



PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL SALAR DE ATACAMA

Informe de Monitoreo
Contenido de Humedad del Suelo

INFORME II. Etapa Operación

Campañas de terreno de enero, abril, julio y octubre de
2010

**Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera
en el Salar de Atacama**
SQM-INF-128-REV.0



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	31
	3.3.1 ESPECIES VEGETALES PRESENTES	32
	3.3.2 FENOLOGÍA	32
	3.3.3 VIGOR Y PORCENTAJE DE COPA VERDE	33
	3.4. VARIACIÓN INTERANUAL DE LA VITALIDAD DE LA VEGETACIÓN	37
	3.4.1. ESPECIE <i>ATRIPLEX ATACAMENSIS</i>	37
	3.4.2. ESPECIE <i>DISTICHLIS SPICATA</i>	41
	3.4.3. ESPECIE <i>NITROPHILLA ATACAMENSIS</i>	45
	3.4.4. ESPECIE <i>TESSARIA ABSINTHIOIDES</i>	49

ANEXO I RESULTADOS Y FOTOGRAFÍAS CAMPAÑAS AÑO 2010
ANEXO II

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe da cuenta de los resultados del seguimiento ambiental del contenido de humedad del suelo en el Borde Este del Salar de Atacama, efectuado durante el año 2010. 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. En dicho periodo se entregaron 2 informes pre-operacionales según se detalla en la tabla 1.1. Con posterioridad a ello se ha entregado un informe operacional correspondiente a las campañas de monitoreo de los meses de Enero, Abril, Julio y Octubre de 2009. En este sentido, el presente informe corresponde al segundo dentro de la etapa operacional del proyecto para las campañas de monitoreo de los meses de Enero, Abril, Julio y Octubre del año 2010 (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)					POZO CAMAR 2	Etapa Operación (Fechas campañas)														
			2007			INFORME ANUAL 2007	2008		2008				INFORME ANUAL 2008	2009				INFORME ANUAL 2009	2010				INFORME ANUAL 2010
			A C.1	J C.2	O C.3		E C.4		A. C.5	J. C.6	O. C.7	E. C.8		A. C.9	J. C.10	O. C.11	E. C.12		A. C.13	J. C.14	O. C.15		
Contenido de humedad del suelo	1 vez	Trimestral		(1)	(1)		(1)																
Estado vital de la vegetación	1 vez	Bianual		(1)	(1)		(1)			(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.

	Informes Anuales
	Inicio bombeo pozo camar 2. 13 de marzo de 2008.
	Inicio bombeo pozos allana y mullay 1. 15 de septiembre de 2008.

E: Enero

A: Abril

J: Julio

O: Octubre

C: Campañas de monitoreo

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 1-1y Figura 2.1-1), 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.

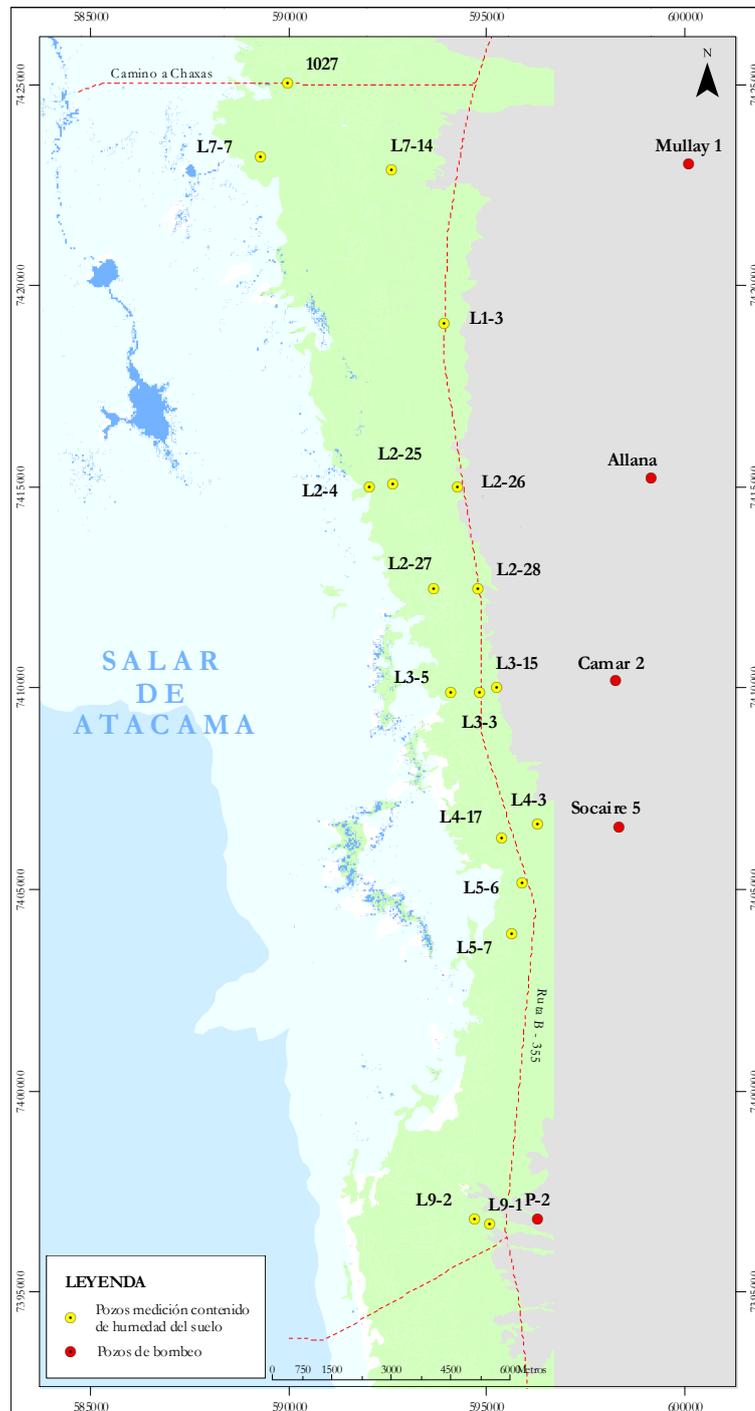
La TABLA 2.1-1 y FIGURA 2.1-1 indican la ubicación en coordenadas UTM (Datum Psad 56) de los puntos de muestreo del contenido de humedad del suelo, el pozo de monitoreo de profundidad de la napa y la formación vegetal existente en cada punto.

**TABLA 2.1-1
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 2.1-1
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 2.1-1 y FIGURA 2.1-1). 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 2.2-1 presenta ilustraciones del procedimiento empleado. La TABLA 2.2-1 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 2.2-1).

**TABLA 2.2-1
PROFUNDIDAD DEL ESTRATO CON PRESENCIA DE RAICES**

N°	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 2.2-1
METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO**



Etapa A: 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 2.3-1). 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. 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 2.3-1
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 2.3-2
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 2.3-3
FASES FENOLOGICAS**

Categoría	Fase fenológica
1	Senescente
2	Crecimiento vegetativo

**TABLA 2.3-3
FASES FENOLOGICAS**

Categoría	Fase fenológica
3	Floración
4	Fructificación

Adicionalmente se efectúa un registro fotográfico de los ejemplares marcados.

**FIGURA 2.3-1
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

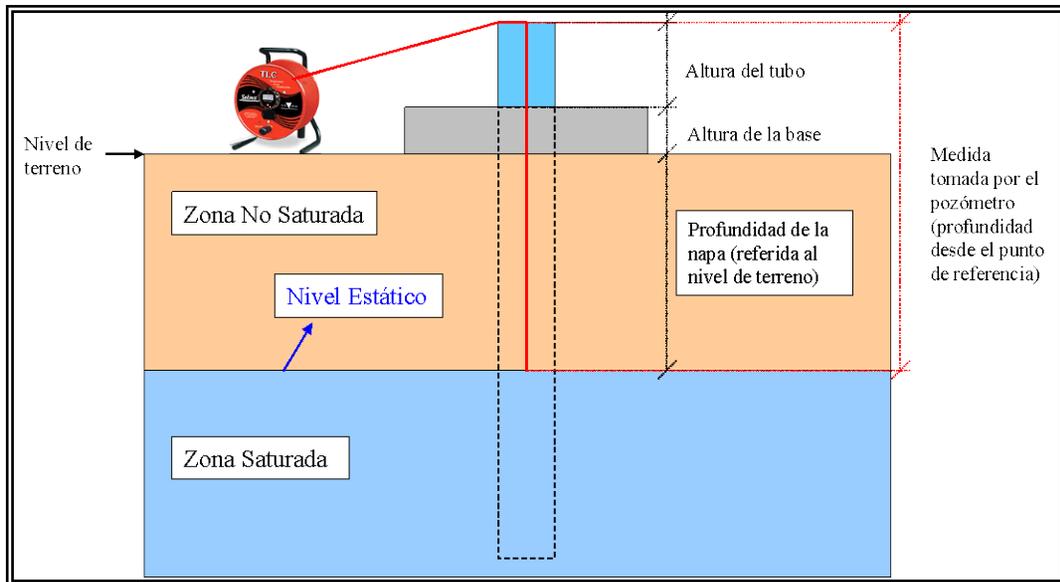
La profundidad de la napa subterránea se realiza con un pozómetro (FIGURA 2.4-1A), que consiste en una cinta resistente graduada al milímetro que cuenta en uno de sus extremos con un sensor sonoro y lumínico que detecta la presencia del nivel de agua. Para facilitar su utilización la cinta se enrolla 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 2.4-1b)

FIGURA 2.4-1
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

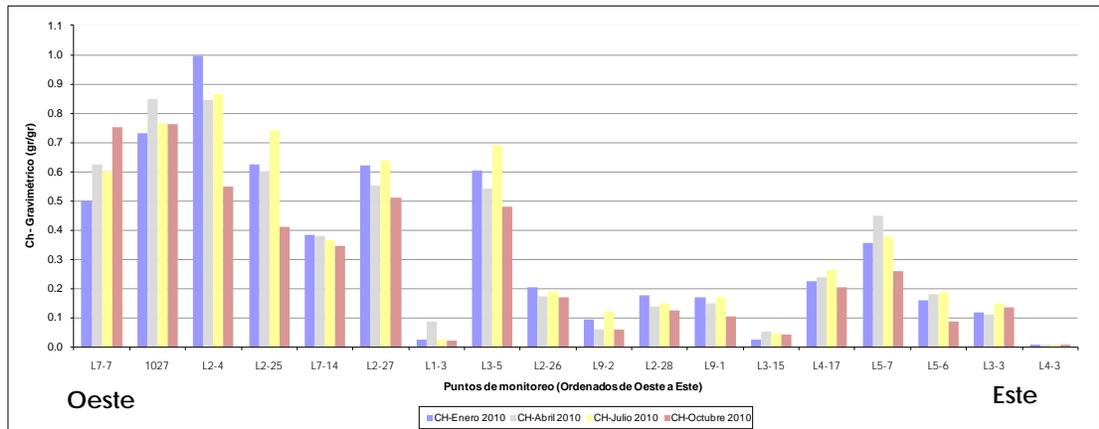
De acuerdo a la TABLA 1-1, el año 2010 corresponde al segundo año en etapa de operación del proyecto luego de la puesta en marcha de los pozos Camar, Allana y Mullay 1.

La Tabla 3.1-1 presenta 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 2010 (Enero, Abril, Julio y Octubre).

TABLA 3.1-1
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO Y PROFUNDIDAD DE LA NAPA DE LOS 18
PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑAS DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE DE 2010

Pozo (O-E)	CH gravimétrico (gr./gr.)				Profundidad Napa (m)			
	Enero	Abril	Julio	Oct.	Enero	Abril	Julio	Oct.
L7-7	0,499	0,872	0,601	0,751	0,536	0,620	0,487	0,404
1027	0,731	0,666	0,767	0,763	0,499	0,514	0,420	0,385
L2-4	0,997	0,929	0,864	0,547	0,884	0,863	0,819	0,802
L2-25	0,625	1,017	0,740	0,410	0,564	0,560	0,544	0,532
L7-14	0,384	0,362	0,365	0,344	1,576	1,611	1,573	1,534
L2-27	0,622	0,766	0,637	0,512	0,978	1,255	0,866	0,833
L1-3	0,024	0,019	0,024	0,020	6,553	6,579	6,590	6,594
L3-5	0,603	0,628	0,691	0,481	0,096	0,111	0,058	0,036
L2-26	0,202	0,156	0,190	0,169	3,548	3,563	3,562	3,553
L9-2	0,092	0,068	0,122	0,060	4,151	4,195	4,173	4,131
L2-28	0,177	0,167	0,149	0,124	2,842	2,914	2,812	2,784
L9-1	0,170	0,178	0,169	0,102	5,687	5,729	5,708	5,677
L3-15	0,023	0,039	0,044	0,040	3,602	3,644	3,632	3,638
L4-17	0,225	0,263	0,262	0,203	1,894	1,927	1,897	1,868
L5-7	0,356	0,244	0,377	0,260	1,741	1,724	1,582	1,557
L5-6	0,160	0,163	0,186	0,088	2,124	2,102	1,975	1,948
L3-3	0,116	0,121	0,150	0,136	3,006	3,018	2,953	2,949
L4-3	0,008	0,009	0,008	0,007	16,138	16,154	16,158	16,197

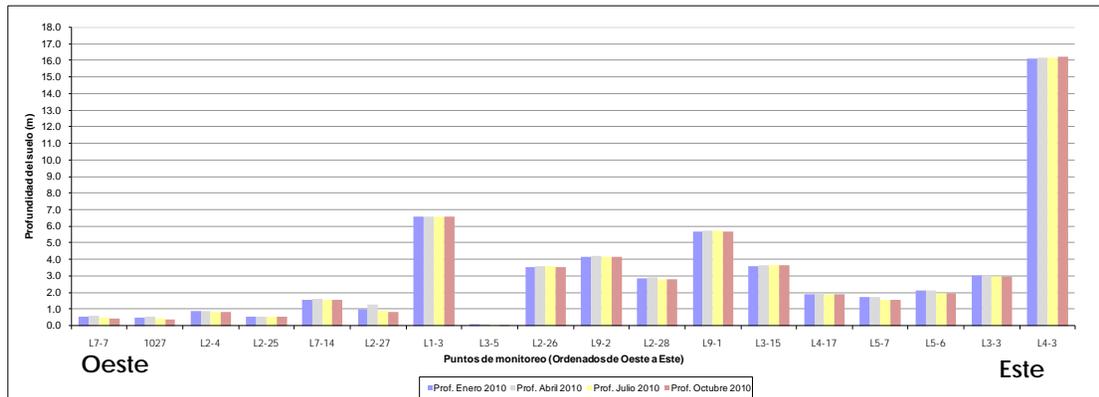
FIGURA 3.1-1
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO
EN LAS CAMPAÑAS DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE DE 2010,



La FIGURA 3.1-1 muestra el comportamiento del contenido de humedad del suelo en los 18 puntos de medición evaluados en las 4 campañas de monitoreo del año 2010 (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 (< 0,085 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, con 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.

De acuerdo a los resultados obtenidos para el año 2010 los pozos que presentaron mayores variaciones del contenido de humedad a lo largo del año son aquellos que se ubican en el sector oeste, a saber, L2-4, L2-25, y L3-5. Aquellos que presentaron las menores variaciones fueron L4-3, L3-15 y L2-26.

**FIGURA 3.1-2
 PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 POZOS
 EN LAS CAMPAÑAS DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE DE 2010,**



La FIGURA 3.1-2 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 2010 (enero, abril, julio y octubre), los pozos están ordenados en sentido oeste-este, los pozos de monitoreo presentaron profundidades que van desde 0,036 m (es decir, el agua se encuentra casi a nivel de superficie), como en el caso del pozo L3-5, hasta 16,197 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 el sector oeste la napa subterránea se presenta más superficial, y aumenta su 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, sin embargo, se observa que el contenido de humedad presenta variaciones trimestrales mucho más significativas que la profundidad de la napa lo que podría deberse a las distintas condiciones que presentan las estaciones en las que se realizan los monitoreos, mayor o menor temperatura ambiente, humedad relativa además de la presencia de lluvias.

