



PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL SALAR DE ATACAMA

Informe de Monitoreo Contenido de Humedad del Suelo

Etapa Operación

INFORME II. Campañas de terreno de enero, abril, julio y octubre de 2009

**Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera
en el Salar de Atacama**



CONTENIDOS

| | | |
|------|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2 | METODOLOGÍA..... | 4 |
| 2.1. | Ubicación de puntos de muestreo..... | 4 |
| 2.2 | Contenido de humedad del suelo..... | 6 |
| 2.3 | Estado vital de la vegetación | 10 |
| 2.4 | Profundidad de la napa subterránea..... | 11 |
| 3. | RESULTADOS OBTENIDOS | 13 |
| 3.1 | Contenido de humedad del suelo y profundidad de la napa..... | 13 |
| 3.2 | Variación interanual del contenido de humedad del suelo y profundidad de la napa subterránea | 18 |
| 3.3 | Estado vital de la vegetación | 27 |
| 3.4 | Variación interanual de la vitalidad de la vegetación | 32 |

ANEXO I ANÁLISIS ESTADÍSTICO
ANEXO II ESTADO VITAL DE LA VEGETACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Es materia del presente Informe exponer los resultados del seguimiento ambiental del contenido de humedad del suelo en el Borde Este del Salar de Atacama, efectuado durante el año 2009. Estas mediciones forman parte del Plan de Seguimiento Ambiental del EIA Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama, de SQM Salar S.A.

Dicho Plan de Seguimiento Ambiental está contemplado en el numeral 10.3.1 de la Resolución Exenta N° 226/2006 de la Comisión Regional del Medio Ambiente II Región (RCA N° 226/06), que aprueba ambientalmente el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto "Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama" desarrollado por SQM Salar S.A.

La medición de esta variable tiene por objeto detectar cambios en el contenido de humedad del suelo y en la vitalidad de la vegetación presente, producto del bombeo de los pozos de agua del proyecto (Mullay 1, Allana y Camar 2). Para tales efectos, el Plan de Seguimiento contempla la medición simultánea de la profundidad de la napa, del contenido de humedad del suelo y de la vitalidad de la vegetación en 18 puntos de muestreo (Figura 2.1) ubicados en el área de influencia hidrogeológica del proyecto.

Durante el año 2008 se inició en forma escalonada el bombeo de agua para uso industrial con la puesta en marcha del pozo Camar 2 en el mes de marzo y los pozos Allana y Mullay en el mes de septiembre. Las campañas de monitoreo incluidas en este informe fueron realizadas en los meses de Enero, Abril, Julio y Octubre del año 2009 y todas corresponden a campañas en etapa de operación del proyecto (ver tabla 1.1).

TABLA 1.1
VARIABLES DE MEDICIÓN EVALUADAS EN LOS INFORMES DE MONITOREO DE
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN EL SALAR DE ATACAMA
DE ACUERDO A LO ESTABLECIDO EN LA RCA 226/06.

| Variables de medición (RCA N° 226/06) | Frecuencia de Medición (RCA N° 226/06) | | Etapa Pre-Operación (Fechas campañas) | | | | INICIO BOMBEO POZO CAMAR 2. 13 DE MARZO DE 2008 | Etapa Operación (Fechas campañas) | | | | | | INICIO BOMBEO POZOS ALLANA Y MULLAY 1. 15 DE SEPTIEMB RE DE 2008 |
|--|---|-----------------|--|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--|
| | Etapa Pre-Operación | Etapa Operación | Abril-2007 Campaña 1 | Julio 2007 Campaña 2 | Octubre 2007 Campaña 3 | Enero 2008 Campaña 4 | | Abril 2008 Campaña 5 | Julio 2008 Campaña 6 | Octubre 2008 Campaña 7 | Enero 2009 Campaña 8 | Abril 2009 Campaña 9 | Julio 2009 Campaña 10 | |
| Contenido de humedad del suelo | 1 vez | Trimestral | | (1) | (1) | | | | | | | | | |
| Estado vital de la vegetación | 1 vez | Bianual | | (1) | (1) | | | (1) | | | | (1) | (1) | |
| Nivel de la napa | 1 vez | Trimestral | (2) | | | | | | | | | | | |

(1) Corresponde a mediciones adicionales no contempladas en la RCA 226/06.

(2) A la fecha de este monitoreo (abril de 2007) los pozos de monitoreo no se encontraban habilitados, por lo que no se cuenta con información para esta variable.

2 METODOLOGÍA

2.1. Ubicación de puntos de muestreo

En forma previa al inicio del bombeo, en el mes de abril de 2007, se instaló una parcela circular de radio 5 m en forma contigua a cada pozo de monitoreo de nivel freático (ver Tabla 2.1 y Figura 2.1), en la cual se realizó una calicata para la medición de contenido de humedad del suelo, y se marcaron con placas metálicas un conjunto de ejemplares de las especies vegetales presentes. En el caso de las especies herbáceas se consideró toda la biomasa vegetal ubicada al interior de la parcela.

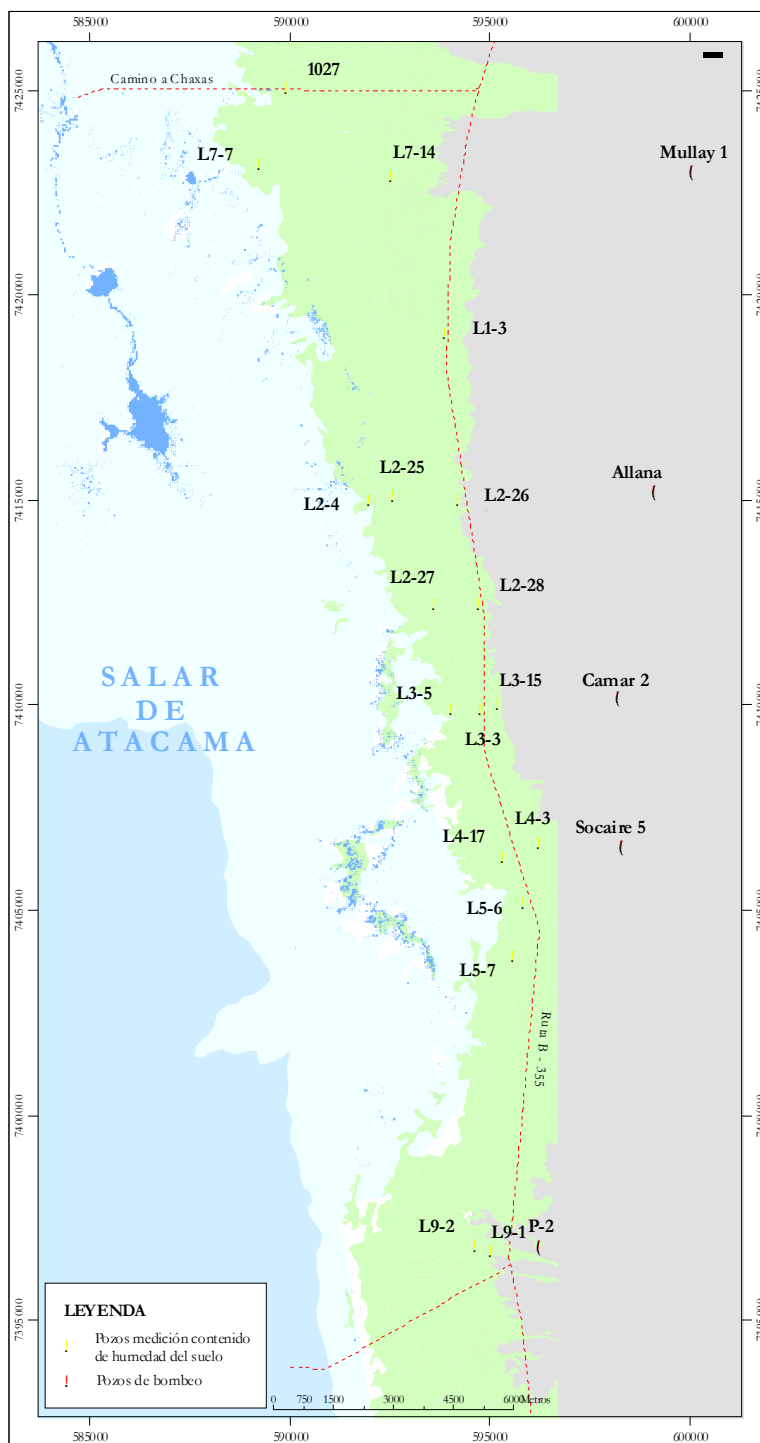
La Tabla 2.1 y Figura 2.1 indican la ubicación en coordenadas UTM (Datum Psad 56) de los puntos de muestreo del contenido de humedad del suelo, el pozo de monitoreo de profundidad de la napa y la formación vegetal existente en cada punto.

TABLA 2.1
UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO Y ESPECIES VEGETALES PRESENTES

| Nº | Pozo | Este | Norte | Especies vegetales presentes (abril 2007) |
|----|---------------------|-----------|---------|---|
| 1 | 1027 | 7.425.017 | 589.996 | <i>Distichlis spicata</i> , <i>Nitrophilla atacamensis</i> |
| 2 | L7-7 | 7.423.190 | 589.303 | <i>Juncus balticus</i> , <i>Nitrophilla atacamensis</i> |
| 3 | L7-14 | 7.422.900 | 592.600 | <i>Tessaria absinthioides</i> |
| 4 | L1-3 | 7.419.080 | 593.909 | <i>Atriplex atacamensis</i> |
| 5 | L2-26 | 7.415.000 | 594.250 | <i>Tessaria absinthioides</i> |
| 6 | L2-25 | 7.415.077 | 592.645 | <i>Atriplex atacamensis</i> , <i>Distichlis spicata</i> |
| 7 | L2-4 | 7.414.984 | 592.031 | <i>Atriplex atacamensis</i> , <i>Tessaria absinthioides</i> |
| 8 | L2-28 | 7.412.480 | 594.770 | <i>Scirpus americanus</i> , <i>Tessaria absinthioides</i> |
| 9 | L2-27 | 7.412.480 | 593.670 | <i>Distichlis spicata</i> , <i>Tessaria absinthioides</i> |
| 10 | L3-15 | 7.410.000 | 595.270 | <i>Tessaria absinthioides</i> |
| 11 | L3-5 | 7.409.890 | 594.086 | <i>Atriplex atacamensis</i> , <i>Distichlis spicata</i> , <i>Tessaria absinthioides</i> |
| 12 | L3-3 | 7.409.882 | 594.816 | <i>Tessaria absinthioides</i> |
| 13 | L4-3 | 7.406.648 | 596.294 | <i>Acantholippia deserticola</i> |
| 14 | L4-17 | 7.406.312 | 595.380 | <i>Tessaria absinthioides</i> |
| 15 | L5-6 ⁽¹⁾ | 7.405.190 | 595.903 | <i>Tessaria absinthioides</i> |
| 16 | L5-7 | 7.403.910 | 595.653 | <i>Tessaria absinthioides</i> |
| 17 | L9-2 | 7.396.800 | 594.684 | <i>Atriplex atacamensis</i> , <i>Tessaria absinthioides</i> |
| 18 | L9-1 | 7.396.685 | 595.067 | <i>Tessaria absinthioides</i> |

(1) El pozo L5-6 reemplaza al pozo L4-7, ya que este último se encontraba fuera de la formación vegetal matorral ralo Brea - Cachiyuyo

FIGURA 2.1
UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO



2.2 Contenido de humedad del suelo

El contenido de humedad del suelo se mide en un total de 18 puntos de monitoreo (Tabla 2.1 y Figura 2.1). En cada punto se realiza una calicata desde donde se obtienen las muestras de suelo para efectuar la medición del contenido de humedad en el laboratorio. En forma previa al inicio del bombeo, en abril de 2007, se estableció la profundidad a la que se desarrollan las raíces de las especies vegetales presentes en cada punto de monitoreo, de esta forma, se seleccionó el estrato del suelo a partir del cual se extraen las muestras para las campañas trimestrales.

En cada punto de muestreo se extraen tres muestras del estrato del suelo donde se desarrollan las raíces de las plantas, el que fue definido en el mes de abril de 2007 y estandarizado para las campañas sucesivas. De esta forma la determinación del contenido de humedad en cada punto de muestreo se efectúa a partir del promedio de las tres muestras. En total se extraen 54 muestras de suelo.

La determinación del contenido de humedad del suelo se efectúa en el Laboratorio Metalúrgico de SQM Salar S.A., ubicado en el sector MOP de las operaciones de la empresa en el Salar de Atacama. Este laboratorio cuenta con personal y equipamiento adecuado para el análisis de las muestras.

La metodología empleada para la determinación del contenido de humedad de cada muestra contempla las siguientes etapas.

- a. Pesado de bolsas y rotulación
- b. Toma de muestras en terreno
- c. Pesado de muestras húmedas
- d. Secado y pesado de muestras secas
- e. Cálculo del contenido de humedad gravimétrico del suelo

Los detalles de cada etapa se exponen a continuación. La Figura 2.2 presenta ilustraciones del procedimiento empleado. La Tabla 2.2 indica el estrato del suelo con presencia de raíces, a partir del cual se extraen las muestras.

- a. Pesado de bolsas y rotulación

En forma previa a la toma de muestras en terreno se pesa cada una de las bolsas a utilizar. Para tales efectos, se utiliza una balanza de precisión de 0,1 gr. Posteriormente cada bolsa es rotulada con un código, registrándose su peso en un formulario. Se utilizan bolsas de polietileno transparente de 0,25 mm de espesor.

b. Toma de muestras en terreno

En cada punto de monitoreo se toman tres muestras de suelo de aproximadamente 500 gr. las que son introducidas en las bolsas previamente rotuladas y selladas con cinta adhesiva. Una vez tomadas las tres muestras del punto de monitoreo, se introducen en una cuarta bolsa de similares características, la que es doblada y sellada con el fin de evitar pérdidas de humedad. Las muestras son transportadas al laboratorio el mismo día que son tomadas en terreno.

La profundidad de la toma de muestras se realiza en el estrato del perfil del suelo con presencia de raíces (Tabla 2.2).

