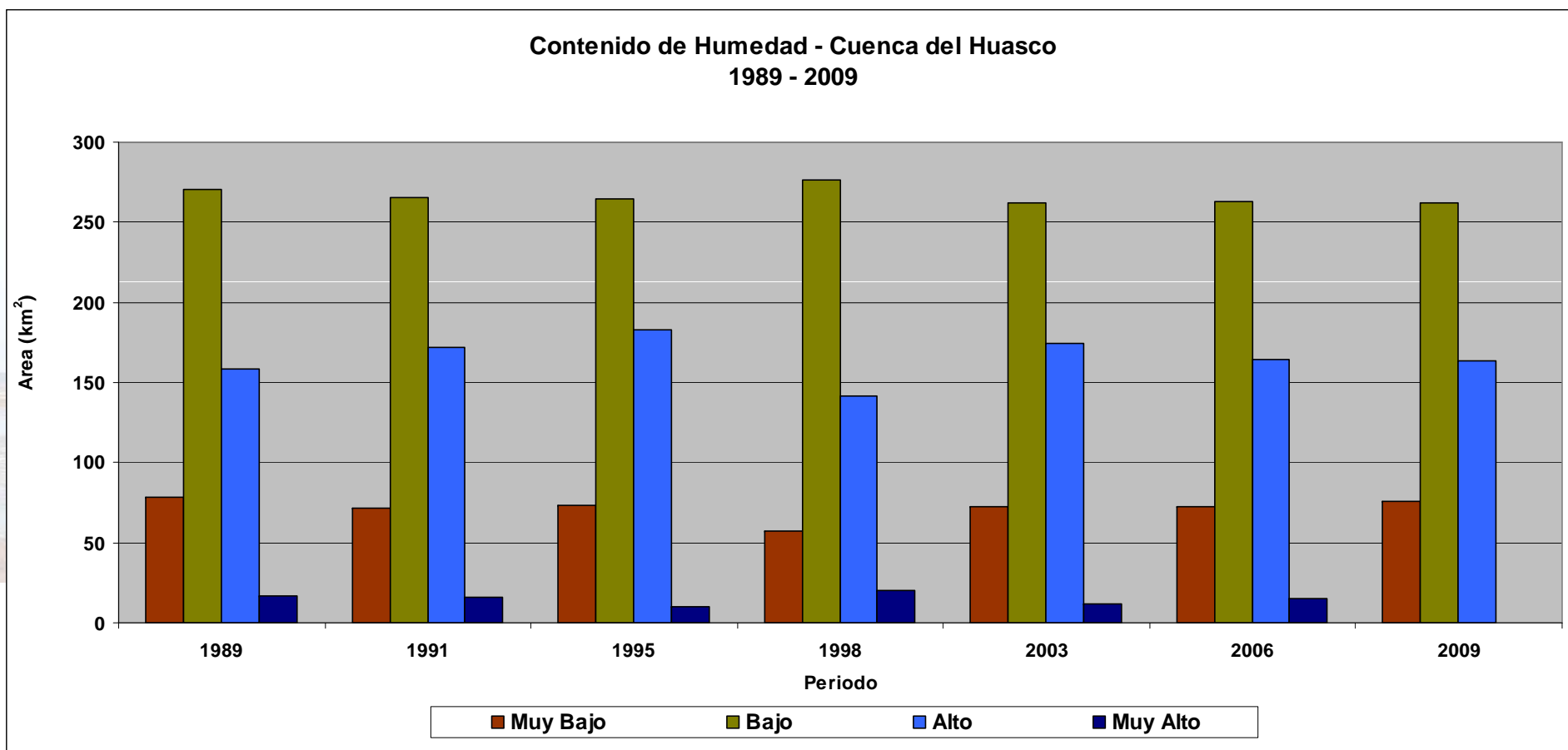
Contenido de Humedad		1989	1991	1995	1998	2003	2006	2009
1	Muy Bajo	78.5	71.9609	72.9433	56.9277	72.4879	72.5376	75.8428
2	Bajo	270.3	265.079	264.4023	276.4661	262.4123	263.1759	261.8406
3	Medio	1078.9	1077.454	1072.2829	1107.1098	1081.7193	1087.1586	1101.7651
4	Alto	158.3	172.2361	182.9598	141.7428	174.3499	164.3322	163.1167
5	Muy Alto	16.5	15.8313	9.9759	20.3166	11.6019	15.3678	0
Total		3591.6	3593.6	3597.6	3600.6	3605.6	3608.6	3611.6

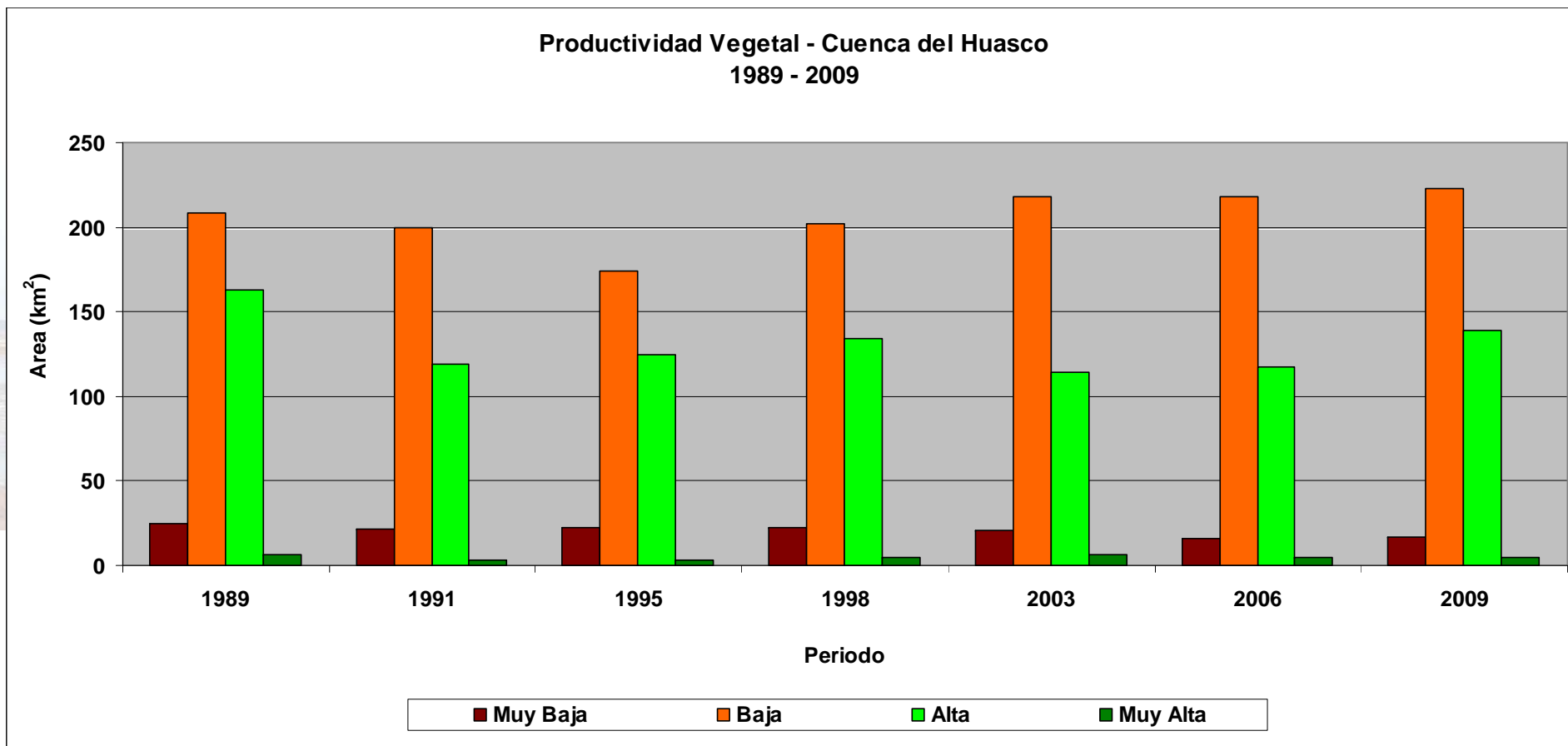
Productividad Vegetal		1989	1991	1995	1998	2003	2006	2009
1	Muy Baja	24.9	21.6091	22.7316	22.1386	21.0374	16.1276	16.5992
2	Baja	208.7	199.6219	173.7715	201.9877	217.9748	218.0258	222.8481
3	Media	1200.2	1259.2581	1278.1696	1239.9056	1243.1974	1246.3917	1219.6971
4	Alta	162.6	118.7714	124.8257	133.8631	113.8694	117.3345	138.8819
5	Muy Alta	6.1	3.2746	3.0365	4.6219	6.444	4.6506	4.5169
	Total	3591.5	3593.5	3597.5	3600.5	3605.5	3608.5	3611.5

Patrones Térmicos		1989	1991	1995	1998	2003	2006	2009
1	Islas de Frío	78.6	97.1872	93.1761	86.0096	103.2244	93.7271	94.8867
2	Frío	163.4	124.4771	169.1541	156.597	127.1179	136.8300	137.8943
3	Medio	1188.1	1250.1173	1216.7494	1221.5018	1252.7917	1251.4178	1257.5453
4	Cálido	163.3	121.4938	113.1021	130.7569	111.7794	115.7799	106.148
5	Islas de Calor	9.1	9.2932	10.1236	7.6919	7.6403	4.8151	6.0769
	Total	3591.5	3593.6	3597.3	3600.6	3605.6	3608.6	3611.6

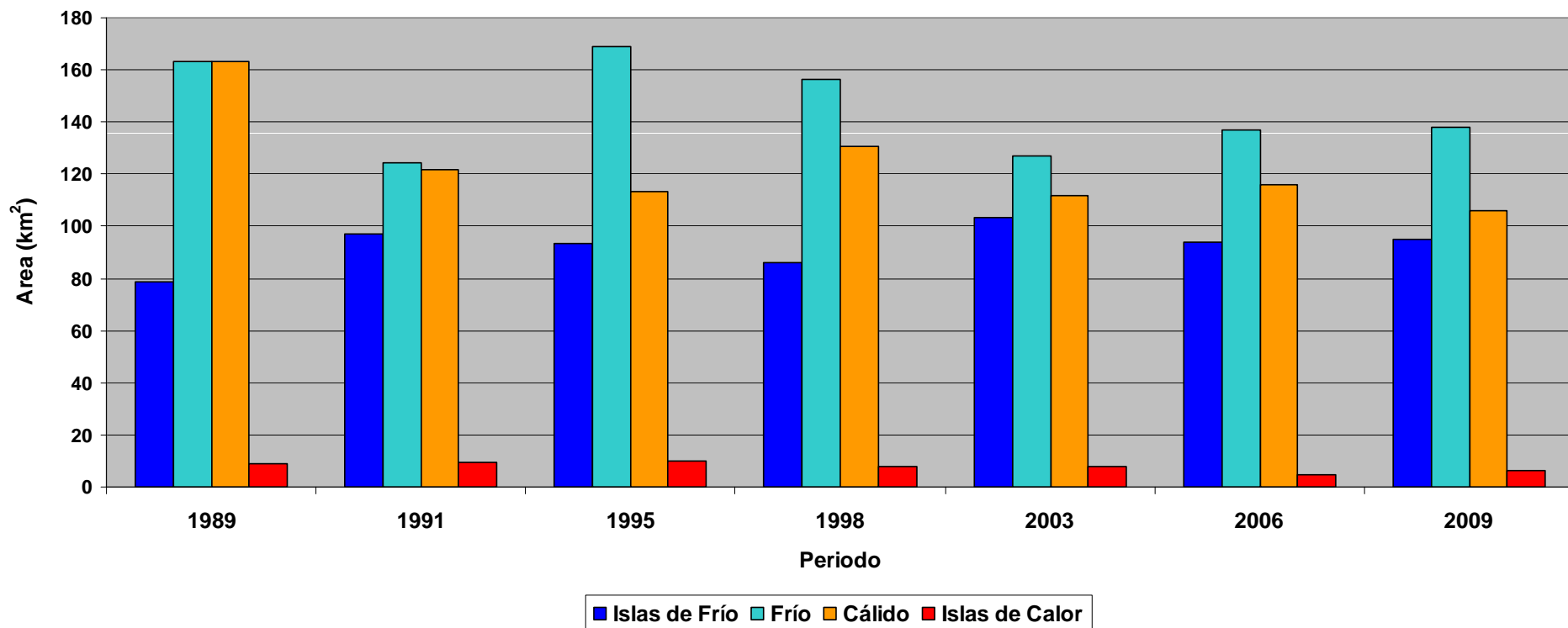
Concentración de Biomasa - Cuenca del Huasco 1989 - 2009







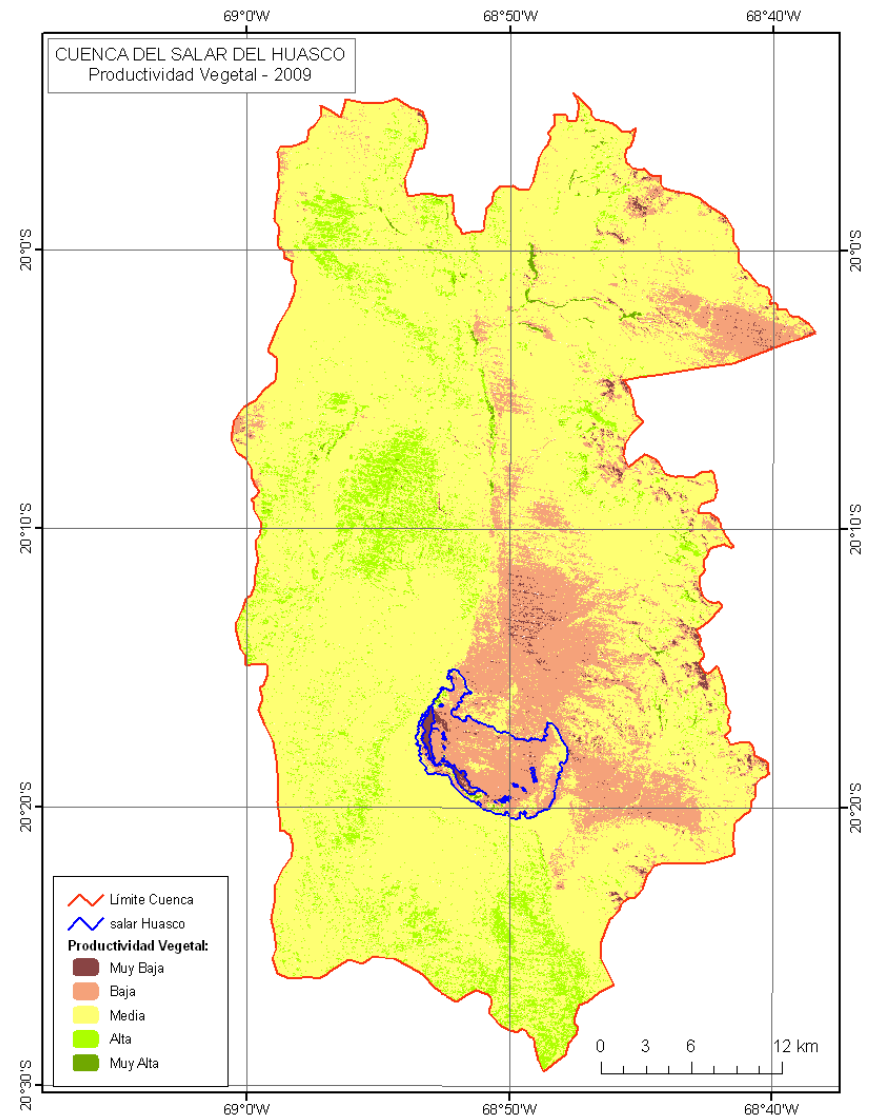
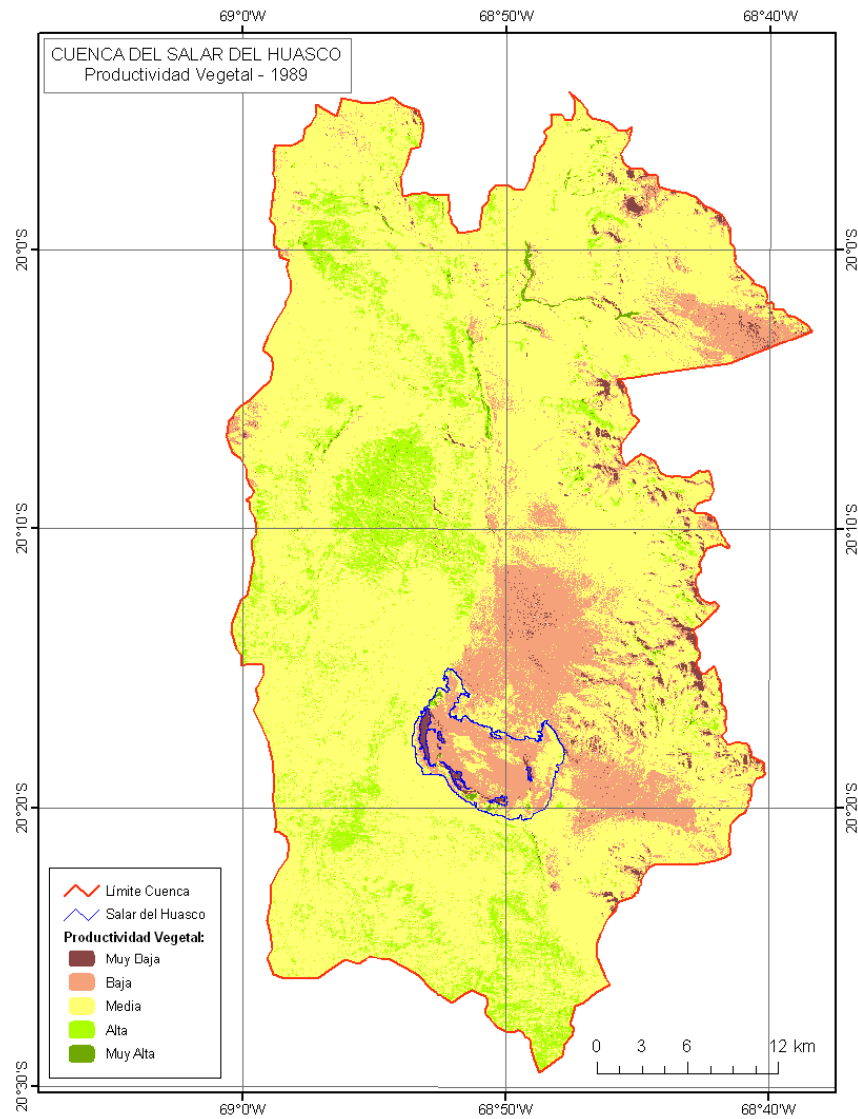
Patrones de Temperatura Superficial - Cuenca del Huasco 1989 - 2009



PRODUCTIVIDAD VEGETAL

1989

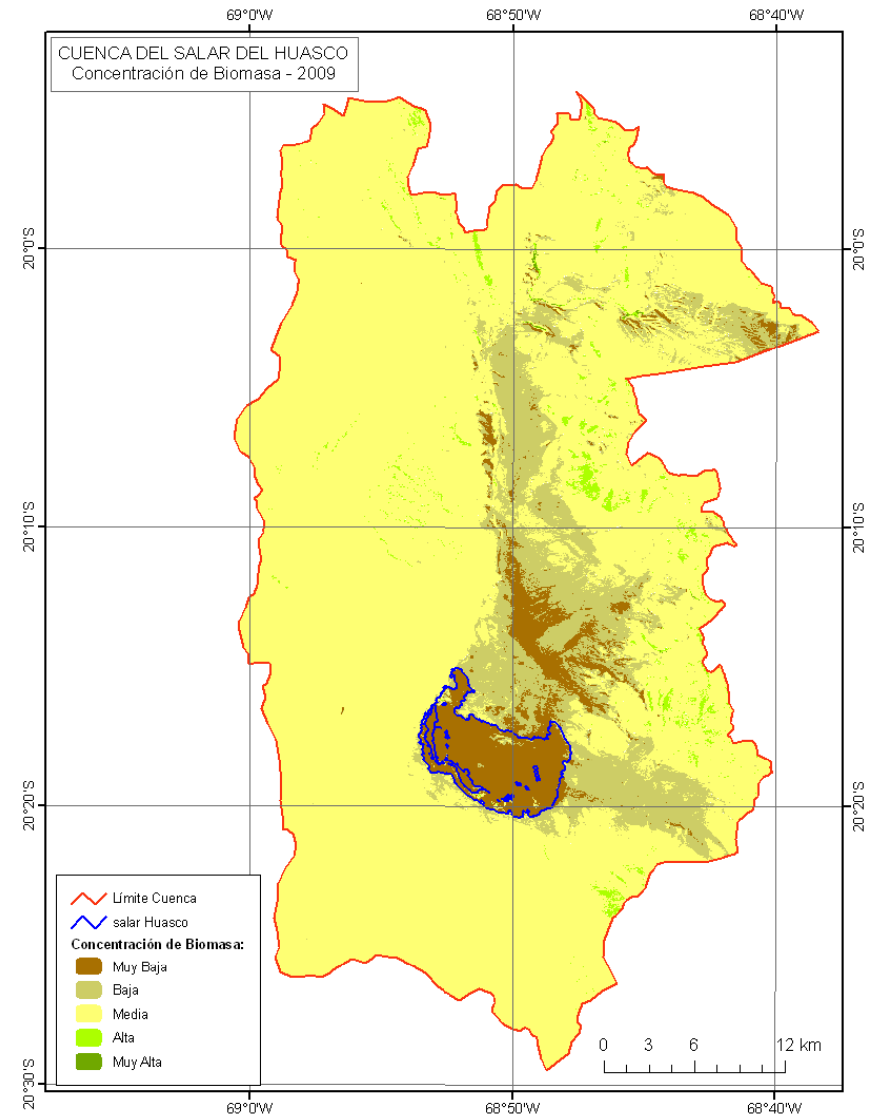
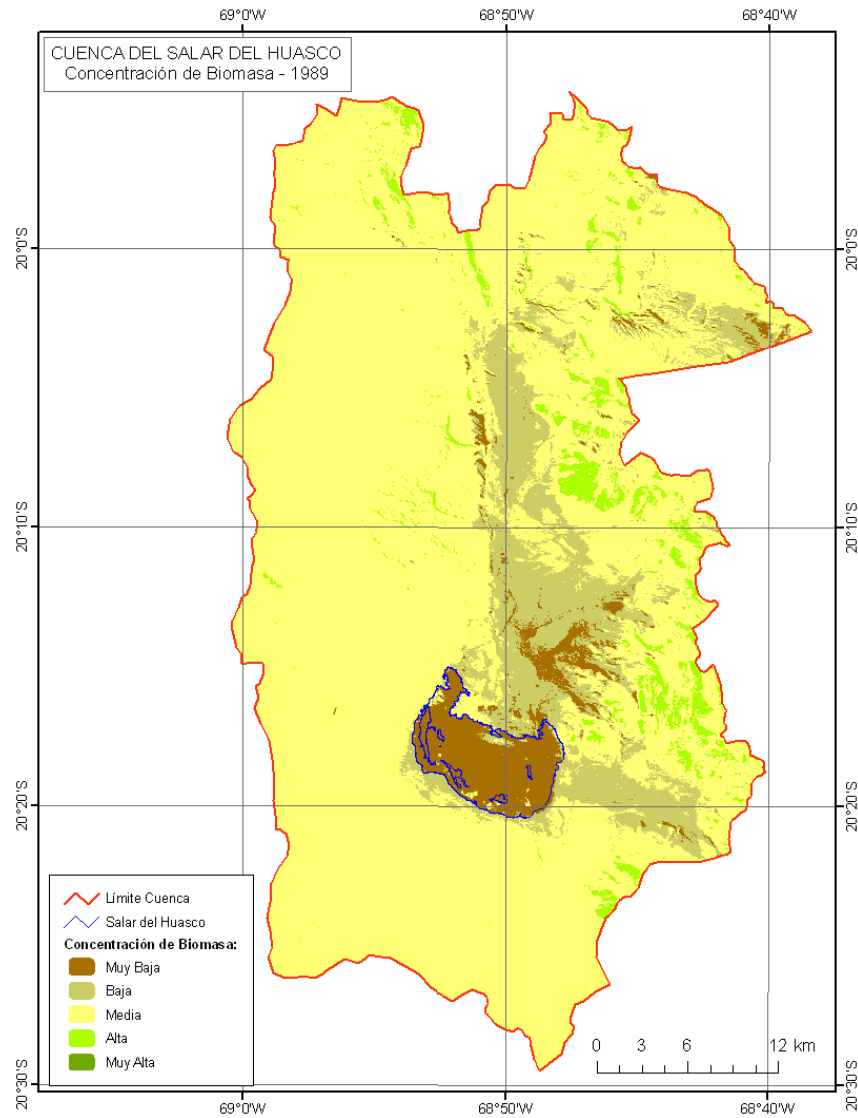
2009