En el 78% de los pozos los valores más bajos de profundidad de la napa se registraron durante la campaña de octubre de 2010 y el 67% presentó los más altos contenidos durante la campaña de abril de 2010, las variaciones del nivel de la napa fluctuaron entre unos pocos milímetros hasta los 40 cm, el pozo que presentó mayor variación entre campañas fue el L2-27 en el que la napa fluctuó 42 cm y el que presentó menores variaciones durante el año fue el pozo L2-26 con cerca de 1 cm.

Las FIGURA 3.1-3 a la FIGURA 3.1-6 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 2010 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, L2-4 con una variación de 0,450 gr/gr entre el valor más alto (campaña de enero) y el valor más bajo (campaña de

octubre) le sigue el punto de monitoreo L2-25 con una variación de 0,330 gr/gr entre el valor más alto (campana de julio) y el valor más bajo (campana de octubre), en tercer lugar se ubica el punto L3-5 con una variación de 0,210 gr/gr entre el valor más alto (campana de julio) y el valor más bajo (campana de octubre).

El punto de monitoreo que presentó la menor variación entre campañas de medición fue el L4-3 con un valor de 0,001 gr/gr, el contenido de humedad de este punto permaneció casi sin variaciones durante el año 2010.

Con respecto a la profundidad esta variable muestra pequeñas variaciones entre campañas de monitoreo siendo las más importantes las de los pozos L2-27 con 0,422 m de variación entre el valor más alto (campana de abril) y el valor más bajo (campana de octubre), L7-7 con 0,216 m entre el valor más alto (campana de abril) y el valor más bajo (campana de octubre) y en tercer lugar los pozos L5-7 con 0,184 m entre el valor más alto (campana de enero) y el valor más bajo (campana de octubre).

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 3.1-3
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO V/S PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑA DE ENERO DE 2010

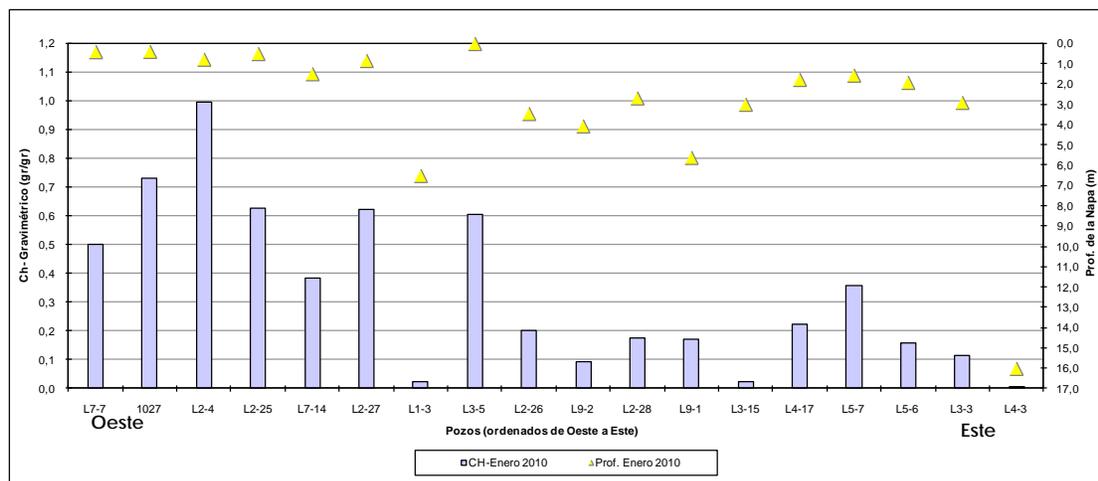


FIGURA 3.1-4
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO V/S PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑA DE ABRIL DE 2010,

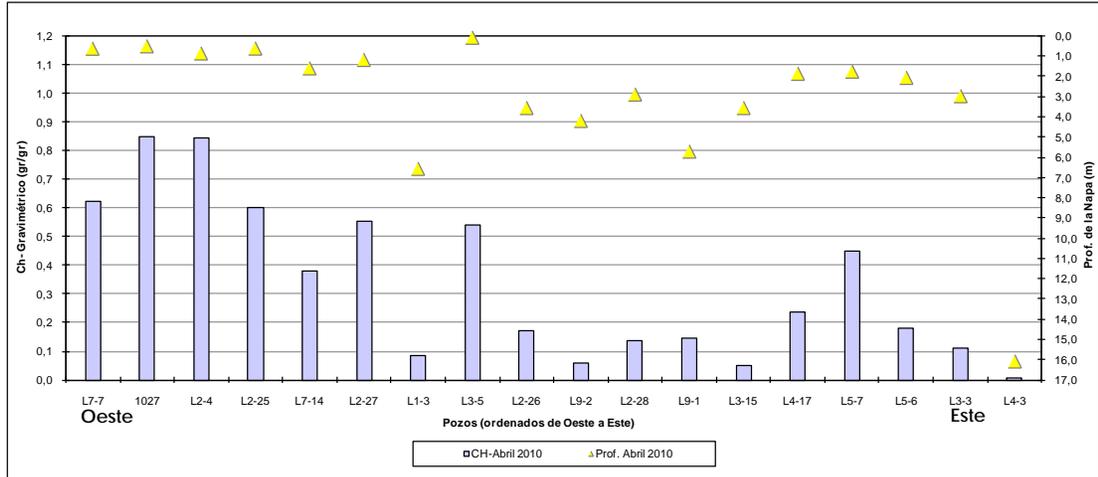


FIGURA 3.1-5
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO V/S PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑA DE JULIO DE 2010.

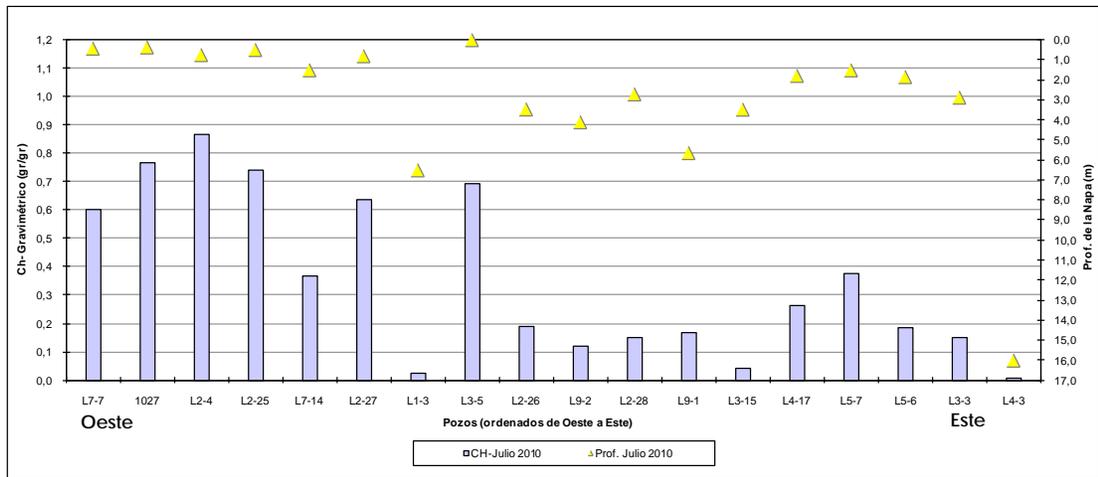
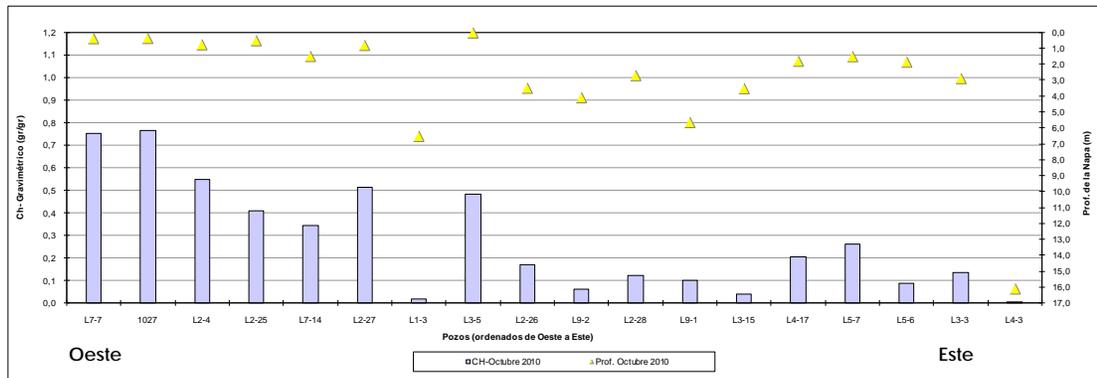


FIGURA 3.1-6
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO v/S PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO, CAMPAÑA DE OCTUBRE DE 2010



3.2. VARIACIÓN INTERANUAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO Y PROFUNDIDAD DE LA NAPA SUBTERRÁNEA

A continuación, las TABLA 3.2-1 y TABLA 3.2-2, FIGURA 3.2-1 a FIGURA 3.2-8 muestran 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, 2009 y 2010. 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 3.2-1
VARIACION INTERANUAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. AÑOS 2007, 2008, 2009 y 2010.

Pozo E-O	CH gravimétrico (gr/gr) Campaña Enero ¹			Promedio 2008-2010 (gr/gr)	Tendencia	CH gravimétrico (gr/gr) Campaña Abril				Promedio 2007-2010 (gr/gr)	Tendencia	CH gravimétrico (gr/gr) Campaña Julio				Promedio 2007-2010 (gr/gr)	Tendencia	CH gravimétrico (gr/gr) Campaña Octubre				Promedio 2007-2010 (gr/gr)	Tendencia				
	2008	2009	2010			2007	2008	2009	2010			2007	2008	2009	2010			2007	2008	2009	2010			2007	2008	2009	2010
	L7-7	0,798	0,723			0,499	0,673	↓	0,453			0,644	0,872	0,623	0,648			↑	²	0,577	0,693			0,601	0,624	↑	0,713
1027	0,894	0,908	0,731	0,844	↑	0,753	0,798	0,666	0,849	0,767	↑	0,806	0,913	0,857	0,767	0,836	↑	0,776	0,958	0,673	0,763	0,792	↑				
L2-4	0,614	0,524	0,997	0,712	↑	0,838	0,795	0,929	0,845	0,852	↑	0,759	0,484	0,868	0,864	0,744	↑	0,731	0,648	0,878	0,547	0,701	↑				
L2-25	0,935	0,707	0,625	0,756	↓	1,079	0,817	1,017	0,600	0,878	↑	0,987	0,583	0,642	0,740	0,738	↑	0,974	0,712	0,556	0,410	0,663	↑				
L7-14	0,247	0,263	0,384	0,298	↑	0,217	0,258	0,362	0,381	0,304	↑	0,237	0,279	0,332	0,365	0,303	↑	0,275	0,272	0,358	0,344	0,312	↑				
L2-27	0,480	0,501	0,622	0,534	↑	0,496	0,509	0,766	0,552	0,581	↑	0,568	0,509	0,546	0,637	0,565	↑	0,515	0,520	0,545	0,512	0,523	↑				
L1-3	0,013	0,007	0,024	0,015	↑	0,040	0,029	0,019	0,086	0,043	↑	0,024	0,031	0,022	0,024	0,025	↑	0,012	0,024	0,030	0,020	0,022	↑				
L3-5	0,381	0,385	0,603	0,457	↑	0,524	0,403	0,628	0,540	0,524	↑	¹	0,410	0,304	0,691	0,468	↑	0,525	0,348	0,681	0,481	0,509	↑				
L2-26	0,127	0,104	0,202	0,145	↑	0,183	0,131	0,156	0,171	0,160	↑	¹	0,160	0,156	0,190	0,169	↑	0,142	0,134	0,153	0,169	0,149	↑				
L9-2	0,072	0,069	0,092	0,078	↑	0,097	0,107	0,068	0,058	0,082	↑	0,120	0,069	0,129	0,122	0,110	↑	0,141	0,126	0,102	0,060	0,107	↓				
L2-28	0,149	0,151	0,177	0,159	↑	0,183	0,157	0,167	0,137	0,161	↑	¹	0,159	0,168	0,149	0,158	↑	0,131	0,165	0,178	0,124	0,150	↑				
L9-1	0,105	0,031	0,170	0,102	↑	0,115	0,056	0,178	0,147	0,124	↑	0,094	0,093	0,228	0,169	0,146	↑	0,075	0,093	0,224	0,102	0,124	↑				
L3-15	0,031	0,014	0,023	0,023	↑	0,066	0,052	0,039	0,052	0,052	↑	¹	0,050	0,031	0,044	0,042	↑	0,078	0,031	0,043	0,040	0,048	↑				
L4-17	0,224	0,209	0,225	0,219	↑	0,242	0,211	0,263	0,238	0,239	↑	¹	0,208	0,202	0,262	0,224	↑	0,208	0,225	0,241	0,203	0,219	↑				
L5-7	0,233	0,230	0,356	0,273	↑	0,338	0,259	0,244	0,448	0,322	↑	0,272	0,263	0,388	0,377	0,325	↑	0,349	0,239	0,416	0,260	0,316	↑				
L5-6	0,170	0,166	0,160	0,165	↓	0,198	0,180	0,163	0,179	0,180	↑	0,183	0,175	0,177	0,186	0,180	↑	0,215	0,195	0,159	0,088	0,164	↑				
L3-3	0,103	0,063	0,116	0,094	↑	0,133	0,132	0,121	0,111	0,124	↓	0,097	0,109	0,142	0,150	0,125	↑	0,166	0,134	0,138	0,136	0,144	↑				
L4-3	0,005	0,003	0,008	0,005	↑	0,004	0,004	0,009	0,007	0,006	↑	0,004	0,015	0,010	0,008	0,009	↑	0,005	0,003	0,006	0,007	0,005	↑				

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 3.2-2
VARIACION INTERANUAL DE LA PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. AÑOS 2007, 2008, 2009 y 2010