TABLA 2.2
PROFUNDIDAD DEL ESTRATO CON PRESENCIA DE RAICES

| Nº | Pozo | Profundidad del estrato (cm.) |
|----|-------|-------------------------------|
| 1 | 1027 | 17-35 |
| 2 | L7-7 | 25-35 |
| 3 | L7-14 | 25-45 |
| 4 | L1-3 | 57-67 |
| 5 | L2-26 | 40-50 |
| 6 | L2-25 | 25-30 |
| 7 | L2-4 | 40-50 |
| 8 | L2-28 | 30 |
| 9 | L2-27 | 10-45 |
| 10 | L3-15 | 70-80 |
| 11 | L3-5 | 35-60 |
| 12 | L3-3 | 53-70 |
| 13 | L4-3 | 40-50 |
| 14 | L4-17 | 25-35 |
| 15 | L5-6 | 55-60 |
| 16 | L5-7 | 70-90 |
| 17 | L9-2 | 48-70 |
| 18 | L9-1 | 37-60 |

c. Pesado de muestras húmedas

En el laboratorio se pesan las muestras de suelo, sin abrir las bolsas, utilizando la misma balanza de precisión 0,1 g empleada para pesar las bolsas (ver letra a). De esta forma se determina el peso húmedo de la muestra en gramos, el que es registrado en el formulario respectivo.

d. Secado y pesado de muestras secas

Posteriormente cada muestra de suelo es extraída de su respectiva bolsa con la ayuda de una espátula, cuidando que las partículas de suelo no queden sujetas al plástico. El suelo extraído se dispone sobre una bandeja de aluminio (previamente

pesada) que se lleva a una estufa de circulación de aire por 48 horas a $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$, a objeto de secar la muestra y extraer el agua.

Una vez transcurridas las 48 horas, se sacan las muestras del horno y se pesan en una balanza con precisión de 0,1 g. Los resultados obtenidos son registrados en el formulario respectivo.

e. Cálculo del contenido de humedad gravimétrico del suelo

Se realiza el cálculo del contenido gravimétrico de humedad del suelo para cada muestra y su repetición mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Ch}_g = (\text{Ph} - \text{Ps} / \text{Ps})$$

Donde:

Ch_g : Contenido de humedad gravimétrico (gr/gr)

Ph : Peso húmedo de la muestra (gramos) menos el peso de la bolsa (gramos)

Ps : Peso seco de la muestra (gramos) menos el peso de la bandeja (gramos)

FIGURA 2.2
METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO



Etapa B: Toma de datos en terreno. Excavación de calicatas



Etapa B: Toma de datos en terreno. Embolsado de muestras en terreno



Etapa C: Pesado de muestras húmedas. Balanza de precisión.



Etapa D: Secado y pesado de muestras secas. Extracción de la muestra de suelo con espátula.



Etapa D: Secado y pesado de muestras secas. Estufa con circulación de aire utilizada para secar las muestras.



Etapa D: Secado y pesado de muestras secas. Muestras secas en proceso de pesado.

2.3 Estado vital de la vegetación

Durante la primera campaña de monitoreo realizada en abril de 2007 se instaló una parcela circular de radio 5 metros en el sector con vegetación más próximo a cada pozo de monitoreo de profundidad de la napa. En cada parcela se marcó un total de 10 ejemplares de las especies arbustivas presentes en el lugar. En el caso de las especies herbáceas se consideró toda la biomasa presente en la parcela. En el caso de existir menos de 10 ejemplares al interior de la parcela, se marcaron y midieron todos los ejemplares presentes. La marcación se efectuó mediante la instalación de placas de aluminio numeradas (Figura 2.3-A). En las campañas posteriores se evalúa la vitalidad de los ejemplares marcados, a partir de la medición de las siguientes variables:

- a. Altura. Con una huincha se registró la altura en cm. (Figura 2.2-B). Se mide la altura que presenta el follaje fotosintéticamente activo (verde). En el caso de que un individuo presente 0% de copa verde, este atributo no se mide. No se mide altura de especies herbáceas.
- b. Porcentaje de copa verde. De acuerdo con las siguientes categorías:

TABLA 2.3
CATEGORÍAS DE % DE COPA VERDE

| Categoría | Porcentaje (%) |
|-----------|----------------|
| 1 | 0 |
| 2 | <5 |
| 3 | 5-25 |
| 4 | 25-50 |
| 5 | 50-75 |
| 6 | 75-100 |

- c. Vigor. De acuerdo con las siguientes categorías:

TABLA 2.4
CATEGORÍAS DE VIGOR

| Categoría | Vigor |
|-----------|--|
| 1 | Plantas secas |
| 2 | Muy débil sin producción de frutos, con signos de ataque de patógenos |
| 3 | Débil, capaz de producir algunos frutos, signos leves de ataque de patógenos |
| 4 | Crecimiento normal, producción de frutos, sin signos de patógenos |
| 5 | Excepcionalmente vigoroso |

- d. Fase Fenológica. De acuerdo con las siguientes categorías:

TABLA 2.5
FASES FENOLOGICAS

| Categoría | Fase fenológica |
|-----------|------------------------|
| 1 | Senescente |
| 2 | Crecimiento vegetativo |

TABLA 2.5
FASES FENOLOGICAS

| Categoría | Fase fenológica |
|-----------|-----------------|
| 3 | Floración |
| 4 | Fructificación |

Adicionalmente se efectúa un registro fotográfico de los ejemplares marcados.

FIGURA 2.3
MEDICIÓN DEL ESTADO VITAL DE LA VEGETACIÓN



A.-Rotulación de individuos



B.- Medición de altura de los individuos

2.4 Profundidad de la napa subterránea

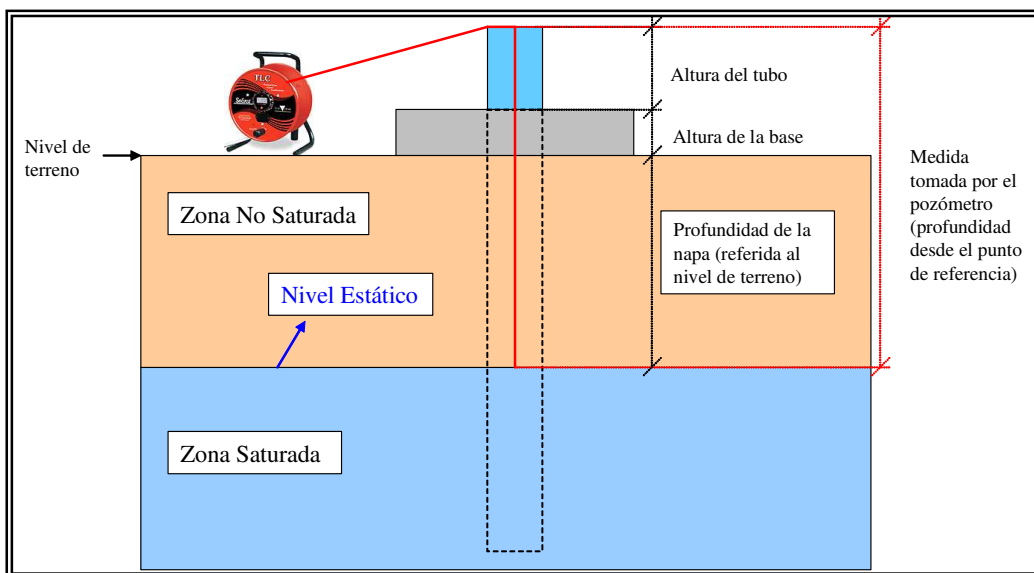
La profundidad de la napa subterránea se realiza con un pozómetro (Figura 2.3-A), que consiste en una cinta resistente graduada al milímetro que cuenta en uno de sus extremos con un sensor sonoro y lumínico que detecta la presencia del nivel de agua. Para facilitar su utilización la cinta se enrolla con ayuda de una manivela en un carrete diseñado especialmente.

La medida que se realiza en terreno corresponde a la distancia entre el extremo superior del tubo que sobresale en la superficie y la napa o el “espejo de agua”. Para obtener la verdadera profundidad a la que se encuentra la napa, es decir, la profundidad referida al nivel de terreno y no al extremo del tubo sobresaliente, se debe restar al valor registrado por el pozómetro la altura de dicho tubo y la altura de la base de cemento que rodea a dicho tubo (Figura 2.3-B).

FIGURA 2.4
METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN DE PROFUNDIDAD DE LA NAPA



A.- Pozómetro



B.- Esquema de la medición con pozómetro de la profundidad de la napa en un pozo

3. RESULTADOS OBTENIDOS

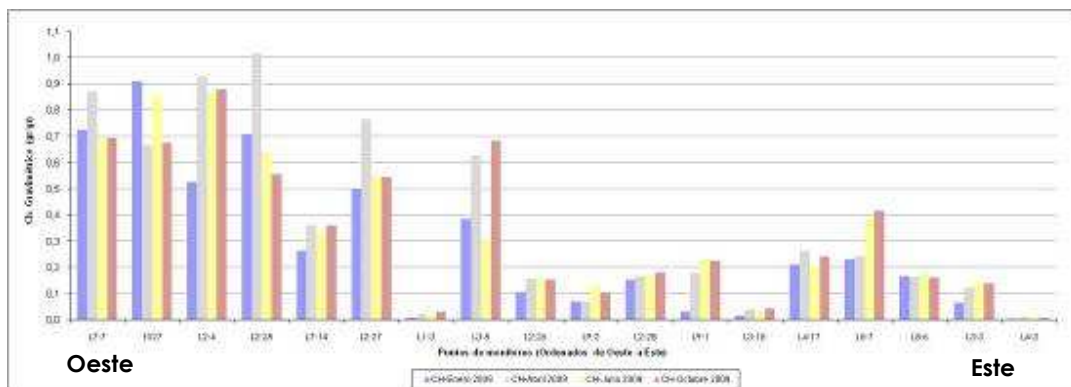
3.1 Contenido de humedad del suelo y profundidad de la napa

A continuación se presentan los resultados de las mediciones del contenido de humedad del suelo y la profundidad de la napa para las cuatro campañas de monitoreo del año 2009 (Enero, Abril, Julio y Octubre).

TABLA 3.1
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO Y PROFUNDIDAD DE LA NAPA DE LOS 18
PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑAS DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE DE 2009

| Pozo (O-E) | CH gravimétrico (gr./gr.) | | | | Profundidad Napa (m) | | | |
|---------------|---------------------------|---------------|---------------|--------------|----------------------|---------------|---------------|--------------|
| | Enero 2009 | Abril 2009 | Julio 2009 | Oct. 2009 | Enero 2009 | Abril 2009 | Julio 2009 | Oct. 2009 |
| L7-7 | 0,723 | 0,872 | 0,693 | 0,694 | 0,459 | 0,628 | 0,475 | 0,408 |
| 1027 | 0,908 | 0,666 | 0,857 | 0,673 | 0,445 | 0,510 | 0,416 | 0,395 |
| L2-4 | 0,524 | 0,929 | 0,868 | 0,878 | 0,829 | 0,861 | 0,798 | 0,795 |
| L2-25 | 0,707 | 1,017 | 0,642 | 0,556 | 0,551 | 0,621 | 0,544 | 0,538 |
| L7-14 | 0,263 | 0,362 | 0,332 | 0,358 | 1,542 | 1,598 | 1,557 | 1,526 |
| L2-27 | 0,501 | 0,766 | 0,546 | 0,545 | 0,891 | 1,181 | 0,854 | 0,832 |
| L1-3 | 0,007 | 0,019 | 0,022 | 0,030 | 6,538 | 6,554 | 6,550 | 6,541 |
| L3-5 | 0,385 | 0,628 | 0,304 | 0,681 | 0,058 | 0,087 | 0,052 | 0,052 |
| L2-26 | 0,104 | 0,156 | 0,156 | 0,153 | 3,495 | 3,554 | 3,509 | 3,521 |
| L9-2 | 0,069 | 0,068 | 0,129 | 0,102 | 4,104 | 4,190 | 4,151 | 4,117 |
| L2-28 | 0,151 | 0,167 | 0,168 | 0,178 | 2,730 | 2,890 | 2,757 | 2,729 |
| L9-1 | 0,031 | 0,178 | 0,228 | 0,224 | 5,652 | 5,704 | 5,689 | 5,673 |
| L3-15 | 0,014 | 0,039 | 0,031 | 0,043 | 3,040 | 3,555 | 3,520 | 3,544 |
| L4-17 | 0,209 | 0,263 | 0,202 | 0,241 | 1,820 | 1,866 | 1,835 | 1,825 |
| L5-7 | 0,230 | 0,244 | 0,388 | 0,416 | 1,611 | 1,758 | 1,560 | 1,538 |
| L5-6 | 0,166 | 0,163 | 0,177 | 0,159 | 1,966 | 2,066 | 1,896 | 1,883 |
| L3-3 | 0,063 | 0,121 | 0,142 | 0,138 | 2,948 | 2,971 | 2,921 | 2,914 |
| L4-3 | 0,003 | 0,009 | 0,010 | 0,006 | 16,009 | 16,055 | 16,047 | 16,113 |

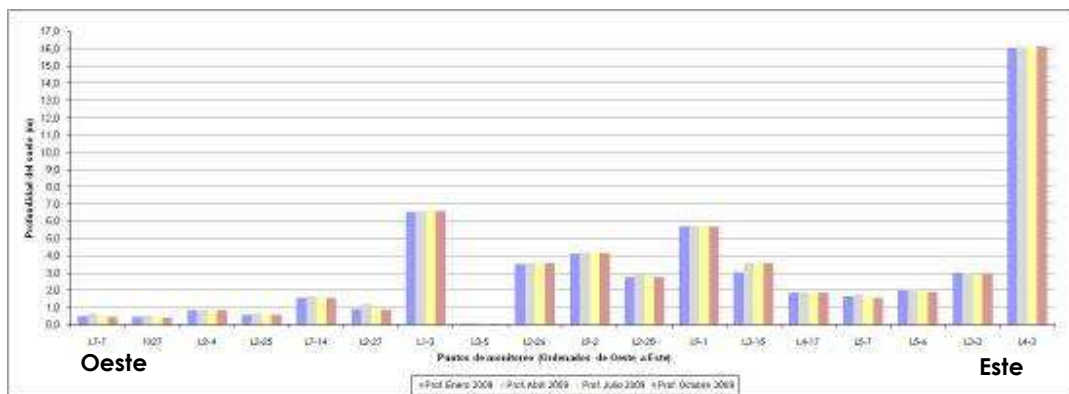
FIGURA 3.1
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO
EN LAS CAMPAÑAS DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE DE 2009.