CONCENTRACIÓN DE BIOMASA EN EL SUELO

1989

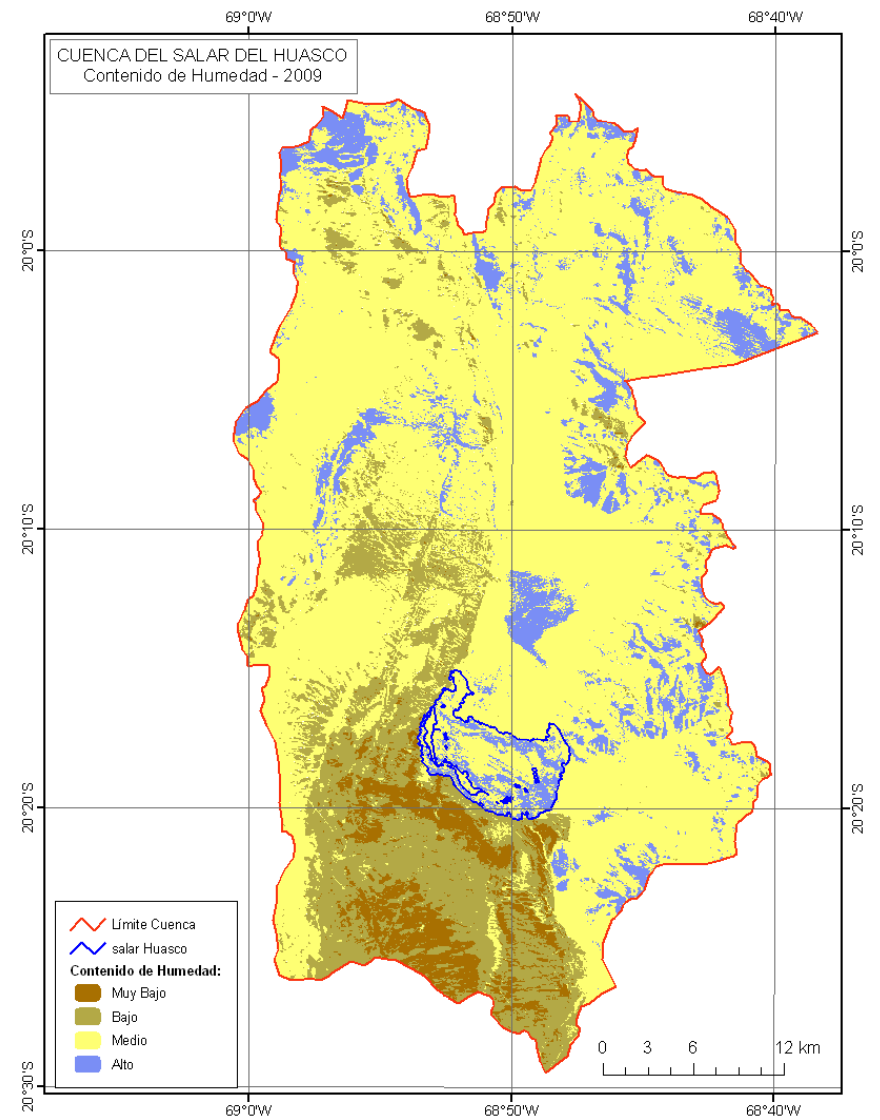
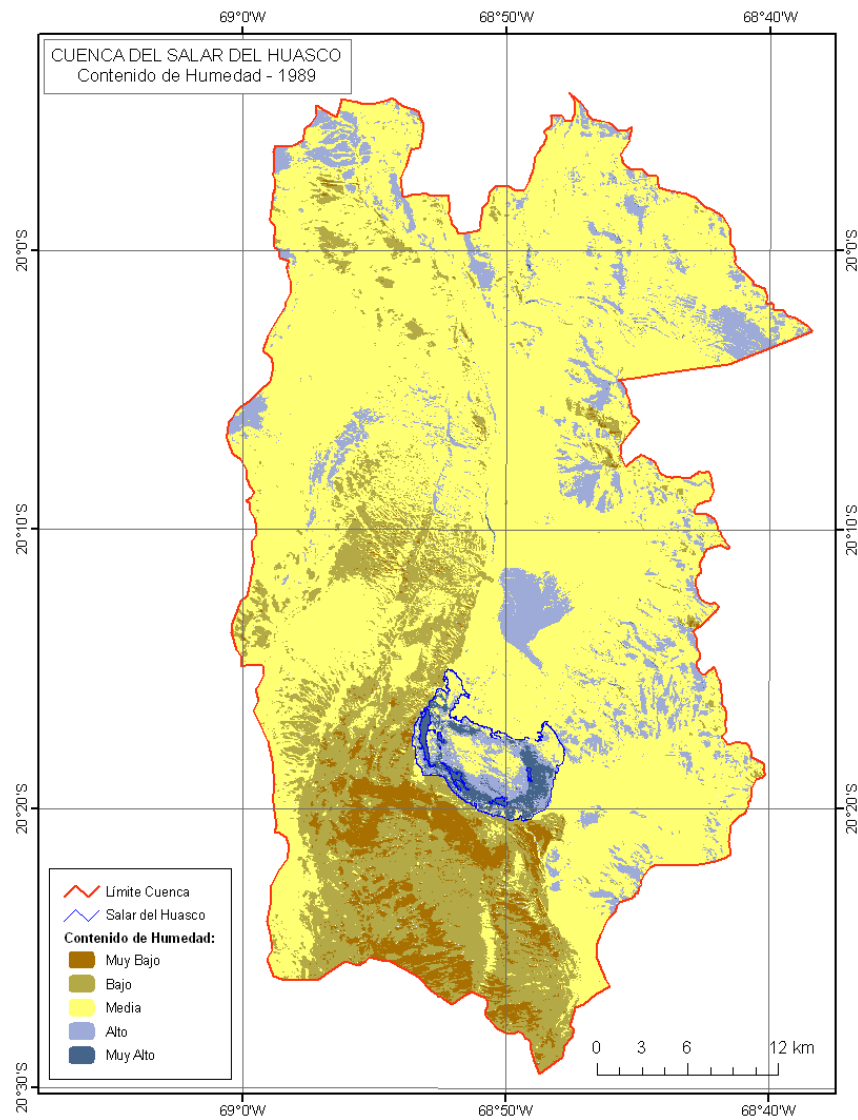
2009



CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL SUELO

1989

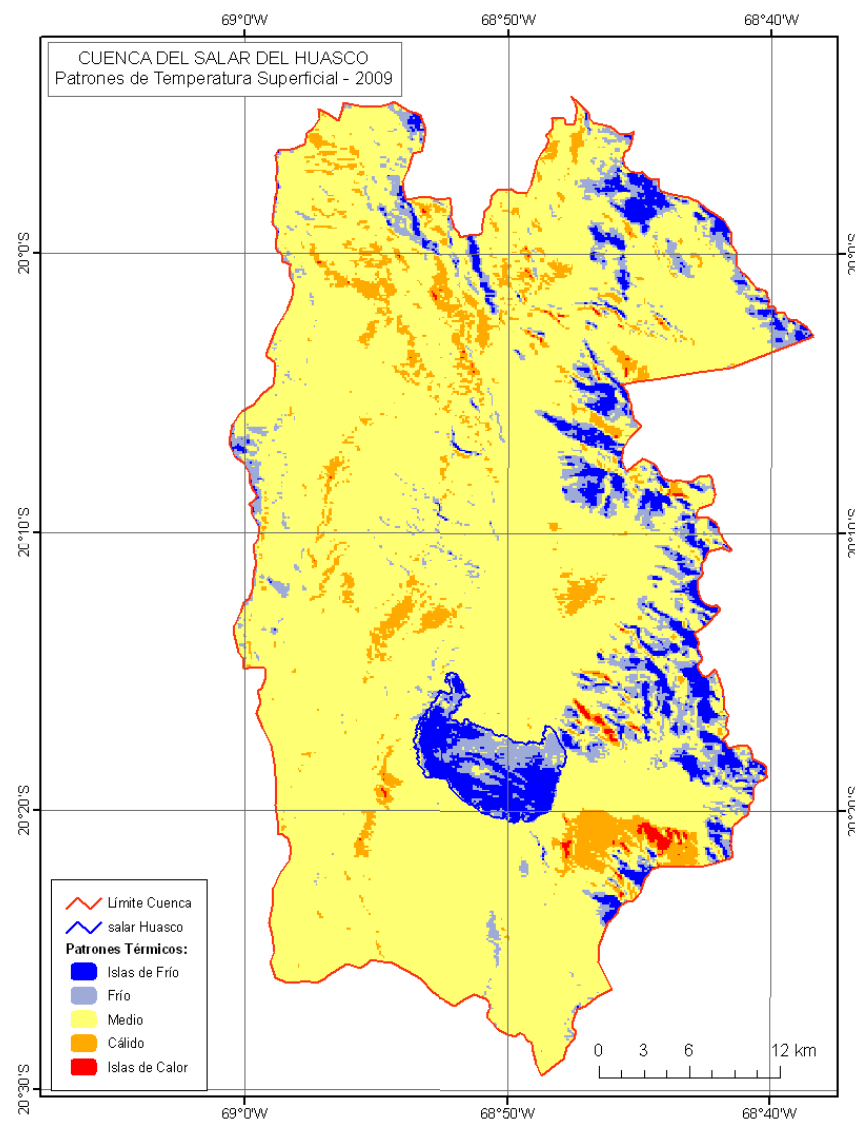
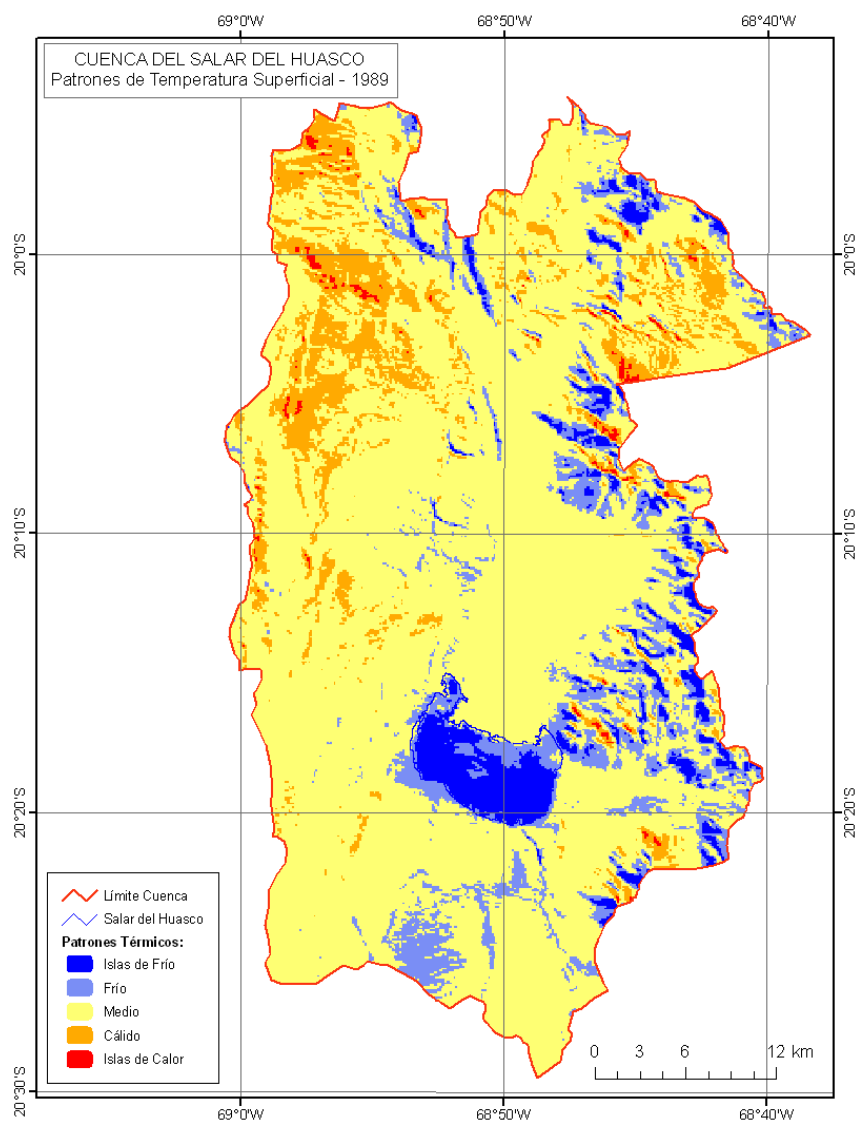
2009



PATRONES DE TEMPERATURA SUPERFICIAL

1989

2009



- En general, los indicadores ambientales medidos en la cuenca se presentan en condiciones de estabilidad a lo largo del periodo 1989 a 2009.
- En cuanto a la productividad vegetal, la cuenca se presenta en condiciones relativamente estables, sin embargo la condición de mayor productividad (135 km² promedio) es menor que la de baja productividad (230 km² promedio).
- En la cuenca, las zonas de mejor productividad se encuentran asociadas principalmente a zonas de laderas en el norte y al sur de la cuenca. La zona de menor productividad se encuentra concentrada principalmente en un sector inmediatamente al norte del salar del Huasco.
- La concentración de biomasa en la cuenca es muy baja, nunca superando lo 60 km² (30 km² en promedio). Lo mas resaltante es que las zonas de baja concentración se encuentran a lo largo de la cuenca en el sector Este de ella.
- El contenido de Humedad de la cuenca esta concentrado en pequeñas áreas, siendo el salar uno de los más importantes. El contenido de humedad alto es mayor al bajo (330 km² contra 178 km², en promedio)
- En cuanto a los patrones de temperatura superficial, la cuenca del Huasco presenta condiciones promedio, destacándose la diferencia longitudinal entre el oeste, más frío, y el este más calido, asociado principalmente a la curva hipsométrica de la cuenca (diferencia altimétrica)
- Finalmente, se destaca la característica fría del salar que actúa, en general como una gran isla fría en la cuenca del salar del Huasco.



INDICADORES AMBIENTALES
CUENCA SALAR DEL HUASCO - VERANO

ÁREAS (km²) INDICADORES AMBIENTALES – CUENCA SALAR DEL HUASCO - 1993 - 2009

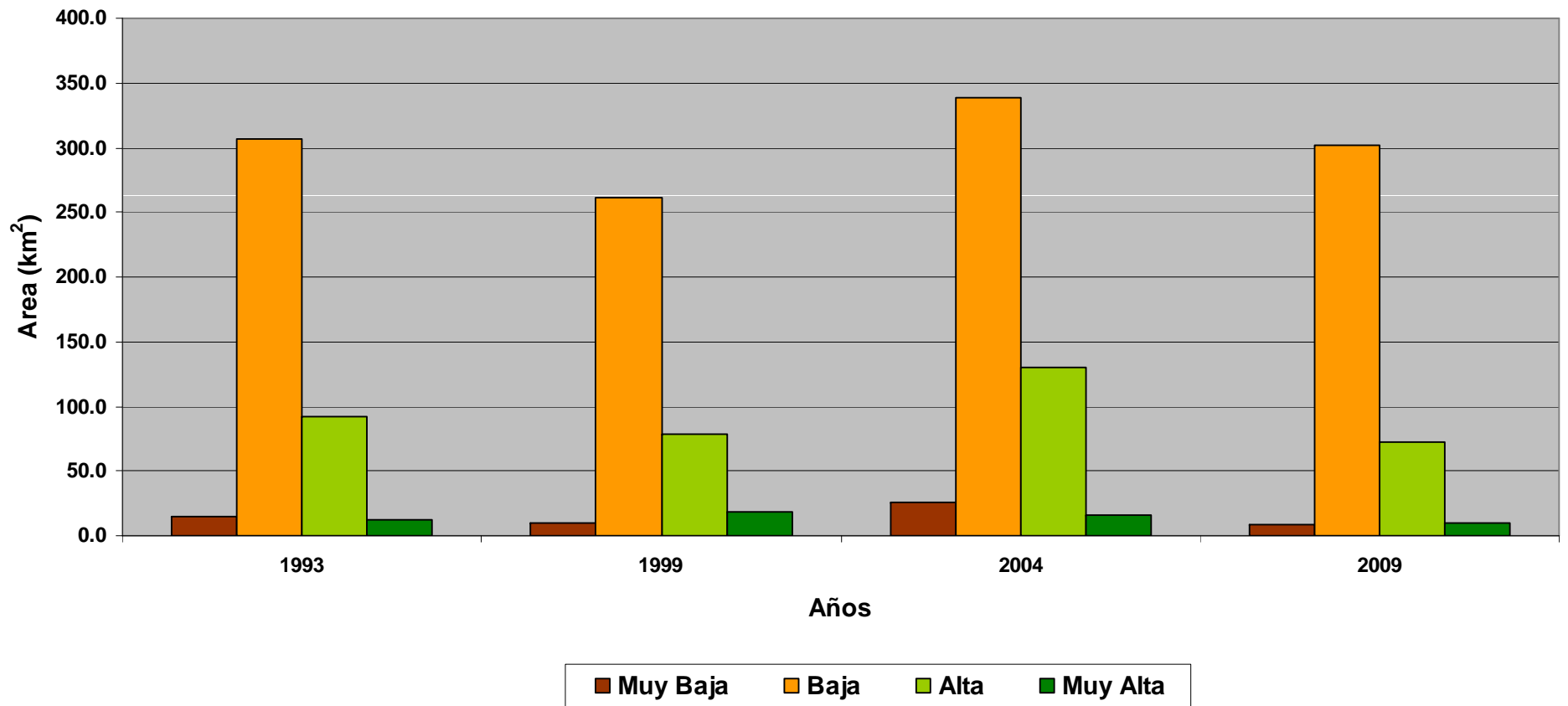
Productividad Vegetal	1993	1999	2004	2009
Muy Baja	14.6808	9.5260	25.2846	8.8193
Baja	306.6381	261.4481	339.0840	301.5581
Media	2417.1624	2475.5087	2332.4877	2450.2092
Alta	91.9872	78.1041	129.8727	72.3580
Muy Alta	12.2868	18.1684	16.0263	9.8108
Total	2842.7553	2842.7553	2842.7553	2842.7554

Concentración de Biomasa	1993	1999	2004	2009
Muy Baja	113.8923	131.9526	85.4532	114.9307
Baja	255.1914	252.7281	247.1787	261.4898
Media	2387.1960	2398.8501	2478.0879	2424.4967
Alta	82.4904	54.3879	27.9936	37.7151
Muy Alta	3.9852	4.8366	4.0419	4.1230
Total	2842.7553	2842.7553	2842.7553	2842.7553

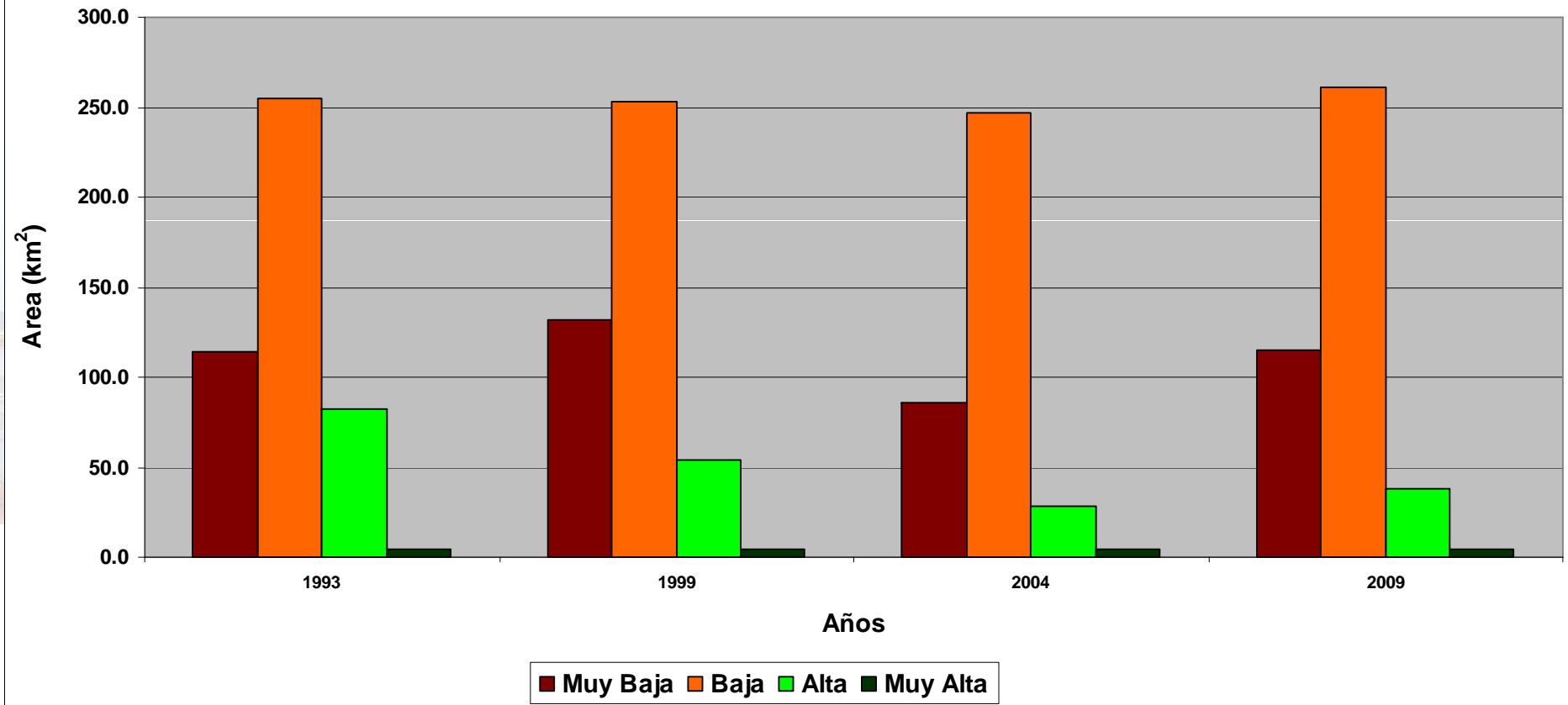
Contenido de Humedad	1993	1999	2004	2009
Muy Bajo	85.8303	63.8418	85.3119	93.1022
Bajo	402.2037	416.6278	414.6057	393.3951
Medio	2035.5336	2042.6829	1982.3139	2015.0954
Alto	282.1617	264.4298	332.2845	310.9822
Muy Alto	37.0260	55.1729	28.2393	30.1804
Total	2842.7553	2842.7552	2842.7553	2842.7553

Patrones de Temperatura Superficial	1993	1999	2004	2009
Islas de Frío	116.7741	118.6258	138.3290	123.1263
Frío	246.2580	217.5223	227.2131	229.4451
Medio	2084.4180	2119.9035	2139.5120	2131.1955
Cálido	377.5509	361.7640	328.2969	352.1115
Islas de Calor	17.7543	24.9397	9.4043	6.8769
Total	2842.7553	2842.7553	2842.7553	2842.7553

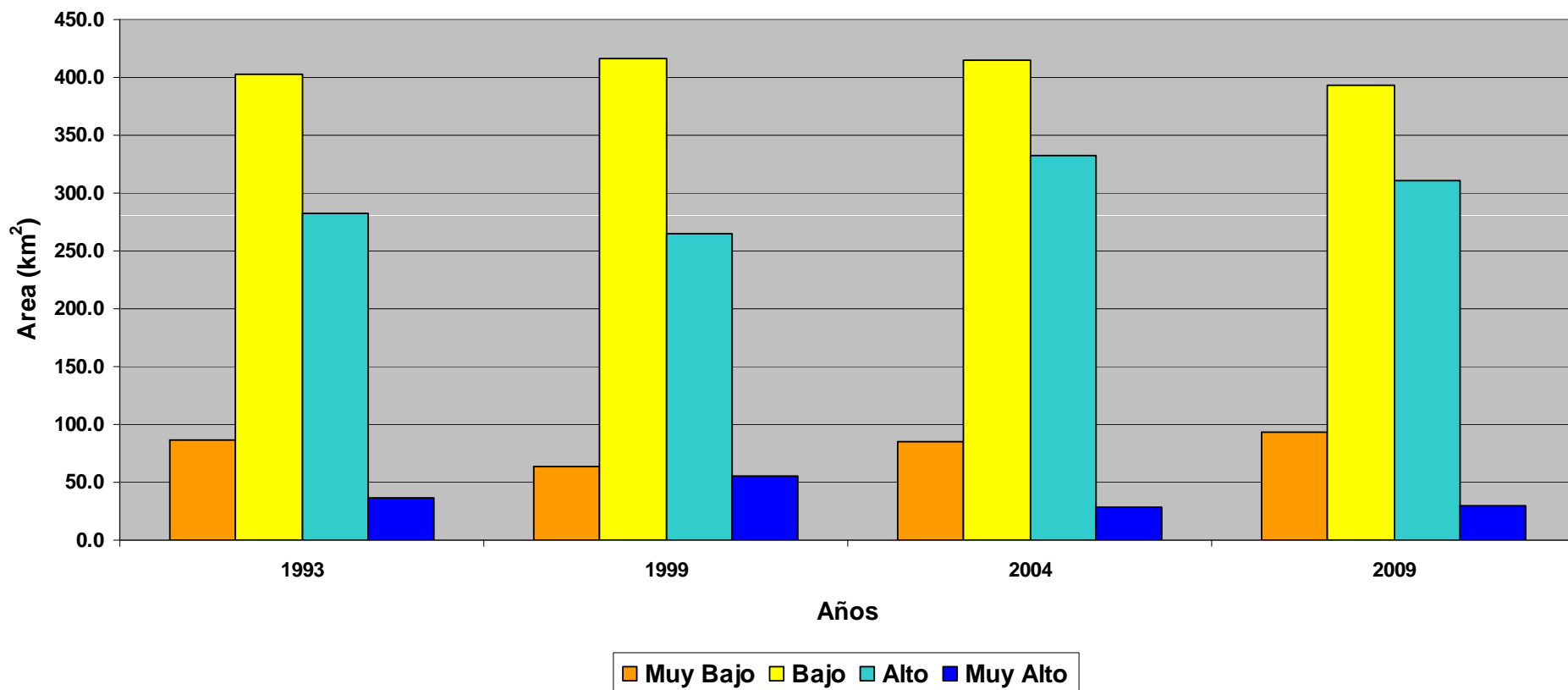
**Categorías de Productividad Vegetal - Cuenca del Huasco
1993 - 2009**



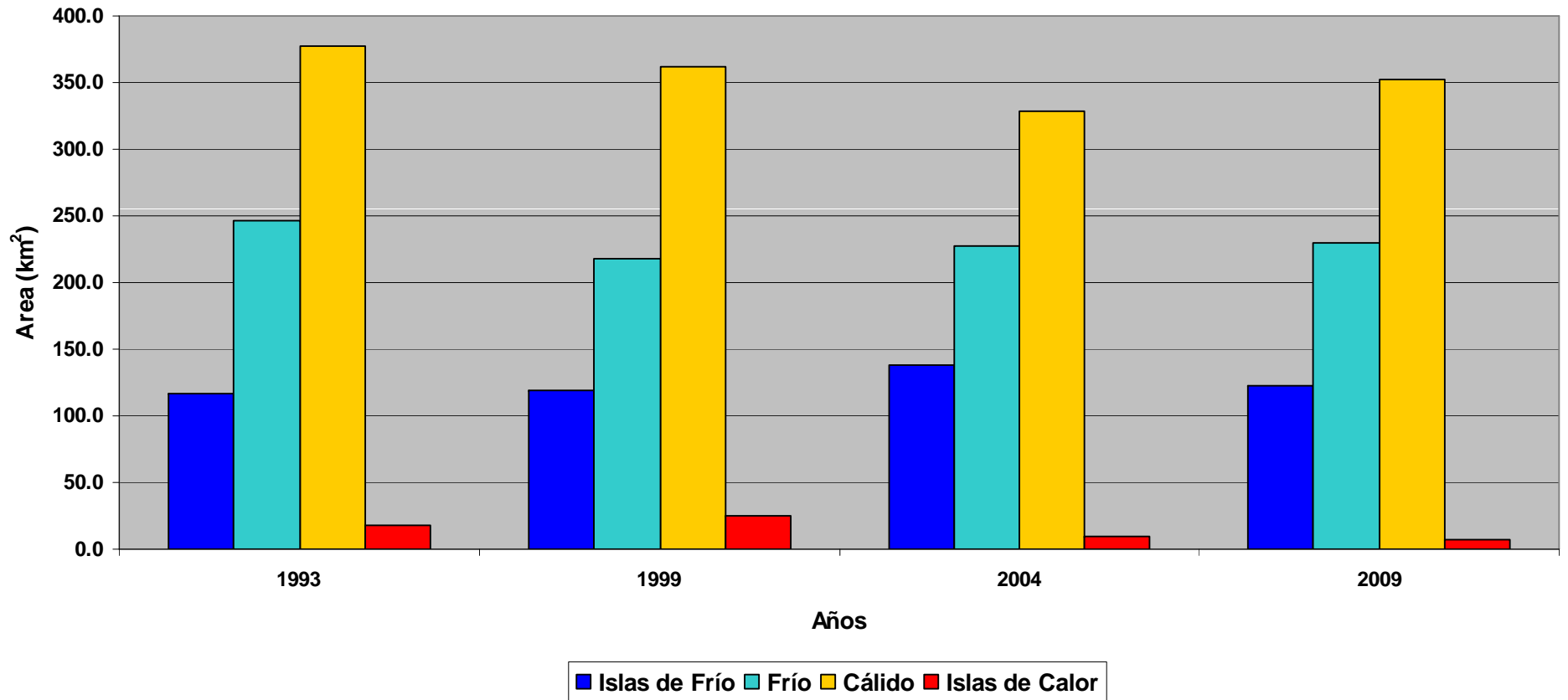
Concentracion de Biomasa Superficial - Cuenca del Huasco 1993 - 2009