Pozo E-O	Profundidad de la napa (m) Campaña Enero			Promedio 2008-2010 (m)	Tendencia	Profundidad de la napa (m) Campaña Abril			Promedio 2007-2010 (m)	Tendencia	Profundidad de la napa (m) Campaña Julio				Promedio 2007-2010 (m)	Tendencia	Profundidad de la napa (m) Campaña Octubre				Promedio 2007-2010 (m)	Tendencia
	2008	2009	2010			2008	2009	2010			2007	2008	2009	2010			2007	2008	2009	2010		
L7-7	0,521	0,459	0,536	0,505	↓	0,663	0,628	0,620	0,637	↓	0,545	0,480	0,475	0,487	0,497	↓	0,405	0,408	0,408	0,404	0,406	↓
1027	0,479	0,445	0,499	0,474	↓	0,527	0,510	0,514	0,517	↓	0,442	0,420	0,416	0,420	0,425	↓	0,394	0,371	0,395	0,385	0,386	↓
L2-4	0,855	0,829	0,884	0,856	↓	0,864	0,861	0,863	0,863	↓	0,798	0,784	0,798	0,819	0,800	↓	0,785	0,781	0,795	0,802	0,791	↓
L2-25	0,575	0,551	0,564	0,563	↓	0,584	0,621	0,560	0,588	↓	0,563	0,548	0,544	0,544	0,550	↓	0,561	0,544	0,538	0,532	0,544	↓
L7-14	1,556	1,542	1,576	1,558	↓	1,601	1,598	1,611	1,603	↓	1,565	1,560	1,557	1,573	1,564	↓	1,540	1,527	1,526	1,534	1,532	↓
L2-27	0,972	0,891	0,978	0,947	↓	1,189	1,181	1,255	1,208	↓	0,864	0,855	0,854	0,866	0,860	↓	0,850	0,842	0,832	0,833	0,839	↓
L1-3	6,525	6,538	6,553	6,539	↑	6,441	6,554	6,579	6,525	↑	6,527	6,548	6,550	6,590	6,554	↑	6,525	6,543	6,541	6,594	6,551	↓
L3-5	0,0632	0,058	0,096	0,072	↓	0,087	0,087	0,111	0,095	↑	0,013	0,056	0,052	0,058	0,045	↓	0,001 ³	0,052	0,052	0,036	0,035	↓
L2-26	3,515	3,495	3,548	3,519	↑	3,562	3,554	3,563	3,560	↓	3,517	3,524	3,509	3,562	3,528	↓	3,523	3,512	3,521	3,553	3,527	↓
L9-2	4,103	4,104	4,151	4,119	↑	4,180	4,190	4,195	4,188	↑	4,120	4,140	4,151	4,173	4,146	↑	4,087	4,111	4,117	4,131	4,112	↑
L2-28	2,771	2,730	2,842	2,781	↑	2,865	2,890	2,914	2,890	↑	2,733	2,737	2,757	2,812	2,760	↑	2,715	2,707	2,729	2,784	2,734	↓
L9-1	5,639	5,652	5,687	5,659	↑	5,715	5,704	5,729	5,716	↓	5,645	5,678	5,689	5,708	5,680	↑	5,620	5,659	5,673	5,677	5,657	↑
L3-15	3,017	3,040	3,602	3,220	↑	3,045	3,555	3,644	3,415	↑	2,98	3,013	3,520	3,632	3,286	↑	2,980	3,019	3,544	3,638	3,295	↑
L4-17	1,804	1,820	1,894	1,839	↑	1,845	1,866	1,927	1,879	↑	1,769	1,820	1,835	1,897	1,830	↑	1,758	1,795	1,825	1,868	1,812	↑
L5-7	1,646	1,611	1,741	1,666	↓	1,710	1,758	1,724	1,731	↓	1,520	1,538	1,560	1,582	1,550	↑	1,479	1,522	1,538	1,557	1,524	↑
L5-6	1,6785	1,966	2,124	1,923	↑	1,994	2,066	2,102	2,054	↑	1,735	1,847	1,896	1,975	1,863	↑	1,705	1,834	1,883	1,948	1,843	↑
L3-3	2,944	2,948	3,006	2,966	↑	2,937	2,971	3,018	2,975	↑	2,910	2,913	2,921	2,953	2,924	↑	2,895	2,909	2,914	2,949	2,917	↑
L4-3	16,022	16,009	16,138	16,056	↓	15,982	16,055	16,154	16,064	↑	16,089	15,987	16,047	16,158	16,070	↓	15,992	15,98	16,113	16,197	16,073	↓

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

FIGURA 3.2-1
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑAS DE ENERO DE 2008, 2009 Y 2010

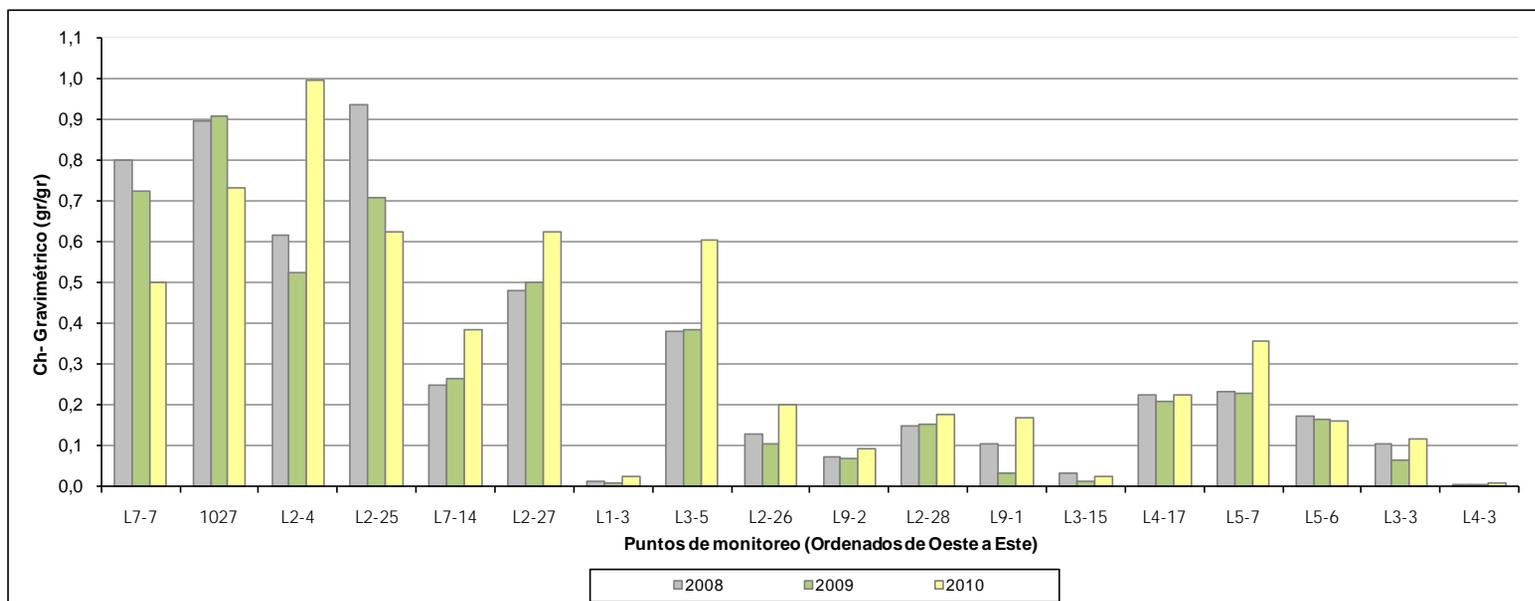


FIGURA 3.2-2
PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑAS DE ENERO DE 2008, 2009 Y 2010

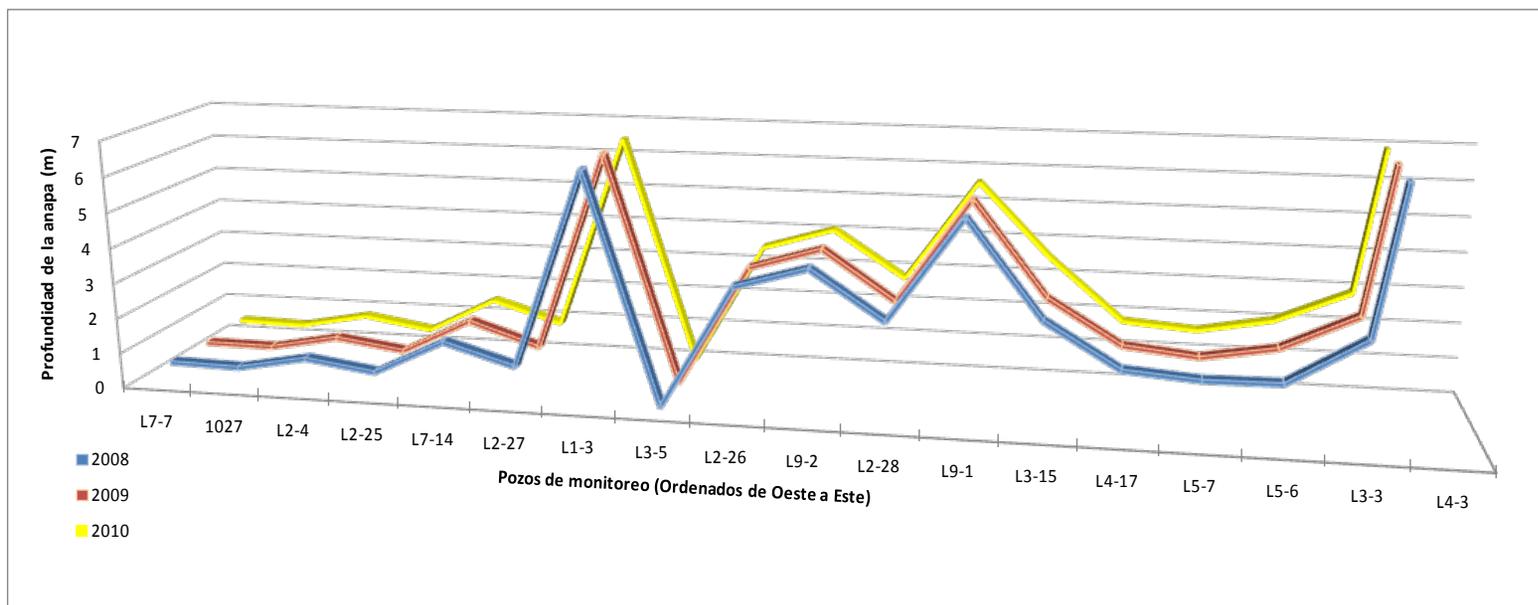


FIGURA 3.2-3
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑAS ABRIL DE 2007, 2008, 2009 Y 2010

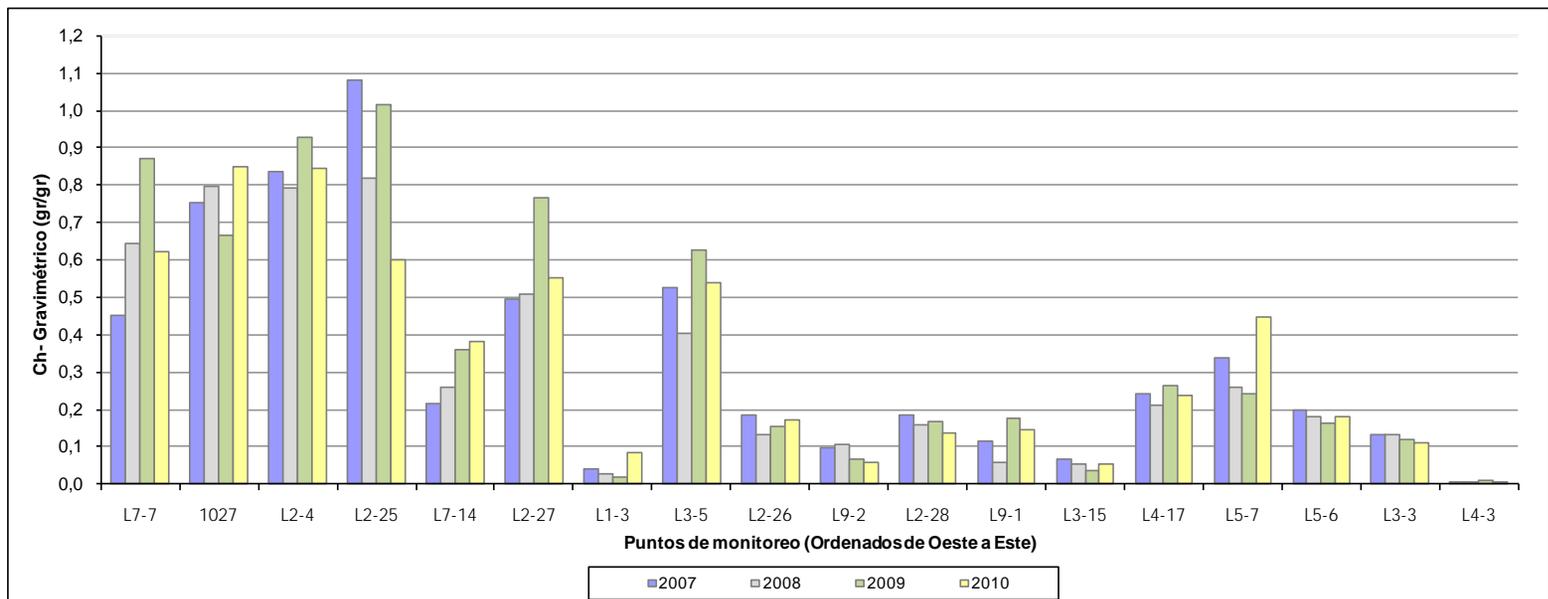


FIGURA 3.2-4
 PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑAS DE ABRIL DE 2008, 2009 Y 2010

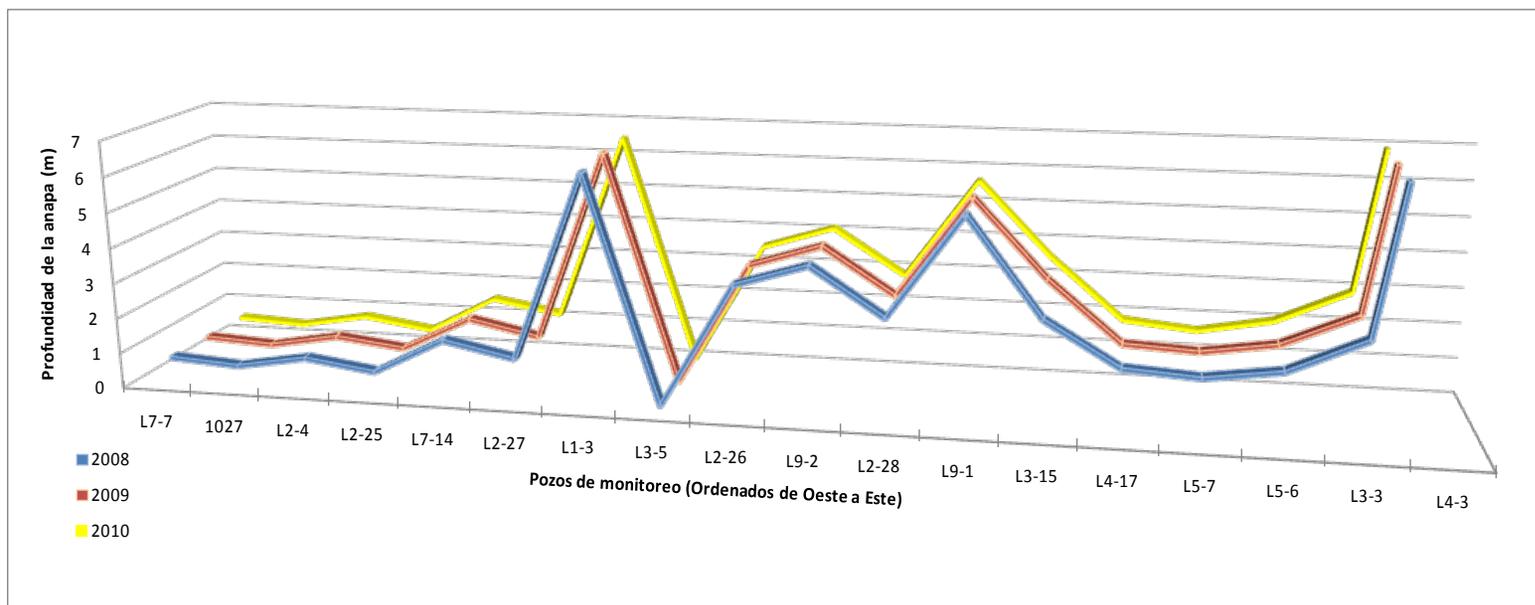


FIGURA 3.2-5
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑAS DE JULIO DE 2007, 2008, 2009 Y 2010