La Figura 3.1 muestra el comportamiento del contenido de humedad del suelo en los 18 puntos de medición evaluados en las 4 campañas de monitoreo del año 2009 (enero, abril, julio y octubre). Los puntos de medición de la figura se encuentran ordenados de oeste a este. Se puede observar que los mayores valores de contenido de humedad del suelo se ubican hacia el oeste, mientras que los valores más bajos se ubican en puntos hacia el este. La excepción la constituye el pozo L1-3 el que presentó bajos valores (< 0,030 gr/gr) para las 4 campañas de monitoreo (enero, abril, julio y octubre). Como se verá más adelante este pozo presenta el mismo comportamiento que en años anteriores. De acuerdo al estudio de suelos realizado en la primera campaña de monitoreo (abril de 2007) en donde se analizaron las propiedades físicas, químicas y biológicas de cada punto de muestreo el pozo L1-3 presenta características distintas con respecto a los puntos de muestreo cercanos, un porcentaje mucho menor de humedad retenida y una textura con presencia de arena, lo que explica el bajo contenido de humedad que presenta de manera consecutiva en las distintas campañas de monitoreo.

En la figura es posible observar que los pozos que presentaron mayores variaciones del contenido de humedad a lo largo del año son aquellos que se ubican en el sector oeste. Los pozos que presentaron mayores variaciones en el contenido de humedad del suelo durante las 4 campañas de monitoreo del año 2009 fueron L2-25, L2-4 y L3-5. Aquellos que presentaron las menores variaciones fueron L4-3, L5-6 y L1-3.

FIGURA 3.2
PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 POZOS
EN LAS CAMPAÑAS DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE DE 2009.



La Figura 3.2 muestra el comportamiento que ha tenido la profundidad de la napa en los 18 pozos de monitoreo durante las 4 campañas llevadas a cabo el año 2009 (enero, abril, julio y octubre). Los pozos están ordenados en sentido oeste-este. Se aprecia que los pozos de monitoreo presentaron profundidades que van desde 0,052 m (es decir, el agua se encuentra casi a nivel de superficie), como en el caso del pozo L3-5, hasta 16,113 m en el caso del pozo L4-3. En general, se observa que los pozos ubicados hacia el oeste presentan menores profundidades que los pozos ubicados hacia el este. Esto se debe a que en este sector la napa subterránea se presenta más superficial, la que aumenta en profundidad en dirección hacia el este, este comportamiento se relaciona con el contenido de humedad del suelo ya que a mayor profundidad de la napa el contenido de humedad es menor y viceversa. En el 61% de los pozos los valores más bajos de profundidad de la napa se registraron durante la campaña de octubre de 2009 y el 94% presentó los más altos durante la campaña de abril de 2009. Las variaciones del nivel de la napa fluctuaron entre unos pocos milímetros hasta los 50 cm. El pozo que presentó mayor variación entre campañas fue el L3-15 en el que la napa fluctuó 51 cm y el que presentó menores variaciones durante el año fue el pozo L1-3 con cerca de 1 cm.

Las figuras 3.3 a la 3.6 muestran el contenido de humedad gravimétrico del suelo (gr/gr) versus la profundidad de la napa en los 18 puntos de monitoreo para las campañas de enero, abril, julio y octubre de 2009 respectivamente. Es posible observar que las mayores variaciones a lo largo del año en el contenido de humedad del suelo se dan en aquellos puntos ubicados en el sector oeste, esta tendencia queda demostrada por los puntos que presentaron las mayores variaciones a lo largo del año, a saber, L2-25 con una variación de 0,461 gr/gr entre el valor más alto (campaña de abril) y el valor más bajo (campaña de octubre) le sigue el punto de monitoreo L2-4 con una variación de 0,405 gr/gr entre el valor más alto (campaña de abril) y el valor más bajo (campaña de enero), en tercer lugar se ubica el punto L3-5 con una variación de 0,377 gr/gr entre el valor más alto (campaña de octubre) y el valor más bajo (campaña de julio) y por último el punto L2-27 con una variación de 0,265 gr/gr entre el valor más alto (campaña de abril) y el valor más bajo (campaña de enero).

El punto de monitoreo que presentó la menor variación entre campañas de medición fue el L4-3 con un valor de 0,006 gr/gr entre el valor más alto (campaña de julio) y el valor más bajo (campaña de enero).

Con respecto a la profundidad de la napa, se observa que en el 61% de los pozos (11 de 18) los valores más bajos de profundidad de la napa se registraron durante la campaña de octubre de 2009 y en el 94% (17 de 18) los más altos durante la campaña de abril de 2009. Esta variable muestra pequeñas variaciones entre campañas de monitoreo siendo las más importantes las de los pozos L3-15 con 0,515 m de variación entre el valor más alto (campaña de abril) y el valor más bajo (campaña de enero), L2-27 con 0,349 m entre el valor más alto (campaña de abril) y el valor más bajo (campaña de octubre) y en tercer lugar los pozos L7-7 y L5-7 con 0,220 m entre el valor más alto (campaña de abril) y el valor más bajo (campaña de enero) para ambos pozos.

Es posible señalar que existe una relación inversa entre contenido de humedad y profundidad de la napa para las 4 campañas de monitoreo. Es decir, los puntos de monitoreo con alto contenido de humedad del suelo presentaron a su vez baja profundidad de napa subterránea. Este comportamiento es esperable, por cuanto en los sectores donde la napa subterránea se encuentra cerca de la superficie, el agua sube por capilaridad hacia los horizontes más superficiales del suelo, alcanzando el estrato donde se desarrollan las raíces de las plantas (estrato donde se extraen las muestras para la determinación del contenido de humedad del suelo).

FIGURA 3.3
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO V/S PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑA DE ENERO DE 2009.

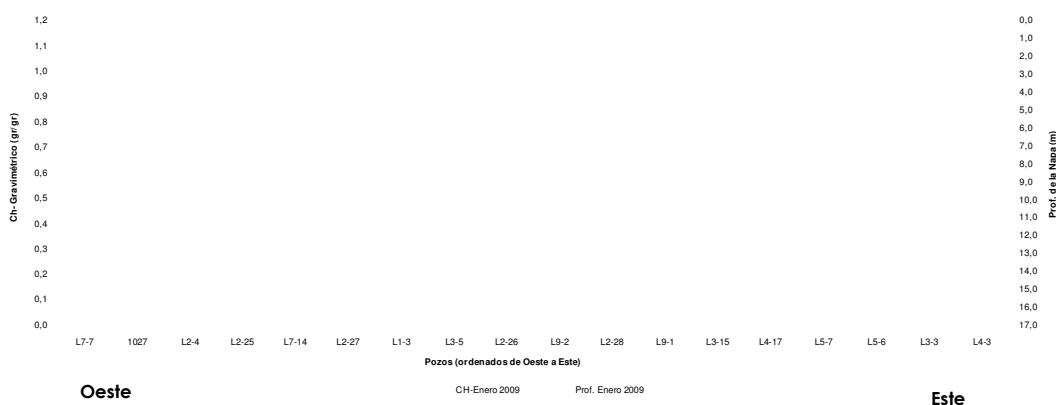


FIGURA 3.4
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO V/S PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑA DE ABRIL DE 2009.

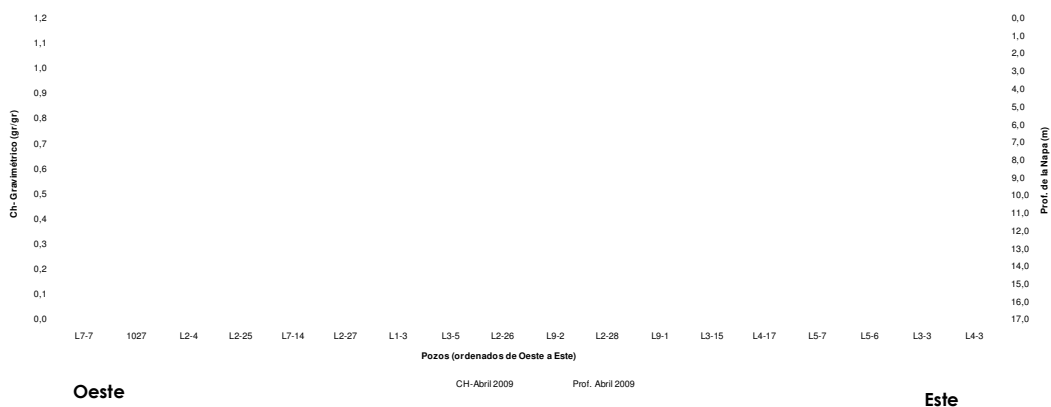


FIGURA 3.5
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO V/S PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑA DE JULIO DE 2009.

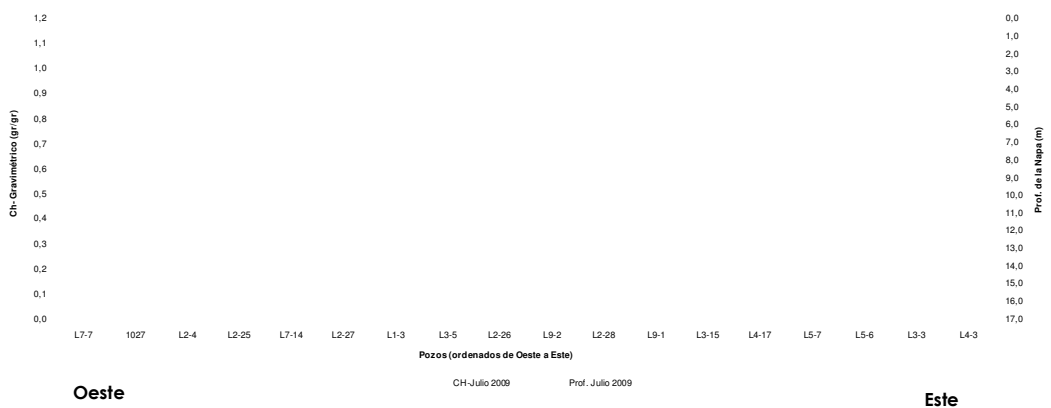
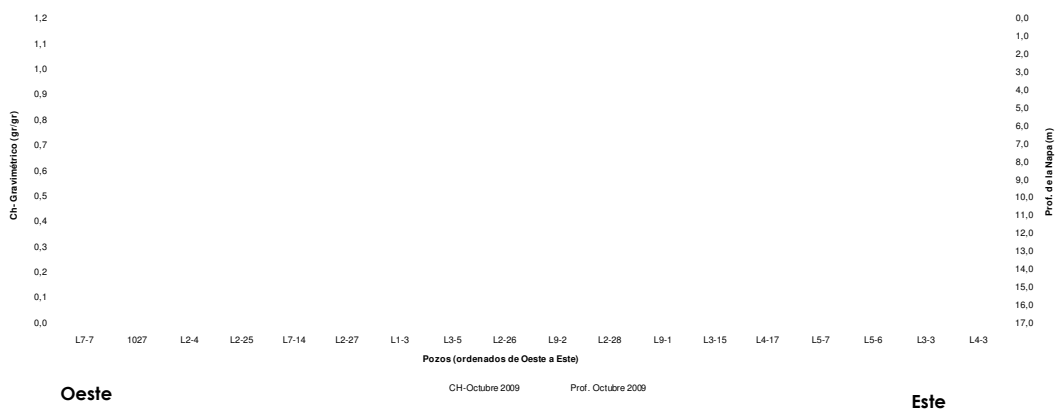


FIGURA 3.6
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO V/S PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑA DE OCTUBRE DE 2009.



3.2 Variación interanual del contenido de humedad del suelo y profundidad de la napa subterránea

A continuación, las tablas 3.3, 3.4 y figura 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10 muestra la comparación interanual del contenido de humedad del suelo y profundidad de la napa para las campañas de enero, abril, julio y octubre de 2007, 2008 y 2009. La campaña de enero de 2007 no presenta datos de contenido de humedad ni de profundidad de la napa debido a que el monitoreo comenzó a realizarse en el mes de abril de 2007. Para la campaña de abril de 2007 no existen datos de profundidad de la napa debido a que en esta fecha los pozos no se encontraban habilitados.

TABLA 3.3
VARIACION INTERANUAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO.
AÑOS 2007, 2008 Y 2009.

| Pozo E-O | CH gravimétrico (gr/gr) Campaña Enero ¹ | | Variación interanual (gr/gr) | CH gravimétrico (gr/gr) Campaña Abril | | | Variación interanual (gr/gr) | CH gravimétrico (gr/gr) Campaña Julio | | | Variación Interanual (gr/gr) | CH gravimétrico (gr/gr) Campaña Octubre | | | Variación Interanual (gr/gr) |
|----------|--|-------|------------------------------|---------------------------------------|-------|-------|------------------------------|---------------------------------------|-------|-------|------------------------------|---|-------|-------|------------------------------|
| | 2008 | 2009 | | 2007 | 2008 | 2009 | | 2007 | 2008 | 2009 | | 2007 | 2008 | 2009 | |
| | L7-7 | 0,798 | | 0,723 | 0,075 | 0,453 | | 0,644 | 0,872 | 0,419 | | ² | 0,577 | 0,693 | |
| 1027 | 0,894 | 0,908 | 0,014 | 0,753 | 0,798 | 0,666 | 0,045 | 0,806 | 0,913 | 0,857 | 0,107 | 0,776 | 0,958 | 0,673 | 0,284 |
| L2-4 | 0,614 | 0,524 | 0,090 | 0,838 | 0,795 | 0,929 | 0,134 | 0,759 | 0,484 | 0,868 | 0,384 | 0,731 | 0,648 | 0,878 | 0,230 |
| L2-25 | 0,935 | 0,707 | 0,228 | 1,079 | 0,817 | 1,017 | 0,262 | 0,987 | 0,583 | 0,642 | 0,404 | 0,974 | 0,712 | 0,556 | 0,418 |
| L7-14 | 0,247 | 0,263 | 0,016 | 0,217 | 0,258 | 0,362 | 0,145 | 0,237 | 0,279 | 0,332 | 0,095 | 0,275 | 0,272 | 0,358 | 0,086 |
| L2-27 | 0,480 | 0,501 | 0,021 | 0,496 | 0,509 | 0,766 | 0,270 | 0,568 | 0,509 | 0,546 | 0,059 | 0,515 | 0,520 | 0,545 | 0,030 |
| L1-3 | 0,013 | 0,007 | 0,006 | 0,040 | 0,029 | 0,019 | 0,021 | 0,024 | 0,031 | 0,022 | 0,009 | 0,012 | 0,024 | 0,030 | 0,018 |
| L3-5 | 0,381 | 0,385 | 0,004 | 0,524 | 0,403 | 0,628 | 0,225 | ¹ | 0,410 | 0,304 | 0,106 | 0,525 | 0,348 | 0,681 | 0,334 |
| L2-26 | 0,127 | 0,104 | 0,023 | 0,183 | 0,131 | 0,156 | 0,052 | ¹ | 0,160 | 0,156 | 0,004 | 0,142 | 0,134 | 0,153 | 0,019 |
| L9-2 | 0,072 | 0,069 | 0,003 | 0,097 | 0,107 | 0,068 | 0,039 | 0,120 | 0,069 | 0,129 | 0,060 | 0,141 | 0,126 | 0,102 | 0,039 |
| L2-28 | 0,149 | 0,151 | 0,002 | 0,183 | 0,157 | 0,167 | 0,026 | ¹ | 0,159 | 0,168 | 0,009 | 0,131 | 0,165 | 0,178 | 0,047 |
| L9-1 | 0,105 | 0,031 | 0,074 | 0,115 | 0,056 | 0,178 | 0,122 | 0,094 | 0,093 | 0,228 | 0,135 | 0,075 | 0,093 | 0,224 | 0,149 |
| L3-15 | 0,031 | 0,014 | 0,017 | 0,066 | 0,052 | 0,039 | 0,027 | ¹ | 0,050 | 0,031 | 0,019 | 0,078 | 0,031 | 0,043 | 0,047 |
| L4-17 | 0,224 | 0,209 | 0,015 | 0,242 | 0,211 | 0,263 | 0,052 | ¹ | 0,208 | 0,202 | 0,006 | 0,208 | 0,225 | 0,241 | 0,033 |
| L5-7 | 0,233 | 0,230 | 0,003 | 0,338 | 0,259 | 0,244 | 0,094 | 0,272 | 0,263 | 0,388 | 0,116 | 0,349 | 0,239 | 0,416 | 0,177 |
| L5-6 | 0,170 | 0,166 | 0,004 | 0,198 | 0,180 | 0,163 | 0,035 | 0,183 | 0,175 | 0,177 | 0,008 | 0,215 | 0,195 | 0,159 | 0,056 |
| L3-3 | 0,103 | 0,063 | 0,040 | 0,133 | 0,132 | 0,121 | 0,012 | 0,097 | 0,109 | 0,142 | 0,045 | 0,166 | 0,134 | 0,138 | 0,032 |
| L4-3 | 0,005 | 0,003 | 0,002 | 0,004 | 0,004 | 0,009 | 0,005 | 0,004 | 0,015 | 0,010 | 0,011 | 0,005 | 0,003 | 0,006 | 0,002 |