Contenido de Humedad en el Suelo - Cuenca del Huasco 1993 - 2009



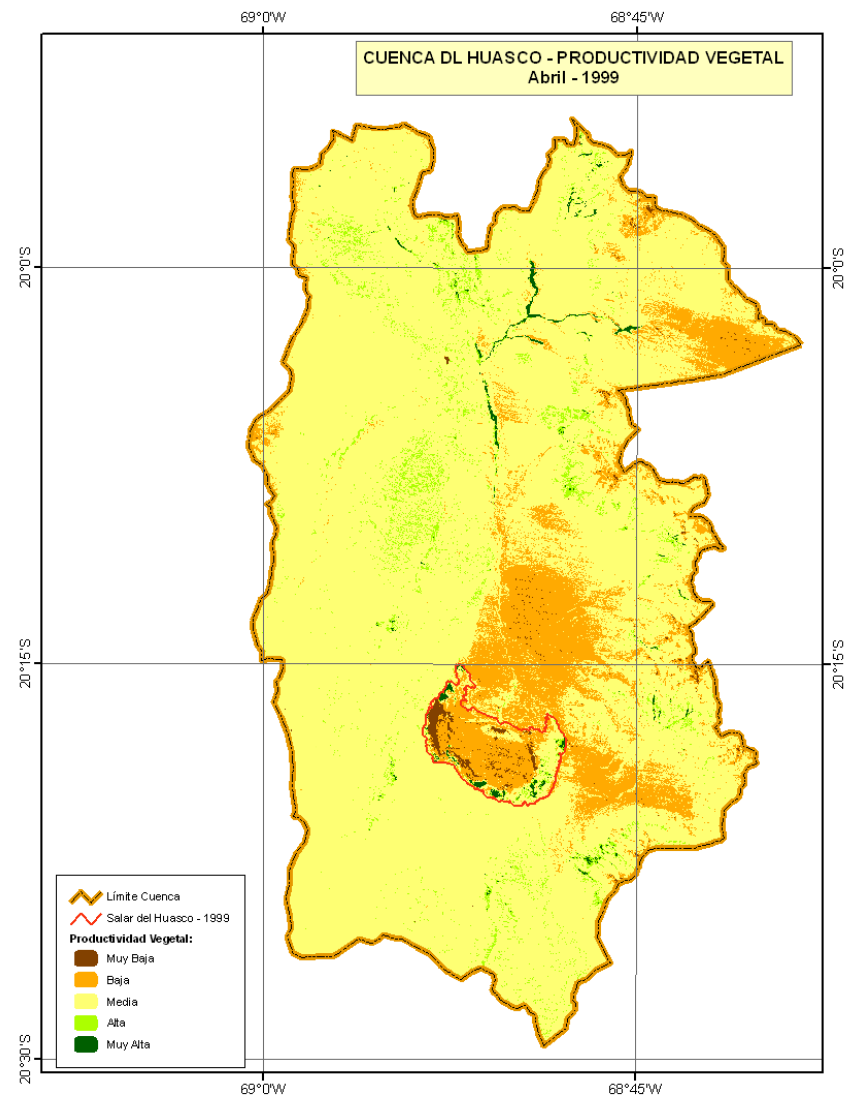
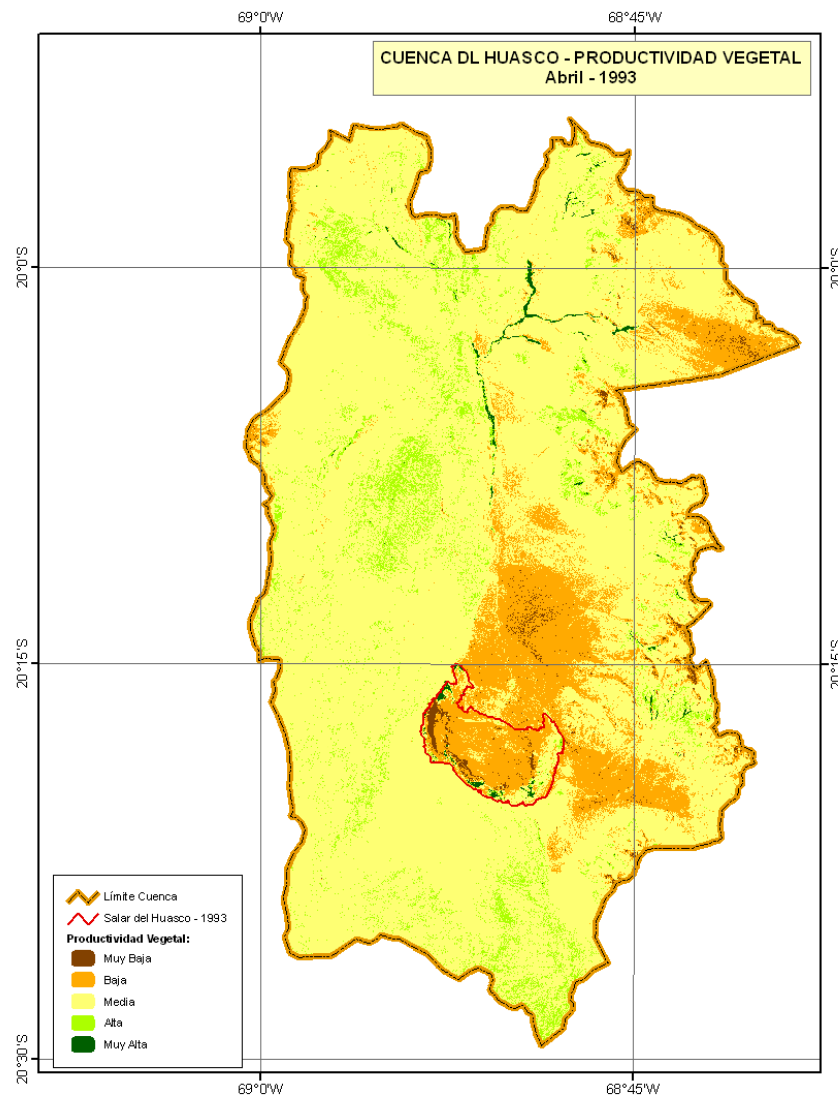
Patrones de Temperatura Superficial - Cuenca del Huasco
1993 - 2009



PRODUCTIVIDAD VEGETAL

1993

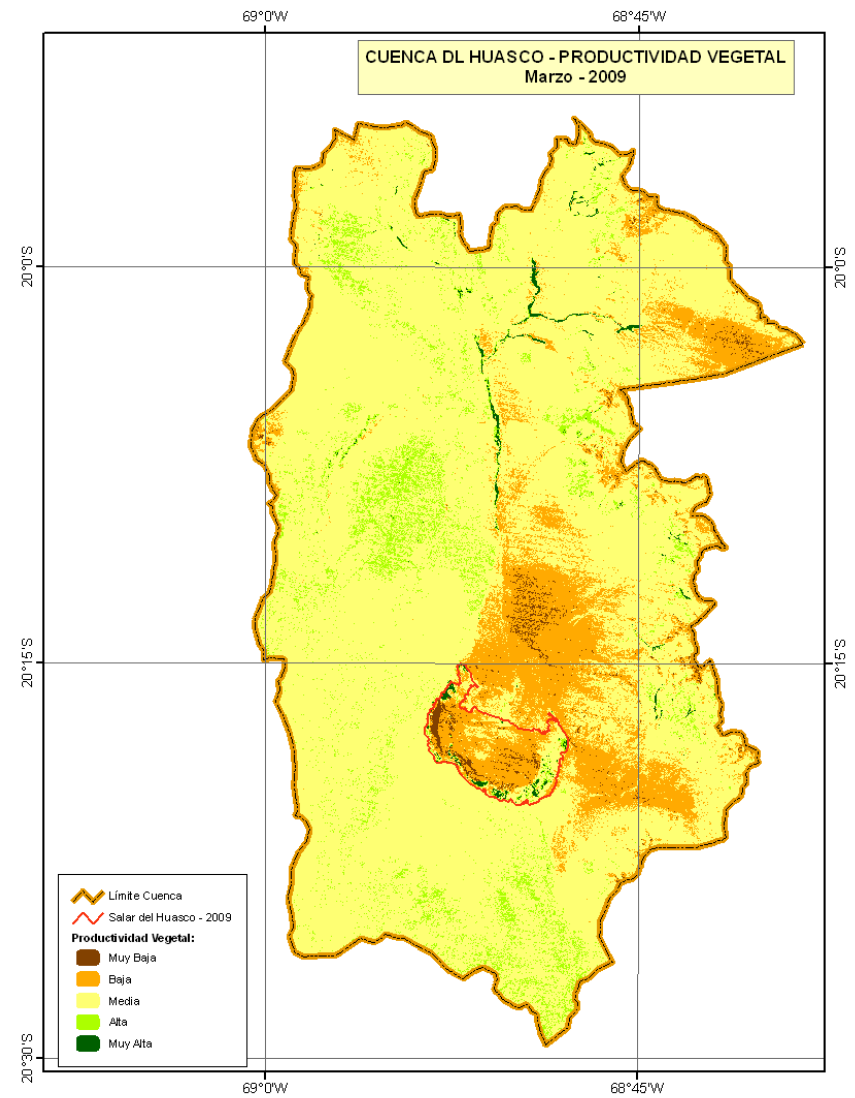
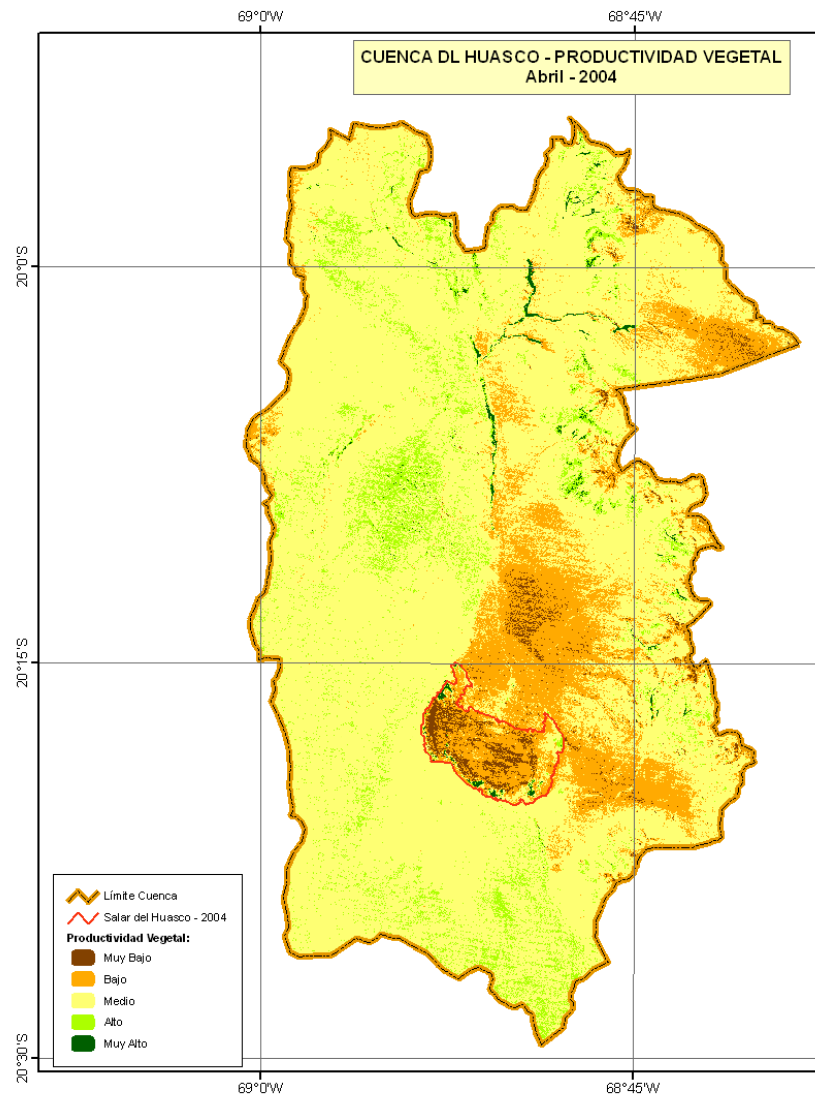
1999



PRODUCTIVIDAD VEGETAL

2004

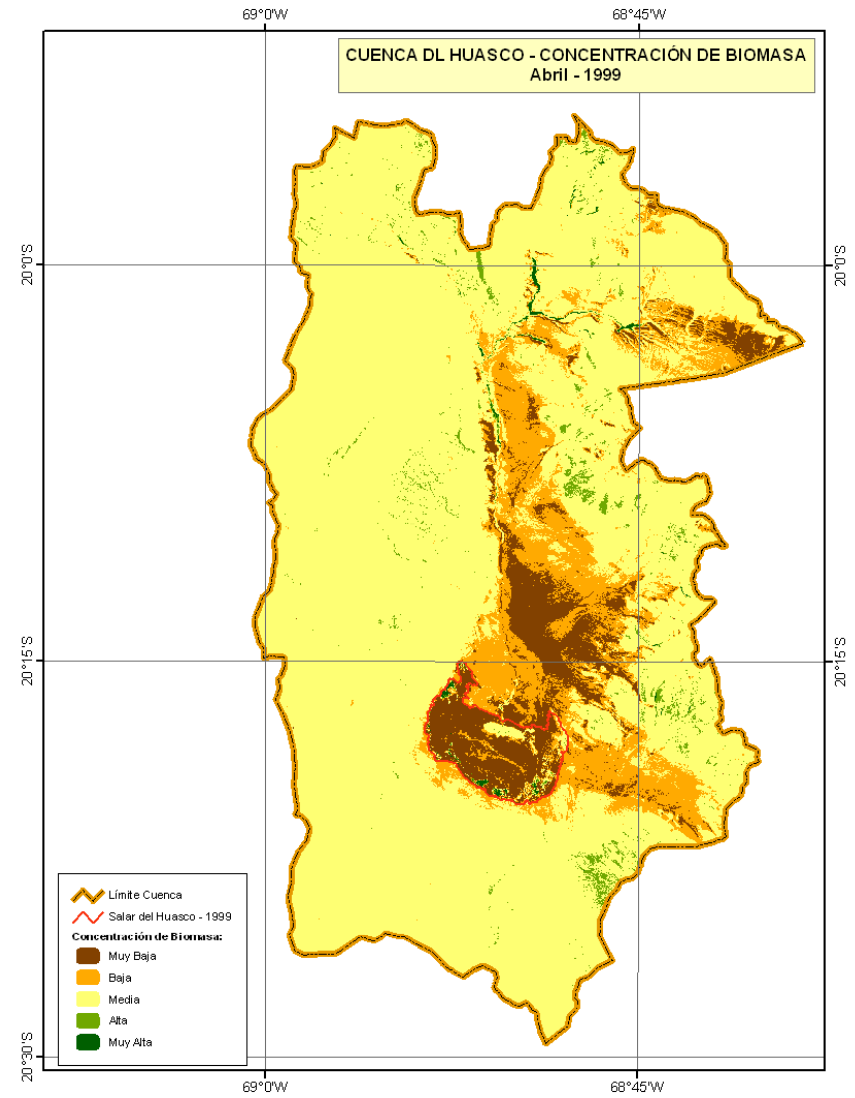
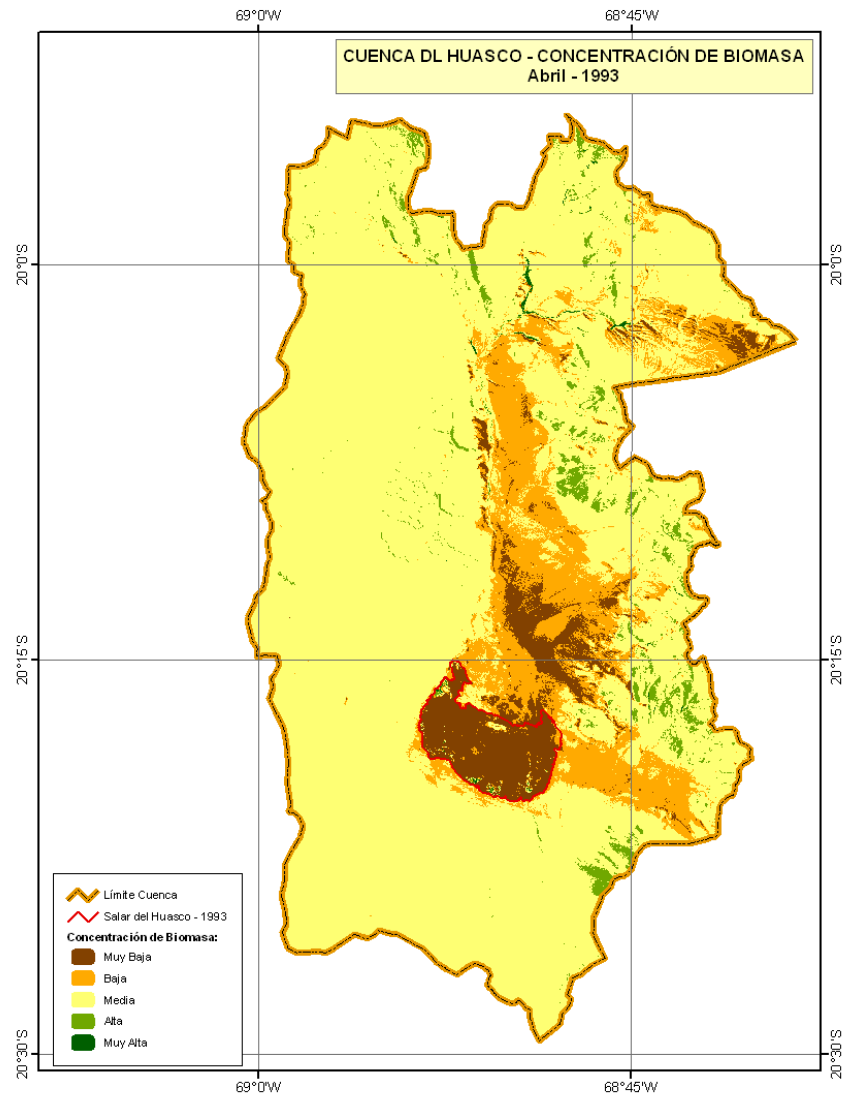
2009



CONCENTRACIÓN DE BIOMASA EN EL SUELO

1993

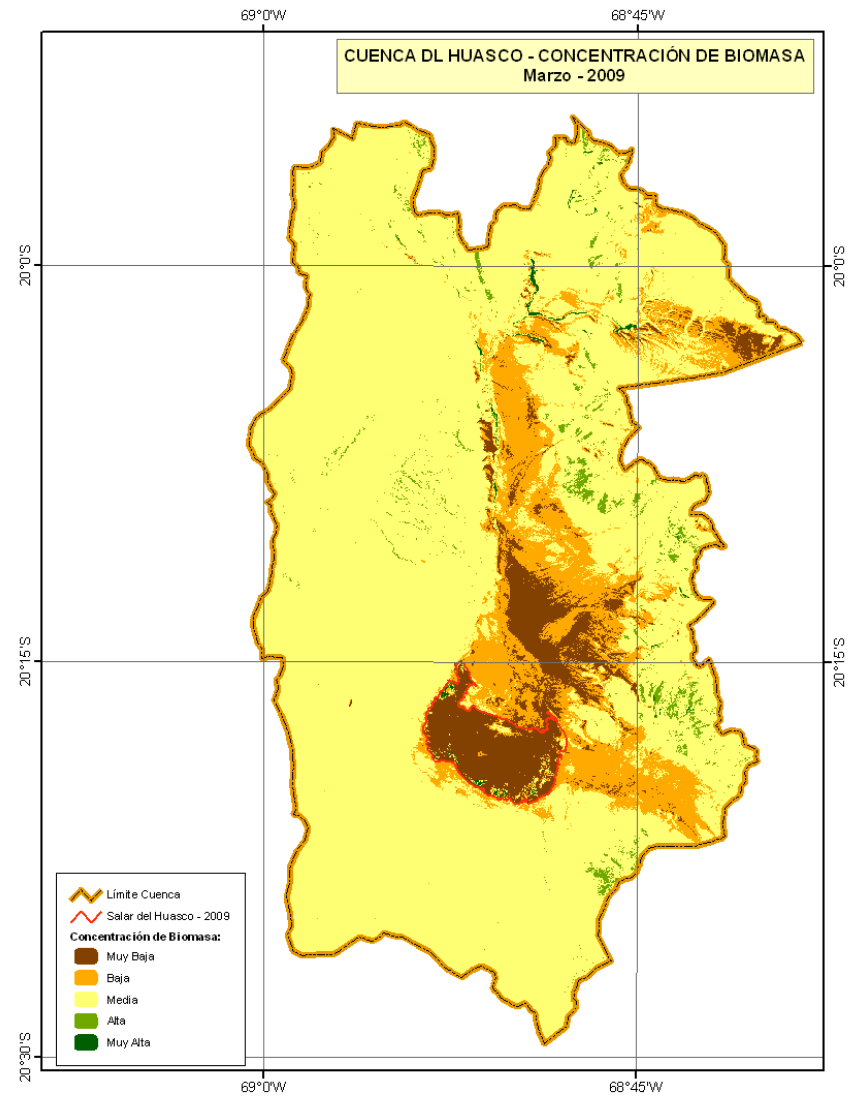
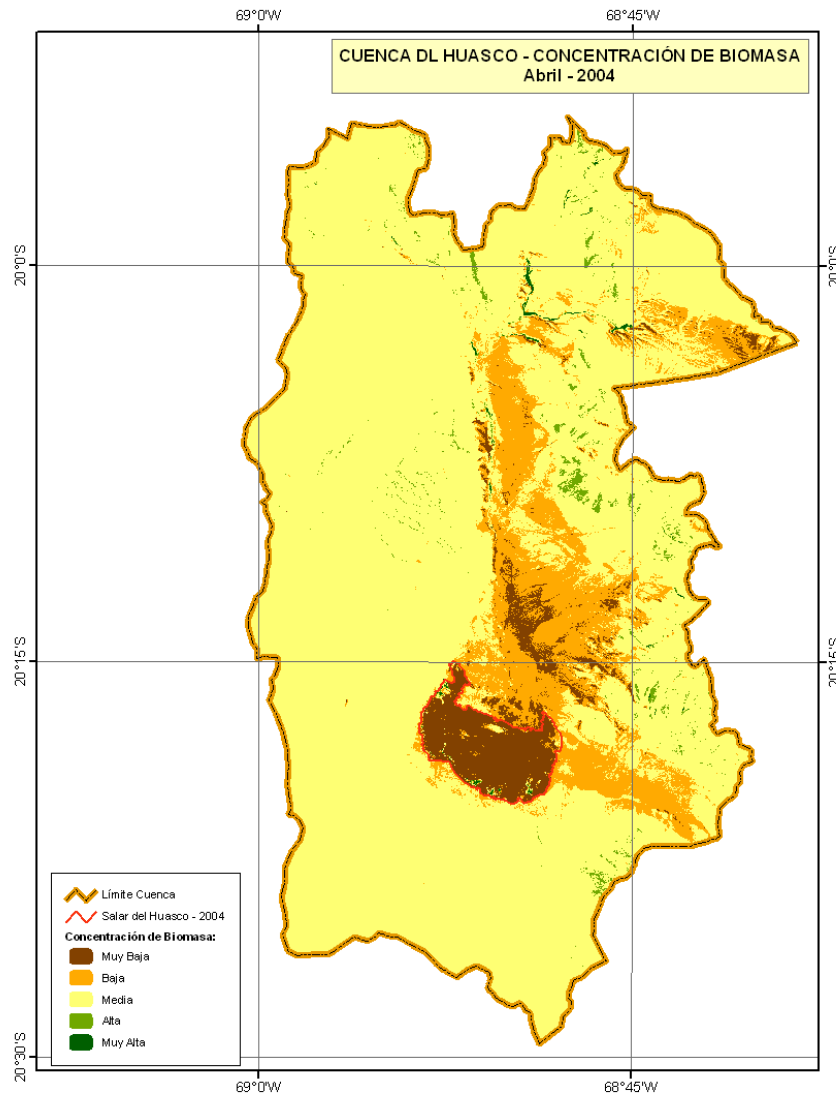
1999