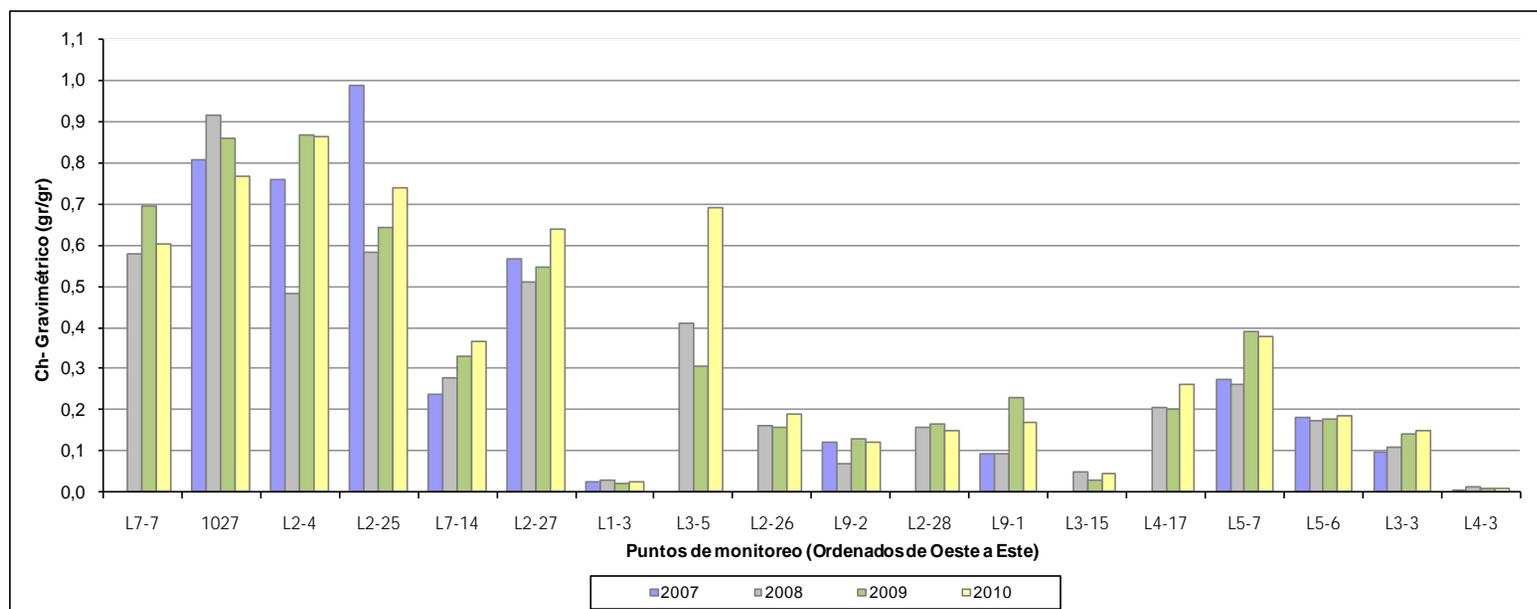


FIGURA 3.2-6
 PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑAS DE JULIO DE 2007, 2008, 2009 Y 2010

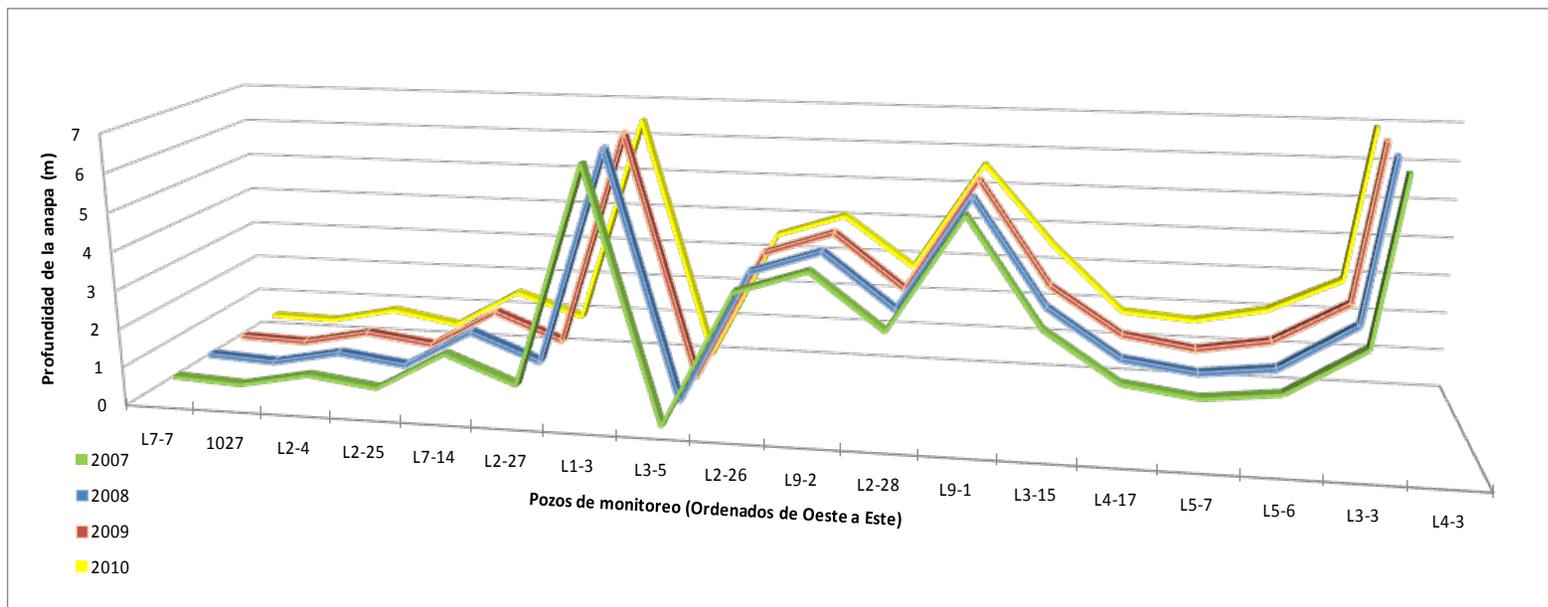


FIGURA 3.2-7
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑAS DE OCTUBRE DE 2007, 2008, 2009 Y 2010

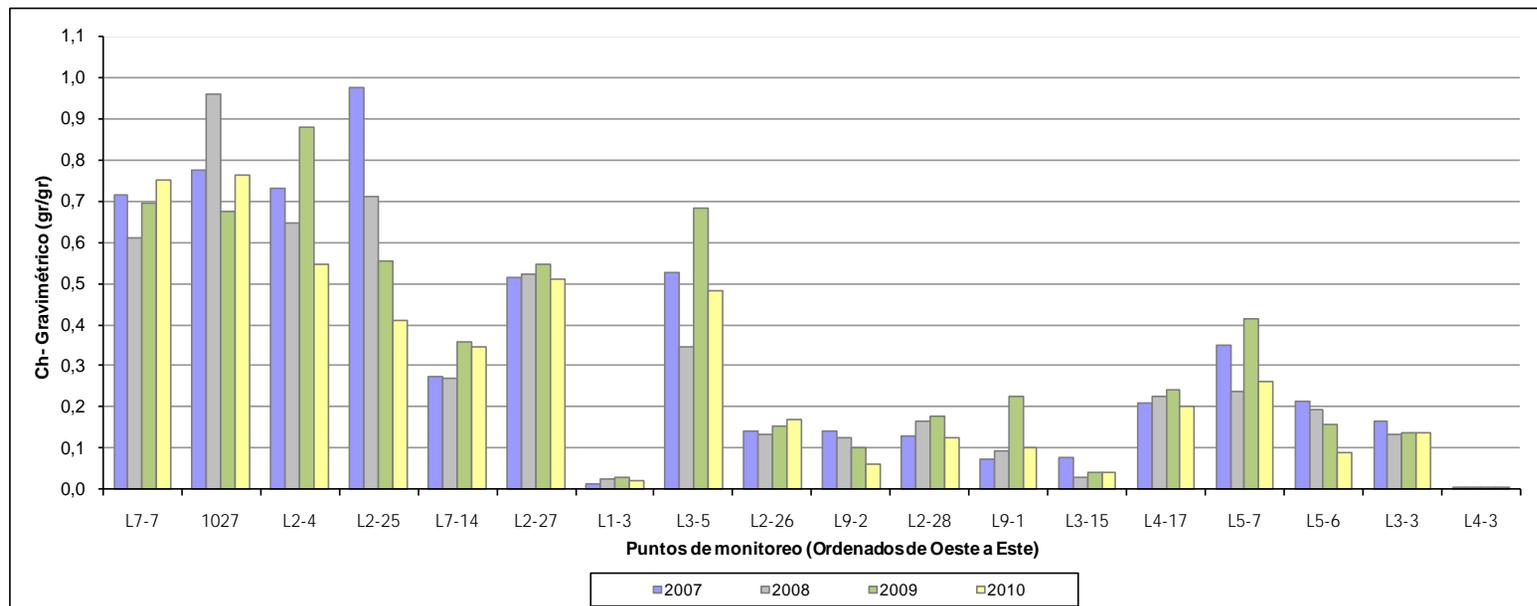
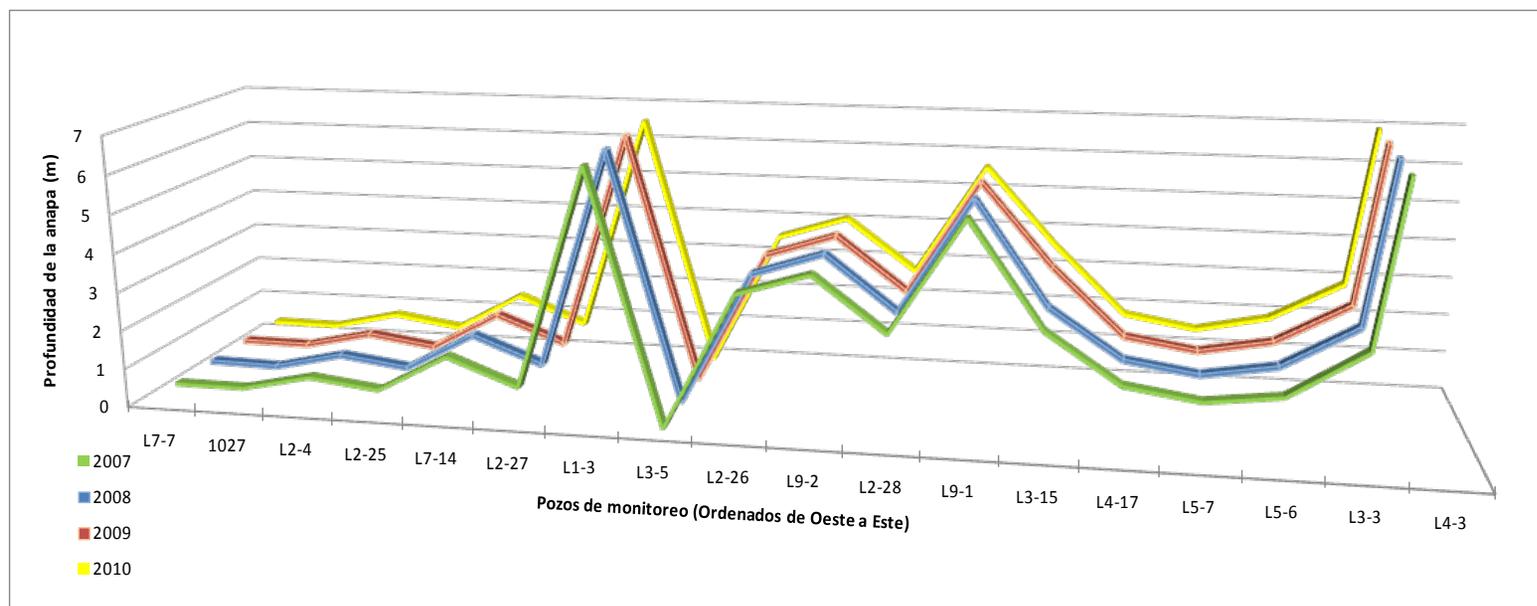


FIGURA 3.2-8
PROFUNDIDAD DE LA NAPA EN LOS 18 PUNTOS DE MONITOREO. CAMPAÑAS DE OCTUBRE 2007, 2008, 2009 Y 2010



De acuerdo a lo presentado en las tablas y figuras anteriores se puede indicar que para el contenido de humedad del suelo existen variaciones anuales para una misma campaña de monitoreo, considerando que los años 2007 y 2008 corresponde a campañas pre-operacionales y los años 2009 y 2010 campañas operacionales, no se observa una tendencia clara para ninguna de las 2 situaciones ni para el período analizados. Los valores analizados tienen aumentos o descensos aleatorios.

En cuanto a la profundidad de la napa y como se puede observar en las FIGURA 3.2-1 a FIGURA 3.2-8 esta variable presenta un comportamiento mucho más estable, con una clara tendencia y con variaciones interanuales muy pequeñas.

Durante el mes de **enero** de 2010 el 78% de los puntos (14 de 18) presentaron un aumento del contenido de humedad con respecto al promedio de los 3 años analizados (2008, 2009 y 2010) mientras el 22% registró una baja con respecto al promedio. Los puntos que presentaron las mayores bajas fueron L7-7 con un 26%, L2-25 con un 17% y 1027 con un 13%. Por otro lado los mayores aumentos fueron para los puntos L9-1 con un 66%, L4-3 con un 50% y finalmente los puntos L2-26 y L2-4 con un 40%.

Con respecto a la profundidad de la napa, durante la campaña de enero 2010 el 100% de los pozos presentó niveles de las napas más profundos que el promedio de los 3 años analizados (2008, 2009 y 2010), las mayores disminuciones de la napa corresponden al pozo L3-5 con un 33%, le sigue el pozo L3-15 con un 12 % y finalmente el pozo L5-6 con un 10%, aquellos que presentaron las menores variaciones (< de 1%) fueron los pozos L2-25, L1-3 y L4-3.

En el mes de **abril** de 2010 se observó que el 56% de los puntos (10 de 18) presentaron valores más bajos de contenido de humedad del suelo con respecto al promedio del período analizado (2008, 2009 y 2010), mientras que el 44% (8 de 10) restantes presentó un aumento del contenido de humedad con respecto al mismo período, los puntos con las mayores bajas son L2-25 con un 32%, L9-2 con un 30% y L3-3 con un 11%. Aquellos puntos que aumentaron el contenido de humedad durante el año 2010 fueron 1027 con un 11%, L2-26 con un 7% y finalmente L3-5 con un 3%.

En cuanto a la profundidad de la napa para la campaña de abril de 2010 se observó que el 83% de los pozos (15 de 18) presentó napas más profundas con respecto al promedio del período analizado (2008, 2009, 2010), en tanto que el 17% (3 de 18) restante tuvo napas más superficiales. Aquellos pozos que presentaron napas más profundas son el L3-5 con un 30% sobre el promedio, L3-15 con un 11% y L5-6 con un 6%, aquellos de napas más superficiales fueron el L7-7 con un 2% y L2-25 y 1027 con un 1%.

Para la campaña de **julio** de 2010 se observa que el 72% de los puntos de monitoreo (13 de 18) tuvieron un aumento del contenido de humedad del suelo con respecto al promedio del período analizado (2007, 2008, 2009 y 2010), mientras el 28% (5 de 18) restantes registró una baja. Aquellos puntos que tuvieron las mayores alzas fueron el L3-5 con 48% sobre el promedio, y L7-14, L3-3 y L4-17 con un 20%; aquellos que registraron bajas en el contenido de humedad fueron L4-3 con un 12% bajo el promedio, 1027 con un 8% y finalmente L1-3 y L2-28 con un 6%.

Con respecto a la profundidad de la napa durante julio del año 2010 el 83% de los pozos (15 de 18) presentaron una napa más profunda con respecto al promedio del período analizado (2007, 2008, 2009 y 2010) y el 17% restante (3 de 18) presentó napas más superficiales. Aquellos pozos con los mayores aumentos en profundidad fueron el L3-5 con un 30% sobre el promedio, L3-15 con un 11% y L5-6 con un 6%. Aquellos con napas más superficiales fueron L7-7 con un 2%, 1027 y L2-25 con un 1%.