¹ La campaña de enero de 2007 no presenta datos de contenido de humedad debido a que el monitoreo comenzó a realizarse en el mes de abril de 2007.

² Estas muestras no presentan datos de contenido de humedad del suelo debido a que debieron ser descartadas por presentar valores fuera de rango.

TABLA 3.4
VARIACION INTERANUAL DE LA PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO
AÑOS 2007, 2008 y 2009.

| Pozo E-O | Profundidad de la napa (m) Campaña Enero | | Variación interanual (m) | Profundidad de la napa (m) Campaña Abril | | Variación interanual (m) | Profundidad de la napa (m) Campaña Julio | | | Variación Interanual (m) | Profundidad de la napa (m) Campaña Octubre | | | Variación Interanual (m) |
|----------|--|--------|--------------------------|--|--------|--------------------------|--|--------|--------|--------------------------|--|--------|--------|--------------------------|
| | 2008 | 2009 | | 2008 | 2009 | | 2007 | 2008 | 2009 | | 2007 | 2008 | 2009 | |
| | L7-7 | 0,521 | | 0,459 | 0,062 | | 0,663 | 0,628 | 0,035 | | 0,545 | 0,480 | 0,475 | |
| 1027 | 0,479 | 0,445 | 0,034 | 0,527 | 0,510 | 0,017 | 0,442 | 0,420 | 0,416 | 0,026 | 0,394 | 0,371 | 0,395 | 0,024 |
| L2-4 | 0,855 | 0,829 | 0,026 | 0,864 | 0,861 | 0,003 | 0,798 | 0,784 | 0,798 | 0,014 | 0,785 | 0,781 | 0,795 | 0,014 |
| L2-25 | 0,575 | 0,551 | 0,024 | 0,584 | 0,621 | 0,037 | 0,563 | 0,548 | 0,544 | 0,019 | 0,561 | 0,544 | 0,538 | 0,023 |
| L7-14 | 1,556 | 1,542 | 0,014 | 1,601 | 1,598 | 0,003 | 1,565 | 1,560 | 1,557 | 0,008 | 1,540 | 1,527 | 1,526 | 0,014 |
| L2-27 | 0,972 | 0,891 | 0,081 | 1,189 | 1,181 | 0,008 | 0,864 | 0,855 | 0,854 | 0,010 | 0,850 | 0,842 | 0,832 | 0,018 |
| L1-3 | 6,525 | 6,538 | 0,013 | 6,441 | 6,554 | 0,113 | 6,527 | 6,548 | 6,550 | 0,023 | 6,525 | 6,543 | 6,541 | 0,018 |
| L3-5 | 0,0632 | 0,058 | 0,005 | 0,087 | 0,087 | 0,000 | 0,013 | 0,056 | 0,052 | 0,043 | -0,001 ³ | 0,052 | 0,052 | 0,051 |
| L2-26 | 3,515 | 3,495 | 0,020 | 3,562 | 3,554 | 0,008 | 3,517 | 3,524 | 3,509 | 0,015 | 3,523 | 3,512 | 3,521 | 0,011 |
| L9-2 | 4,103 | 4,104 | 0,001 | 4,180 | 4,190 | 0,010 | 4,120 | 4,140 | 4,151 | 0,031 | 4,087 | 4,111 | 4,117 | 0,03 |
| L2-28 | 2,771 | 2,730 | 0,041 | 2,865 | 2,890 | 0,025 | 2,733 | 2,737 | 2,757 | 0,024 | 2,715 | 2,707 | 2,729 | 0,022 |
| L9-1 | 5,639 | 5,652 | 0,013 | 5,715 | 5,704 | 0,011 | 5,645 | 5,678 | 5,689 | 0,044 | 5,620 | 5,659 | 5,673 | 0,053 |
| L3-15 | 3,017 | 3,040 | 0,023 | 3,045 | 3,555 | 0,510 | 2,98 | 3,013 | 3,520 | 0,540 | 2,980 | 3,019 | 3,544 | 0,564 |
| L4-17 | 1,804 | 1,820 | 0,016 | 1,845 | 1,866 | 0,021 | 1,769 | 1,820 | 1,835 | 0,066 | 1,758 | 1,795 | 1,825 | 0,067 |
| L5-7 | 1,646 | 1,611 | 0,035 | 1,710 | 1,758 | 0,048 | 1,520 | 1,538 | 1,560 | 0,040 | 1,479 | 1,522 | 1,538 | 0,059 |
| L5-6 | 1,6785 | 1,966 | 0,288 | 1,994 | 2,066 | 0,072 | 1,735 | 1,847 | 1,896 | 0,161 | 1,705 | 1,834 | 1,883 | 0,178 |
| L3-3 | 2,944 | 2,948 | 0,004 | 2,937 | 2,971 | 0,034 | 2,910 | 2,913 | 2,921 | 0,011 | 2,895 | 2,909 | 2,914 | 0,014 |
| L4-3 | 16,022 | 16,009 | 0,013 | 15,982 | 16,055 | 0,073 | 16,089 | 15,987 | 16,047 | 0,102 | 15,992 | 15,989 | 16,113 | 0,003 |

³ El nivel freático se encontraba a nivel de terreno, registrándose afloramiento

FIGURA 3.7
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO V/S PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO.
CAMPAÑAS DE ENERO DE 2007, 2008 Y 2009.

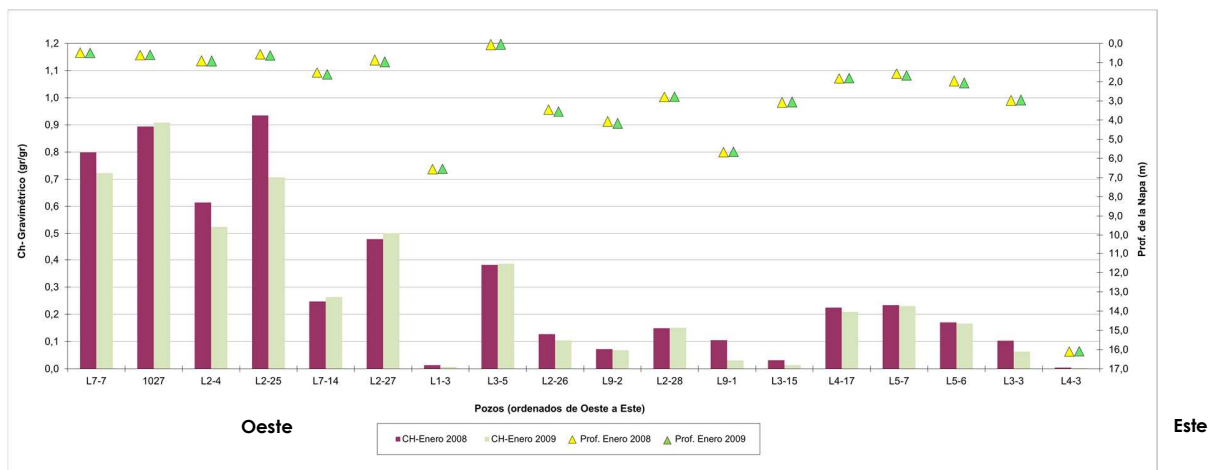


FIGURA 3.8
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO V/S PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO.
CAMPAÑAS DE ABRIL DE 2007, 2008 Y 2009.

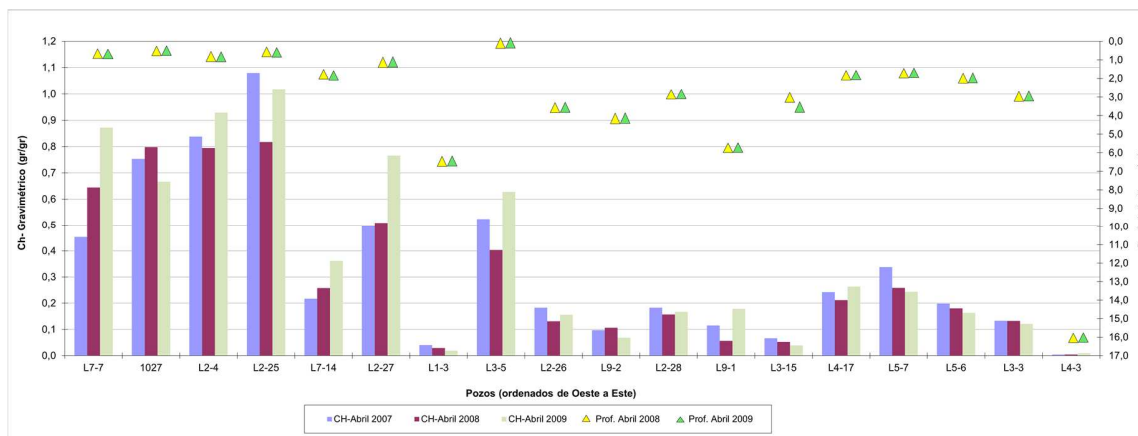


FIGURA 3.9
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO V/S PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO.
CAMPAÑAS DE JULIO DE 2007, 2008 Y 2009.

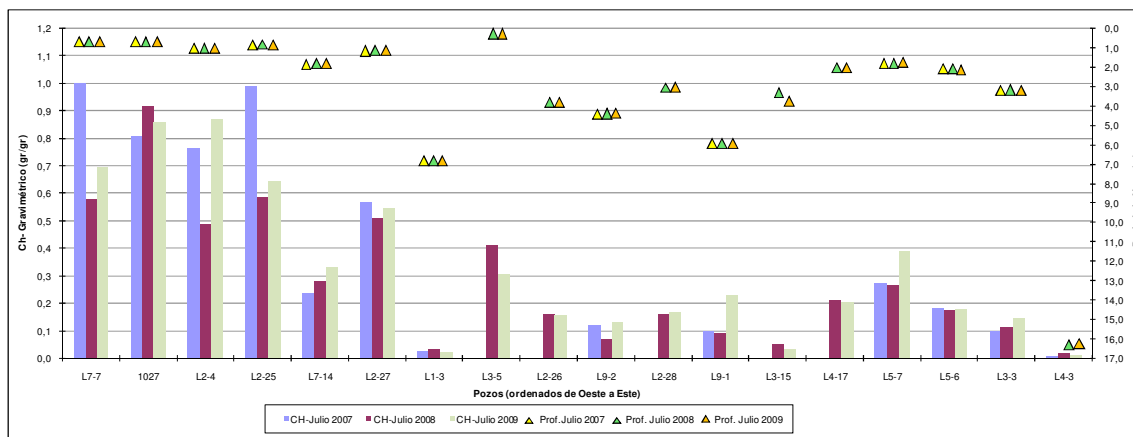
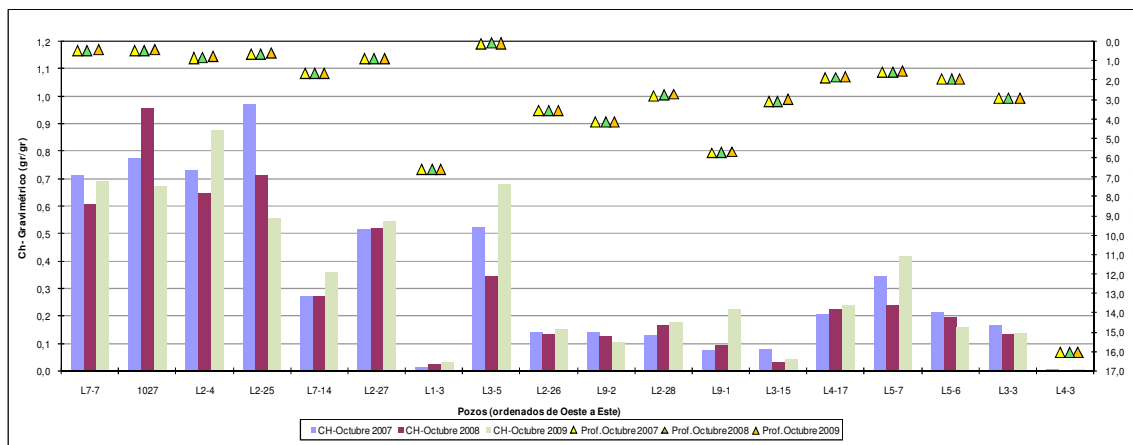


FIGURA 3.10
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO V/S PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO.
CAMPAÑAS DE OCTUBRE DE 2007, 2008 Y 2009.