CONCENTRACIÓN DE BIOMASA EN EL SUELO

2004

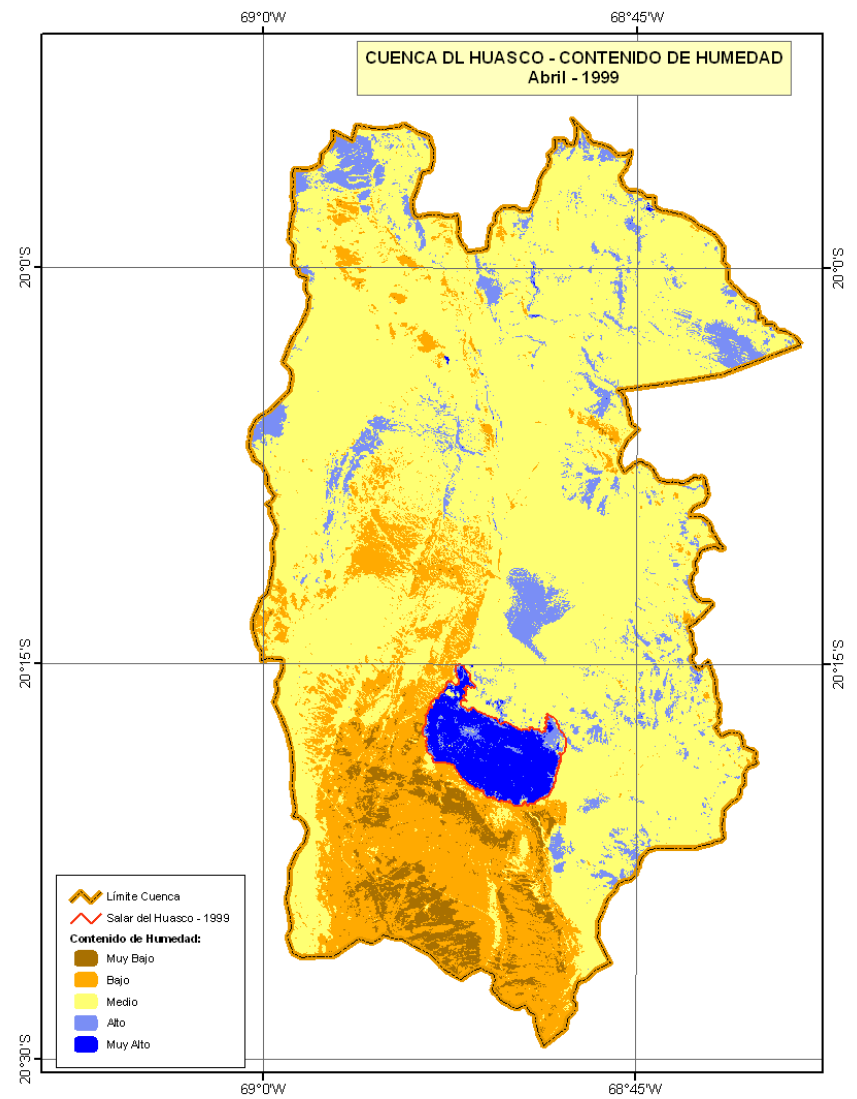
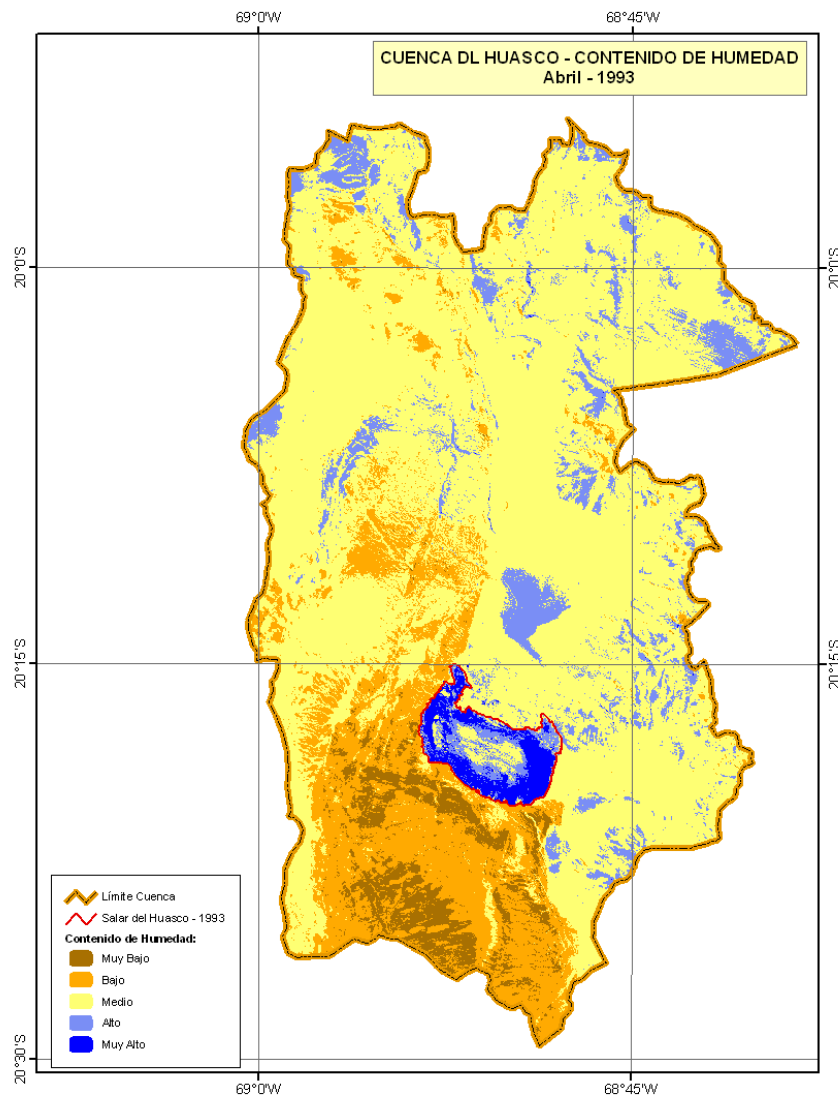
2009



CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL SUELO

1993

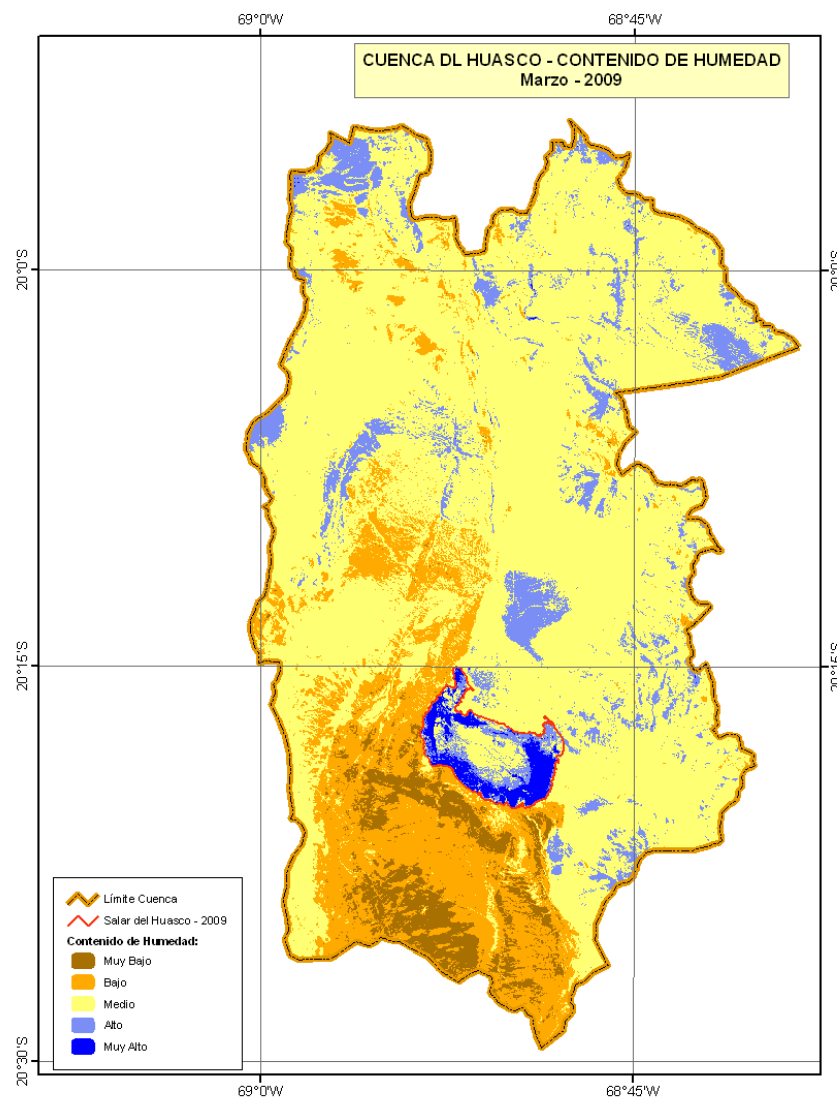
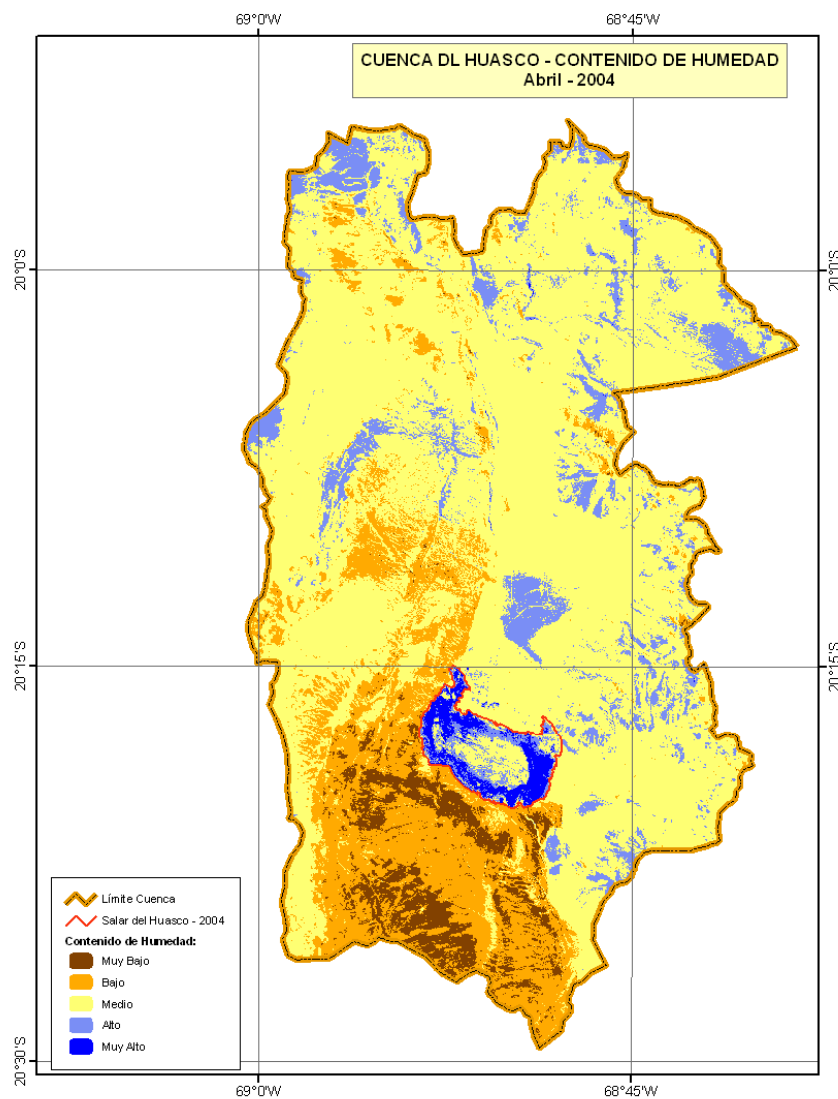
1999



CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL SUELO

2004

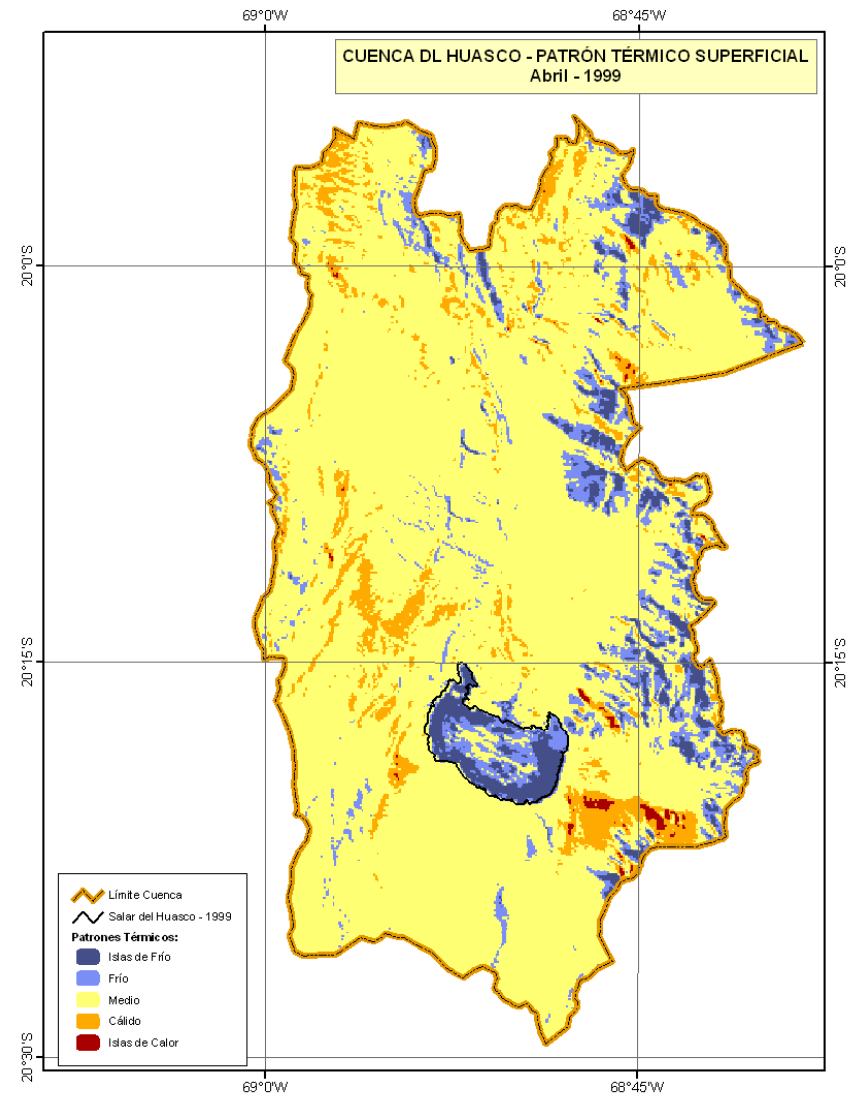
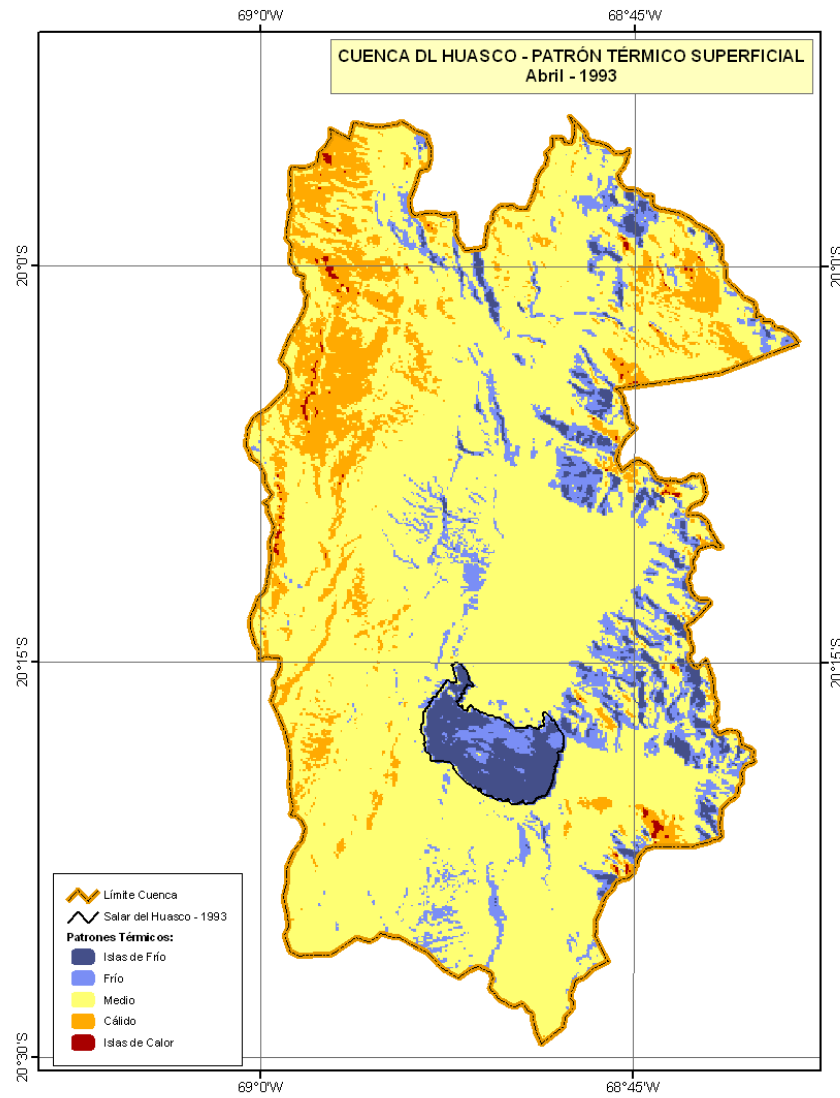
2009



PATRONES DE TEMPERATURA SUPERFICIAL

1993

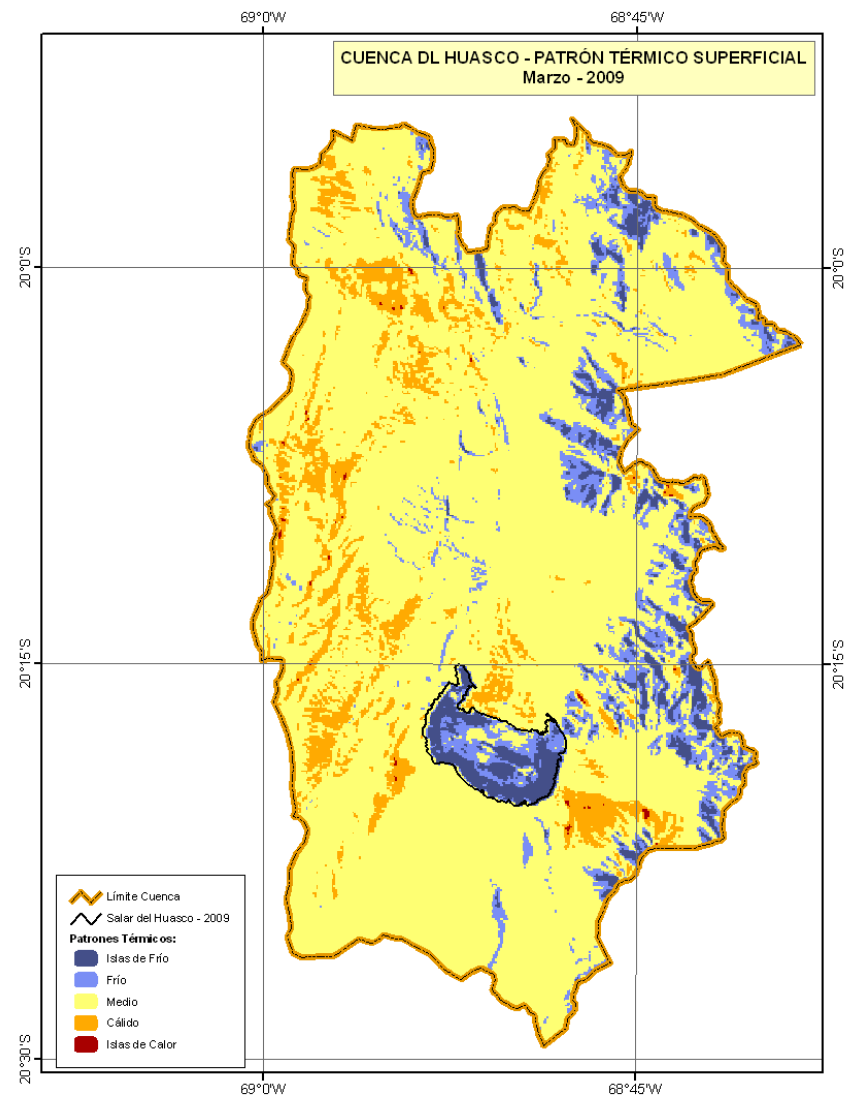
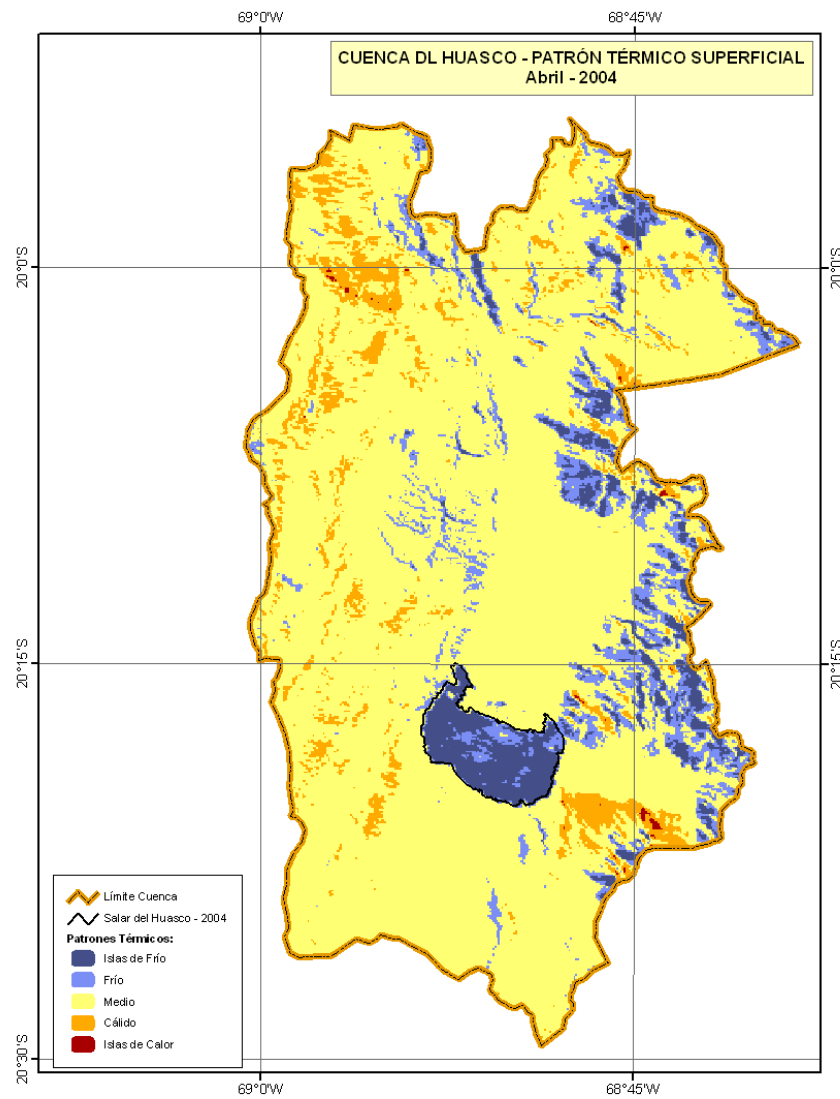
1999



PATRONES DE TEMPERATURA SUPERFICIAL

2004

2009



-En general, los indicadores medidos en esta estación, se presentan con características parecidas en los 4 años medidos; y, con respecto a la época invernal con mediciones un poco mas bajas.

-En lo que respecta al la productividad vegetal, existe una baja de áreas de mayor productividad vegetal (107 km² en promedio) que lo medido en invierno (135 km²)

-Especialmente, las zonas de mayor productividad se encuentran en laderas al norte de la cuenca, destacándose una gran zona de baja productividad al norte del salar del Huasco.

-La biomasa se presenta en una condición de mejoría con respecto al invierno, con 54 km² de áreas son concentraciones altas y muy altas, siendo el año 1993 el de mejor condición con 86 km².

-En este indicador también se presenta una zona destacada de baja concentración al oeste de la cuenca y al norte del salar.

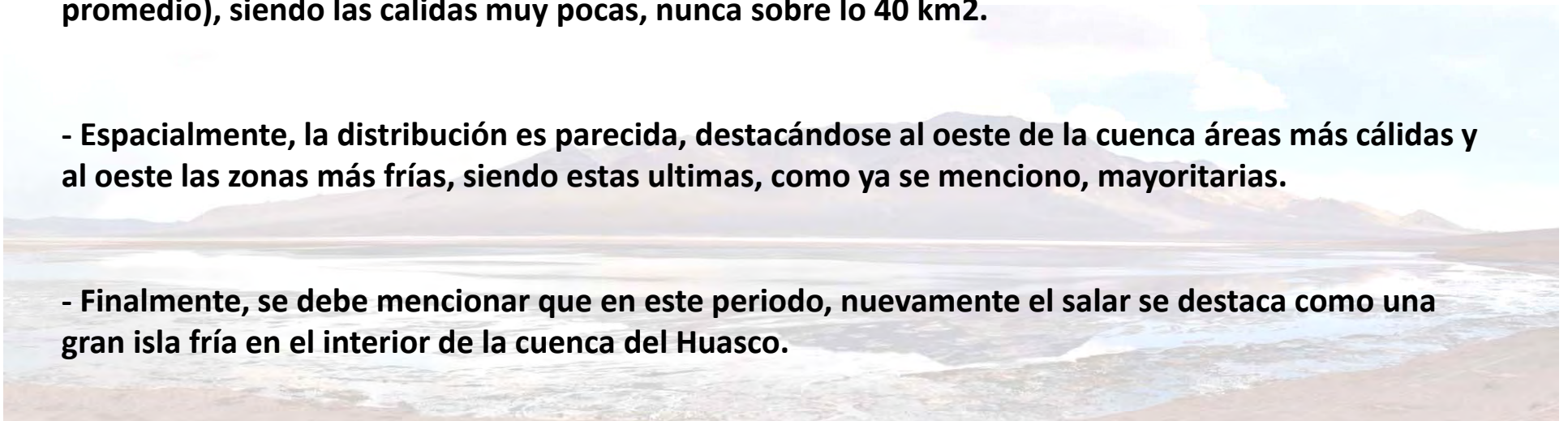
-El contenido de humedad se presenta muy similar a lo visto en la época invernal, presentandose un promedio de 335 km² de áreas con contenidos altos y muy altos en la cuenca.

- Especialmente, la distribución de las zonas húmedas se presentan en áreas repartidas en la cuenca, al igual que en invierno, siendo el salar uno de ellos y uno de los más importantes.

- Con respecto a los patrones de temperatura, se presentan mayoritariamente zonas frías (354 km² promedio), siendo las calidas muy pocas, nunca sobre lo 40 km².

- Especialmente, la distribución es parecida, destacándose al oeste de la cuenca áreas más cálidas y al oeste las zonas más frías, siendo estas ultimas, como ya se menciona, mayoritarias.

- Finalmente, se debe mencionar que en este periodo, nuevamente el salar se destaca como una gran isla fría en el interior de la cuenca del Huasco.



INDICADORES AMBIENTALES

INVIERNO



1. SALAR AGUAS CALIENTES:

1. Productividad Vegetal	1989	1993	1996	2003	2009
Muy Baja	19.778	6.748	8.079	6.049	6.276
Baja	48.618	7.663	5.826	5.746	6.882
Media	119.723	178.249	185.940	188.620	184.802
Alta	17.005	12.591	5.621	4.686	7.539
Muy Alta	0.539	0.410	0.195	0.561	0.162
2. Concentración de Biomasa	1989	1993	1996	2003	2009
Muy Baja	8.636	7.895	9.711	8.376	9.849
Baja	3.853	7.877	4.288	2.970	2.695
Media	184.720	186.992	183.044	185.192	186.073
Alta	8.347	2.894	8.604	8.703	6.976
Muy Alta	0.106	0.005	0.014	0.420	0.068
3. Contenido de Humedad	1989	1993	1996	2003	2009
Muy Bajo	0.711	2.510	7.412	8.251	8.539
Bajo	21.151	36.209	43.266	42.748	42.170
Medio	134.003	152.762	134.859	120.686	114.789
Alto	42.233	8.261	13.833	28.540	34.942
Muy Alto	7.564	5.920	6.292	5.437	5.222
4. Patrón de Temperatura Superficial	1989	1993	1996	2003	2009
Islas de Frío	7.582	6.439	6.637	10.961	10.530
Frío	24.667	22.473	20.682	20.378	18.683
Medio	146.896	157.243	146.164	140.873	157.093
Cálido	24.141	17.483	29.604	29.456	17.383
Islas de Calor	2.376	2.024	2.576	3.993	1.972

Salar de Aguas Calientes

a) Concentración de Biomasa

Predominan las áreas asociadas a muy baja concentración, principalmente asociadas a los sectores colindantes del salar y al concentración de biomasa que se presentan principalmente en las laderas de exposición oeste, también se presentan algunos lineamientos de buena concentración en algunas quebradas al norte de la cuenca.