Para las campañas de **octubre** de 2010 se observa que el 78% (14 de 18) de los puntos de muestreo presentó una baja en el contenido de humedad con respecto al promedio del período estudiado (2007, 2008, 2009 y 2010), mientras el 22% restantes (4 de 18) obtuvo valores más altos con respecto al promedio para este mismo período. Aquellos puntos que presentaron las mayores bajas fueron L5-6 con un 46% bajo el promedio, L9-2 con un 44% y L2-25 con un 38%. Aquellos que presentaron alzas con respecto al promedio fueron L4-3 con un 35%, L2-26 con un 13% y L7-14 con un 10%.

En cuanto a la profundidad de la napa durante la campaña de octubre 2010 se registró el 78% de las napas más profundas (14 de 18) con respecto al promedio de período analizado (2007, 2008, 2009 y 2010). El 22% restante (4 de 18) presentó napas más superficiales con respecto al mismo período. Aquellos pozos con napas más profundas con respecto al promedio fueron L 3-15 con un 10%, L5-6 con un 6% y L3-5 con un 4%. Aquellos pozos con napas más superficiales con respecto al promedio fueron L2-25 con un 2%, L2-27 y L7-7 con un 1%.

Con respecto al contenido de humedad del suelo es posible distinguir ciertos comportamientos:

- 1- En general, para el **año 2010**, los valores obtenidos se ubican acorde al promedio del período analizado, para la campaña de enero se observó un leve aumento de los valores con respecto a la misma campaña de años anteriores, para los otros meses en que se realizaron las campañas (abril, julio y octubre) no se observan aumentos o disminuciones de importancia.
- 2- Para cada campaña de monitoreo no existe una tendencia clara debido a que los puntos de monitoreo muestran un comportamiento irregular durante los años analizados teniendo aumentos o disminuciones de forma aleatoria. Este comportamiento podría encontrar una explicación en la ocurrencia esporádica de lluvias en el sector del borde este del Salar de Atacama, de acuerdo a los registros obtenidos (ver anexo II) durante el año 2007 se registraron lluvias en los meses de enero y febrero, para el año 2008 en los meses de enero y mayo, 2009 en enero, abril y julio y para el año 2010 durante el mes de mayo, sin embargo es muy difícil poder comprobar esta hipótesis debido a que las lluvias son muy locales, y por ello muchas veces no son registradas por las estaciones meteorológicas.

- 3- 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,
- 4- Para el periodo analizado (2007 a 2010), se observa que las campañas del mes de enero son las que presentan los valores más bajos de contenido de humedad para los años analizados, es así como el 61% de los puntos de monitoreo presentó este comportamiento. De manera contraria, las campañas del mes de abril fueron las que agruparon los valores más altos de contenido de humedad del suelo, el 50% de los puntos de monitoreo presentó esta tendencia.

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

- 1- Aquellos pozos ubicados más cerca del núcleo del salar presentaron leves descensos en la profundidad de la napa mientras aquellos ubicados mas lejos del núcleo tuvieron aumentos leves en la profundidad de la napa.
- 2- Durante las campañas del mes de abril el 89% de los pozos de monitoreo presentaron aumentos en la profundidad de la napa, mientras en las campañas de octubre se registró un 78% de pozos con descensos en la napa. De acuerdo a Salas Et. al⁴. Entre los meses de julio a septiembre se dan los máximos niveles de las aguas subterráneas locales lo que podría explicar el comportamiento observado en los datos de las campañas de octubre durante los años estudiados (2007 a 2010).
- 3- En general, la profundidad de la napa para los años analizados (2007 a 2010) presenta un comportamiento más estable que el del contenido de humedad del suelo y tal como se puede observar en las FIGURA 3.2-2, FIGURA 3.2-4, y FIGURA 3.2-8 las distintas campañas de monitoreo tienen resultados muy similares entre años. Y con menores variaciones que el contenido de humedad del suelo.

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,

⁴ Funcionamiento hidrogeológico del sistema lagunar del margen este del Salar de Atacama. J.Salas, R. Aravena, E. Guzmán, O. Cornellà, J. Guimerà y W.Von Igel. 2009.

3.3.1 Especies vegetales presentes

La TABLA 3.3-1 indica las especies presentes en los 18 puntos de muestreo en las 4 campañas de monitoreo llevadas a cabo durante el año 2010 (enero, abril, julio y octubre).

**TABLA 3.3-1
ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN LOS 18 PUNTOS DE
MONITOREO, CAMPAÑAS DE ENERO, ABRIL, JULIO Y
OCTUBRE DE 2010**

N°	Especies
1	Gramma salada (<i>Distichlis spicata</i>)
2	Brea (<i>Tessaria absinthioides</i>)
3	Cachiyuyo (<i>Atriplex atacamensis</i>)
4	Nitrofila (<i>Nitrophilla atacamensis</i>)
5	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 de 2010**, se puede indicar que la mayoría (87%) de las especies presentes se encontraban en etapa de crecimiento vegetativo con pequeños brotes verdes,

De la totalidad de los individuos registrados, el 87% se encontraba en crecimiento vegetativo (de este porcentaje el 39% presentó presencia de flores y 0,7% además tenía presencia de frutos), mientras el 13% restante aún no salía del receso invernal encontrándose senescentes.

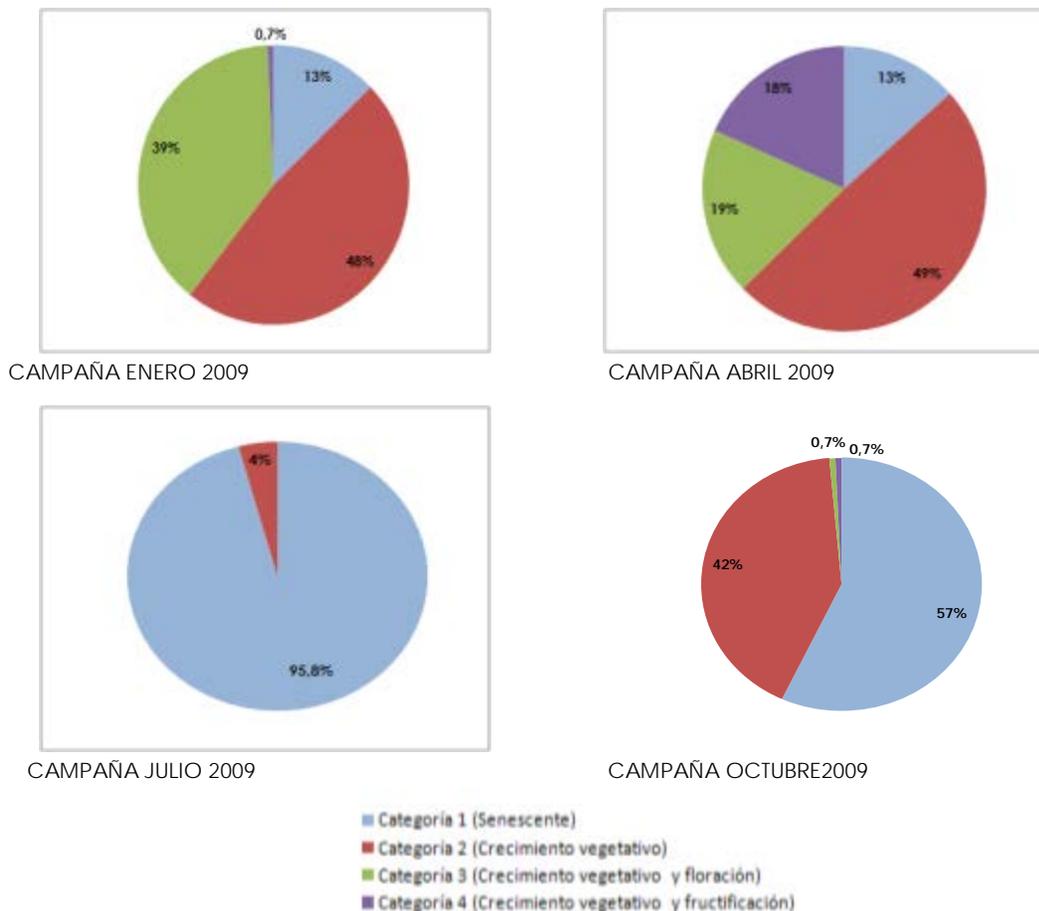
En la campaña de terreno realizada en el mes de **abril** de 2010, se puede indicar que el 87% de las especies presentes se encontraban en etapa de crecimiento vegetativo, de este porcentaje el 19% presentó presencia de flores, y el 18% presento frutos. Un 13% de los ejemplares se encuentra en categoría Senescente.

Para el mes de **julio** de 2010 se puede indicar que la especie *Atriplex atacamensis* fue la única que se encontraba en etapa de crecimiento vegetativo, el resto de los ejemplares de *Distichlis spicata* y *Tessarria absinthioide*, presentes se encontraban senescentes debido al receso invernal que se da en esta época del año.

Para el mes de **octubre** de 2010 se puede indicar que el 42% de las especies presentes se encontraban en etapa de crecimiento vegetativo, ninguno de los ejemplares presentó presencia de flores y/o frutos. El 58% restante aún no salía del receso invernal encontrándose senescentes.

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

FIGURA 3.3-1
FENOLOGÍA CAMPAÑAS DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE DE 2010



3.3.3 Vigor y porcentaje de copa verde

Durante la campaña de enero de 2010 el 73, % de los individuos que presentaba crecimiento vegetativo se encontraban con crecimiento normal (categoría 4) sin signos de patógenos, y un 14% se encontraban en categoría débil (categoría 3), no hubo ejemplares excepcionalmente vigorosos.

En cuanto al porcentaje de copa verde, de aquellos individuos con crecimiento vegetativo, el 2% presentó porcentajes de copa verde menores al 5% (categoría 2), el 33,% se encontraba entre un 5% y un 25% de copa verde (categoría 3), el 21,% entre un 25% y un 50% (categoría 4), el 19% entre 50% y 75% (categoría 5) y por último, el 12% presentó porcentaje de copa verde entre un 75% y un 100%.

Para la campaña de abril de 2010 el 4% presentó porcentajes de copa verde menores al 5% (categoría 2), el 35% se encontraba entre un 5% y un 25% de copa verde (categoría 3), el 23%

entre un 25% y un 50% (categoría 4), el 12% entre 50% y 75% (categoría 5) y por último, el 13% presentó porcentaje de copa verde entre un 75% y un 100%.

Con respecto al vigor, el 56% de los individuos se encontraban con crecimiento normal (categoría 4) sin signos de patógenos, un 2% de los individuos se encontraban muy débil (categoría 2) y un 28% de los individuos se encontraron débil (categoría 3), no se observó ejemplares excepcionalmente vigorosos

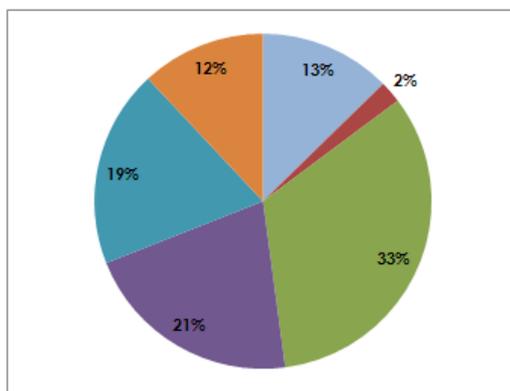
Para la campaña de **julio** de 2010 casi la totalidad de ejemplares muestreados (96%) presenta un 0% de copa verde (categoría 1), el 0,7% se encontraba entre un 5% y un 25% de copa verde (categoría 3), el 0,7% entre un 25% y un 50% (categoría 4), un 0,7% entre 50-75% (categoría 5) y un 2% presentó porcentaje de copa verde entre un 75% y un 100% (categoría 6).

Con respecto al vigor el 100% de los individuos de la especie *Atriplex atacamensis* se encontraba en crecimiento normal y crecimiento vegetativo.

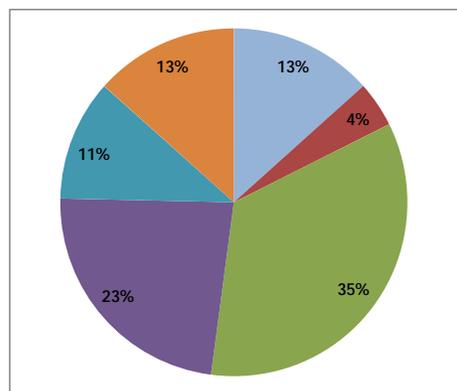
Para la campaña de **octubre** de 2010 el 28% presentó porcentajes de copa verde menores al 5% (categoría 2), el 7% se encontraba entre un 5% y un 25% de copa verde (categoría 3), el 4% entre un 25% y un 50% (categoría 4), un 1% se encontraba entre 50-75% de porcentaje de copa verde (categoría 5) y por último, el 2% presentó porcentaje de copa verde entre un 75% y un 100%. El 58% restante se encontraba sin presencia de hojas por encontrarse aún en receso invernal.

Con respecto al vigor, el 41% de los individuos se encontraban con crecimiento normal (categoría 4) sin signos de patógenos y un 1% se encontraba débil (categoría 3). El resto de los ejemplares no presentaba hojas verdes.

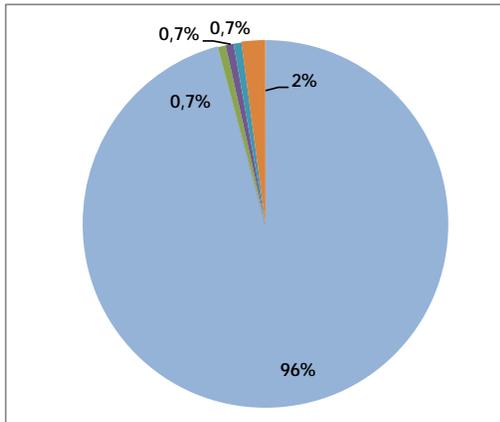
FIGURA 3.3-2
PORCENTAJE DE COPA VERDE CAMPAÑAS DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE DE 2010



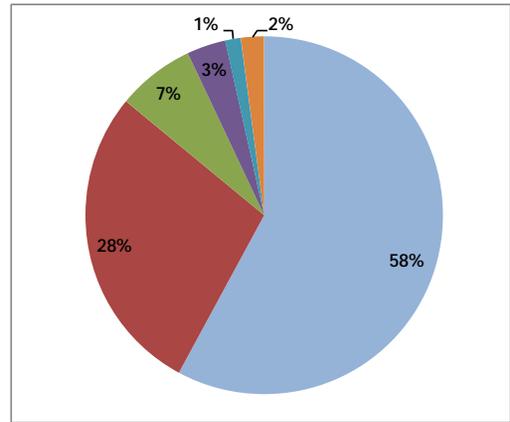
CAMPAÑA ENERO 2009



CAMPAÑA ABRIL 2009



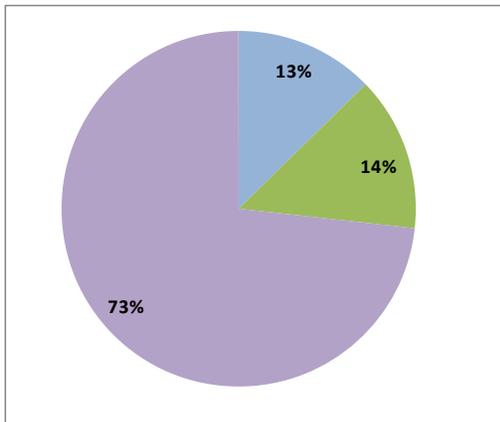
CAMPAÑA JULIO 2009



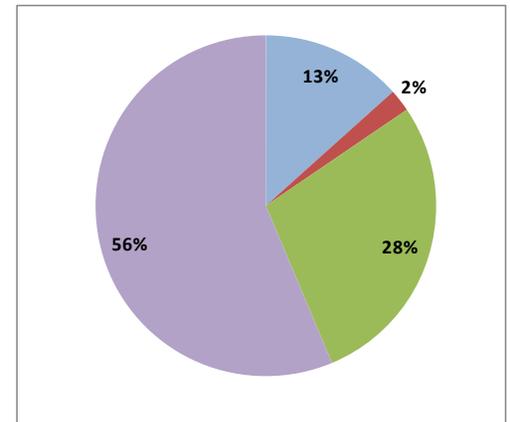
CAMPAÑA OCTUBRE 2009

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

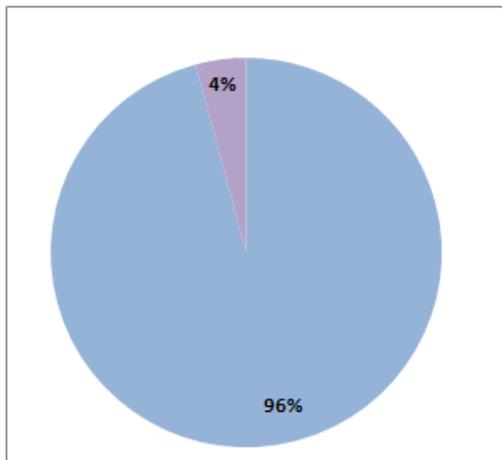
FIGURA 3.3-3
VIGOR CAMPAÑAS DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE DE 2010