Se realizó un análisis estadístico (análisis no paramétrico, Anexo I) en el que se hicieron comparaciones entre los promedios del contenido de humedad del suelo obtenidos durante todas las campañas de monitoreo de los 3 años en estudio (2007, 2008 y 2009), con los resultados obtenidos es posible corroborar lo expuesto en la sección 3.1, la existencia de grupos que se ordenan de este a oeste, en el oeste aquellos con mayores contenidos de humedad, en el centro con contenidos de humedad intermedios y en el este aquellos con bajos contenidos de humedad, esto indica que el contenido de humedad del suelo disminuye a medida que los pozos se alejan del núcleo del salar.

De acuerdo a la figura 3.7 y tabla 3.3 se puede indicar que existen variaciones anuales para una misma fecha de monitoreo para el contenido de humedad del suelo. Durante el mes de **enero** 2009 el 72% de los puntos (13) presentaron una disminución del contenido de humedad con respecto al año 2008, el punto que presentó mayores variaciones fue el L2-25 con 0,228 gr/gr, le sigue el L2-4 con 0,090 gr/gr, L7-7 con 0,075 gr/gr y por último L9-1 con 0,074 gr/gr. Aquellos puntos que presentaron menores variaciones entre años ($< 0,002$ gr/gr) fueron L4-3, L2-28 y L9-2.

Con respecto a la profundidad de la napa, durante la campaña de enero 2009 el 67% de los pozos presentó niveles de las napas más superficiales que en 2008 siendo la mayor variación la del pozo L5-6 con 28 cm, le sigue el pozo L2-27 con 8 cm, luego el pozo L7-7 con 6 cm y por último el pozo L2-28 con 4 cm, aquellos que presentaron las menores variaciones (< 4 mm) fueron los pozos L9-2, L3-3 y L3-5.

En el mes de **abril** se observó que el 44% de los puntos (8) presentaron los valores más altos de contenido de humedad del suelo durante la campaña de 2009 con respecto a 2007 y 2008, mientras en esta misma campaña el 39% de los puntos (7) presentaron los valores más bajos de los 3 años. Durante esta campaña los puntos que presentaron las mayores variaciones interanuales fueron L7-7 con 0,419 gr/gr, L2-27 con 0,270 gr/gr, L2-25 con 0,262 gr/gr y L3-5 con 0,225 gr/gr. Aquellos que tuvieron las menores variaciones ($< 0,026$ gr/gr) fueron L4-3, L3-3 y L2-28.

En cuanto a la profundidad de la napa para la campaña se observó que el 55% de los pozos presentó napas más profundas durante 2009 con respecto a 2008, las mayores variaciones interanuales las tuvieron los pozos L3-15 con 51 cm de variación, L1-3 con 3 cm de variación y L5-6 y L4-3 con 7 cm de variación. El pozo L3-5 fue el único pozo que no presentó variaciones durante las campañas manteniendo su profundidad en 8 cm.

Para la campaña de **julio** de 2007 los puntos L7-7, L2-26, L2-28, L3-15, L3-5 y L4-17 no presentan datos debido a que las muestras de suelo debieron descartarse por presentar valores de contenido de humedad del suelo fuera de rango, por lo tanto, las comparaciones que se hagan entre años sólo considerarán los 12 puntos restantes. Durante el año 2008 el 58% de los puntos (7) presentó los valores más bajos de contenido de humedad del suelo mientras durante 2009 el 50% tuvo los valores más altos de las 3 campañas. En cuanto a la variación interanual, el punto que presentó la mayor variación fue el L2-25 con 0,404 gr/gr, le sigue el L2-4 con 0,384 gr/gr, L9-1 con 0,135 y por último el punto L5-7 con 0,116 gr/gr. Por el contrario, los

puntos con las menores variaciones fueron el L5-6 con 0,008 gr/gr, L1-3 con 0,009 gr/gr y L4-3 con 0,011 gr/gr.

Con respecto a la profundidad de la napa durante julio del año 2007 el 55% de los pozos (10) presentaron los valores más bajos de los 3 años, es decir, las napas más superficiales, mientras el año 2009 el comportamiento fue lo contrario, el 50% de los pozos presentó los valores más altos de los 3 años en estudio, es decir, napas más profundas. Los pozos que presentaron las mayores variaciones interanuales fueron el L3-15 con 54 cm, L5-6 con 16 cm, L4-3 con 10 cm y por último L7-7 con 7 cm, aquellos que presentaron las menores variaciones, menores a 1 cm, fueron el L7-14, L2-27 y L3-3.

Para las campañas de **octubre** el contenido de humedad del suelo presentó los valores más altos durante el año 2009 con un 61% de los puntos, mientras para el año 2008 el 50% presentó los valores más bajos de las 3 campañas. En relación a la variación interanual, el punto L2-25 fue el que presentó la mayor variación con 0,418 gr/gr seguido de L3-5 con 0,334 luego L2-7 con 0,284 y finalmente L2-4 con 0,230, aquellos puntos que presentaron las menores variaciones interanuales (< a 0,019 gr/gr) fueron L4-3, L2-26 y L1-3.

En cuanto a la profundidad de la napa durante la campaña de octubre 2009 se registraron el 72% de las napas más profundas (13 pozos) mientras que para el mismo periodo en el año 2007 el 55% de los pozos presentaron las napas más superficiales. Con respecto a la variación interanual, al igual que en las campañas anteriores, el pozo L3-15 fue el que presentó mayor variación llegando a 56 cm, le sigue el pozo L5-6 con 17 cm, L4-17 con 6 cm y por último L9-1 con 5 cm. Los pozos que presentaron menores variaciones (< a 2 cm) fueron los pozos L7-7, L4-3 y L2-28.

Se realizó un análisis estadístico (Modelo de regresión cúbico, Anexo I) en el que se relacionaron las variables de contenido de humedad del suelo con la profundidad de la napa para las campañas realizadas durante los años en estudio (2007, 2008 y 2009), el resultado arrojó correlaciones entre un 56% y un 85% lo que corrobora la hipótesis expuesta en la sección 3.1 que ambas variables tienen una relación directa.

De manera general, se puede observar que en las variaciones interanuales entre campañas de monitoreos existen algunas tendencias tanto en el contenido de humedad del suelo como en la profundidad de la napa. Para el caso de la primera variable (contenido de humedad del suelo) es posible observar tres comportamientos claros entre campañas de medición:

- 1- Los puntos de monitoreo ubicados más cercanos al núcleo del salar presentan mayores variaciones del contenido de humedad que aquellos que están más lejos. Esta situación se debe a que en esta zona (núcleo del salar) el nivel freático se encuentra mucho más cerca de la superficie por lo que las variaciones que presente a lo largo del año afectan en mayor medida a los horizontes del suelo desde donde se extraen las muestras de suelo.
- 2- Los puntos que presentaron las mayores variaciones interanuales son el L2-25, L2-4 y L7-7 todos ellos ubicados en el sector oeste.

- 3- No se observan aumentos o disminuciones importantes del contenido de humedad del suelo durante algún año en particular, en general, existe un comportamiento irregular de esta variable entre años para una misma campañas de monitoreo.

Con respecto a la profundidad de la napa se observan las siguientes tendencias:

- 1- Las mayores variaciones las presentaron los pozos ubicados más lejos del núcleo del salar, mientras los más cercanos se presentaron más estables.
- 2- El pozo L3-15 fue el que presentó mayores variaciones interanuales repitiendo este comportamiento en la mayor parte de las campañas de monitoreo.
- 3- En general la profundidad de la napa se mantiene estable durante el año para un mismo punto existiendo variaciones poco importantes.
- 4- Existe una correlación (de acuerdo a análisis estadístico) entre el contenido de humedad del suelo y la profundidad de la napa, esta relación es de tipo inverso ya que al aumentar el contenido de humedad la profundidad de la napa tiende a disminuir y viceversa.

3.3 Estado vital de la vegetación

Para las 4 campañas de monitoreo (enero, abril, julio y octubre) se realizaron mediciones de altura, porcentaje (%) de copa verde, vigor y fenología de los ejemplares seleccionados en los 18 puntos de muestreo.

3.3.1 Especies vegetales presentes

La Tabla 3.3 indica las especies presentes en los 18 puntos de muestreo en las 4 campañas de monitoreo llevadas a cabo durante el año 2009 (enero, abril, julio y octubre).

**TABLA 3.3
ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN LOS 18 PUNTOS DE
MONITOREO. CAMPAÑAS DE ENERO, ABRIL, JULIO Y
OCTUBRE DE 2009**

| N° | Especies |
|----|--|
| 1 | Grama salada (<i>Distichlis spicata</i>) |
| 2 | Brea (<i>Tessaria absinthioides</i>) |
| 3 | Cachiyuyo (<i>Atriplex atacamensis</i>) |
| 5 | Nitrofila (<i>Nitrophilla atacamensis</i>) |
| 6 | Junco (<i>Juncus balticus</i>) |

3.3.2 Fenología

De acuerdo con los resultados obtenidos en la campaña de terreno realizada en el mes de **enero**, se puede indicar que todas las especies presentes se encontraban en etapa de crecimiento vegetativo con pequeños brotes verdes.

De la totalidad de los individuos registrados, el 93,71% se encontraba en crecimiento vegetativo (de este porcentaje el 36,3 % presentó presencia de flores y 0,7% además tenía presencia de frutos), mientras el 6,29 % restante aún no salía del receso invernal encontrándose senescentes.

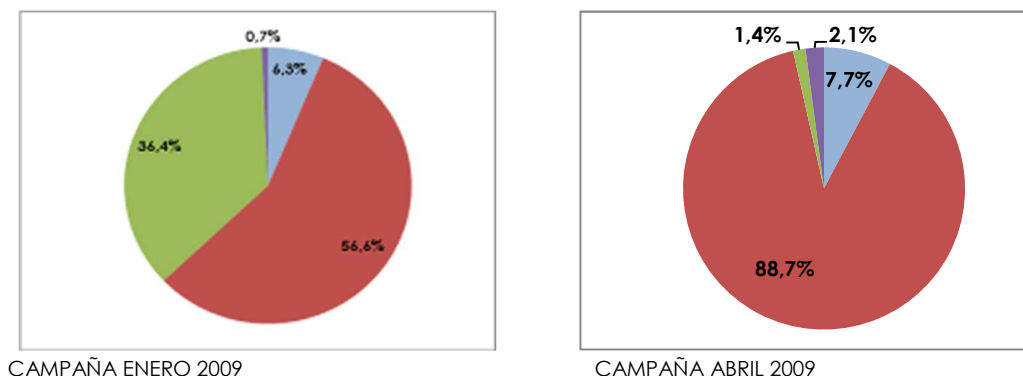
En la campaña de terreno realizada en el mes de **abril** de 2009, se puede indicar que el 92,31% de las especies presentes se encontraban en etapa de crecimiento vegetativo y el 7,69% se encontraba senescente, de los individuos con crecimiento vegetativo el 1,4% presentó presencia de flores, y el 2,1% presento frutos. El detalle de cada punto de monitoreo se encuentra en el Anexo II.1.

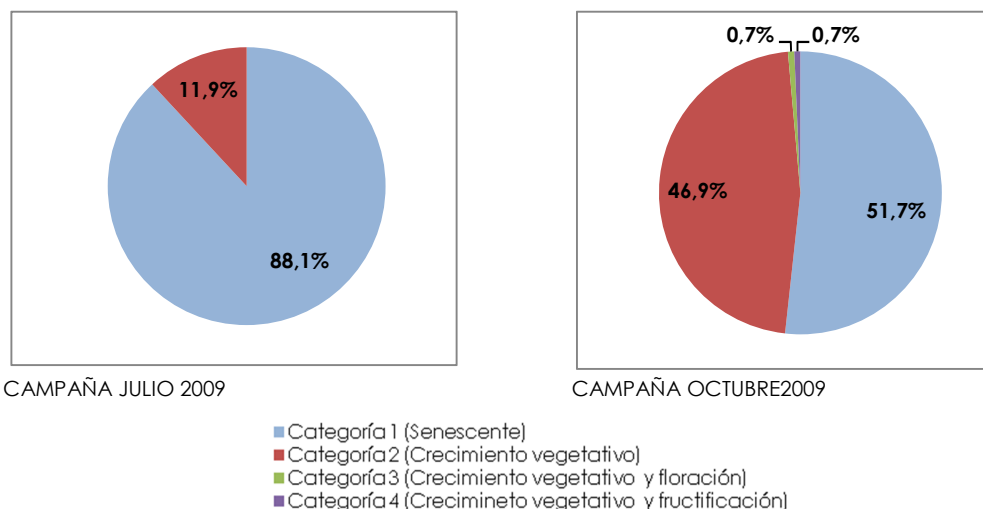
Para el mes de **julio** de 2009 la especie *Atriplex atacamensis* fue la única que se encontraba en etapa de crecimiento vegetativo, así como algunos ejemplares de *Distichlis spicata* y *Tesarría absinthioide*, las demás especies presentes se encontraban senescentes debido al receso invernal que se da en esta época del año.

Para el mes de **octubre** de 2009 se puede indicar que el 46,9% de las especies presentes se encontraban en etapa de crecimiento vegetativo, de este porcentaje el 0,7% presentó presencia de flores, y el 0,7% presento frutos. El 51,75% restante aún no salía del receso invernal encontrándose senescentes.

El detalle de cada punto de monitoreo se encuentra en el Anexo II

FIGURA 3.11
FENOLOGÍA CAMPAÑAS DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE DE 2009





3.3.3 Vigor y porcentaje de copa verde

Durante la campaña de **enero de 2009**, el 3,5 % presentó porcentajes de copa verde menores al 5 % (categoría 2), el 21,0 % se encontraba entre un 5 % y un 25 % de copa verde (categoría 3), el 24,5 % entre un 25 % y un 50 % (categoría 4), el 23,8 % entre 50 % y 75 % (categoría 5) y por último, el 20,3 % presentó porcentaje de copa verde entre un 75 % y un 100 %.

Con respecto al vigor, el 88,0 % de los individuos se encontraban con crecimiento normal (categoría 4) sin signos de patógenos, un 5,6 % están débil (categoría 3), y un 6,3 % estaban secas (categoría 1), ni un ejemplar se encuentra excepcionalmente vigoroso.

Para la campaña de **abril** de 2009 y con respecto al porcentaje de copa verde, el 3,5 % presentó porcentajes de copa verde menores al 5 % (categoría 2), el 35,2 % se encontraba entre un 5 % y un 25 % de copa verde (categoría 3), el 21,8 % entre un 25 % y un 50 % (categoría 4), el 13,4 % entre 50 % y 75 % (categoría 5) y por último, el 18,3 % presentó porcentaje de copa verde entre un 75 % y un 100 %.