El área más destacada en la cuenca es un sector localizado al norte del salar que presenta una muy buena concentración de biomasa en el suelo, el cual debería estar asociado a suelos húmedos y con coberturas vegetales importantes, sin embargo, esta va decreciendo hacia el año 2009

b) Contenido de Humedad

Las áreas de mejor contenido de humedad en la cuenca están asociados a las laderas que corren, de norte a sur, por el lado este de ella. En el lado oeste se presentan, en todo el periodo, zonas de muy baja concentración de humedad y solo algunas quebradas más húmedas. En las zonas aledañas al Salar de Aguas Calientes, se concentran suelos con altos contenidos de humedad superficial en la parte norte, asociado a la mayor concentración de biomasa.

c) Productividad Vegetal

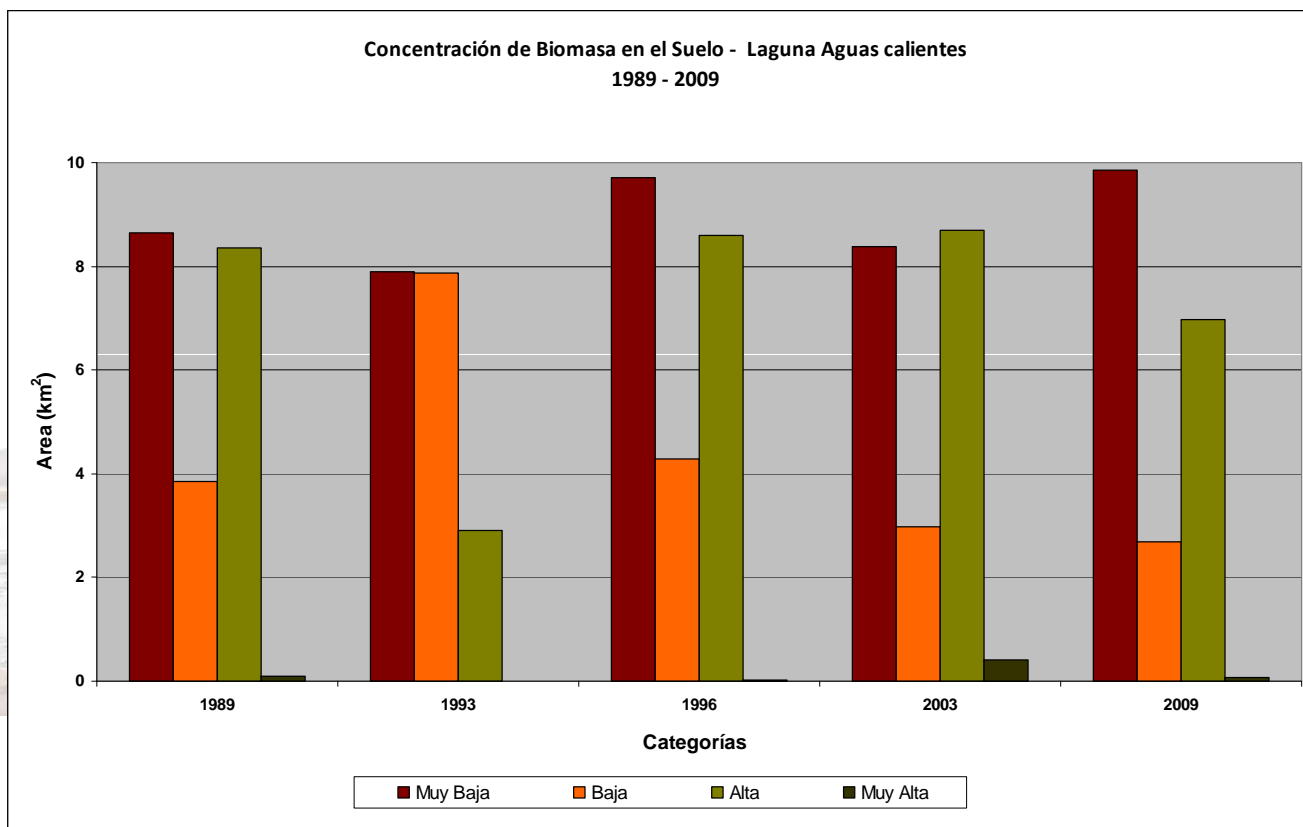
La productividad vegetal, salvo el año 1989, se mantiene estable durante el periodo en estudio; estando sus valor extremos, en general, bajo los 10 km². El año 1989 se presenta como un periodo excepcional dada la bajísima productividad vegetal de las laderas del este de la cuenca; por otro lado, las zonas de mejor productividad vegetal esta en los sectores del norte del salar de aguas calientes que, como se menciono anteriormente, presentan una muy buena concentración de biomasa y humedad superficial y cercano al espejo de agua del salar

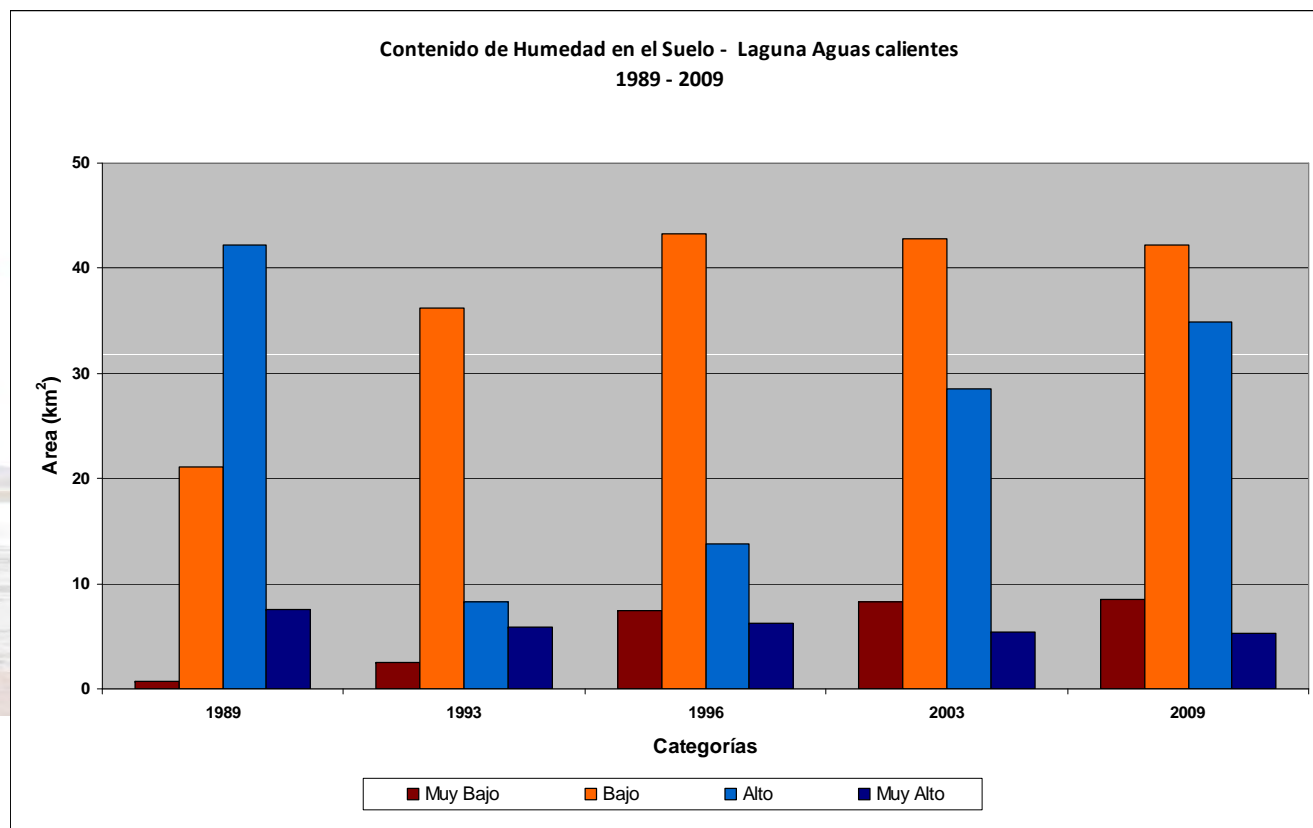
d) Patrones de Temperatura Superficial

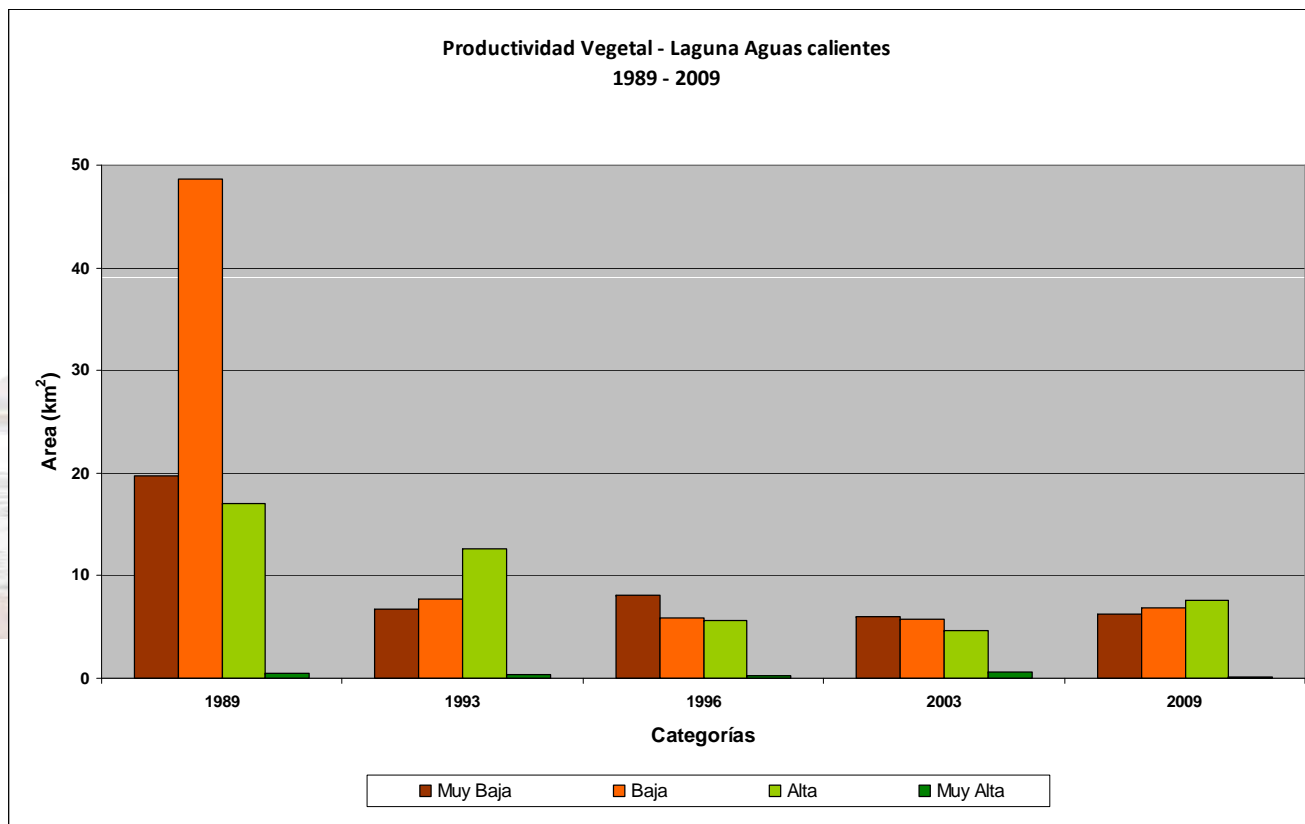
En general se presentan áreas asociadas a islas de calor en las partes de menor pendiente de la cuenca y las islas de frío o de menor temperatura en superficie en las laderas del este y en la periferia del salar y el espejo de agua, el que actúa, en particular, como una isla de frío superficial.

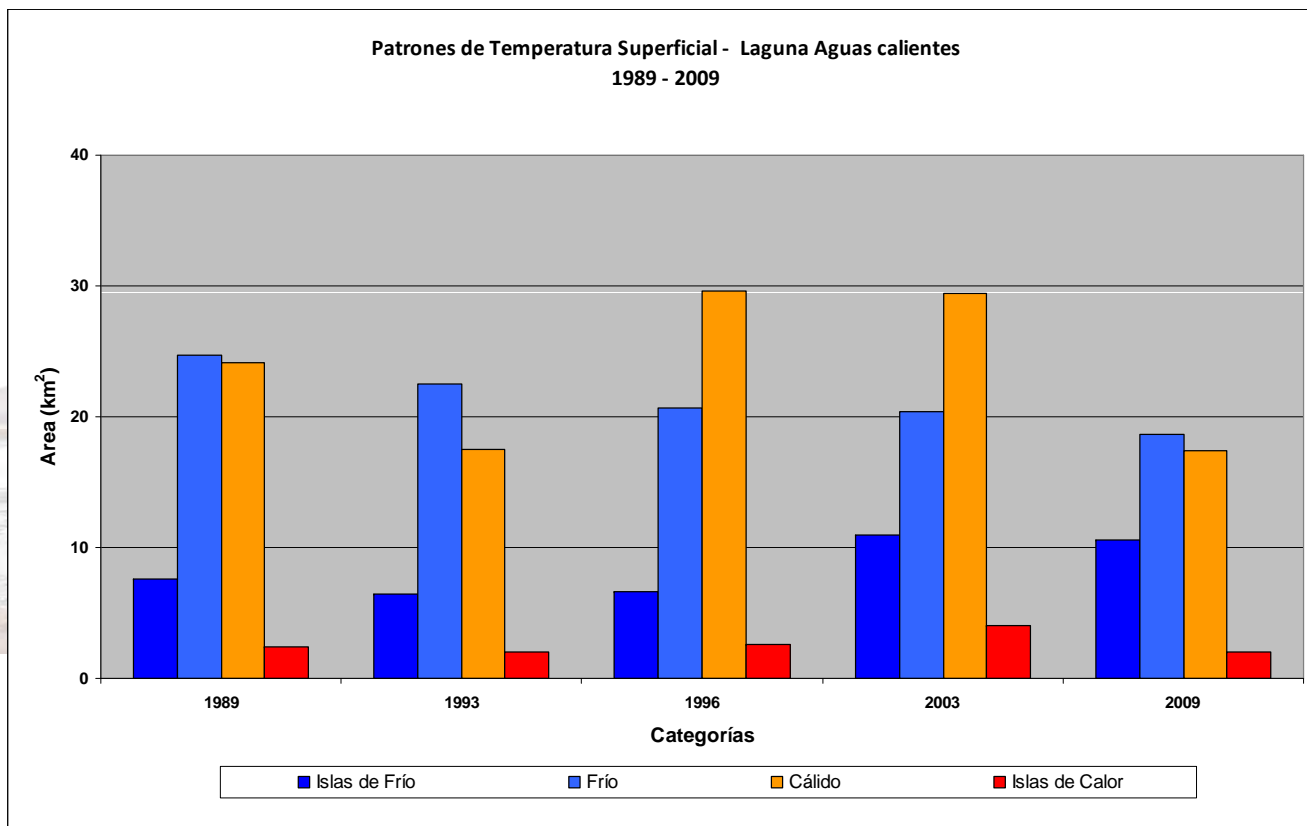
Salar Aguas Calientes - Imagen Falso Color 2009