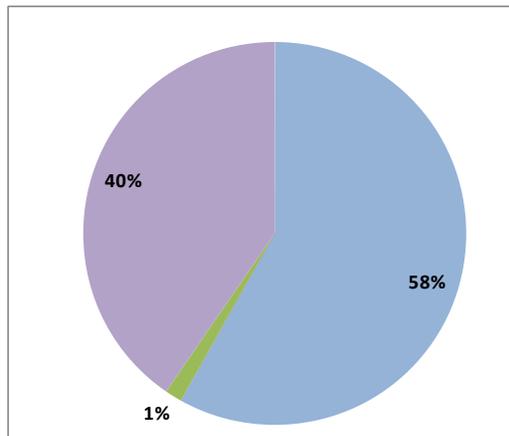
CAMPAÑA ENERO 2009



CAMPAÑA ABRIL 2009



CAMPAÑA JULIO 2009



CAMPAÑA OCTUBRE 2009

- Categoría 1 (Plantaseca)
- Categoría 3 (Planta debil)
- 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. Especie *Atriplex atacamensis*

FIGURA 3.4-1

ATRIPLEX ATACAMENSIS. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE PORCENTAJE DE COPA VERDE. CAMPAÑAS 2007, 2008, 2009 Y 2010.

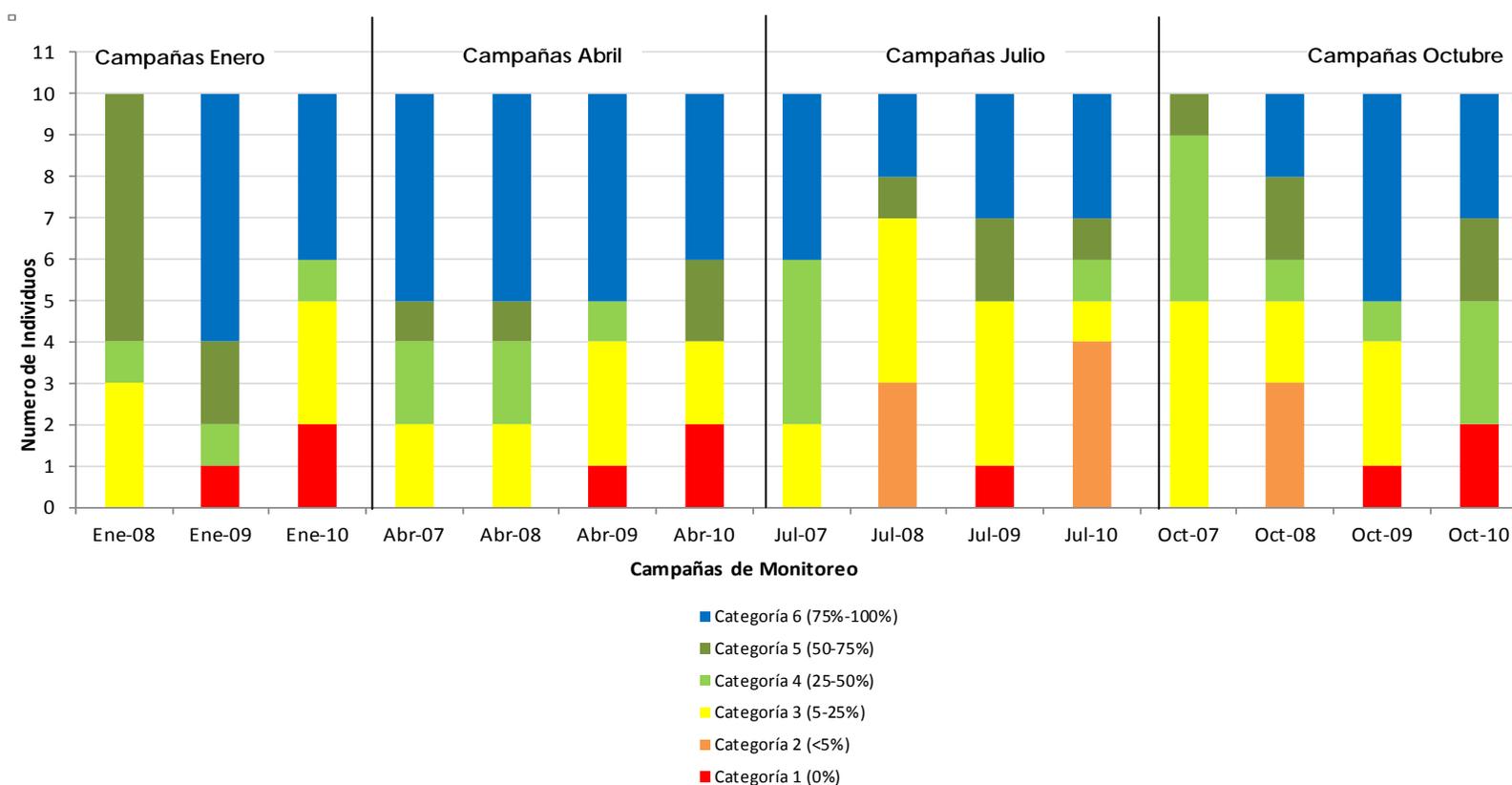
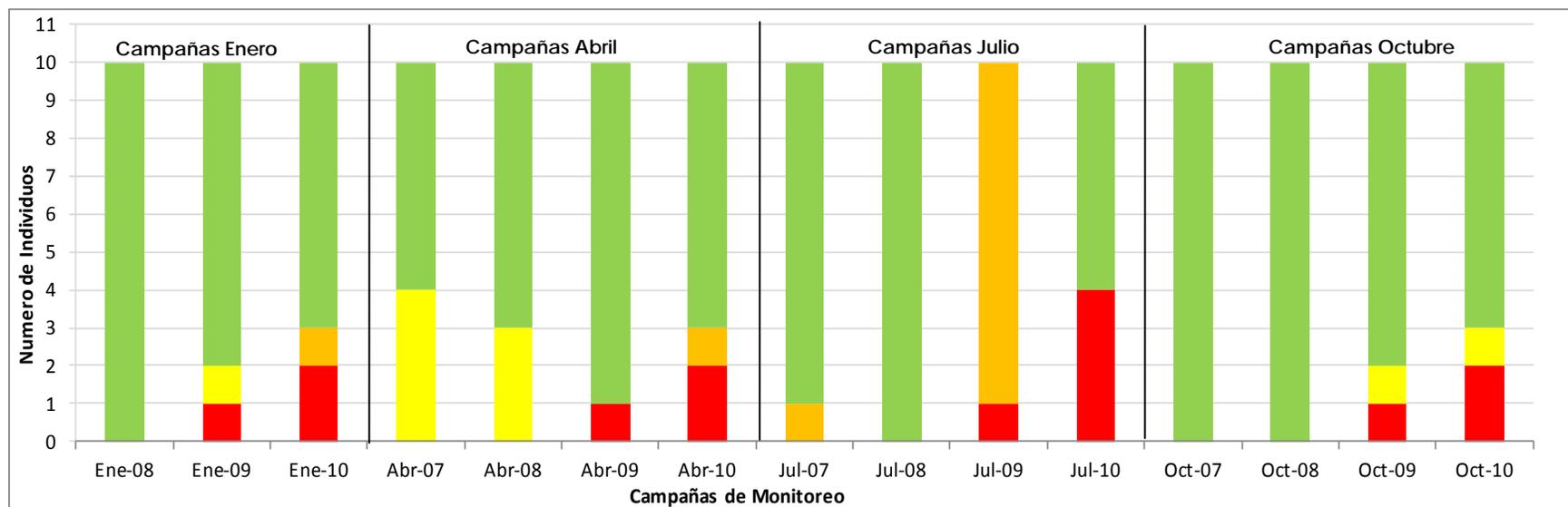
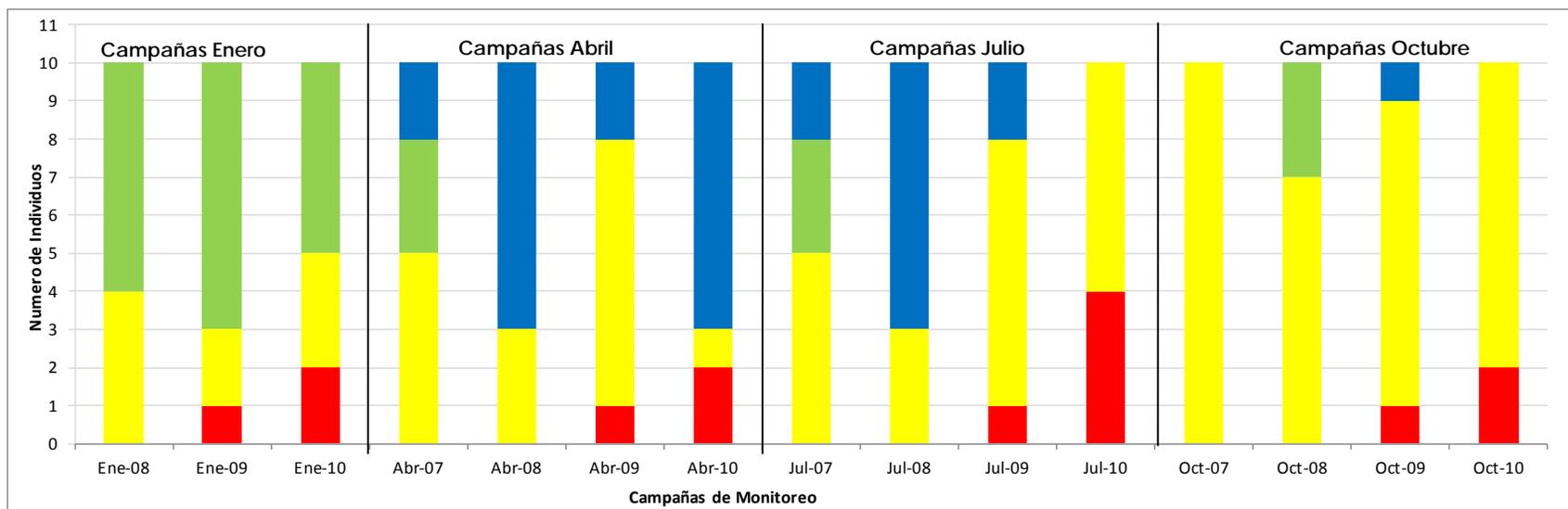


FIGURA 3.4-2
ATRIPLEX ATACAMENSIS. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE VIGOR. CAMPAÑAS 2007, 2008, 2009 Y 2010.



- Vigoroso
- Crecimiento normal
- Planta debil
- Planta muy debil
- Planta seca

FIGURA 3.4-3
ATRIPLEX ATACAMENSIS. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE FENOLOGÍA. CAMPAÑAS 2007, 2008, 2009 Y 2010.



- Crecimiento vegetativo + fructificación
- Crecimiento vegetativo + floración
- Crecimiento Vegetativo
- Senescente

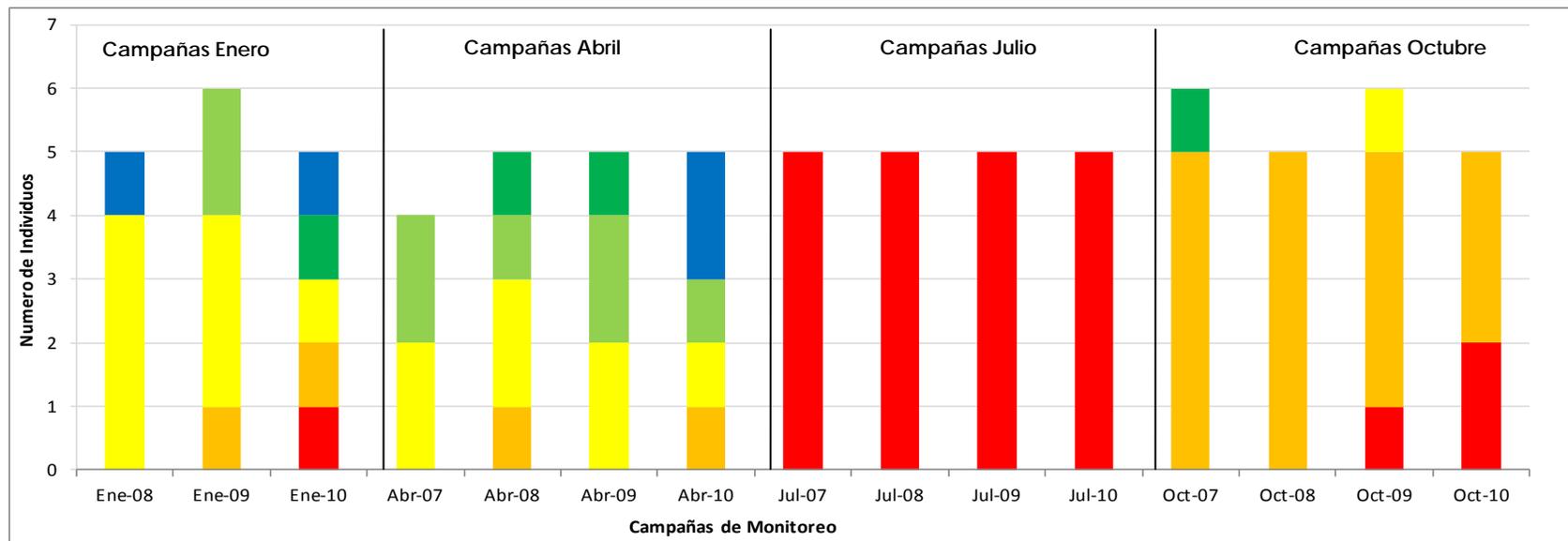
Con respecto al porcentaje de copa verde y de acuerdo a lo expuesto en la FIGURA 3.4-1 se observa un comportamiento irregular para esta variable, es posible distinguir la existencia de ciertas tendencias que se dan en el período analizado (2007-2010). El mes de abril presenta el mayor número de individuos con máximo porcentaje de copa verde (categoría 6), este comportamiento se da en todos los años estudiados siendo también el mes más estable entre las campañas analizadas. Para todo el período se mantiene la existencia de 10 individuos y en los últimos años (2009 y 2010) se observa un leve aumento del porcentaje de copa verde con respecto a los años 2007 y 2008.