Con respecto al vigor, el 86,6 % de los individuos se encontraban con crecimiento normal (categoría 4) sin signos de patógenos, un 2,1 % de los individuos se encuentran muy débil (categoría 2) y un 3,5 % de los individuos se encuentran débil (categoría 3), no se observan ejemplares excepcionalmente vigorosos.

Para la campaña de **julio** de 2009 de la totalidad de ejemplares muestreados el 91,6 % presenta un 0 % de copa verde (categoría 1), un 2,1 % presentó porcentaje de copa verde menores al 5 % (categoría 2), el 2,80 % se encontraba entre un 5 % y un 25 % de copa verde (categoría 3), el 1,4 % entre un 25 % y un 50 % (categoría 4) y un 2,1 % presentó porcentaje de copa verde entre un 75 % y un 100 % (categoría 6).

Con respecto al vigor el 95,1 % de los individuos se encontraban con crecimiento normal (categoría 4), un 2,8 % muy débil (categoría 2) y un 2,1 % se encontraban secos (categoría 1). Para esta campaña la mayoría de los individuos no presentan actividad por lo que se considera como crecimiento normal cuando los ejemplares están en receso invernal.

Para la campaña de **octubre**, de 2009 de aquellos individuos con crecimiento vegetativo el 30,8 % presentó porcentajes de copa verde menores al 5 % (categoría 2), el 11,9 % se encontraba entre un 5 % y un 25 % de copa verde (categoría 3), el 2,1 % entre un 25 % y un 50 % (categoría 4) y por último, el 3,5 % presentó porcentaje de copa verde entre un 75 % y un 100 %. El 51,75 % restante se encontraba sin presencia de hojas por encontrarse aún en receso invernal (categoría 1)

Con respecto al vigor, el 83,2 % de los individuos se encontraban con crecimiento normal (categoría 4) sin signos de patógenos y un 14,7 % se encontraba muy débil. El resto de los ejemplares (2,1%) no presentaban hojas producto del receso invernal.

FIGURA 3.12
PORCENTAJE DE COPA VERDE CAMPAÑAS DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE DE 2009

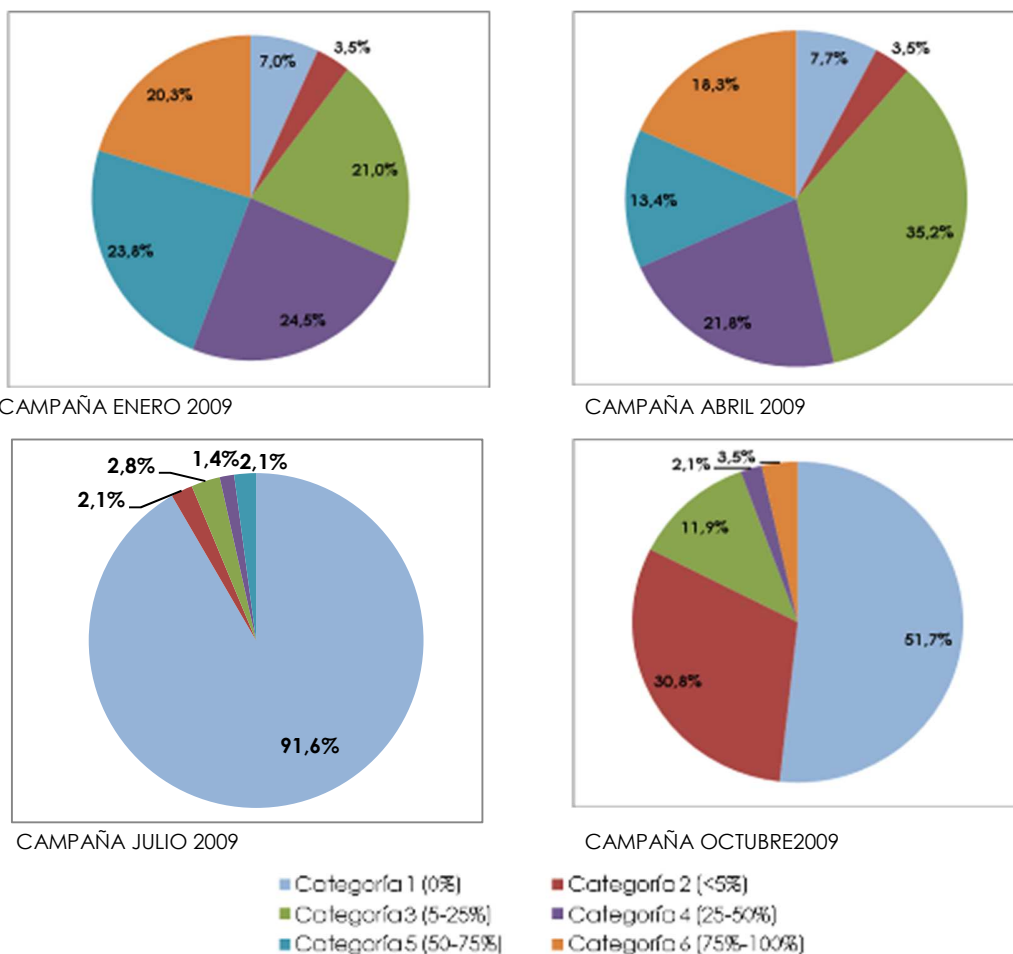
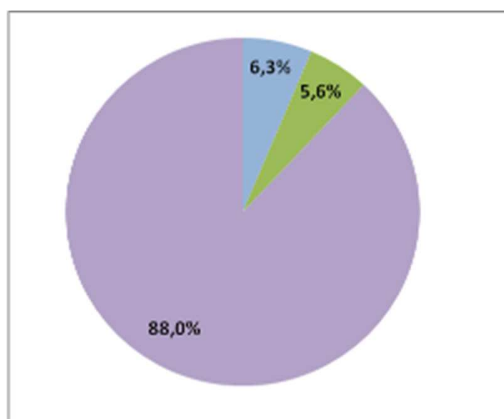
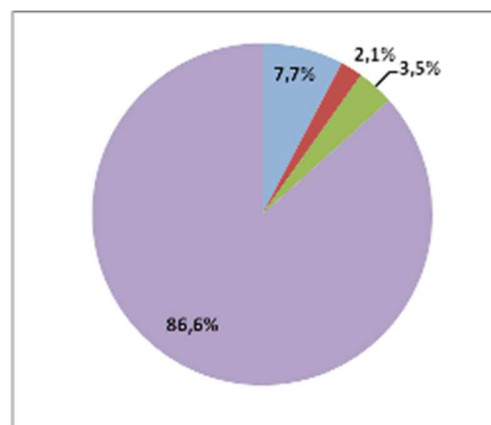


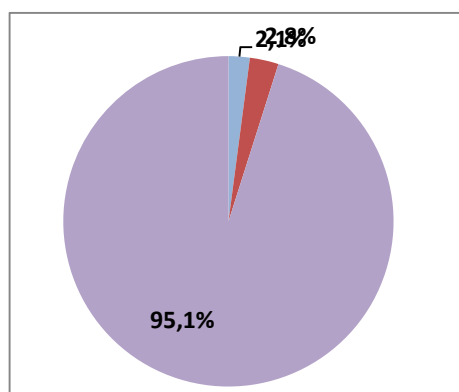
FIGURA 3.13
VIGOR CAMPAÑAS DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE DE 2009



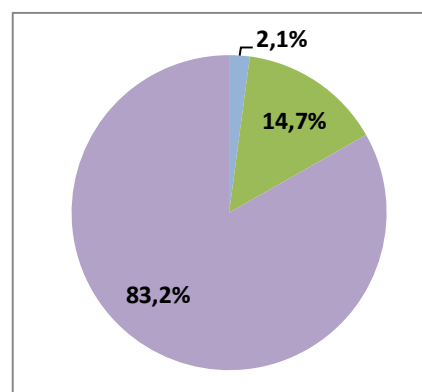
CAMPAÑA ENERO 2009



CAMPAÑA ABRIL 2009



CAMPAÑA JULIO 2009



CAMPAÑA OCTUBRE 2009

- Categoría 1 (Planta seca)
- Categoría 3 (Planta débil)
- Categoría 5 (Vigoroso)
- Categoría 2 (Planta muy débil)
- Categoría 4 (Crecimiento normal)

3.4 Variación interanual de la vitalidad de la vegetación

3.4.1 Campañas Enero de 2008 y 2009

Las Tablas 3.4.1 a 3.4.12 muestran la variación de copa verde, vigor y fenología observada en la vegetación entre las campañas de enero de 2008 y enero de 2009. Para el año 2007 no existen datos debido a que el monitoreo comenzó en el mes de abril de ese año. Las tablas se encuentran ordenadas por especies.

A. Porcentaje de Copa Verde

**TABLA 3.4.1
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE COPA VERDE DE EJEMPLARES DE
ATRIPLEX ATACAMENSIS (ENERO DE 2008 Y 2009)**

| Categorías | Número de ejemplares | | Variación 2008-2009 |
|----------------|----------------------|------------|------------------------|
| | Enero 2008 | Enero 2009 | |
| 1 (0%) | 0 | 1 | 1 |
| 2 (< 5%) | 0 | 0 | 0 |
| 3 (5% – 25%) | 3 | 0 | 3 |
| 4 (25% – 50%) | 1 | 1 | 0 |
| 5 (50% – 75%) | 6 | 2 | 4 |
| 6 (75% - 100%) | 0 | 6 | 6 |
| Total | 10 | 10 | |

**TABLA 3.4.2
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE COPA VERDE DE EJEMPLARES DE
DISTICHLIS SPICATA (ENERO DE 2008 Y 2009)**

| Categorías | Número de ejemplares | | Variación 2008 - 2009 |
|----------------|----------------------|------------|--------------------------|
| | Enero 2008 | Enero 2009 | |
| 1 (0%) | 0 | 0 | 0 |
| 2 (< 5%) | 0 | 1 | 1 |
| 3 (5% – 25%) | 4 | 3 | 1 |
| 4 (25% – 50%) | 0 | 2 | 2 |
| 5 (50% – 75%) | 0 | 0 | 0 |
| 6 (75% - 100%) | 1 | 0 | 1 |
| Total | 5 | 6 | |

TABLA 3.4.3
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE COPA VERDE DE EJEMPLARES DE
NITROPHILLA ATACAMENSIS (ENERO DE 2008 Y 2009)

| Categorías | Número de ejemplares | | Variación 2008 - 2009 |
|----------------|----------------------|------------|--------------------------|
| | Enero 2008 | Enero 2009 | |
| 1 (0%) | 0 | 0 | 0 |
| 2 (< 5%) | 0 | 0 | 0 |
| 3 (5% – 25%) | 1 | 0 | 1 |
| 4 (25% – 50%) | 1 | 0 | 1 |
| 5 (50% – 75%) | 0 | 0 | 0 |
| 6 (75% - 100%) | 0 | 2 | 2 |
| Total | 2 | 2 | |

TABLA 3.4.4
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE COPA VERDE DE EJEMPLARES DE
TESSARIA ABSINTHIOIDES (ENERO DE 2008 Y 2009)

| Categorías | Número de ejemplares | | Variación 2008 - 2009 |
|----------------|----------------------|------------|--------------------------|
| | Enero 2008 | Enero 2009 | |
| 1 (0%) | 4 | 8 | 4 |
| 2 (< 5%) | 6 | 4 | 2 |
| 3 (5% – 25%) | 29 | 26 | 3 |
| 4 (25% – 50%) | 40 | 32 | 8 |
| 5 (50% – 75%) | 22 | 33 | 11 |
| 6 (75% - 100%) | 22 | 20 | 2 |
| Total | 123 | 123 | |

Para la especie *Atriplex atacamensis* se observa un aumento en el año 2009 de los ejemplares con los mayores valores de copa verde (categorías 6) y una disminución de los ejemplares en categorías con bajos porcentajes de copa verde (categorías 3).

Para la especie *Distichlis spicata* se observa que el año 2009 los individuos presentan mayor variedad de porcentaje de copa verde que el año 2008 distribuyéndose en categorías bajo el 50%.

Para la especie *Nitrophilla atacamensis* se observa una variación del 100% para el año 2009 en donde la totalidad de los individuos se encuentran entre 75% y 100% de copa verde (categoría 6)

La especie *Tessaria absinthioides* no presentó mayores variaciones interanuales manteniéndose la distribución de los individuos en las distintas categorías.

B. VIGOR

TABLA 3.4.5
VARIACIÓN DEL VIGOR DE EJEMPLARES DE ATRIPLEX ATACAMENSIS
(ENERO DE 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | Variación 2008 - 2009 |
|-------------------------------|------------------|------------|--------------------------|
| | Enero 2008 | Enero 2009 | |
| 1 (Planta seca) | 0 | 1 | 1 |
| 2 (Planta muy débil) | 0 | 0 | 0 |
| 3 (Planta Débil) | 0 | 1 | 1 |
| 4 (Crecimiento normal) | 10 | 8 | 2 |
| 5 (Excepcionalmente vigoroso) | 0 | 0 | 0 |
| Total | 10 | 10 | |

TABLA 3.4.6
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE VIGOR DE EJEMPLARES DE
DISTICHLIS SPICATA (ENERO DE 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | Variación 2008 - 2009 |
|-------------------------------|------------------|------------|--------------------------|
| | Enero 2008 | Enero 2009 | |
| 1 (Planta seca) | 0 | 0 | 0 |
| 2 (Planta muy débil) | 0 | 0 | 0 |
| 3 (Planta Débil) | 0 | 0 | 0 |
| 4 (Crecimiento normal) | 5 | 6 | 1 |
| 5 (Excepcionalmente vigoroso) | 0 | 0 | 0 |
| Total | 5 | 6 | |

TABLA 3.4.7
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE VIGOR DE EJEMPLARES DE
NITROPHILLA ATACAMENSIS (ENERO DE 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | Variación 2008 - 2009 |
|-------------------------------|------------------|------------|--------------------------|
| | Enero 2008 | Enero 2009 | |
| 1 (Planta seca) | 0 | 0 | 0 |
| 2 (Planta muy débil) | 0 | 0 | 0 |
| 3 (Planta Débil) | 0 | 0 | 0 |
| 4 (Crecimiento normal) | 2 | 2 | 0 |
| 5 (Excepcionalmente vigoroso) | 0 | 0 | 0 |
| Total | 2 | 2 | |

TABLA 3.4.8
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE VIGOR DE EJEMPLARES
DE TESSARIA ABSINTHIOIDES (ENERO DE 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | Variación 2008 - 2009 |
|-------------------------------|------------------|------------|--------------------------|
| | Enero 2008 | Enero 2009 | |
| 1 (Planta seca) | 2 | 8 | 6 |
| 2 (Planta muy débil) | 0 | 0 | 0 |
| 3 (Planta Débil) | 1 | 7 | 6 |
| 4 (Crecimiento normal) | 120 | 108 | 12 |
| 5 (Excepcionalmente vigoroso) | 0 | 0 | 0 |
| Total | 123 | 123 | |

No se observaron variaciones significativas en el vigor de las especies *Atriplex atacamensis*, *Distichlis spicata* y *Nitrophilla atacamensis*. Las mayores variaciones las presenta la especie *Tessaria absinthioides* observándose un aumento de ejemplares secos y débiles (categorías 1 y 3). Lo anterior se debe a que se observaron ejemplares menos vigorosos, con presencia de ataques de patógenos y menor proporción de estructuras reproductivas.