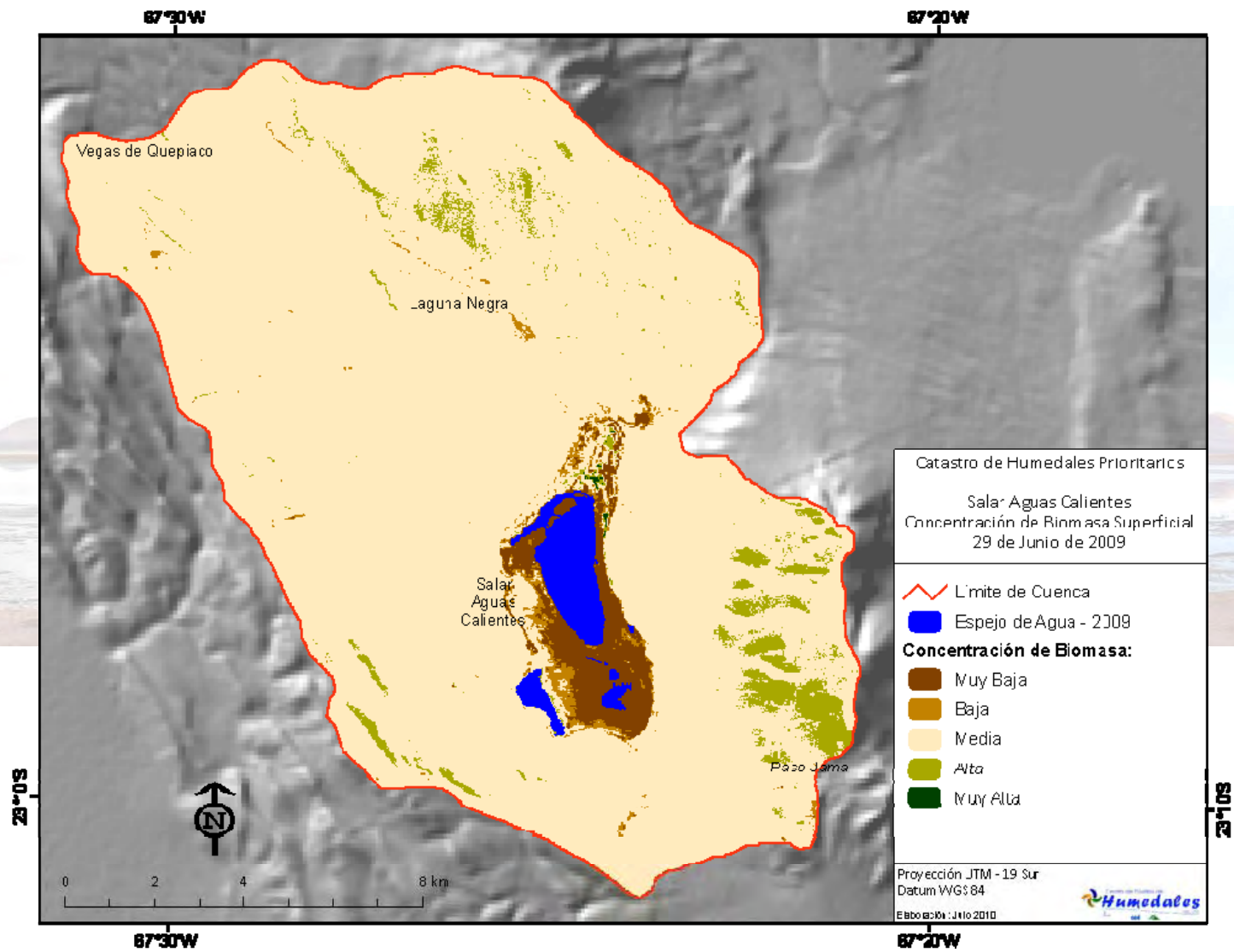


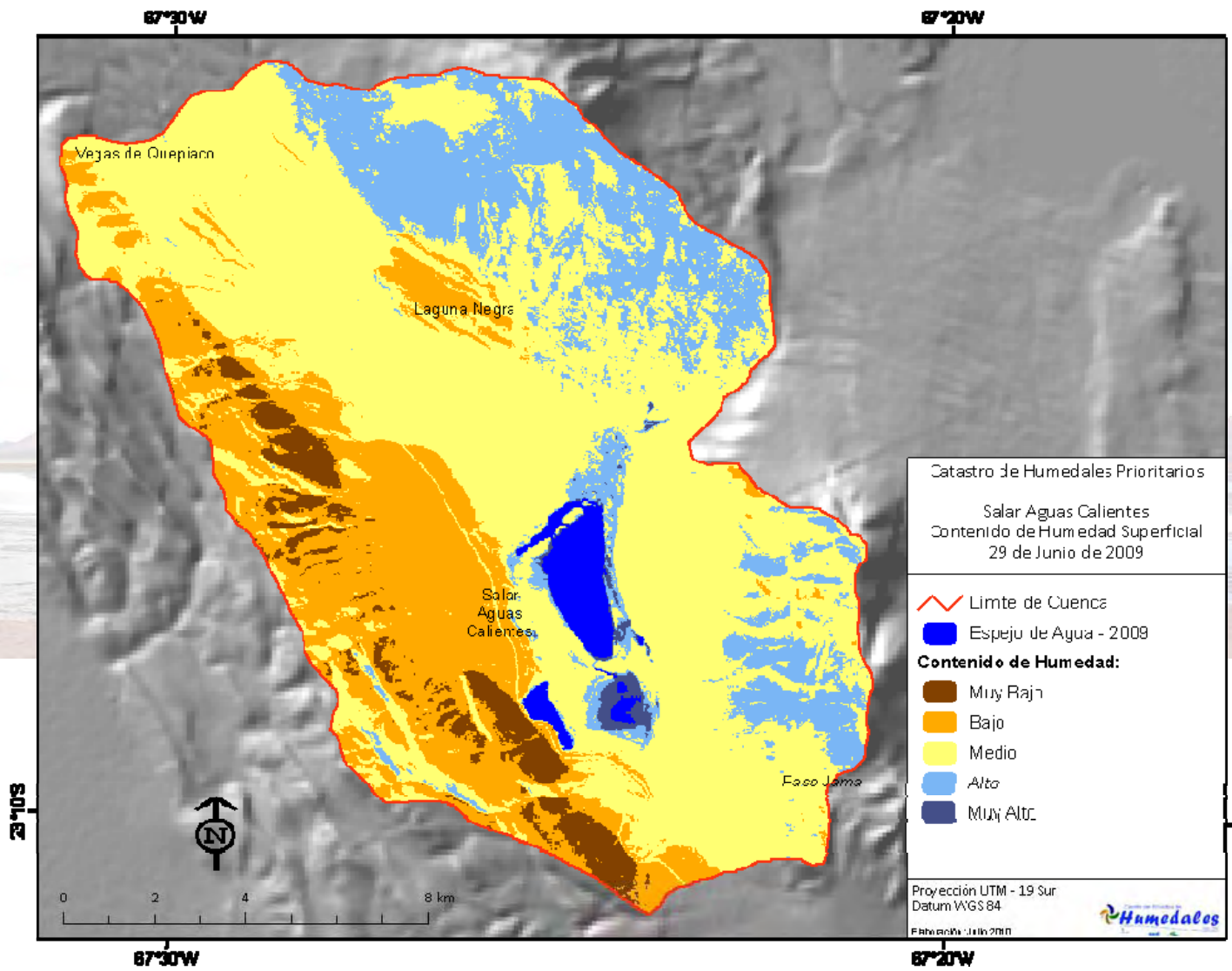


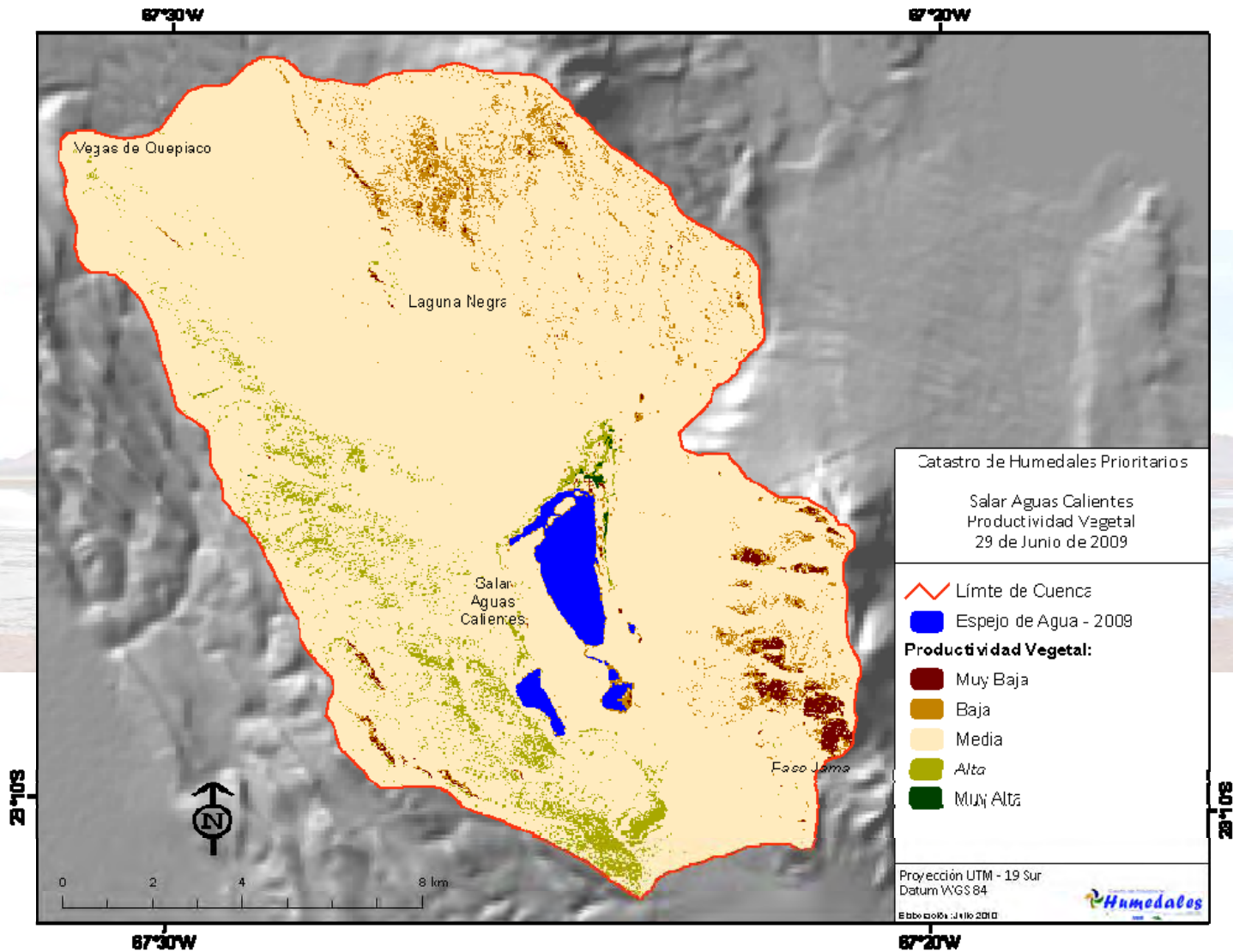


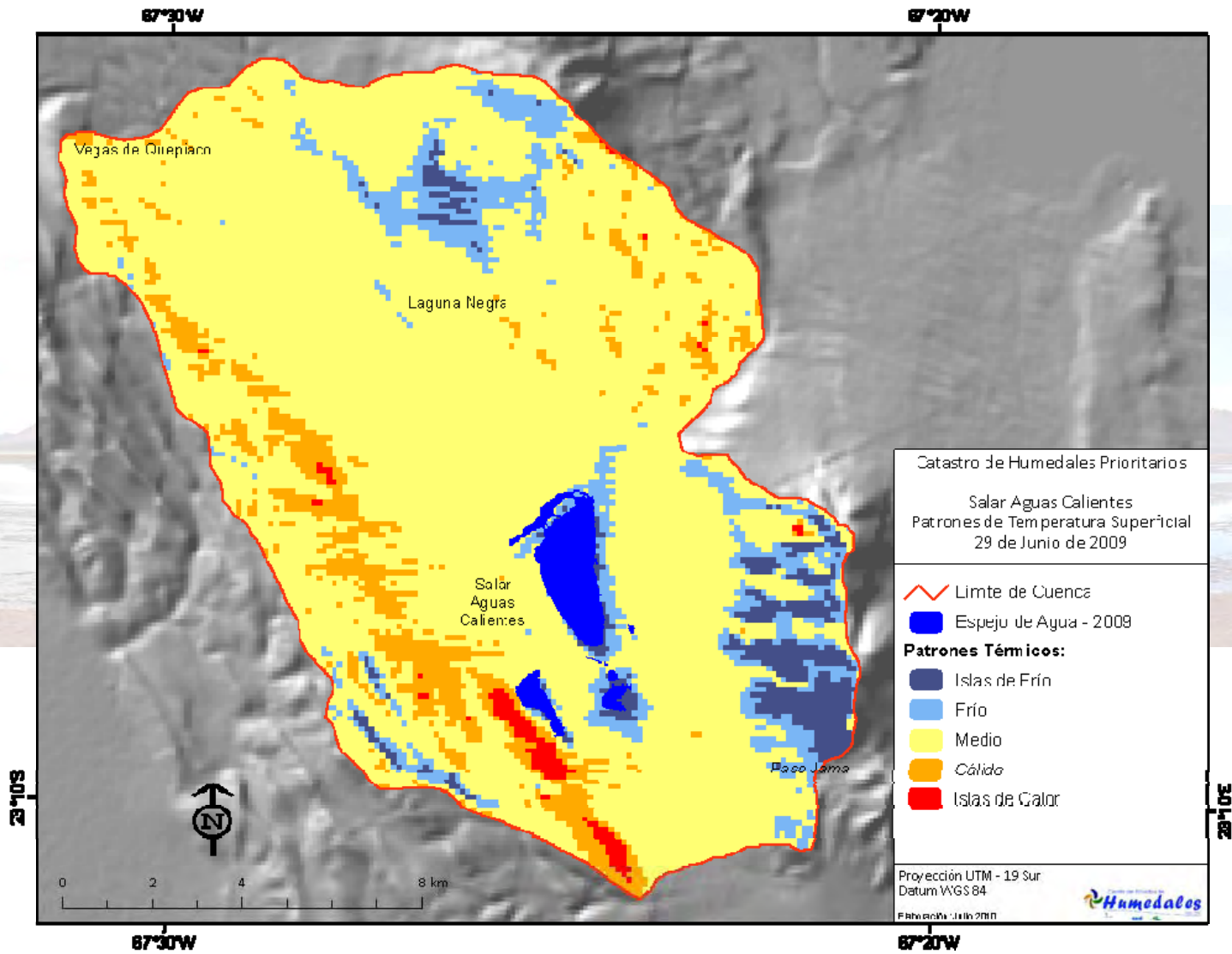












3. LAGO CHUNGARA Y LAGUNA COTACOTANI:

1. Productividad Vegetal	1989	1993	1996	1999	2003	2006	2009
Muy Baja	10.540	20.928	17.864	12.241	16.702	20.336	13.311
Baja	32.470	24.370	22.750	34.839	22.500	20.750	22.039
Media	236.040	234.279	239.025	231.308	236.808	237.482	241.498
Alta	3.971	4.136	3.886	7.991	4.905	3.892	4.460
Muy Alta	6.133	5.441	5.629	2.775	8.239	6.695	7.845
2. Concentración de Biomasa	1989	1993	1996	1999	2003	2006	2009
Muy Baja	5.610	4.481	4.352	9.862	3.594	6.565	4.862
Baja	3.796	4.821	3.691	6.749	3.084	2.084	3.264
Media	271.291	269.298	274.723	261.552	272.493	273.622	271.702
Alta	7.502	8.431	3.664	10.964	5.685	3.717	5.235
Muy Alta	0.956	2.122	2.724	0.027	4.298	3.164	4.090
3. Contenido de Humedad	1989	1993	1996	1999	2003	2006	2009
Muy Bajo	0.041	0.361	0.225	0.038	0.357	0.067	0.420
Bajo	2.859	5.309	4.243	1.314	4.781	2.302	5.265
Medio	277.591	272.743	275.215	272.637	265.100	276.756	255.772
Alto	2.579	5.891	5.012	4.075	14.180	2.286	22.536
Muy Alto	6.083	4.849	4.459	11.090	4.735	7.743	5.161
4. Patrón de Temperatura Superficial	1989	1993	1996	1999	2003	2006	2009
Islas de Frío	11.789	12.120	12.690	16.894	12.626	12.783	13.219
Frío	43.239	45.930	38.094	27.404	46.909	43.677	45.693
Medio	212.731	206.545	218.597	198.923	206.528	215.307	211.568
Cálido	21.116	23.990	19.499	44.060	22.730	17.069	18.371
Islas de Calor	0.279	0.570	0.274	1.872	0.360	0.319	0.302

Los indicadores medidos en los lagos de Chungara y Cotacotani, durante el periodo 1989 a 2009, muestran diferencias temporales en algunos de sus indicadores e importantes diferencias entre las mismas.

a) Concentración de Biomasa

En la cuenca de las lagunas de Chungara y Cotacotani, las áreas de mayor concentración de biomasa en el suelo se encuentran localizadas en áreas de baja pendiente en el sector noroeste de la cuenca, cercanos al valle del Lluta. Se destaca además, que el año 1999 el área de mayor concentración del norte de la cuenca desaparece casi en su totalidad; por otro lado, las áreas asociadas a bajas concentraciones se presentan casi únicamente en las laderas del Volcán Parinacota, al norte de la cuenca

b) Contenido de Humedad

Los valores de alto contenido de humedad existentes en la cuenca están supeditados a las variaciones de los espejos de agua del Chungara y las lagunas del Cotacotani, sin embargo, la importante variación de estas últimas muestran mayor cantidad de zonas húmedas en las inmediaciones de esta última. Por otro lado, también se aprecian, en todo el periodo estudiado en la cumbre del Volcán Parinacota asociado a la existencia de cuerpos de nieve existente a esa altura

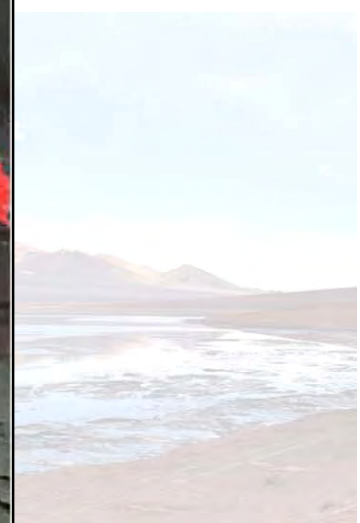
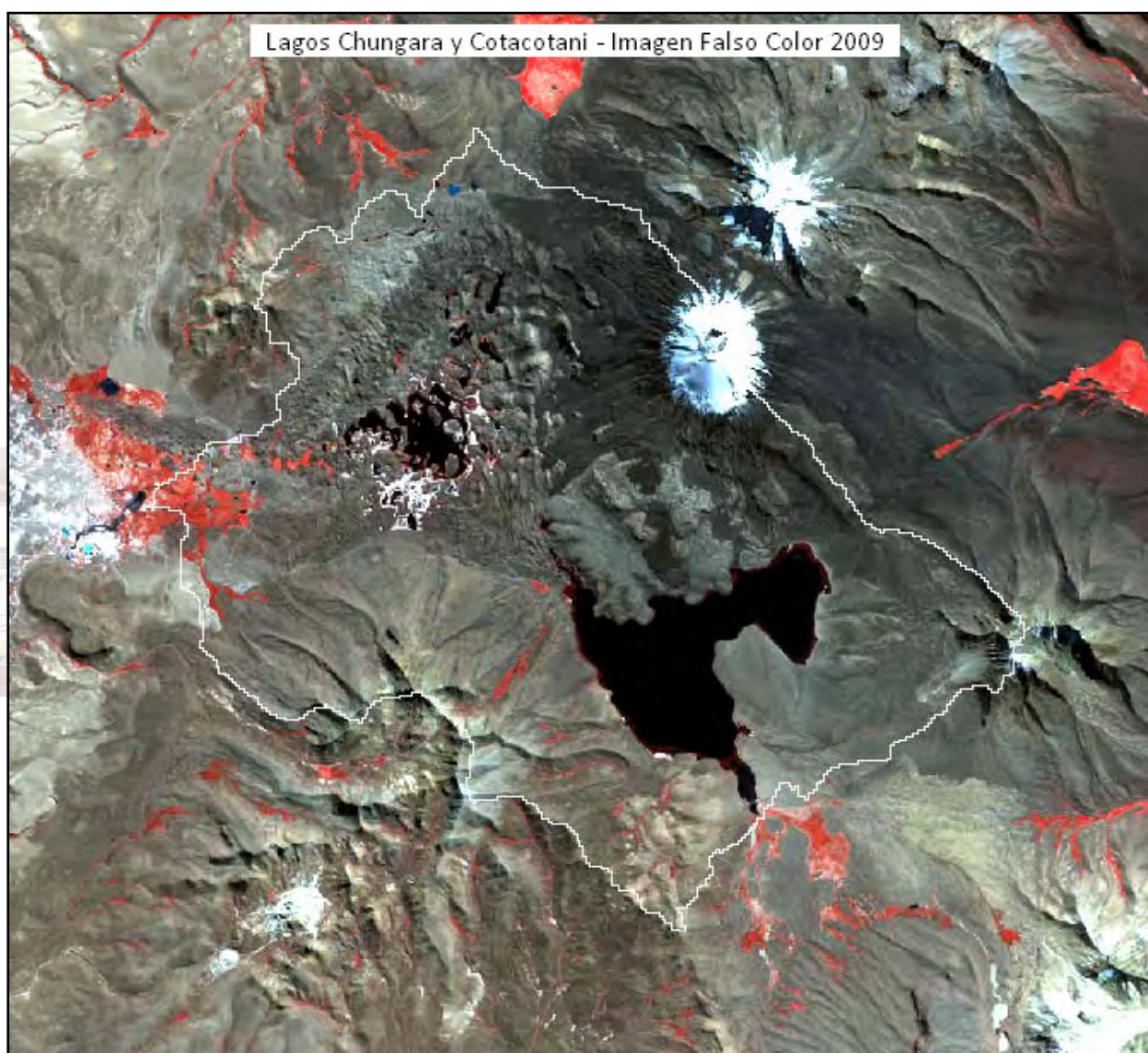
c) Productividad Vegetal

Las áreas de mayores valores de productividad vegetal se correlacionan directamente, en tamaño y localización, con las zonas de alta concentración de biomasa en el suelo. En efecto, se aprecian áreas en esta condición en los valles localizados en el noroeste de la cuenca, cercanos al Valle del río Lluta, algunas quebradas vegetadas al sur del Lago Chungara y algunos remanentes de vegetación que se localizan en las inmediaciones de las lagunas Cotacotani

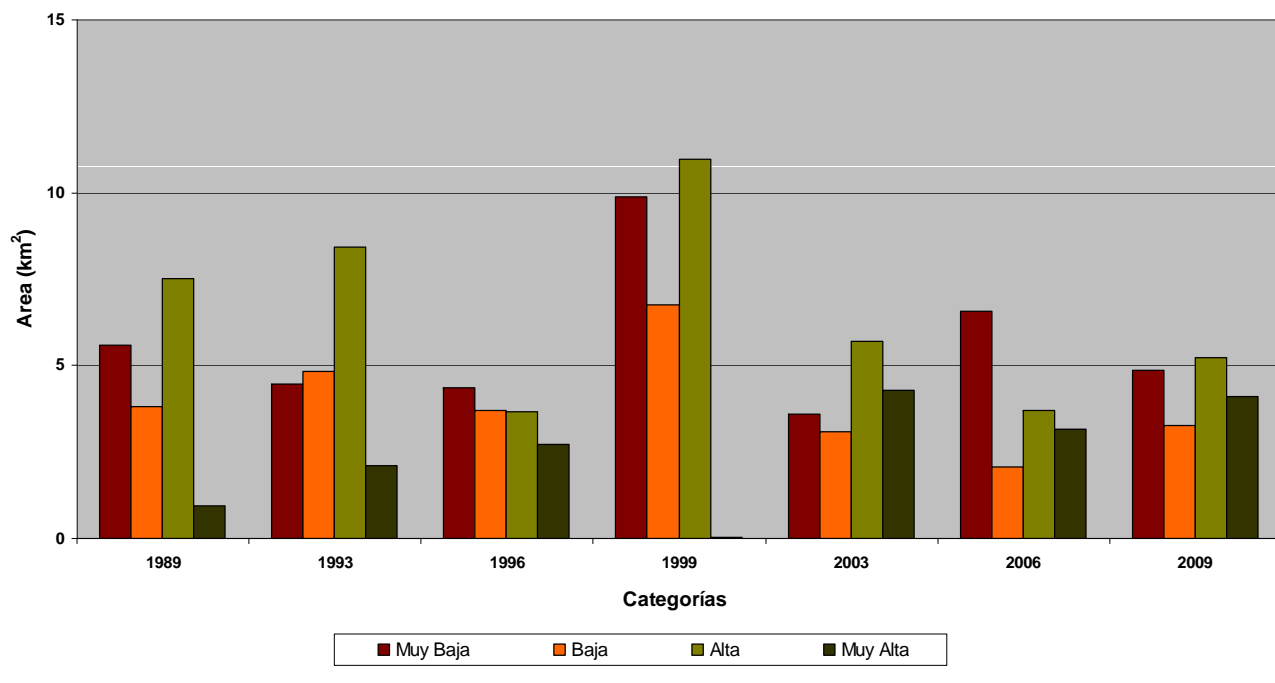
d) Patrones de Temperatura Superficial

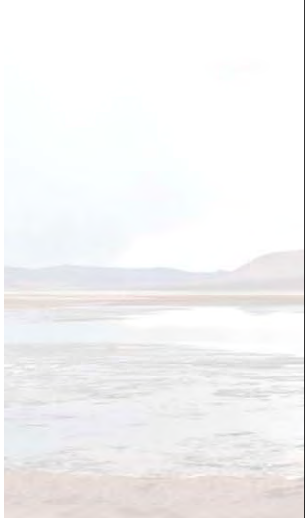
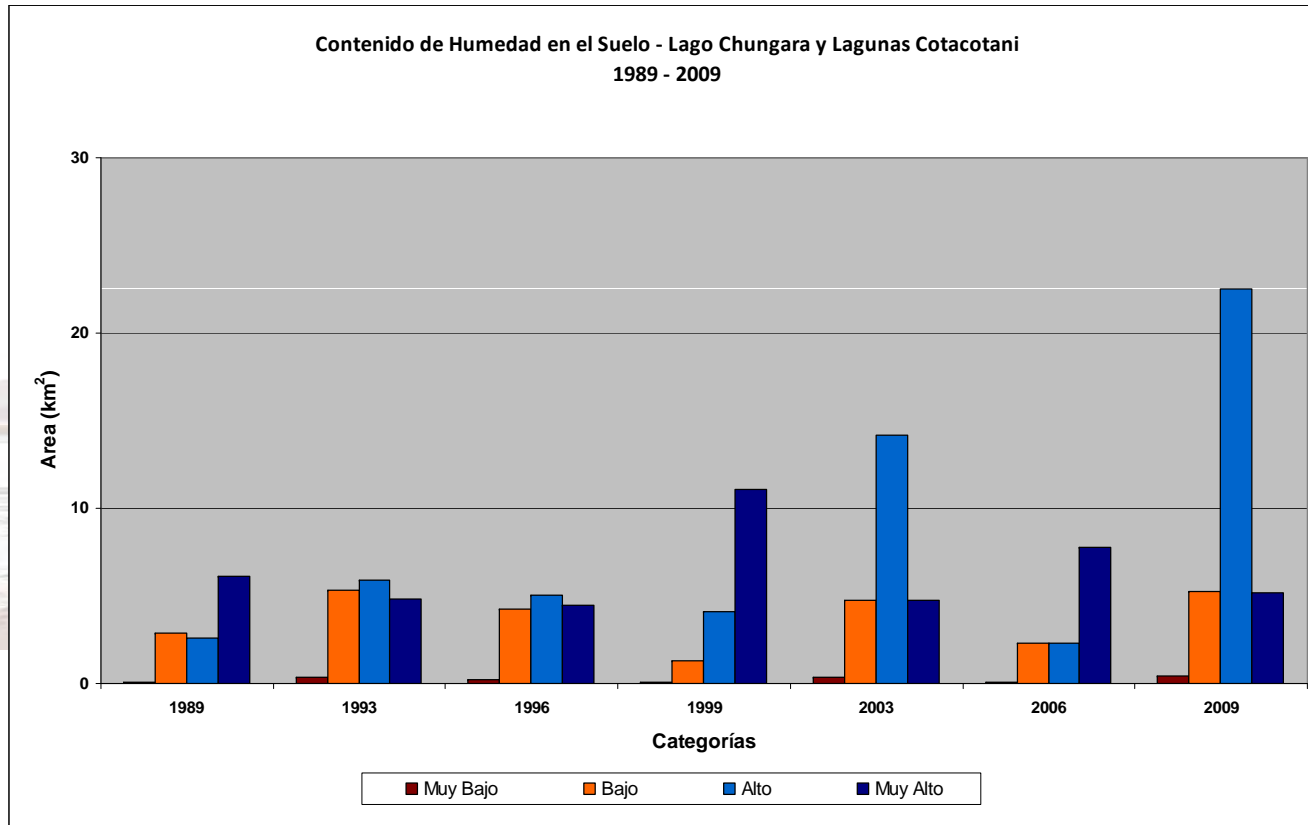
Las áreas de islas frías y de baja temperatura en superficie se localizan, en mayor cantidad, en sectores que limitan los espejos de agua del Lago Chungara y Cotacotani y en áreas colindantes a esta última. Se aprecia además una isla fría asociada a la cumbre del Volcán Parinacota asociada a cuerpos de nieve. Por otro lado, se aprecian muy escasas áreas de islas de calor en la cuenca en las zonas de valle entre el Lago Chungara y las lagunas de Cotacotani

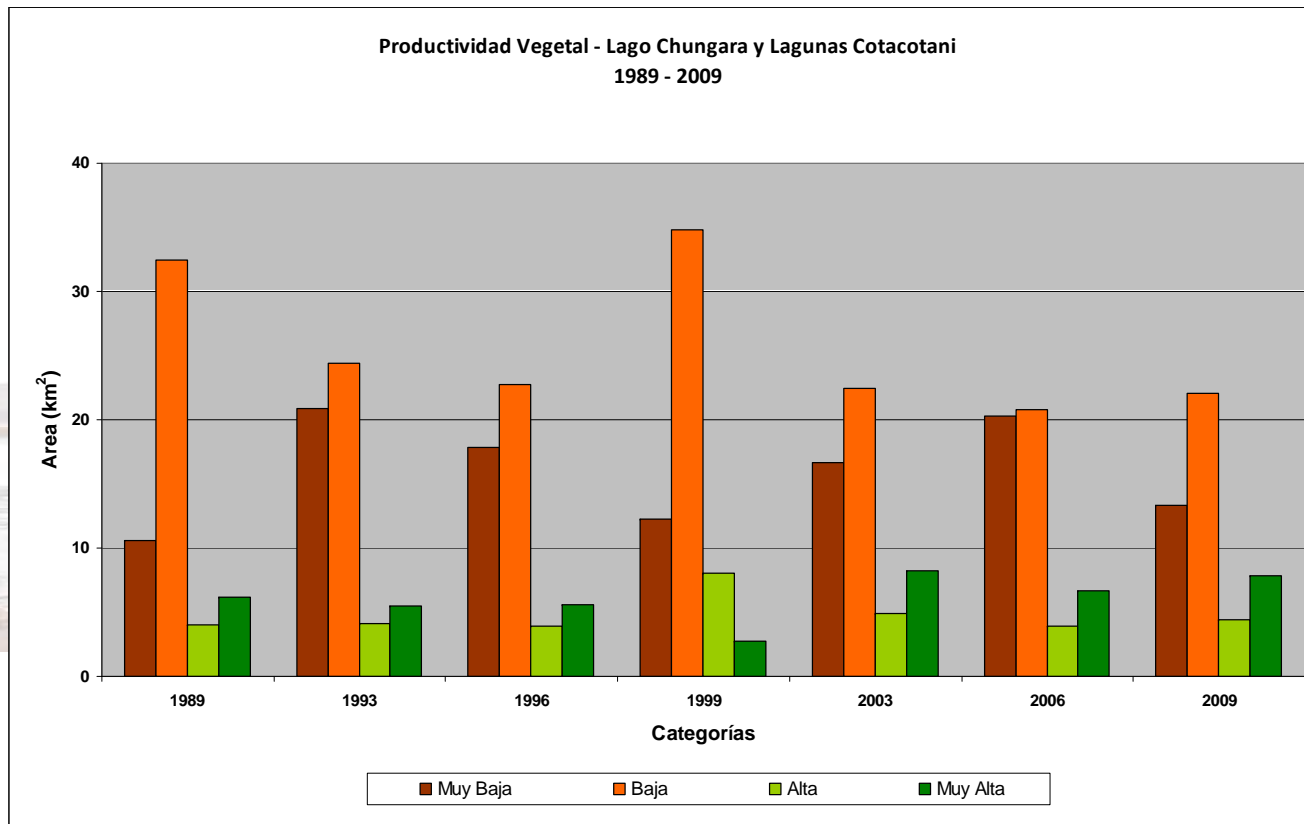
Lagos Chungara y Cotacotani - Imagen Falso Color 2009



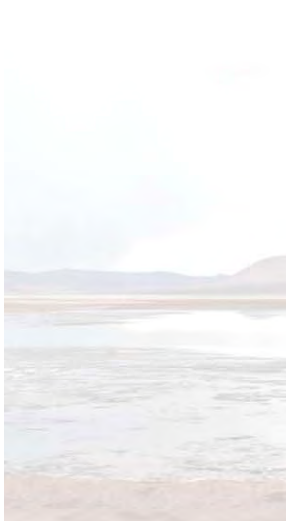
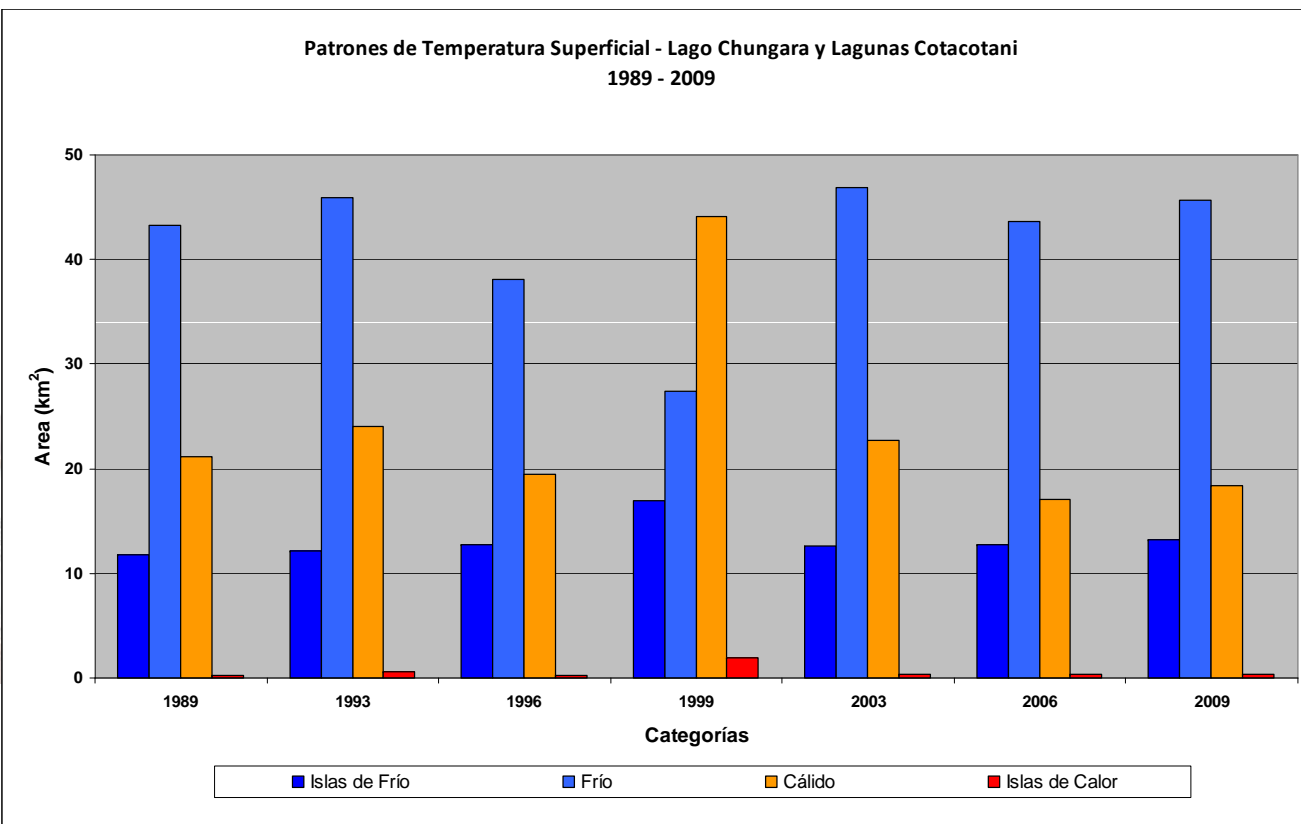
Concentración de Biomasa en el Suelo - Lago Chungara y Lagunas Cotacotani
1989 - 2009