Con respecto al vigor, la FIGURA 3.4-2 muestra el comportamiento de esta variable para el período 2007 – 2010, en ella se puede ver que existe una dominancia de los individuos con crecimiento normal. Destaca en la figura la campaña de julio de 2009 en donde la gran mayoría de los individuos se encuentran en la categoría “muy débil”. De acuerdo a los datos obtenidos esta situación habría sido superada debido a que en las campañas siguientes el comportamiento para esta especie vuelve a ser normal. Para el año 2010 se aprecia un leve aumento de los individuos en categoría “planta seca”. Por último, se observa una leve tendencia a la baja de la categoría “muy débil”.

En cuanto a la fenología, se observa una dominancia de individuos en “crecimiento vegetativo” mientras durante todo el año es posible encontrar individuos en categoría “senescente”. Durante el mes de enero se observa un aumento de la floración mientras la fructificación lo hace en la campaña de abril. Durante el mes de abril de 2010 hubo una gran cantidad de individuos con fructificación.

3.4.2. Especie *Distichlis spicata*

FIGURA 3.4-4
 DISTICHLIS SPICATA. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE PORCENTAJE DE COPA VERDE. CAMPAÑAS 2007, 2008, 2009 Y 2010.



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

FIGURA 3.4-5
 DISTICHLIS SPICATA. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE VIGOR. CAMPAÑAS 2007, 2008, 2009 Y 2010.

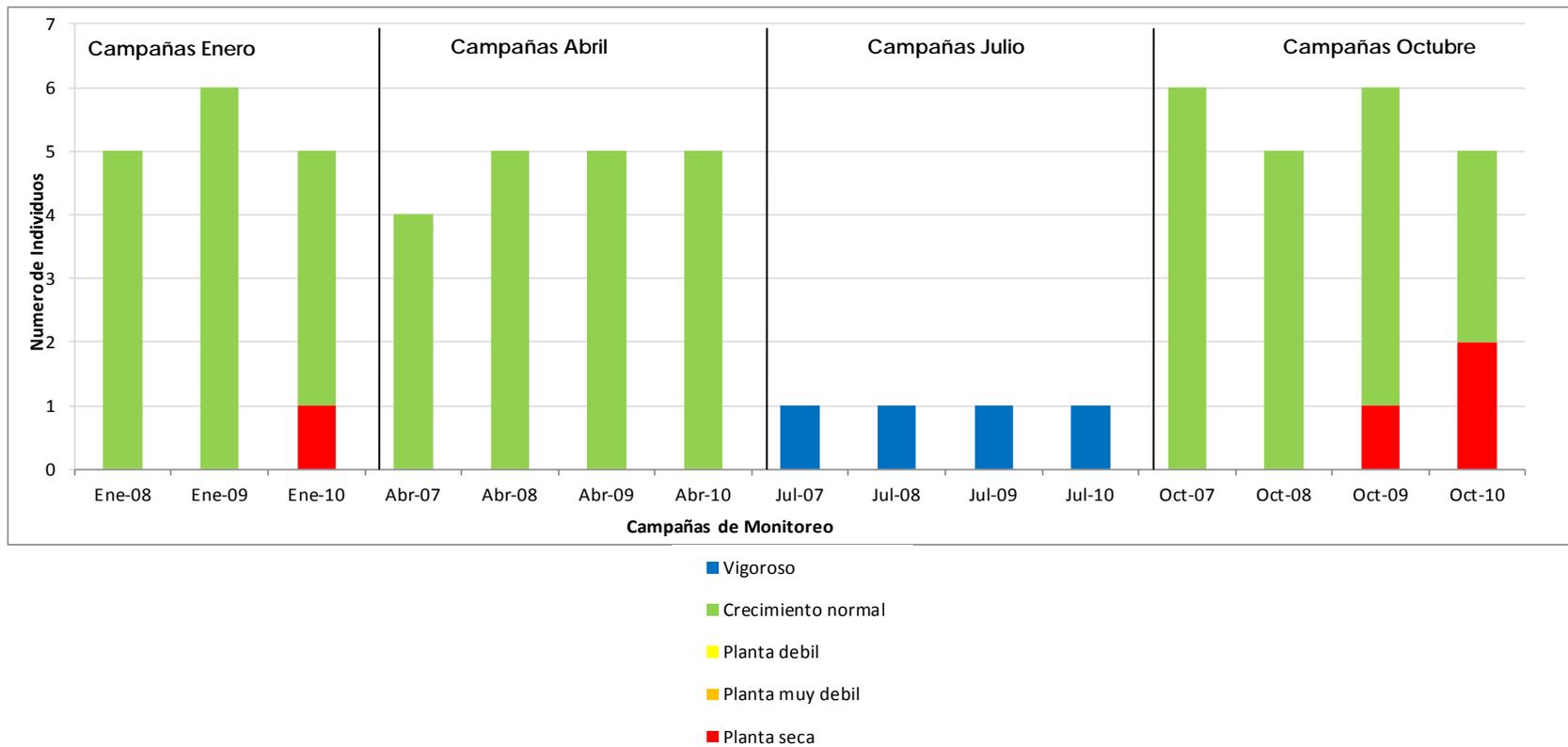
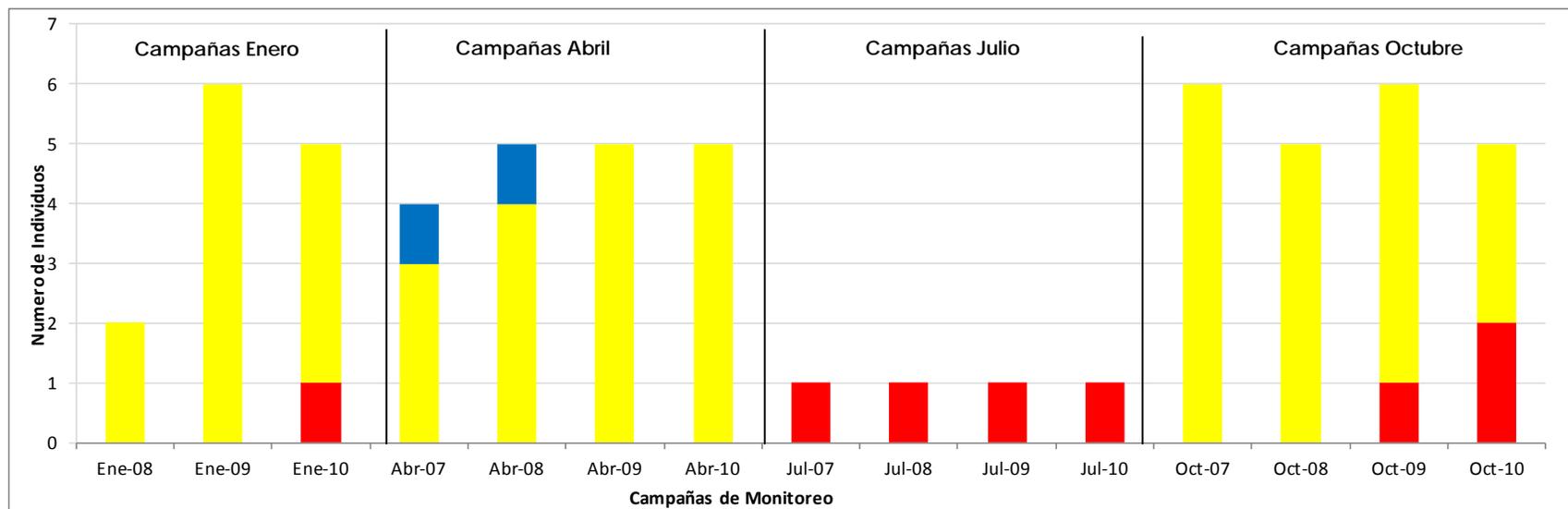


FIGURA 3.4-6
 DISTICHLIS SPICATA. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE FENOLOGÍA. CAMPAÑAS 2007, 2008, 2009 Y 2010.



- Crecimiento vegetativo + fructificación
- Crecimiento vegetativo + floración
- Crecimiento Vegetativo
- Senescente

Para esta especie se observa que para todos los parámetros medidores del estado vital hay variaciones en el número total de individuos. Esto se debe principalmente a la dificultad de encontrar los ejemplares marcados durante las campañas de terreno debido a que esta especie en algunos años tiene apariciones y en otros no.

Con respecto al porcentaje de copa verde la especie *Distichlis spicata* presenta una clara actividad durante las campañas de enero y abril, durante el mes de julio esta especie se encuentra en proceso receso invernal por lo que se mide su porcentaje de copa verde. Durante el mes de octubre se observa un muy bajo porcentaje de copa verde con respecto a las campañas anteriores debido a que durante esta fecha aún se encuentra saliendo del receso invernal. Durante abril de 2010 se observa un aumento del porcentaje de copa verde con respecto a años anteriores. De acuerdo al período analizado (2007 – 2010) esta especie tendría su actividad entre los meses de enero y abril manteniendo el receso invernal para el resto de las campañas (julio y octubre).

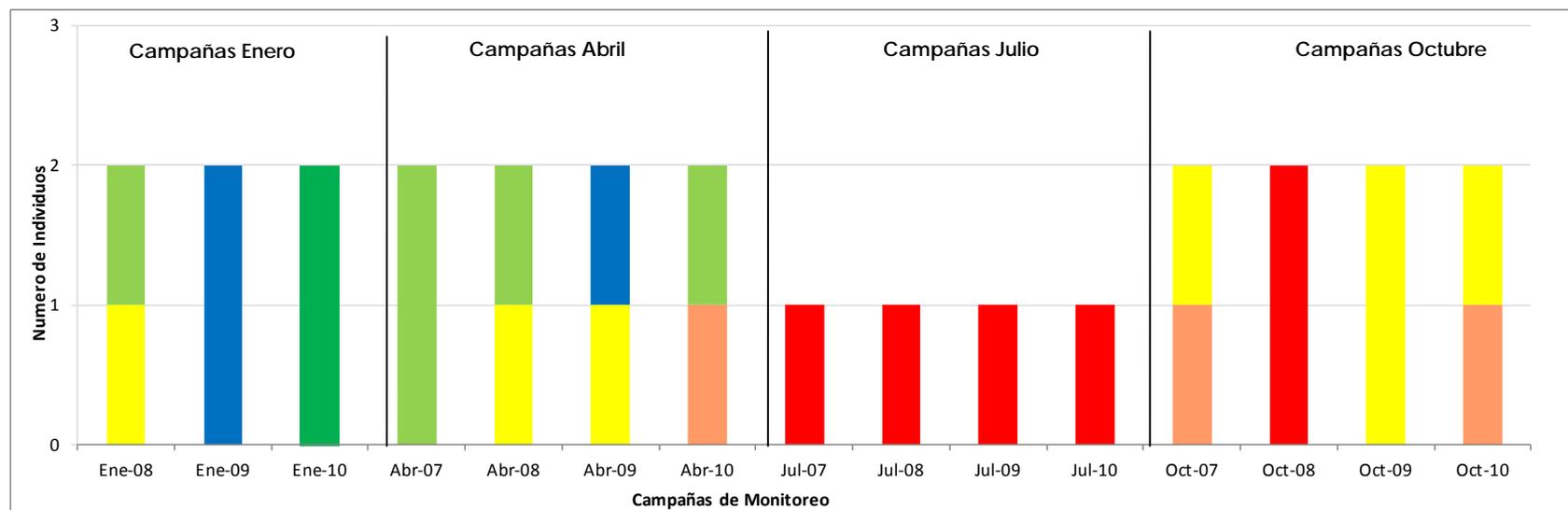
En cuanto al vigor, al igual que para el porcentaje de copa verde la campaña de julio no presenta datos debido a que esta especie se encuentra sin actividad durante este período. Para el resto de las campañas (enero, abril y octubre) se observa una dominancia del crecimiento normal de los individuos y en la campaña de octubre de los años 2009 y 2010 se aprecia un aumento de plantas secas con respecto a campañas de años anteriores (2007 y 2008).

Para la fenología se da la misma tendencia anterior para la campaña del mes de julio. En cuanto a las demás campañas se observa una dominancia de individuos con crecimiento vegetativo. Existe una relación con el vigor que se ve reflejada en la campaña de octubre de los años 2009 y 2010 en donde existe un aumento de individuos senescentes. Llama la atención que durante las campañas de abril de los años 2007 y 2008 existió presencia de frutos en algunos individuos, situación que no se ha vuelto a repetir en campañas posteriores.

3.4.3. Especie *Nitrophilla atacamensis*

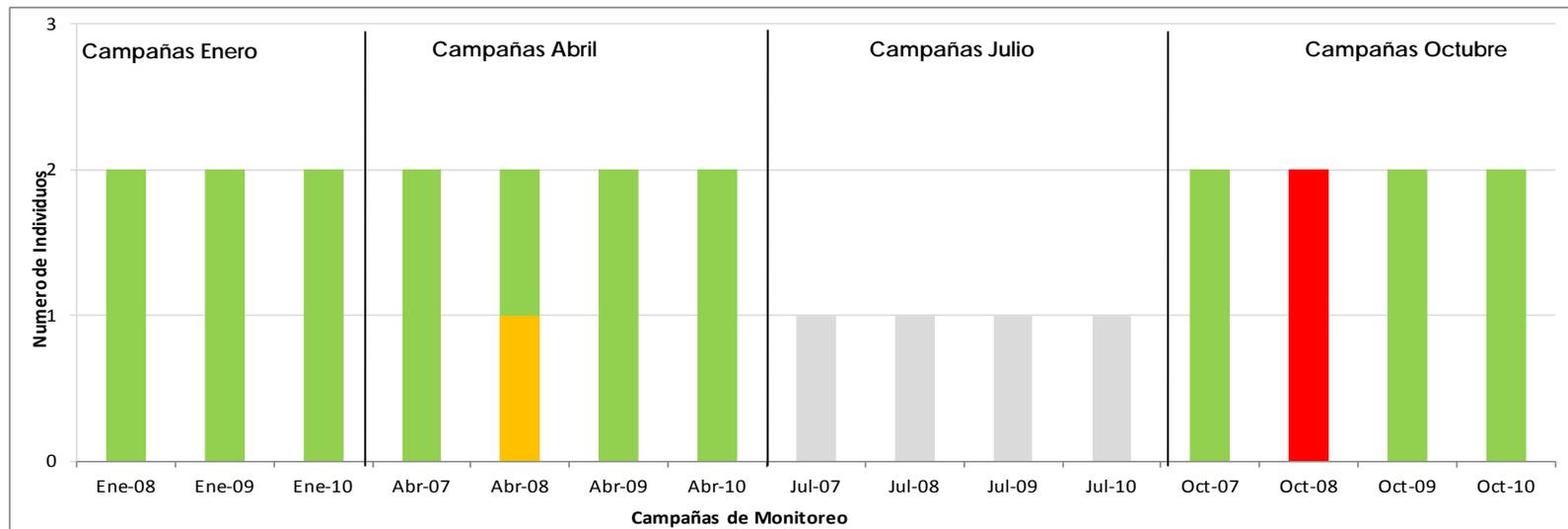
FIGURA 3.4-7

NITROPHILLA ATACAMENSIS. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE PORCENTAJE DE COPA VERDE. CAMPAÑAS 2007, 2008, 2009 Y 2010.