C. FENOLOGÍA

TABLA 3.4.9
VARIACIÓN DE ESTADO FENOLÓGICO EJEMPLARES
DE ATRIPLEX ATACAMENSIS (ENERO DE 2008 Y 2009)

| Categoría | N° de ejemplares | | Variación 2008 - 2009 |
|---|------------------|------------|--------------------------|
| | Enero 2008 | Enero 2009 | |
| 1 (Senescente) | 0 | 1 | 1 |
| 2 (Crec. Vegetativo) | 4 | 2 | 2 |
| 2-3 (Crec. Vegetativo y floración) | 6 | 7 | 1 |
| 2-4 (Crec. Vegetativo y fructificación) | 0 | 0 | 0 |
| Total | 10 | 10 | |

TABLA 3.4.10
VARIACIÓN DE ESTADO FENOLÓGICO DE EJEMPLARES
DE DISTICHLIS SPICATA (ENERO DE 2008 Y 2009)

| Categoría | N° de ejemplares | | Variación 2008 - 2009 |
|---|------------------|------------|--------------------------|
| | Enero 2008 | Enero 2009 | |
| 1 (Senescente) | 0 | 0 | 0 |
| 2 (Crec. Vegetativo) | 2 | 6 | 4 |
| 2-3 (Crec. Vegetativo y floración) | 0 | 0 | 0 |
| 2-4 (Crec. Vegetativo y fructificación) | 0 | 0 | 0 |
| Total | 2 | 6 | |

TABLA 3.4.11
VARIACIÓN DE ESTADO FENOLÓGICO DE EJEMPLARES
DE NITROPHILLA ATACAMENSIS (ENERO DE 2008 Y 2009)

| Categoría | N° de ejemplares | | Variación 2008 - 2009 |
|---|------------------|------------|--------------------------|
| | Enero 2008 | Enero 2009 | |
| 1 (Senescente) | 0 | 0 | 0 |
| 2 (Crec. Vegetativo) | 1 | 2 | 1 |
| 2-3 (Crec. Vegetativo y floración) | 0 | 0 | 0 |
| 2-4 (Crec. Vegetativo y fructificación) | 1 | 0 | 1 |
| Total | 2 | 2 | |

TABLA 3.4.12
VARIACIÓN DE ESTADO FENOLÓGICO DE EJEMPLARES
DE TESSARIA ABSINTHIOIDES (ENERO DE 2008 Y 2009)

| Categoría | N° de ejemplares | | Variación 2008 - 2009 |
|---|------------------|------------|--------------------------|
| | Enero 2008 | Enero 2009 | |
| 1 (Senescente) | 7 | 7 | 0 |
| 2 (Crec. Vegetativo) | 89 | 70 | 19 |
| 2-3 (Crec. Vegetativo y floración) | 27 | 45 | 18 |
| 2-4 (Crec. Vegetativo y fructificación) | 0 | 1 | 1 |
| Total | 123 | 123 | |

La fenología de la especie *Atriplex atacamensis* no sufrió mayores variaciones interanuales, se observa un leve aumento de los individuos que presentaron floración con respecto al año 2008 y aquellos que se encontraban senescentes.

La especie *Distichlis spicata* fue la que presentó mayores variaciones interanuales debido a que el año 2009 fueron encontrados 4 individuos más que los censados en el año 2008, todos estos nuevos ejemplares se encontraban en crecimiento vegetativo.

La especie *Nitrophilla atacamensis* no tuvo mayores variaciones interanuales, en el año 2009 no se registraron ejemplares con presencia de frutos.

La especie *Tessaria absinthioides* presentó un aumento de individuos con presencia de flores y frutos con respecto al año 2008 mientras el número total de individuos se mantuvo.

3.4.2 Campañas Abril de 2007, 2008 y 2009

Las Tablas 3.4.13 a 3.4.24 muestran la variación de copa verde, vigor y fenología observada en la vegetación entre las campañas de abril de 2007, abril de 2008 y abril de 2009. Las tablas se encuentran ordenadas por especies.

A. Porcentaje de Copa Verde

**TABLA 3.4.13
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE COPA VERDE DE EJEMPLARES DE ATRIPLEX
ATACAMENSIS (ABRIL 2007, 2008 Y 2009)**

| Categorías | Número de ejemplares | | | Variación 2007-2009 |
|----------------|----------------------|------------|------------|------------------------|
| | Abril 2007 | Abril 2008 | Abril 2009 | |
| 1 (0%) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 (< 5%) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 (5% – 25%) | 2 | 2 | 3 | 1 |
| 4 (25% – 50%) | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 5 (50% – 75%) | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 6 (75% - 100%) | 5 | 5 | 5 | 0 |
| Total | 10 | 10 | 10 | |

**TABLA 3.4.14
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE COPA VERDE DE EJEMPLARES DE DISTICHLIS SPICATA
(ABRIL 2007, 2008 Y 2009)**

| Categorías | Número de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|----------------|----------------------|------------|------------|--------------------------|
| | Abril 2007 | Abril 2008 | Abril 2009 | |
| 1 (0%) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 (< 5%) | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 3 (5% – 25%) | 2 | 2 | 2 | 0 |
| 4 (25% – 50%) | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 5 (50% – 75%) | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 6 (75% - 100%) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 4 | 5 | 5 | |

**TABLA 3.4.15
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE COPA VERDE DE EJEMPLARES DE NITROPHILLA
ATACAMENSIS (ABRIL 2007, 2008 Y 2009)**

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|----------------|------------------|----------|----------|--------------------------|
| | Año 2007 | Año 2008 | Año 2009 | |
| 1 (0%) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 (< 5%) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 (5% – 25%) | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 4 (25% – 50%) | 2 | 1 | 0 | 2 |
| 5 (50% – 75%) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 (75% - 100%) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total | 2 | 2 | 2 | |

TABLA 3.4.16
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE COPA VERDE DE EJEMPLARES DE TESSARIA
ABSINTHIOIDES (ABRIL 2007 – ABRIL 2008)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|----------------|------------------|------------|------------|--------------------------|
| | Abril 2007 | Abril 2008 | Abril 2009 | |
| 1 (0%) | 0 | 5 | 9 | 9 |
| 2 (< 5%) | 5 | 14 | 5 | 9 |
| 3 (5% – 25%) | 26 | 44 | 43 | 18 |
| 4 (25% – 50%) | 37 | 45 | 28 | 9 |
| 5 (50% – 75%) | 26 | 14 | 18 | 12 |
| 6 (75% - 100%) | 29 | 1 | 20 | 28 |
| Total | 123 | 123 | 123 | |

La especie *Atriplex atacamensis* presenta pocas variaciones interanuales, lo más significativo es el aumento en 2009 de aquellos individuos con copa verde inferior al 25% (categorías 1, 2 y 3). La especie *Distichlis* y la especie *Nitrophilla atacamensis* no presentaron grandes variaciones interanuales. Para la especie *Tessaria absinthioides* se observa que durante los 3 años la mayor variación estuvo en los individuos con mayores porcentajes de copa verde (categoría 6: 75% - 100%) presentando una baja importante durante el año 2008 y luego una recuperación para el año 2009.

B. VIGOR

TABLA 3.4.17
VARIACIÓN DEL VIGOR DE EJEMPLARES DE ATRIPLEX ATACAMENSIS
(ABRIL 2007 – ABRIL 2008)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|-------------------------------|------------------|------------|------------|--------------------------|
| | Abril 2007 | Abril 2008 | Abril 2009 | |
| 1 (Planta seca) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 (Planta muy débil) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 (Planta Débil) | 4 | 3 | 0 | 4 |
| 4 (Crecimiento normal) | 6 | 7 | 9 | 3 |
| 5 (Excepcionalmente vigoroso) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 10 | 10 | 10 | |

TABLA 3.4.18
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE VIGOR DE EJEMPLARES DE
***DISTICHLIS SPICATA* (ABRIL 2007 – ABRIL 2008)**

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|-------------------------------|------------------|------------|------------|--------------------------|
| | Abril 2007 | Abril 2008 | Abril 2009 | |
| 1 (Planta seca) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 (Planta muy débil) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 (Planta Débil) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 (Crecimiento normal) | 4 | 5 | 5 | 1 |
| 5 (Excepcionalmente vigoroso) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 4 | 5 | 5 | |

TABLA 3.4.19
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE VIGOR DE EJEMPLARES DE
***NITROPHILLA ATACAMENSIS* (ABRIL 2007 – ABRIL 2008)**

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|-------------------------------|------------------|------------|------------|--------------------------|
| | Abril 2007 | Abril 2008 | Abril 2009 | |
| 1 (Planta seca) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 (Planta muy débil) | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 3 (Planta Débil) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 (Crecimiento normal) | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 5 (Excepcionalmente vigoroso) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 2 | 2 | 2 | |

TABLA 3.4.20
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE VIGOR DE EJEMPLARES
DE *TESSARIA ABSINTHIOIDES* (ABRIL 2007 – ABRIL 2008)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|-------------------------------|------------------|------------|------------|--------------------------|
| | Abril 2007 | Abril 2008 | Abril 2009 | |
| 1 (Planta seca) | 0 | 5 | 9 | 9 |
| 2 (Planta muy débil) | 1 | 47 | 3 | 46 |
| 3 (Planta Débil) | 22 | 39 | 5 | 34 |
| 4 (Crecimiento normal) | 100 | 32 | 106 | 74 |
| 5 (Excepcionalmente vigoroso) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 123 | 123 | 123 | |

La especie *Atriplex atacamensis* no tuvo mayores variaciones durante los años analizados, durante este período la mayor parte de los individuos se distribuyen entre las categorías 3 y 4 (planta débil y crecimiento normal).

La especie *Distichlis spicata* no presenta mayores variaciones entre los años analizados salvo el aumento de individuos con crecimiento normal (categoría 4).

Para la especie *Nitrophilla atacamensis* se observa que las variaciones entre vigorosidad de ejemplares se da para el año 2008 ya que en 2007 y 2009 los individuos presentaron el mismo comportamiento.

La especie *Tessaria absinthioides* presenta las mayores variaciones para la categoría crecimiento normal (categoría 4) que en el año 2008 tuvo una importante baja con respecto a los otros años. En general se observa que los años 2007 y 2009 tuvieron comportamientos similares en cuanto a la distribución de ejemplares por categorías de vigorosidad mientras el año 2008 presentó un mayor número de ejemplares con vigorosidades débil, muy débil o seca (categorías 1, 2 y 3).

C. FENOLOGÍA

TABLA 3.4.21
VARIACIÓN DE ESTADO FENOLOGICO EJEMPLARES
DE ATRIPLEX ATACAMENSIS (ABRIL 2007 - ABRIL 2008)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|--|------------------|------------|------------|--------------------------|
| | Abril 2007 | Abril 2008 | Abril 2009 | |
| 1 (Senescente) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 (Crec. Vegetativo) | 5 | 3 | 7 | 4 |
| 2-3 (Crec. Vegetativo y floración) | 3 | 0 | 0 | 3 |
| 2-4 (Crec. Vegetativo y fructificación) | 2 | 7 | 2 | 5 |
| Total | 10 | 10 | 10 | |

TABLA 3.4.22
VARIACIÓN DE ESTADO FENOLÓGICO DE EJEMPLARES
DE DISTICHLIS SPICATA (ABRIL 2007 – ABRIL 2008)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|--|------------------|------------|------------|--------------------------|
| | Abril 2007 | Abril 2008 | Abril 2009 | |
| 1 (Senescente) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 (Crec. Vegetativo) | 3 | 4 | 5 | 2 |
| 2-3 (Crec. Vegetativo y floración) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2-4 (Crec. Vegetativo y fructificación) | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Total | 4 | 5 | 5 | |

TABLA 3.4.23
VARIACIÓN DE ESTADO FENOLÓGICO DE EJEMPLARES
DE NITROPHILLA ATACAMENSIS (ABRIL 2007 – ABRIL 2008)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|--|------------------|------------|------------|--------------------------|
| | Abril 2007 | Abril 2008 | Abril 2009 | |
| 1 (Senescente) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 (Crec. Vegetativo) | 0 | 2 | 2 | 0 |
| 2-3 (Crec. Vegetativo y floración) | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 2-4 (Crec. Vegetativo y fructificación) | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Total | 2 | 2 | 2 | |

TABLA 3.4.24
VARIACIÓN DE ESTADO FENOLÓGICO DE EJEMPLARES
DE TESSARIA ABSINTHIOIDES (ABRIL 2007 – ABRIL 2008)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|--|------------------|------------|------------|--------------------------|
| | Abril 2007 | Abril 2008 | Abril 2009 | |
| 1 (Senescente) | 0 | 5 | 9 | 9 |
| 2 (Crec. Vegetativo) | 66 | 81 | 111 | 45 |
| 2-3 (Crec. Vegetativo y floración) | 1 | 0 | 2 | 2 |
| 2-4 (Crec. Vegetativo y fructificación) | 56 | 37 | 1 | 55 |
| Total | 123 | 123 | 123 | |

La especie *Atriplex atacamensis* presentó la mayor variación en aquellos individuos con presencia de frutos (categoría 2-4) para el año 2008 esta categoría tuvo un incremento importante con respecto a los otros años. Las demás categorías no presentan mayores variaciones entre años.

Tanto la especie *Distichlis spicata* como *Nitrophilla atacamensis* no presentaron mayores variaciones entre los años monitoreados.