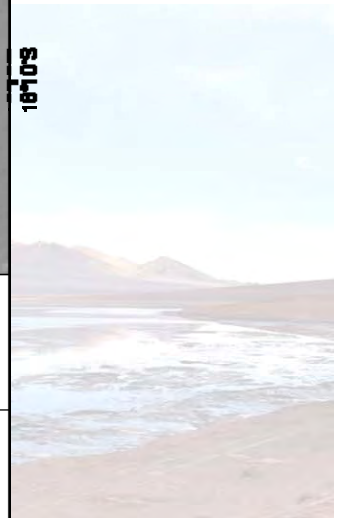
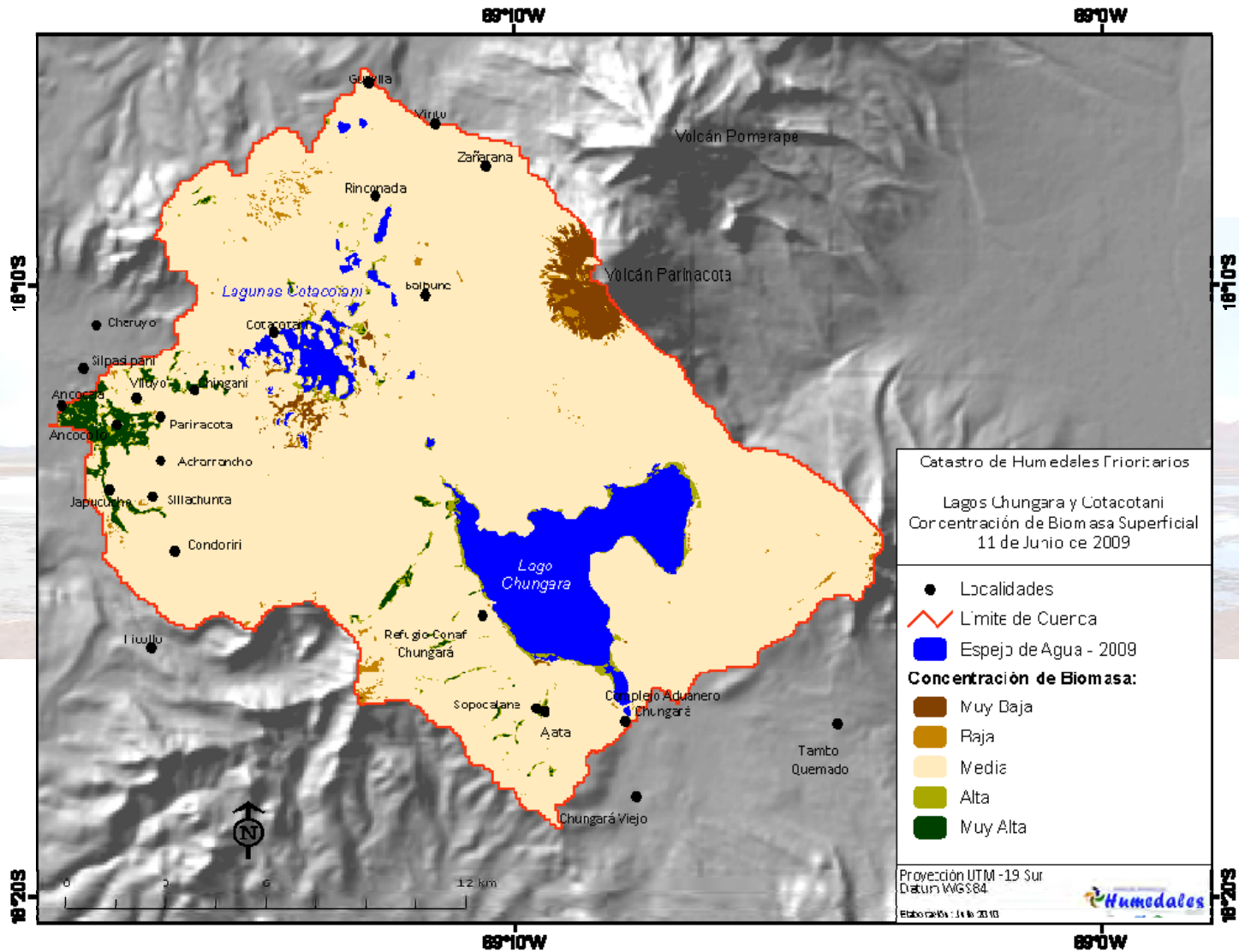


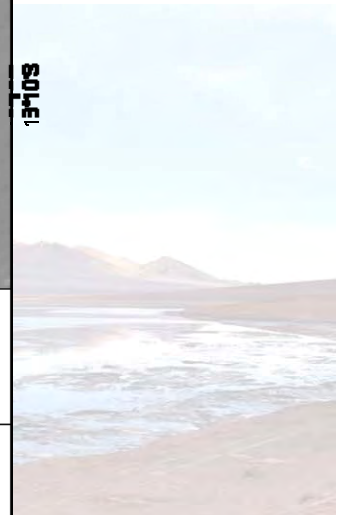
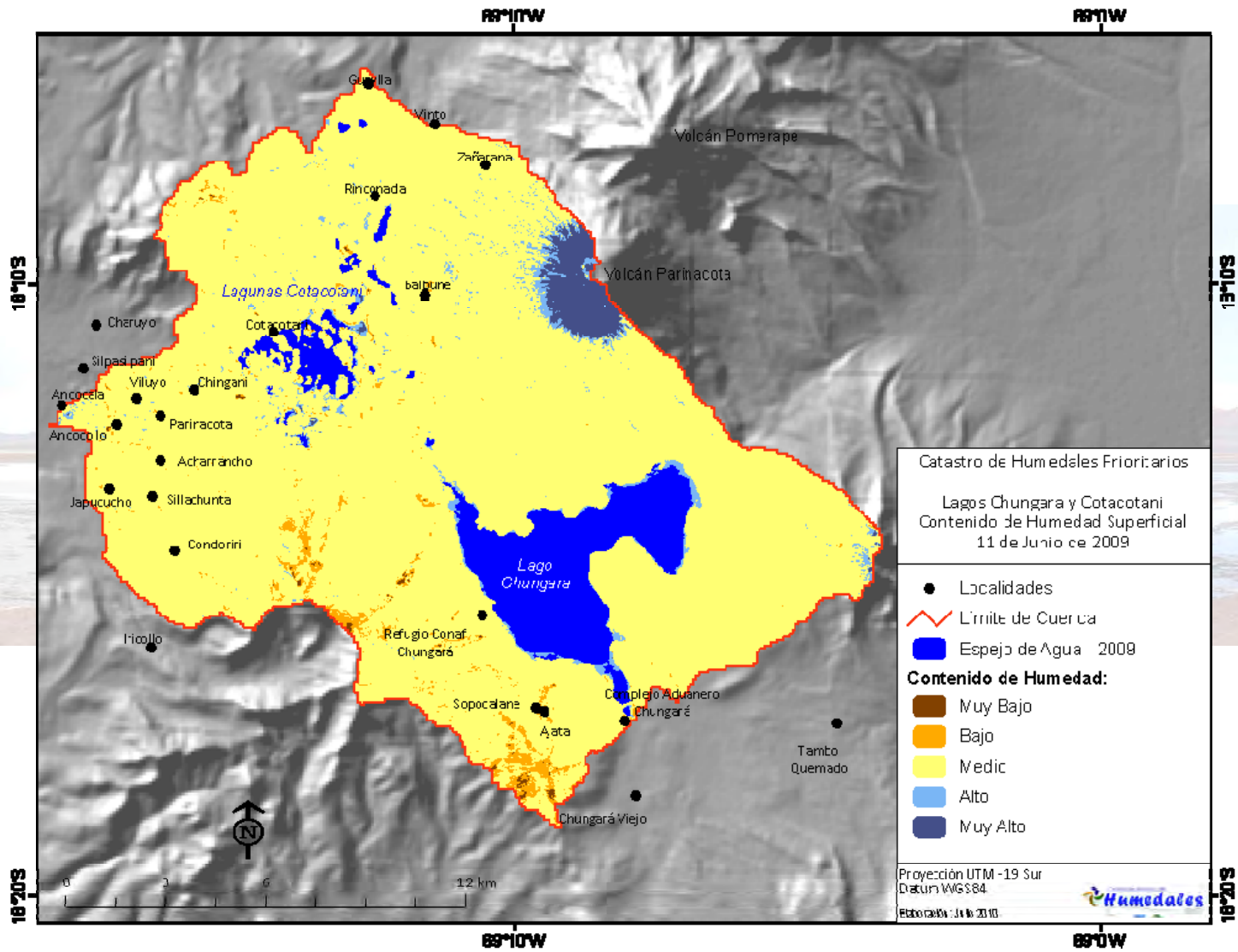


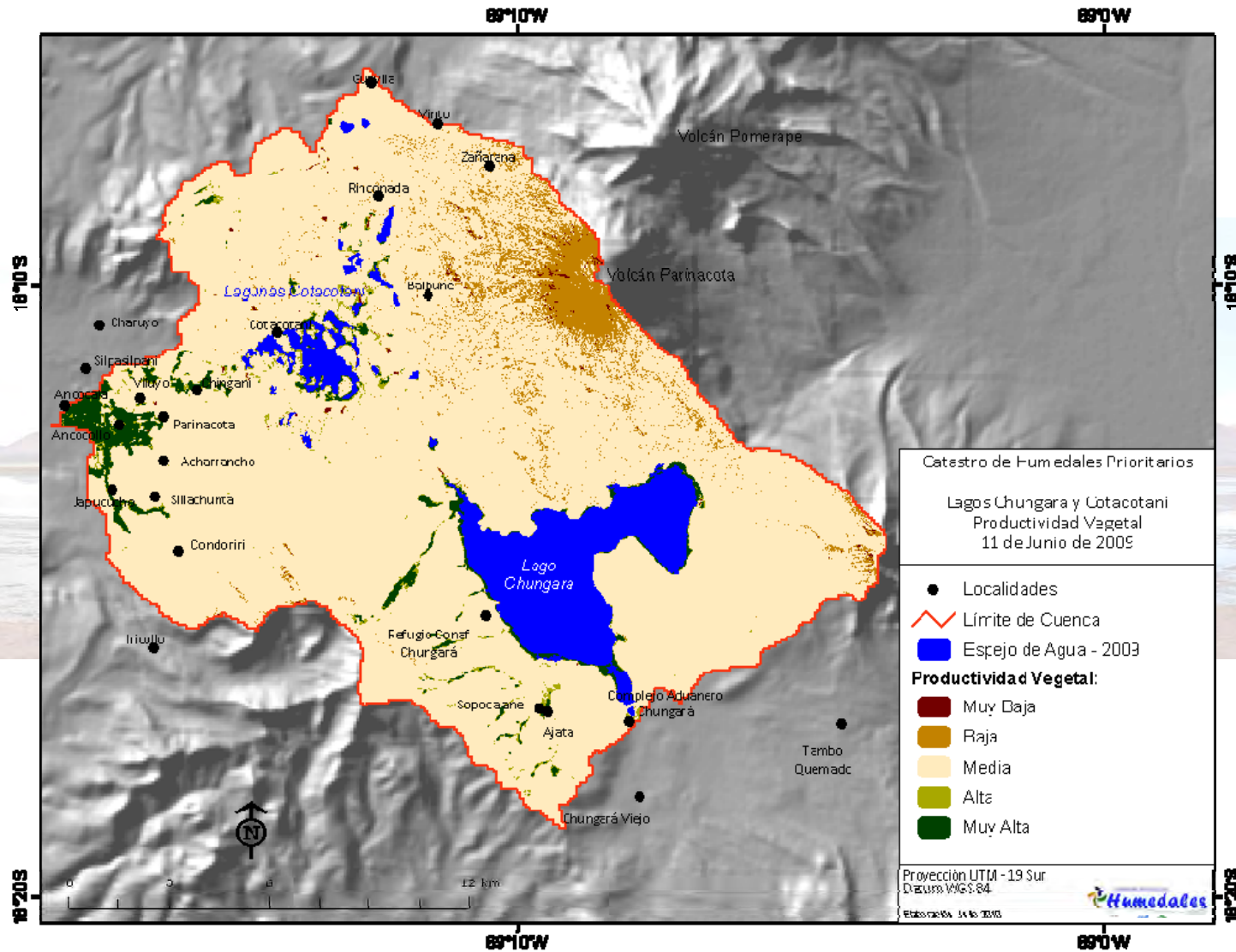


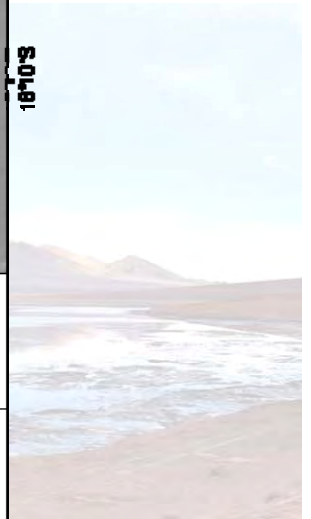
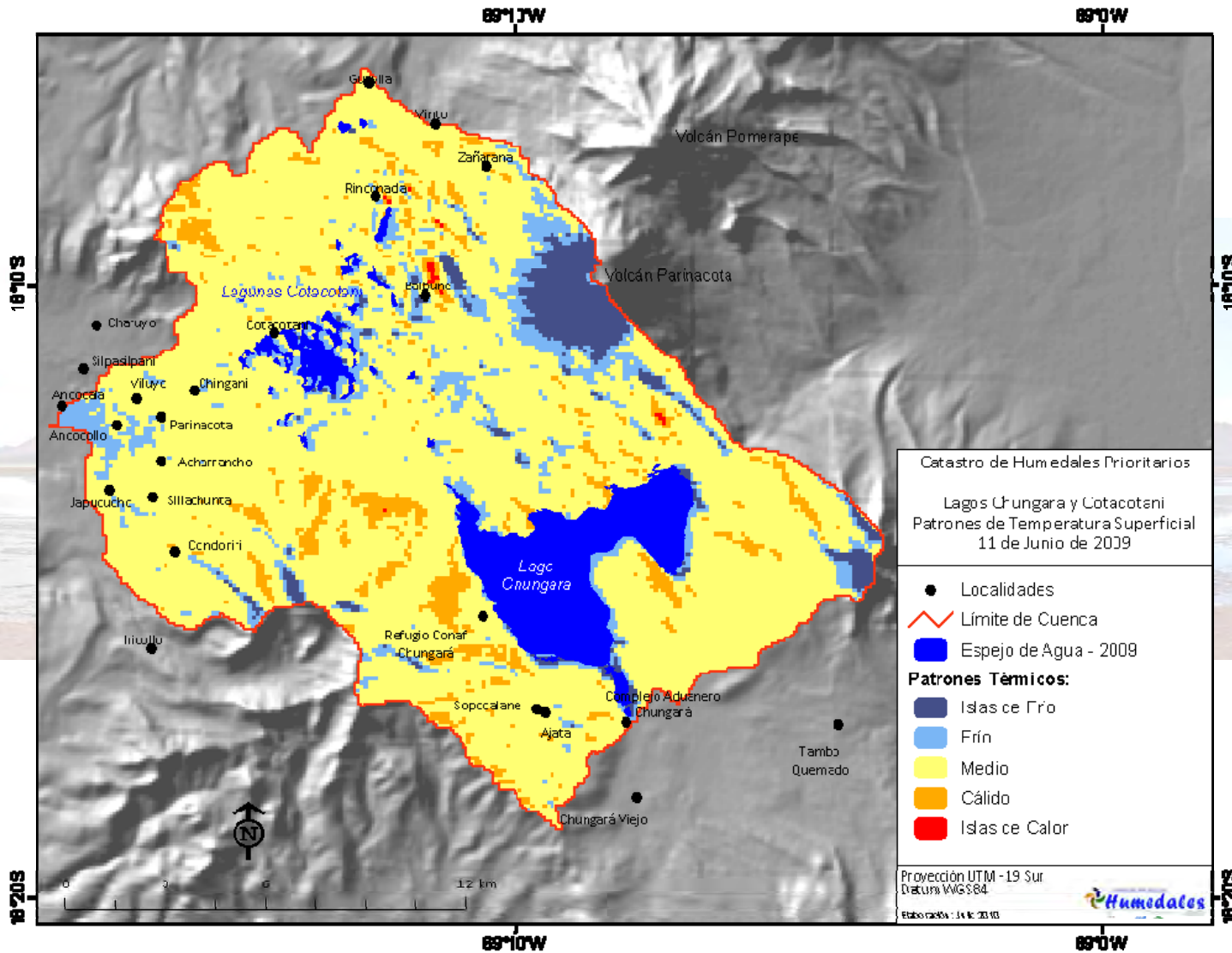
Patrones de Temperatura Superficial - Lago Chungara y Lagunas Cotacotani
 1989 - 2009











6. SALAR LAGUNAS BRAVAS

1. Productividad Vegetal	1991	1994	1996	2003	2006	2009
Muy Baja	8.097	8.165	8.416	8.088	7.460	7.794
Baja	2.453	3.080	2.752	2.097	1.568	1.188
Media	71.975	70.503	70.367	70.721	71.891	73.621
Alta	0.689	1.469	1.680	2.174	2.247	0.614
Muy Alta	0.004	0.000	0.001	0.136	0.050	0.000
2. Concentración de Biomasa	1991	1994	1996	2003	2006	2009
Muy Baja	8.052	8.356	8.083	3.177	4.405	8.061
Baja	1.089	0.902	0.630	8.761	10.151	0.816
Media	70.282	71.864	74.487	70.236	59.930	74.297
Alta	3.793	2.095	0.017	1.042	8.730	0.042
Muy Alta	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
3. Contenido de Humedad	1991	1994	1996	2003	2006	2009
Muy Bajo	2.039	2.379	1.610	0.076	0.153	2.278
Bajo	7.096	7.376	6.433	5.243	10.060	7.583
Medio	65.807	64.962	66.881	72.599	63.908	64.534
Alto	0.426	0.449	0.293	3.145	5.858	1.069
Muy Alto	7.848	8.051	7.999	2.153	3.237	7.753
4. Patrón de Temperatura Superficial	1991	1994	1996	2003	2006	2009
Islas de Frío	5.786	5.116	5.713	4.110	2.298	5.428
Frío	10.429	11.830	12.492	13.186	12.412	13.804
Medio	54.904	53.586	57.020	51.599	52.883	52.696
Cálido	8.998	10.250	7.358	11.326	11.439	9.201
Islas de Calor	3.100	2.434	0.634	2.995	4.185	2.088

La cuenca de la laguna brava presenta un importante desarrollo del espejo de agua que lleva su nombre y que condiciona las características de las variables medidas.

a) Concentración de Biomasa

Los valores extremos de la concentración de biomasa se presentan escasos en todo el periodo en estudio; los valores de baja concentración se localizan preferentemente en las orillas del espejo de agua y las zonas de mayor concentración, al este de la cuenca, en laderas de exposición oeste. Esta característica cambia entre el año 2003 y 2006 donde aprecia un aumento de estas categorías, principalmente las zonas de baja concentración; hacia el este de la cuenca; el año 2009, esta situación vuelve a la condición inicial

b) Contenido de Humedad

Esta variable presenta un comportamiento parecido a la concentración de biomasa; entre el año 1991 y 1996 se presenta mayoritariamente zonas de bajo y muy bajo contenido de humedad superficial y muy escasas zonas de contenido alto; luego, en el año 2003 en adelante se presenta un aumento importante de las zonas de mejor humedad en superficie hacia el oeste de la cuenca, asociado además a zonas de baja concentración de biomasa, volviendo, nuevamente, a una situación similar, al inicio del periodo, el año 2009

c) Productividad Vegetal

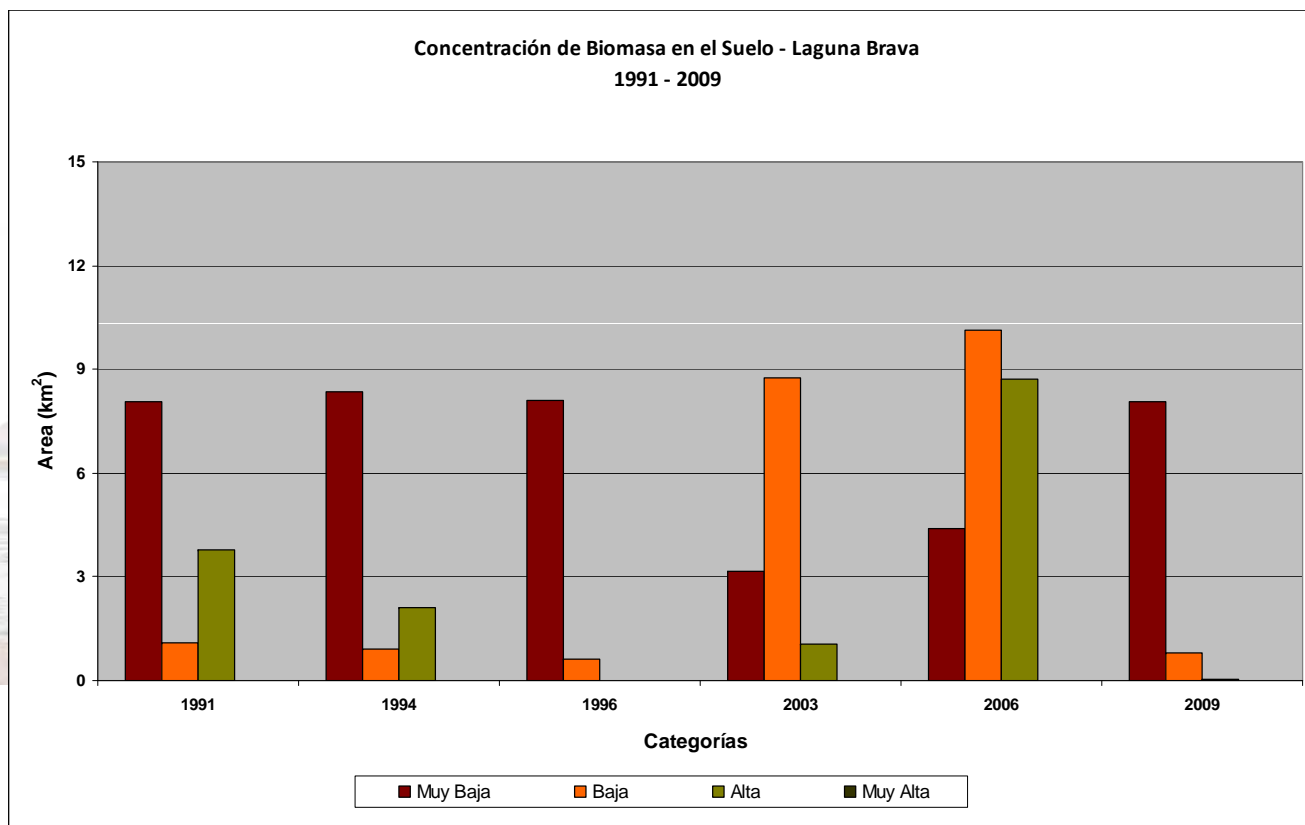
En la Laguna Brava, el vigor vegetal presenta características de mayor estabilidad que las variables anteriores, excepto el año 2003; se presentan zonas de baja productividad en las laderas del este y zonas de alta productividad en escasos parches en la cuenca y alrededor del espejo de agua; además no se presenta una unidad de buen vigor vegetal asociado a la laguna. El año 2003 se presenta una situación diferente, en donde se aprecia un aumento de zonas de mejor valor de productividad, principalmente la categoría de muy alta productividad, en sectores al oeste de la Laguna y al sur de la cuenca; también se aprecia un aumento de las zonas de baja productividad, en sectores más cercanos al lago

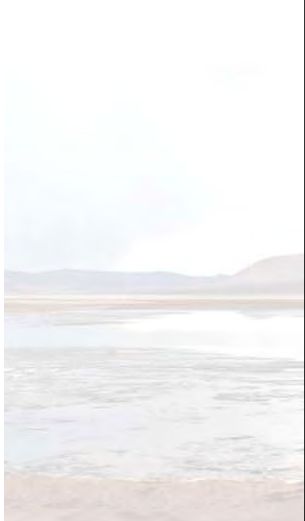
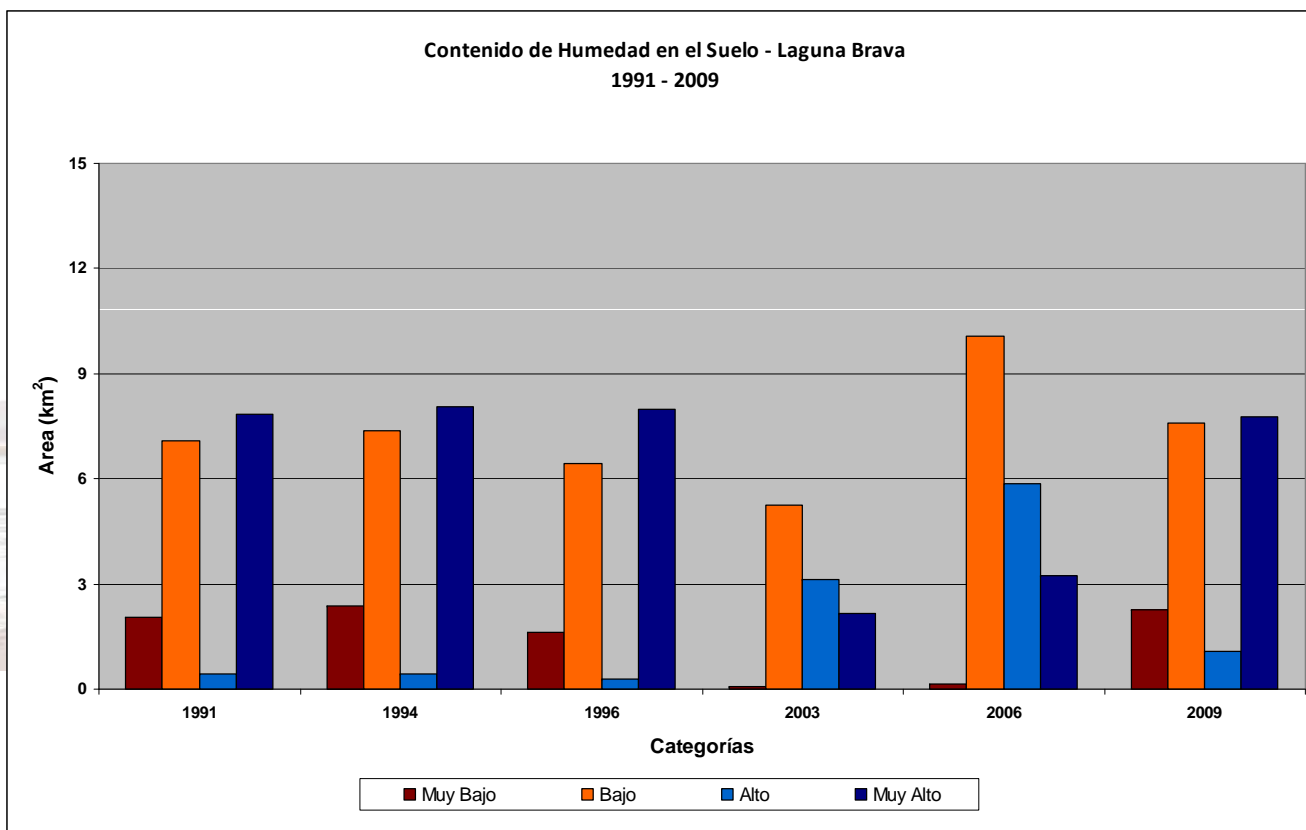
d) Patrones de Temperatura Superficial