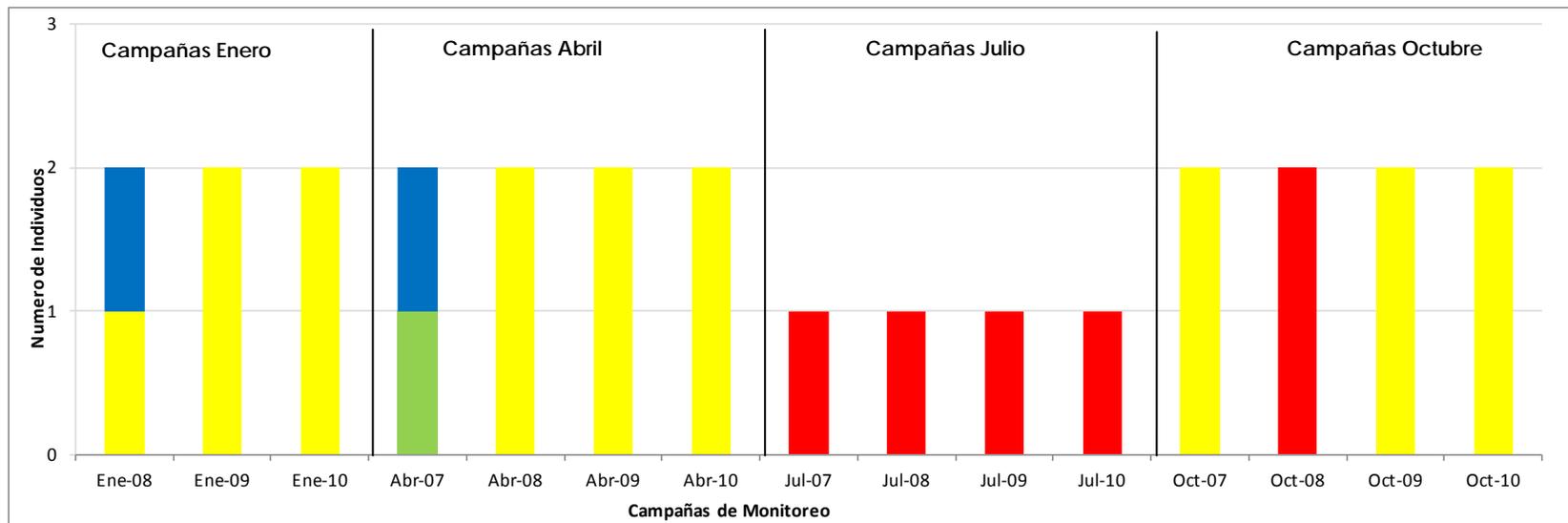
- Categoría 6 (75%-100%)
- Categoría 5 (50-75%)
- Categoría 4 (25-50%)
- Categoría 3 (5-25%)
- Categoría 2 (<5%)
- Categoría 1 (0%)

FIGURA 3.4-8
 NITROPHILLA ATACAMENSIS. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE VIGOR. CAMPAÑAS 2007, 2008, 2009 Y 2010.



- No aplica
- Vigoroso
- Crecimiento normal
- Planta debil
- Planta muy debil
- Planta seca

FIGURA 3.4-9
 NITROPHILLA ATACAMENSIS. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE FENOLOGÍA. CAMPAÑAS 2007, 2008, 2009 Y 2010.



- Crecimiento vegetativo + fructificación
- Crecimiento vegetativo + floración
- Crecimiento Vegetativo
- Senescente

Para la especie *Nitrophilla atacamensis* presenta el mismo comportamiento que la especie *Distichlis spicata*, en el mes de julio presenta un receso invernal por lo que los parámetros medidores del estado vital no presentan datos durante esta campaña.

En cuanto al porcentaje de copa verde es posible observar que no existe una tendencia clara en la distribución de los datos, los porcentajes de copa verde suben o bajan a lo largo del año. Sin embargo, analizando el periodo en estudio (2007 – 2010) se puede observar que existe una leve disminución del porcentaje de copa verde a través de los años, para poder hablar de una tendencia marcada es necesario contar con un mayor número de datos.

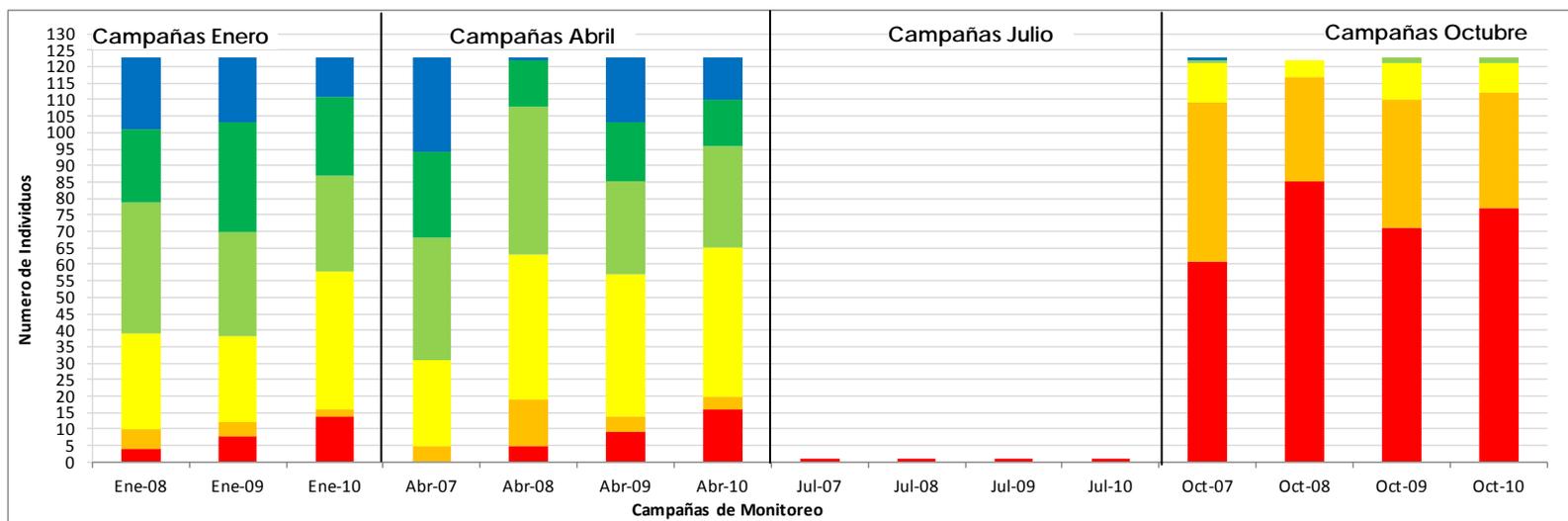
El vigor presenta mayoritariamente individuos con crecimiento normal, a excepción de la campaña de octubre de 2008 en donde la totalidad de los individuos se presentaban “secos”, esta situación fue revertida ya que en las campañas posteriores vuelven a presentar un crecimiento normal.

Por su parte la fenología de esta especie presenta en su mayoría individuos con crecimiento vegetativo. Durante la campaña de abril de 2007 llama la atención que la totalidad de los individuos presentaban floración y fructificación, esta situación no se vuelve a repetir en el periodo estudiado (2007 a 2010). La campaña de octubre de 2008 muestra el 100% senescente lo que es coincidente con el vigor de esta misma campaña señalado anteriormente.

3.4.4. Especie *Tessaria absinthioides*

FIGURA 3.4-10

TESSARIA ABSINTHIOIDES. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE PORCENTAJE DE COPA VERDE. CAMPAÑAS 2007, 2008, 2009 Y 2010.



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

FIGURA 3.4-11
 TESSARIA ABSINTHIOIDES. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE VIGOR. CAMPAÑAS 2007, 2008, 2009 Y 2010.

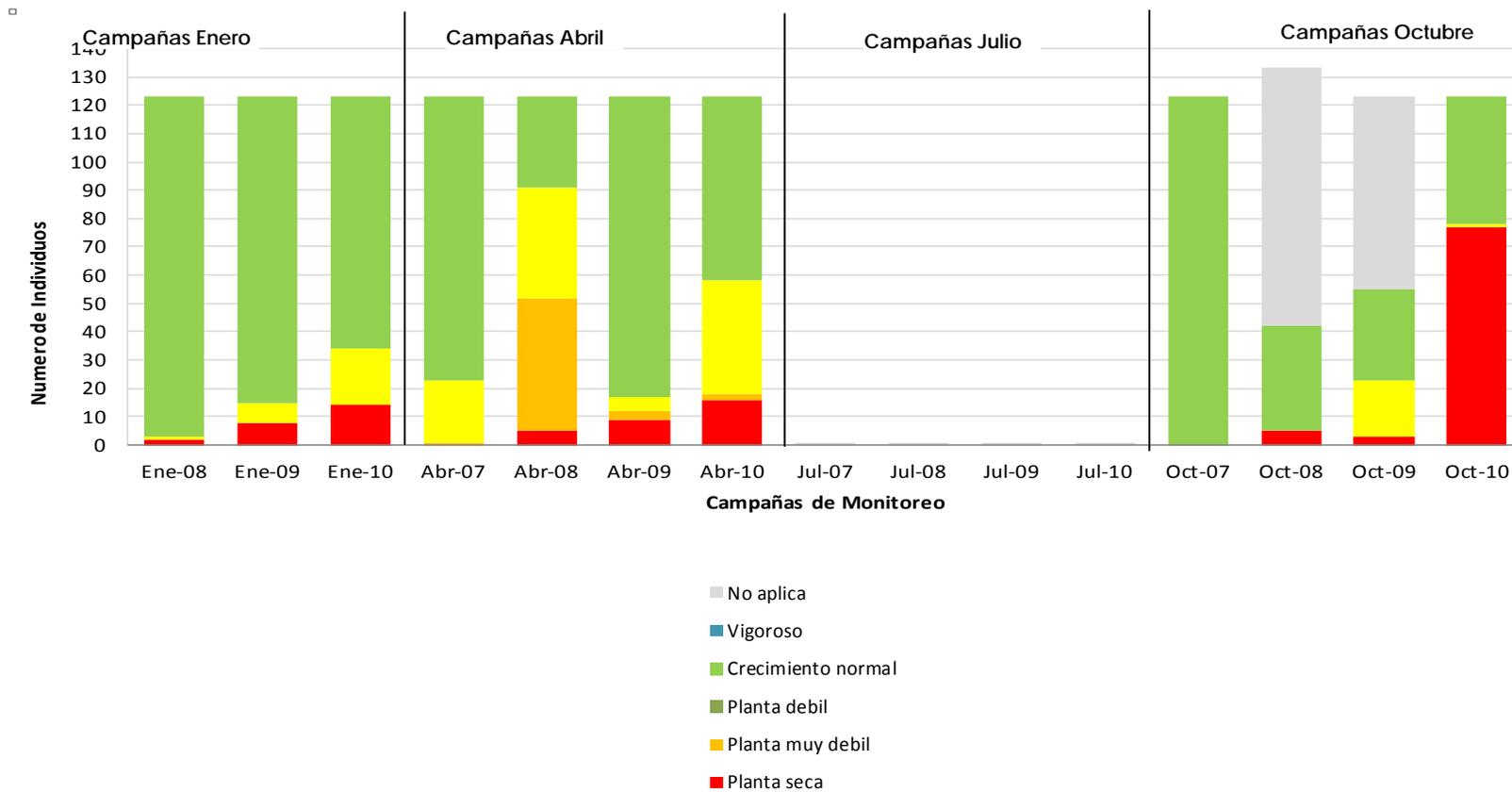
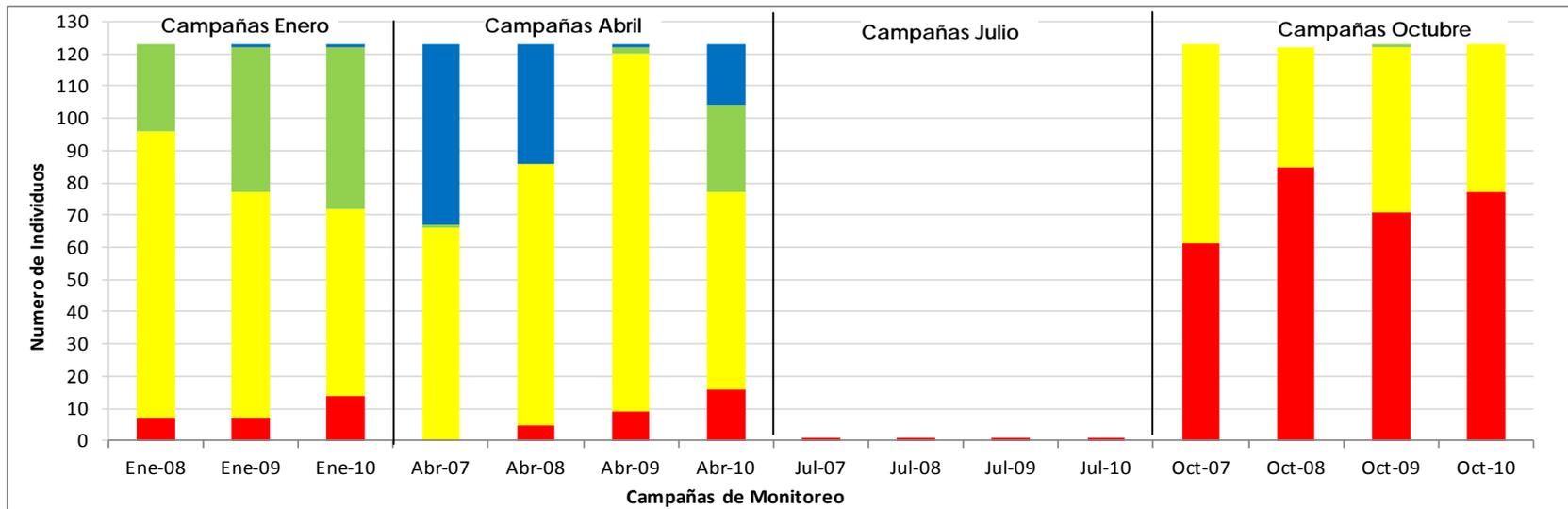


FIGURA 3.4-12
 TESSARIA ABSINTHIOIDES. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE FENOLOGÍA. CAMPAÑAS 2007, 2008, 2009 Y 2010.



- Crecimiento vegetativo + fructificación
- Crecimiento vegetativo + floración
- Crecimiento Vegetativo
- Senescente

La especie *Tessaria absinthioides*, al igual que las especies anteriores presenta un receso invernal durante la campaña de julio, debido a esto ninguno de los parámetros medidores del estado vital presenta datos.

El porcentaje de copa verde presenta ciertas tendencias durante el período de tiempo estudiado (2007 – 2010). En primer lugar se observa una clara actividad durante las campañas de enero y abril mientras las campañas de octubre los individuos presentan bajos porcentajes de copa verde producto del término del receso invernal. Tanto para las campañas del mes de enero como para las de abril existe una tendencia que se mantiene en el tiempo con resultados similares de copa verde.

En cuanto al vigor se observa una gran mayoría de los individuos con crecimiento normal. Llama la atención la campaña de octubre de 2010 en donde la gran mayoría de los individuos estaban secos.

La fenología presenta en todas las campañas de monitoreo individuos senescentes pero con una mayor presencia en las campañas de octubre. Durante las campañas de abril y enero se registran la floración y fructificación de esta especie.

Por último la especie *Juncus balticus* no presenta un análisis interanual debido a que sólo posee un ejemplar en el punto L7-7v.

Para finalizar se exponen algunas tendencias registradas durante el período analizado (2007 a 2010) para el estado vital de la vegetación del borde este de Salar de Atacama:

- Con respecto a la copa verde para la mayor parte de las especies presentes (*Distichlis spicata*, *Atriplex atacamensis*, *Nitrophilla atacamensis*) y *Juncus balticus*) las campañas de abril son las que registran el mayor porcentaje de copa verde. Para la especie *Tessaria absinthioides* tanto las campañas de abril como las de enero presentan altos porcentajes de copa verde. Por el contrario, las campañas de julio fueron las de menor porcentaje de copa verde para todas las especies analizadas.
- Para el vigor se observa que son las campañas de enero y abril mayoritariamente las que registran un mayor número de individuos con crecimiento normal mientras que para las campañas de julio y octubre aumenta el número de individuos débiles, muy débiles o secos.
- Con respecto a la fenología, durante las campañas de julio es cuando se registran la mayor parte de las especies en estado senescente, este comportamiento es esperable debido a que durante la época de invierno las especies entran en recesos invernales, por el contrario, los meses de enero y abril son los que registran mayor actividad en cuanto a floración y fructificación.