La especie *Tessaria absinthioides* tuvo la mayor variación en el estado fenológico crecimiento vegetativo – fructificación (categoría 2-4) en donde el año 2009 presentó una fuerte disminución con respecto a años anteriores, sin embargo, para este año se observa un aumento importante de individuos con crecimiento vegetativo (categoría 2) con respecto a años anteriores.

3.4.3 Campañas Julio de 2007, 2008 y 2009

Para esta campaña sólo se realizan comparaciones para la especie *Atriplex atacamensis* debido a que todas las demás especies se encontraban en etapa de receso invernal.

A. Porcentaje de Copa Verde

**TABLA 3.4.25
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE COPA VERDE DE EJEMPLARES DE ATRIPLEX
ATACAMENSIS (JULIO 2007, 2008 Y 2009)**

| Categorías | Número de ejemplares | | | Variación 2007-2009 |
|----------------|----------------------|------------|------------|------------------------|
| | Julio 2007 | Julio 2008 | Julio 2009 | |
| 1 (0%) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 (< 5%) | 0 | 3 | 0 | 3 |
| 3 (5% – 25%) | 2 | 4 | 4 | 2 |
| 4 (25% – 50%) | 4 | 0 | 0 | 4 |
| 5 (50% – 75%) | 0 | 1 | 2 | 2 |
| 6 (75% - 100%) | 4 | 2 | 3 | 2 |
| Total | 10 | 10 | 10 | |

El porcentaje de copa verde de esta especie presenta variaciones similares en todas las categorías. El año 2007 se observa que la mayor parte de los individuos presentan porcentajes de copa verde superiores al 25% (categorías 4, 5 y 6), el año 2008 la mayor parte de individuos presenta porcentajes de copa verde inferiores al 25% (categorías 1, 2 y 3) y para el año 2009 se observa un comportamiento bien distribuido en la mayor parte de las categorías.

B. Vigor

TABLA 3.4.26
VARIACIÓN DEL VIGOR DE EJEMPLARES DE ATRIPLEX ATACAMENSIS
(JULIO 2007, 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|-------------------------------|------------------|------------|------------|--------------------------|
| | Julio 2007 | Julio 2008 | Julio 2009 | |
| 1 (Planta seca) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 (Planta muy débil) | 1 | 0 | 9 | 9 |
| 3 (Planta Débil) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 (Crecimiento normal) | 9 | 10 | 0 | 10 |
| 5 (Excepcionalmente vigoroso) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 10 | 10 | 10 | |

Con respecto al vigor, esta especie presenta un comportamiento similar durante los años 2007 y 2008 encontrándose la mayor cantidad de individuos en la categoría 4 (crecimiento normal), el año 2009 se observa una disminución del vigor de los individuos en donde la categoría 2 (planta muy débil) es la de mayor presencia de individuos.

C. FENOLOGÍA

TABLA 3.4.27
VARIACIÓN DE ESTADO FENOLÓGICO EJEMPLARES
DE ATRIPLEX ATACAMENSIS (JULIO 2007, 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|---|------------------|------------|------------|--------------------------|
| | Julio 2007 | Julio 2008 | Julio 2009 | |
| 1 (Senescente) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 (Crec. Vegetativo) | 5 | 3 | 7 | 4 |
| 2-3 (Crec. Vegetativo y floración) | 3 | 0 | 0 | 3 |
| 2-4 (Crec. Vegetativo y fructificación) | 2 | 7 | 2 | 5 |
| Total | 10 | 10 | 10 | |

Para el año 2007 todos los individuos presentaron crecimiento vegetativo (categoría 2) y la mitad de ellos con presencia de flores o frutos (categoría 2-3 y 2-4), para el año 2008 también se observó que todos los individuos presentaron crecimiento vegetativo, sin embargo, no se registraron individuos con presencia de flores y los que tuvieron frutos fueron menos que en el año anterior. Para 2009 disminuyeron los individuos con presencia de flores y de frutos con respecto a años anteriores y se encontró un ejemplar senescente.

3.4.4 Campañas Octubre de 2007, 2008 y 2009

Las Tablas 3.4.28 a 3.4.39 muestran la variación de copa verde, vigor y fenología observada en la vegetación entre las campañas de octubre de 2007, octubre de 2008 y octubre de 2009.

A. Porcentaje de Copa Verde

TABLA 3.4.28
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE COPA VERDE DE EJEMPLARES DE ATRIPLEX ATACAMENSIS
(OCTUBRE 2007, 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|----------------|------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| | Octubre 2007 | Octubre 2008 | Octubre 2009 | |
| 1 (0%) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 (< 5%) | 0 | 3 | 0 | 3 |
| 3 (5% - 25%) | 5 | 2 | 3 | 3 |
| 4 (25% - 50%) | 4 | 1 | 1 | 3 |
| 5 (50% - 75%) | 1 | 2 | 0 | 2 |
| 6 (75% - 100%) | 0 | 2 | 5 | 5 |
| Total | 10 | 10 | 10 | |

Durante los monitoreo de octubre, se observa que para el año 2007 la totalidad de los individuos se encontraban con porcentajes de copa verde entre 5% y 75% (categorías 3, 4 y 5), para 2008 se observa un aumento de ejemplares con mayores porcentajes de copa verde (categoría 6) esta tendencia se incrementa para el año 2009 encontrándose la mayor parte de los individuos con porcentajes de copa verde entre 75% y 100% (categoría 6), esta categoría fue la que tuvo mayor variación durante los 3 años en estudio.

TABLA 3.4.29
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE COPA VERDE DE EJEMPLARES DE DISTICHLIS SPICATA
(OCTUBRE 2007, 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|----------------|------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| | Octubre 2007 | Octubre 2008 | Octubre 2009 | |
| 1 (0%) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 (< 5%) | 5 | 5 | 4 | 1 |
| 3 (5% - 25%) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 (25% - 50%) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 (50% - 75%) | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 6 (75% - 100%) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 6 | 5 | 6 | |

Para esta especie no se observan grandes variaciones interanuales en el porcentaje de copa verde, en general todos los individuos presentan bajas coberturas (< 5%, categoría 2) para todos los años analizados. En el año 2008 existió un ejemplar de esta especie que no fue encontrado durante la campaña de monitoreo.

TABLA 3.4.30
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE COPA VERDE DE EJEMPLARES DE NITROPHILLA
ATACAMENSIS (OCTUBRE 2007, 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|----------------|------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| | Octubre 2007 | Octubre 2008 | Octubre 2009 | |
| 1 (0%) | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 2 (< 5%) | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 3 (5% - 25%) | 1 | 0 | 2 | 1 |
| 4 (25% - 50%) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 (50% - 75%) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 (75% - 100%) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 2 | 2 | 2 | |

Para esta especie el año 2007 se registraron muy bajos porcentajes de copa verde (inferiores al 25%, categorías 2 y 3), el año 2008 la totalidad de los individuos no presentaron copa verde ubicándose en la categoría más baja (categoría 1 con 0% de copa verde), para el año 2009 todos los individuos se ubicaron en la categoría 3 registrando entre un 5% y un 25% de copa verde.

TABLA 3.4.31
VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE COPA VERDE DE EJEMPLARES DE TESSARIA
ABSINTHIOIDES (OCTUBRE 2007, 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|----------------|------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| | Octubre 2007 | Octubre 2008 | Octubre 2009 | |
| 1 (0%) | 61 | 85 | 71 | 24 |
| 2 (< 5%) | 48 | 32 | 39 | 16 |
| 3 (5% - 25%) | 12 | 5 | 11 | 7 |
| 4 (25% - 50%) | 1 | 0 | 2 | 2 |
| 5 (50% - 75%) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 (75% - 100%) | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Total | 123 | 122 | 123 | |

Para la especie *Tessaria absinthioides* se observa un comportamiento similar para los 3 años (2007, 2008 y 2009), la mayor parte de los individuos se encuentran con porcentaje de copa verde inferiores al 25% (categorías 1, 2 y 3) siendo la categoría 1 (0% de copa verde) la que

sufrió mayores variaciones interanuales. Aquellas categorías de mayor porcentaje de copa verde (categorías 5 y 6, 50% - 75% y 75% a 100% respectivamente) sólo presentaron 1 individuo en el año 2007.

B. VIGOR

TABLA 3.4.32
VARIACIÓN DEL VIGOR DE EJEMPLARES DE ATRIPLEX ATACAMENSIS
(OCTUBRE 2007, 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|-------------------------------|------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| | Octubre 2007 | Octubre 2008 | Octubre 2009 | |
| 1 (Planta seca) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 (Planta muy débil) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 (Planta Débil) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 (Crecimiento normal) | 10 | 10 | 8 | 2 |
| 5 (Excepcionalmente vigoroso) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 10 | 10 | 10 | |

Para esta especie el vigor se presentó sin variaciones entre 2007 y 2008 en donde la totalidad de los individuos presentaron crecimiento normal (categoría 4), sin embargo, el año 2009 este comportamiento sufrió pequeños cambios existiendo algunos individuos secos o débiles (categorías 1 y 3 respectivamente).

TABLA 3.4.33
VARIACIÓN DEL VIGOR DE EJEMPLARES DE
DISTICHLIS SPICATA (OCTUBRE 2007, 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|-------------------------------|------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| | Octubre 2007 | Octubre 2008 | Octubre 2009 | |
| 1 (Planta seca) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 (Planta muy débil) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 (Planta Débil) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 (Crecimiento normal) | 6 | 5 | 5 | 1 |
| 5 (Excepcionalmente vigoroso) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 6 | 5 | 6 | |

El vigor de esta especie no presenta grandes variaciones interanuales teniendo un vigor normal la mayoría de los ejemplares, el único cambio importante se registró el año 2008 en el que fueron encontrados menos ejemplares que en 2007 y en 2009.

TABLA 3.4.34
VARIACIÓN DEL VIGOR DE EJEMPLARES
DE NITROPHILLA ATACAMENSIS (OCTUBRE 2007, 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|-------------------------------|------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| | Octubre 2007 | Octubre 2008 | Octubre 2009 | |
| 1 (Planta seca) | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 2 (Planta muy débil) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 (Planta Débil) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 (Crecimiento normal) | 2 | 0 | 2 | 2 |
| 5 (Excepcionalmente vigoroso) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 2 | 2 | 2 | |

Para esta especie los años 2007 y 2009 registraron el mismo comportamiento con la totalidad de los individuos en categoría 4 (crecimiento normal), el año 2008 fue totalmente distinto ya que el 100% de los individuos se encontraban secos (categoría 1).

TABLA 3.4.35
VARIACIÓN DEL VIGOR DE EJEMPLARES
DE TESSARIA ABSINTHIOIDES (OCTUBRE 2007, 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|-------------------------------|------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| | Octubre 2007 | Octubre 2008 | Octubre 2009 | |
| 1 (Planta seca) | 0 | 5 | 3 | 3 |
| 2 (Planta muy débil) | 0 | 0 | | |
| 3 (Planta Débil) | 0 | 0 | 20 | 20 |
| 4 (Crecimiento normal) | 123 | 37 | 32 | 91 |
| 5 (Excepcionalmente vigoroso) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 123 | 42* | 55* | |

*El número restante de ejemplares aún se encontraba en receso invernal por lo que no registraron vigor.

Para esta especie no es posible efectuar comparaciones interanuales debido a que en los años 2008 y 2009 una parte de los individuos se encontraban aun en receso invernal por lo que no aparecen en el total.

C. FENOLOGÍA

**TABLA 3.4.36
VARIACIÓN DE ESTADO FENOLÓGICO EJEMPLARES
DE ATRIPLEX ATACAMENSIS (OCTUBRE 2007 – OCTUBRE 2008)**

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|--|------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| | Octubre 2007 | Octubre 2008 | Octubre 2009 | |
| 1 (Senescente) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 (Crec. Vegetativo) | 10 | 7 | 8 | 3 |
| 2-3 (Crec. Vegetativo y floración) | 0 | 3 | 0 | 3 |
| 2-4 (Crec. Vegetativo y fructificación) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total | 10 | 10 | 10 | |

En cuanto a la fenología de esta especie, los 3 años presentó comportamientos similares con la mayor parte de los individuos con crecimiento vegetativo, las diferencias se dan para el año 2008 en donde existieron 3 ejemplares con presencia de flores (categoría 2-3) y para el año 2009 con 1 ejemplar con presencia de frutos y 1 senescente.

**TABLA 3.4.37
VARIACIÓN DE ESTADO FENOLÓGICO DE EJEMPLARES
DE DISTICHLIS SPICATA (OCTUBRE 2007, 2008 Y 2009)**

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|--|------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| | Octubre 2007 | Octubre 2008 | Octubre 2009 | |
| 1 (Senescente) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 (Crec. Vegetativo) | 6 | 5 | 5 | 1 |
| 2-3 (Crec. Vegetativo y floración) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2-4 (Crec. Vegetativo y fructificación) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 6 | 5 | 6 | |

La fenología para esta especie no tuvo mayores variaciones interanuales siendo en el año 2008 en el que se registran mayores variaciones al no encontrar uno de los 6 individuos registrados para este punto.

TABLA 3.4.38
VARIACIÓN DE ESTADO FENOLÓGICO DE EJEMPLARES
DE NITROPHILLA ATACAMENSIS (OCTUBRE 2007, 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|--|------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| | Octubre 2007 | Octubre 2008 | Octubre 2009 | |
| 1 (Senescente) | 0 | 2 | 0 | 1 |
| 2 (Crec. Vegetativo) | 2 | 0 | 2 | 2 |
| 2-3 (Crec. Vegetativo y floración) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2-4 (Crec. Vegetativo y fructificación) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 2 | 2 | 2 | |

Para esta especie los años 2007 y 2009 presentaron el mismo comportamiento con todos los ejemplares con crecimiento vegetativo (categoría 2), mientras el año 2008 todos los ejemplares se encontraban senescentes (categoría 1).

TABLA 3.4.39
VARIACIÓN DE ESTADO FENOLÓGICO DE EJEMPLARES
DE TESSARIA ABSINTHIOIDES (OCTUBRE 2007, 2008 Y 2009)

| Categorías | N° de ejemplares | | | Variación 2007 - 2009 |
|--|------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| | Octubre 2007 | Octubre 2008 | Octubre 2009 | |
| 1 (Senescente) | 61 | 85 | 71 | 12 |
| 2 (Crec. Vegetativo) | 62 | 37 | 51 | 11 |
| 2-3 (Crec. Vegetativo y floración) | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2-4 (Crec. Vegetativo y fructificación) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 123 | 122 | 123 | |

Para esta especie durante los 3 años se observa una tendencia similar, la mayor parte de los individuos en las categorías 1 y 2 (senescente y crecimiento vegetativo respectivamente).