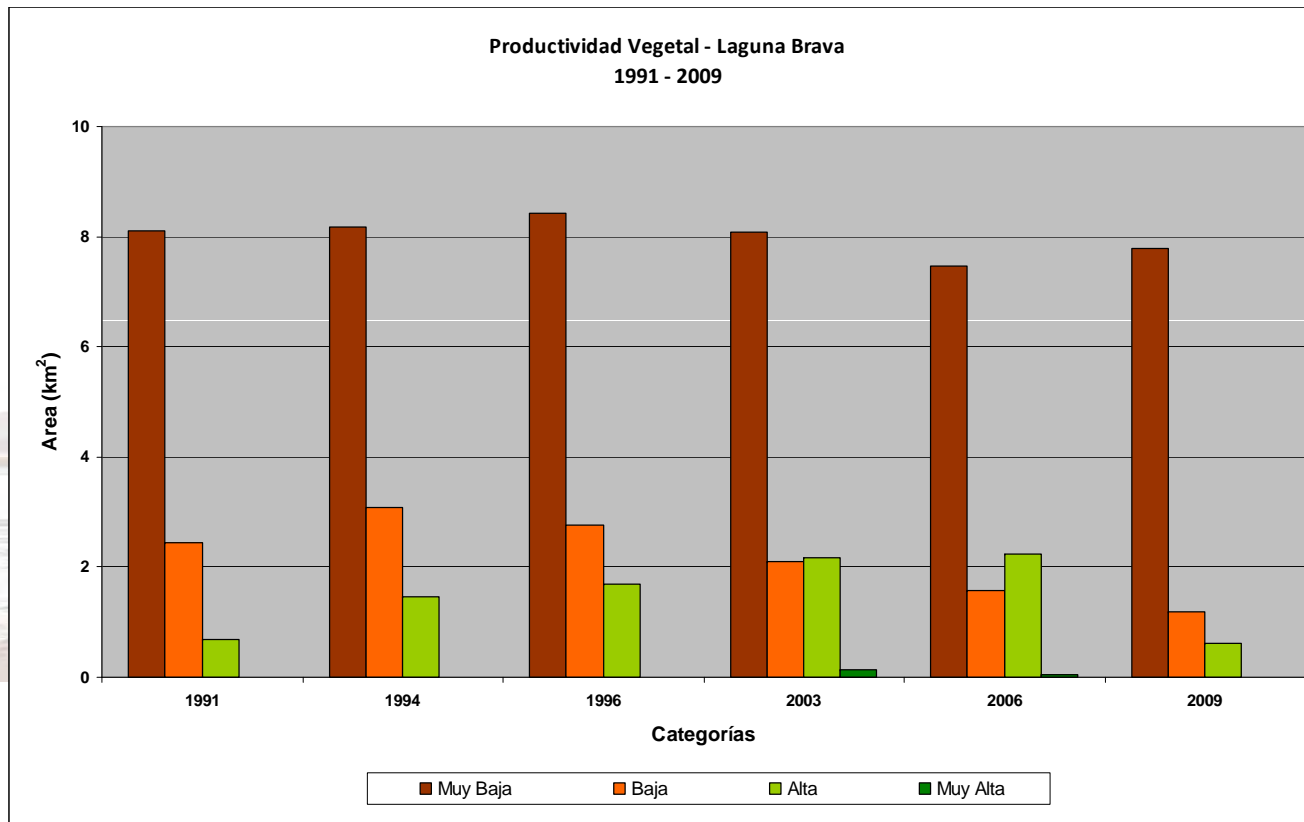
Los patrones superficiales de temperatura presentan características relativamente estables durante el periodo analizado; se aprecian zonas de frío cercanas a la laguna y en las cumbres del este de la cuenca; y zonas de islas de calor, de importancia, en parches al sur de la laguna. Esta situación se mantiene, en general, entre 1991 y el 2009, solo presentando algunas modificaciones de tamaño en los años 2003 y 2006, asociado a los cambios de las variables anteriormente mencionadas

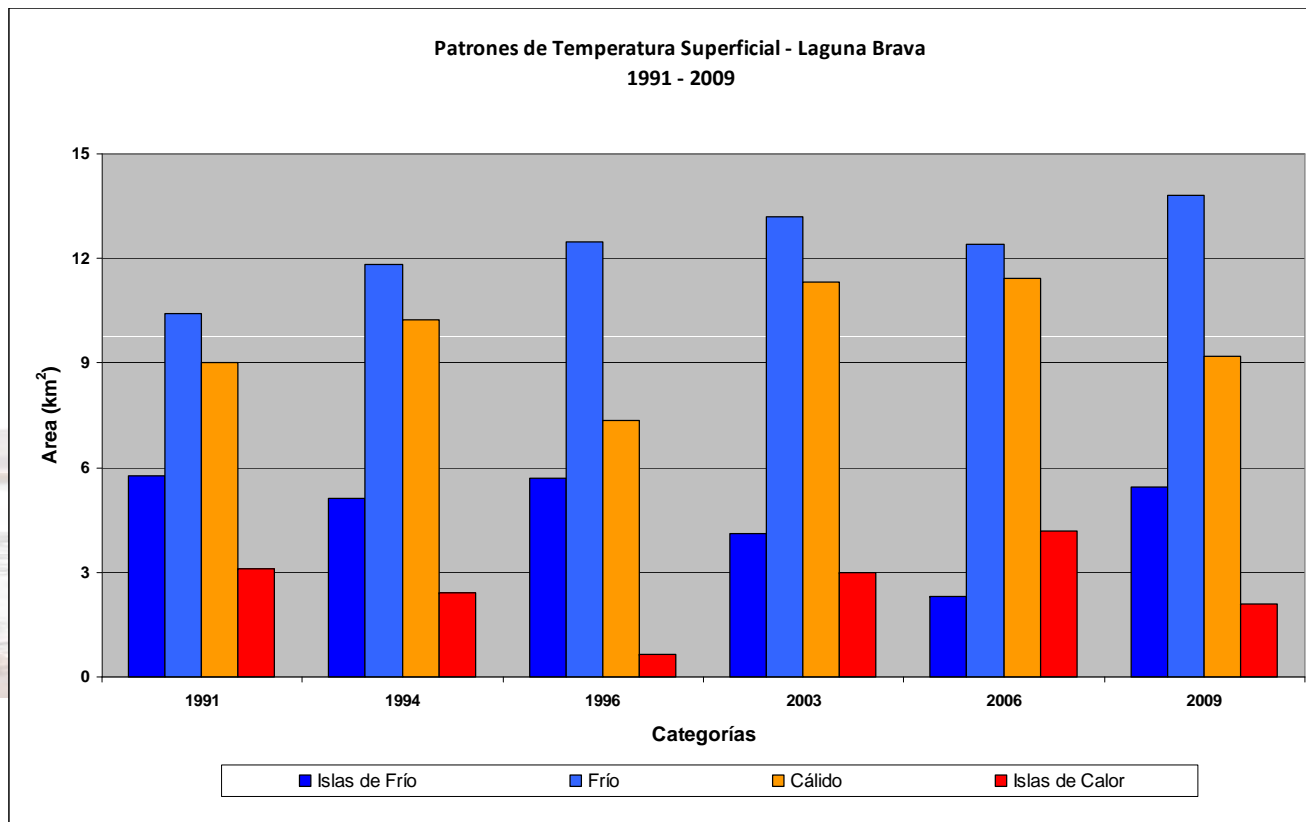
Salar Lagunas Bravas - Imagen Falso Color 2009

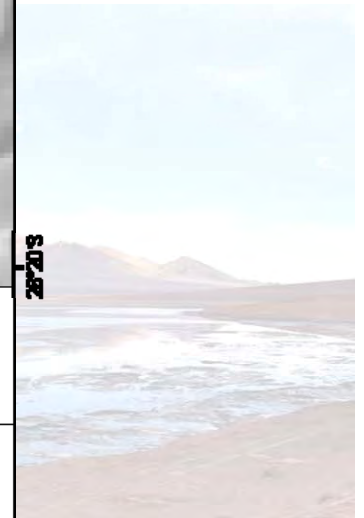
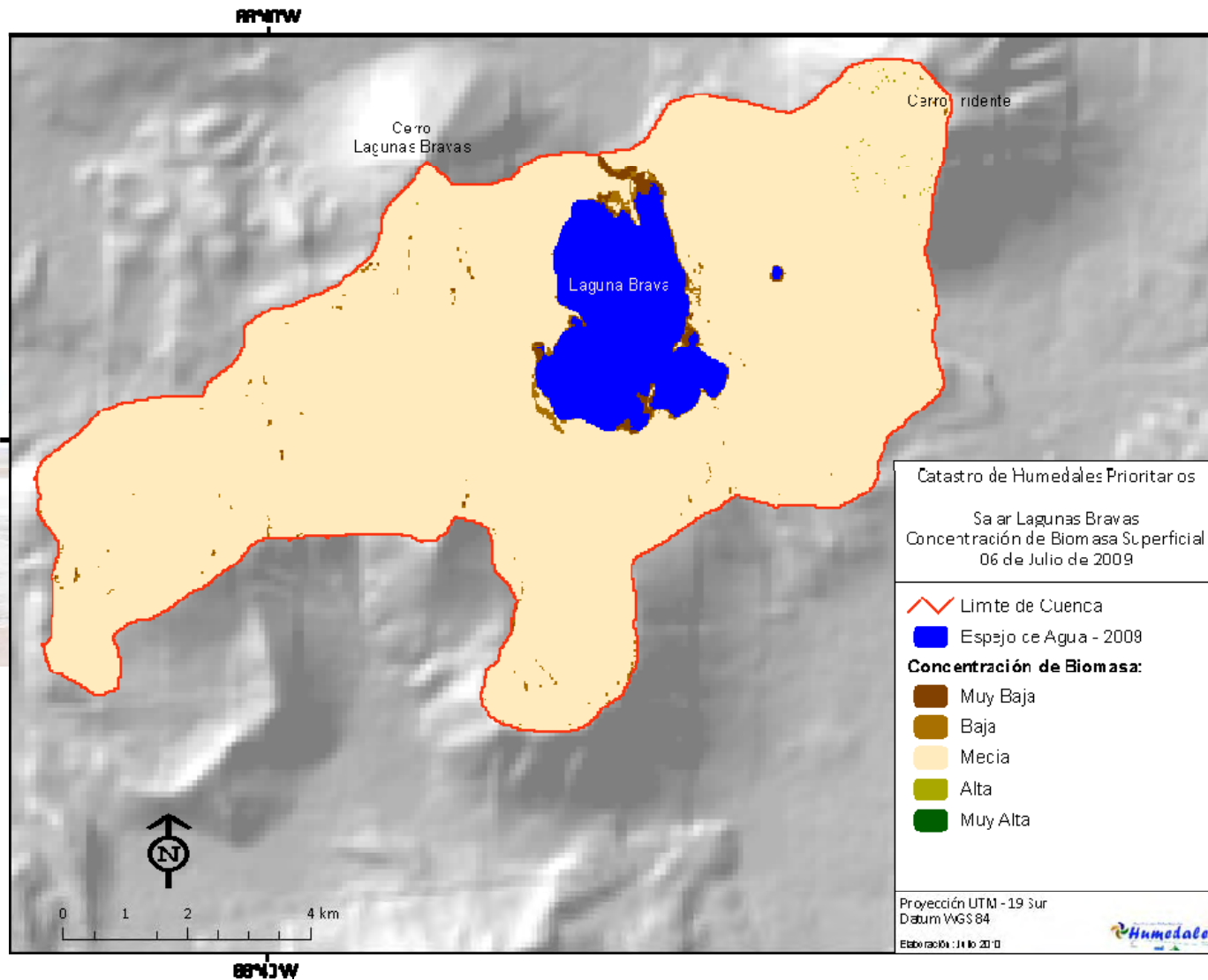


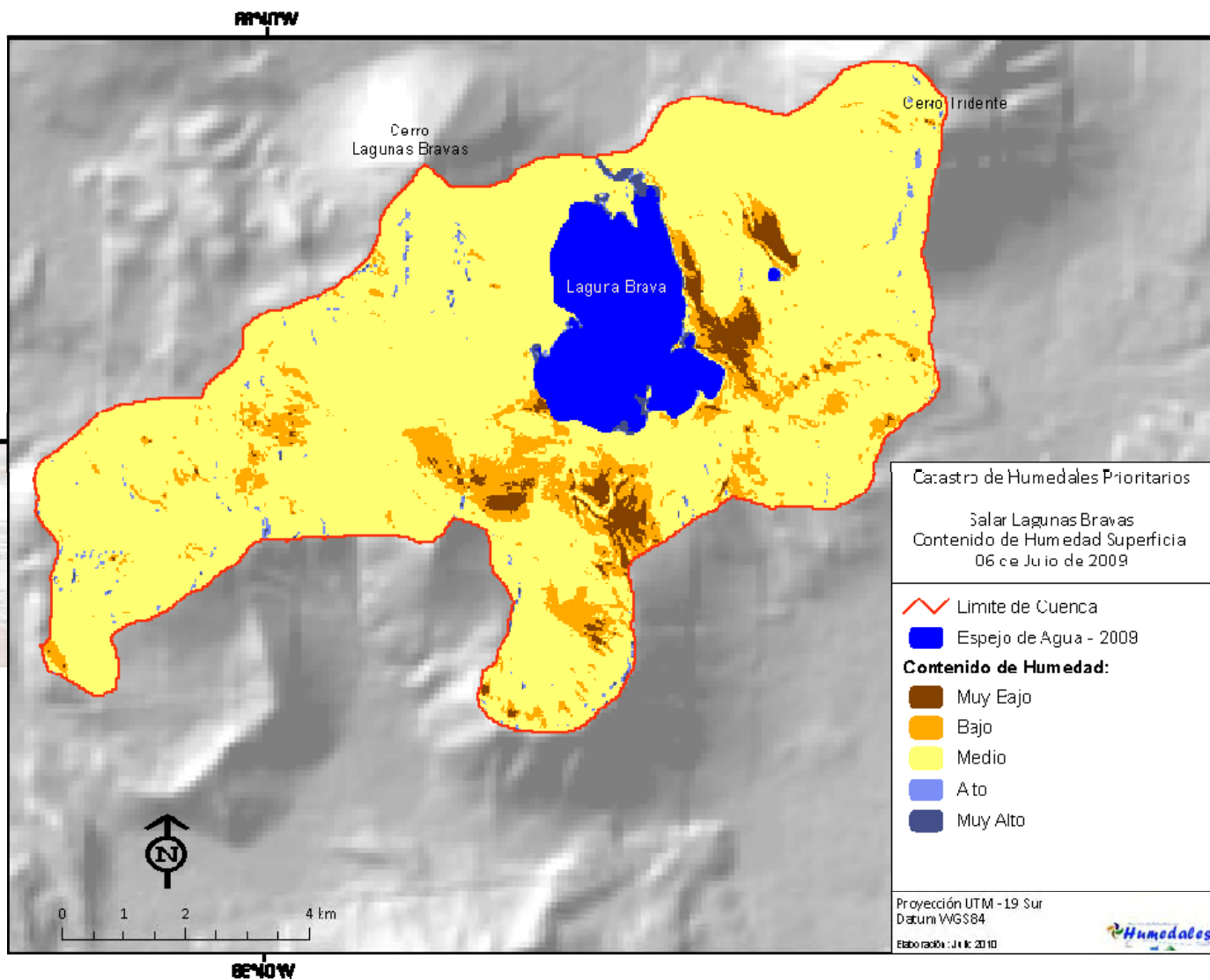


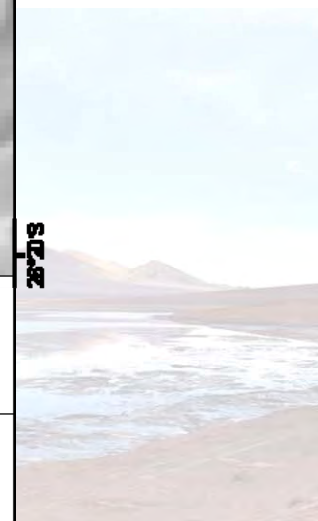
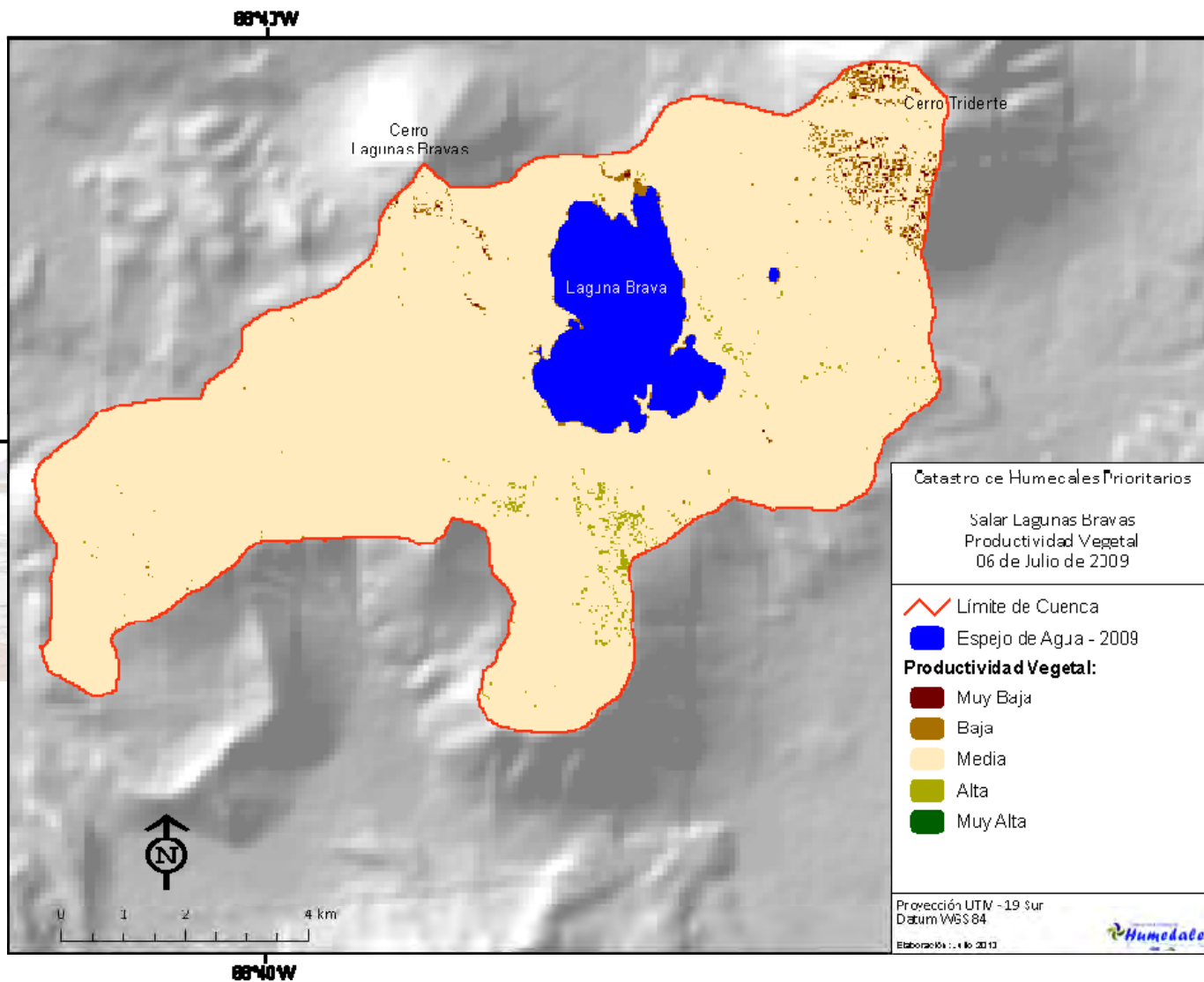


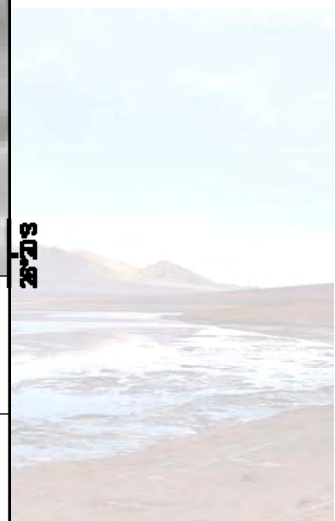
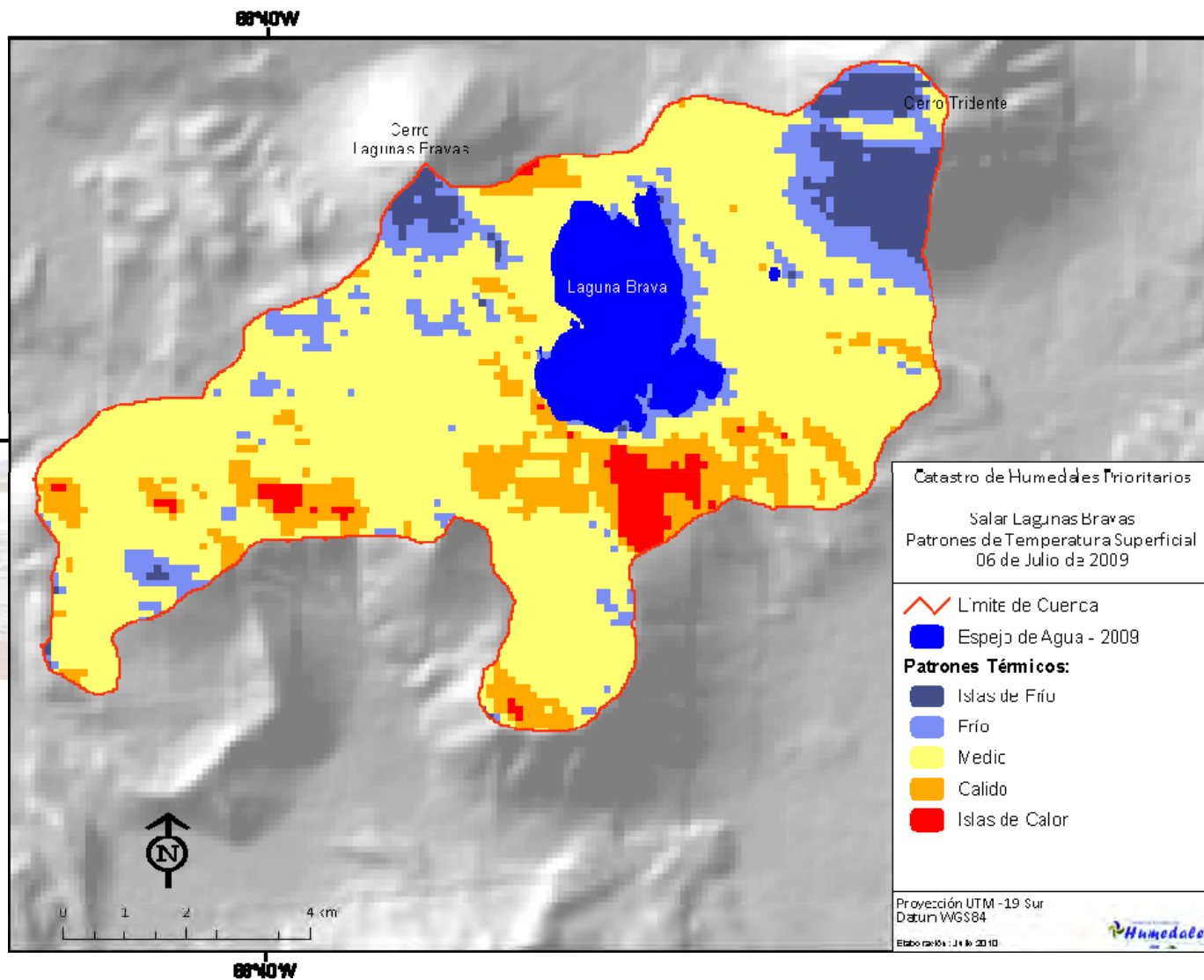












CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



• Los resultados de evolución del área de los espejos de agua dan cuenta de una tendencia a la disminución en la casi totalidad de las cuencas, en el periodo de invierno. Solo tienen un aumento de su espejo de agua los salares del Huasco y Punta Negra, y la Laguna Santa Rosa, asociada al salar Maricunga; es decir, solo aumentaron los cuerpos de agua asociados a las mayores cuencas; además, los valores indican decrecimientos entre el 10 y el 50% con respecto al tamaño del inicio del periodo analizado.

• El análisis temporal de las cuencas estudiadas muestran cambios variables para cada uno de los indicadores, y para cada cuenca en particular:

- **Productividad Vegetal:** Solo 4 humedales muestran un aumento de las áreas de mayor productividad vegetal: Ascotan, Coposa, Laguna Verde y Punta Negra; el resto se mantiene baja la tendencia.

- **Concentración de Biomasa:** Muestran aumento de áreas de mayor concentración de biomasa: Lagos Chungara y Cotacotani, Laguna Verde, Lagunas Miscanti y Meñiques y Salar de Tara.

- **Contenido de Humedad:** El caso es al contrario, la mayoría aumenta las áreas de mayor contenido de humedad, excepto cinco: Aguas Calientes, Laguna Verde, Lagunas Miscanti y Meñique, Pujsa y Surire.

- **Patrones de Temperatura:** Solo dos humedales mejoran las condiciones de frío superficial en la cuenca, Salar Coposa y laguna Santa Rosa

• De esta manera, el comportamiento en el tiempo de los humedales es irregular y no muestra un patrón claro de cambio, a la escala y resolución trabajada; esto condicionaría un mejoramiento del análisis mediante dos formulas:

- Utilización de imágenes de mejor resolución
- Un mejoramiento del análisis con otros indicadores más específicos

• En este sentido, las cuencas no muestran, en su mayoría, tendencias significativas; salvo tres humedales que muestran en todos los indicadores medidos tendencias a la baja: Salar de Aguas Calientes, Salar de Pujsa y Salar de Surire.

• Como se menciona anteriormente, las dificultades del estudio están relacionadas principalmente con las características del sensor analizado, por lo cual, se recomienda, para un análisis de mayor detalle; la utilización de imágenes multiespectrales de resoluciones entre los 5 y los 15 metros, como aster, spot, jaxa, etc.

• Así mismo, el estudio muestra las bondades del análisis multitemporal, pero queda claro también la posibilidad de hacerlo con menores intervalos de tiempo.

• Por otro lado, las tendencias de los indicadores medidos muestran que los estudios multitemporales dan cuenta de las tendencias que están van desarrollando, por lo cual, se recomienda ampliar los indicadores a medir de acuerdo a los requerimientos de los especialistas en vegetación de los humedales

GRACIAS!

