



Proyecto de Bioingeniería Mediante Tecnología Vetiver

**METODOLOGIA DE APLICACIÓN DE LA
TECNOLOGÍA VETIVER (VS) PARA LA
ABSORCIÓN DE NITRÓGENO Y AGUA EN
TERRENOS REGADOS CON EFLUENTES DE
LA INDUSTRIA PORCINA.**

Fundamento del proyecto

- La presente propuesta, se origina a raíz del requerimiento de la agroindustria porcina en diseñar e implementar un ensayo conducente a la validación de nuevas tecnologías, que minimicen los impactos ambientales asociados a la producción de cerdos.
- El Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA Quilamapu) se ha integrado al presente proyecto como agente validador de la tecnología y entrega la constante asesoría para la conducción del ensayo.
- El ensayo utiliza la especie vetiver (*Chrysopogon zizanioides* var *sunshine*) que posee extraordinarias características eco-fisiológicas, convirtiéndola en la planta ideal para la descontaminación de suelo y agua alrededor del mundo. Dentro de las características únicas de la especie se puede destacar su alta tolerancia a condiciones de suelo y clima adversos, alto potencial en producción de biomasa, no se convierte en maleza, rápido crecimiento, cultivo perenne de vida útil de 100 años, no es atacada por plagas ni enfermedades, logra absorber del suelo elementos tóxicos y metales pesados dentro de otras características con alto valor ecológico.
- Las características especiales de vetiver, otorgan potenciales de gran importancia, tales como: Control de erosión, estabilización de infraestructura, prevención de desastres naturales, producción de aceite esencial, producción de artesanías, alimentación animal, utilización de biomasa, biocombustibles, etc....
- EcoGroup Ltda. Está a cargo de la ejecución del proyecto, lo cual implica la producción de plantas de vetiver en vivero Lomas de Putagán, Linares (Inscripción SAG V/FO/0/7 – 1339) , diseño de la plantación, asesoría del cultivo, medición de parámetros, gestión y procesamiento de la información.

Objetivos

El propósito de la propuesta es determinar la utilidad del sistema vetiver como tecnología viable para la absorción de agua y nitrógeno del suelo regado con efluentes obtenido del proceso de tratamiento de purines junto con otras aplicaciones.

OBJETIVO 1: Determinar la producción de Materia Seca de vetiver, ante las condiciones de suelo y riego imperantes en el lugar, a través de mediciones objetivas de su desarrollo.

OBJETIVO 2: Determinar la cantidad de nitrógeno absorbido por Vetiver, en un periodo determinado desde su plantación, bajo sistema de parcelas de tratamiento.

Estrategia de desarrollo

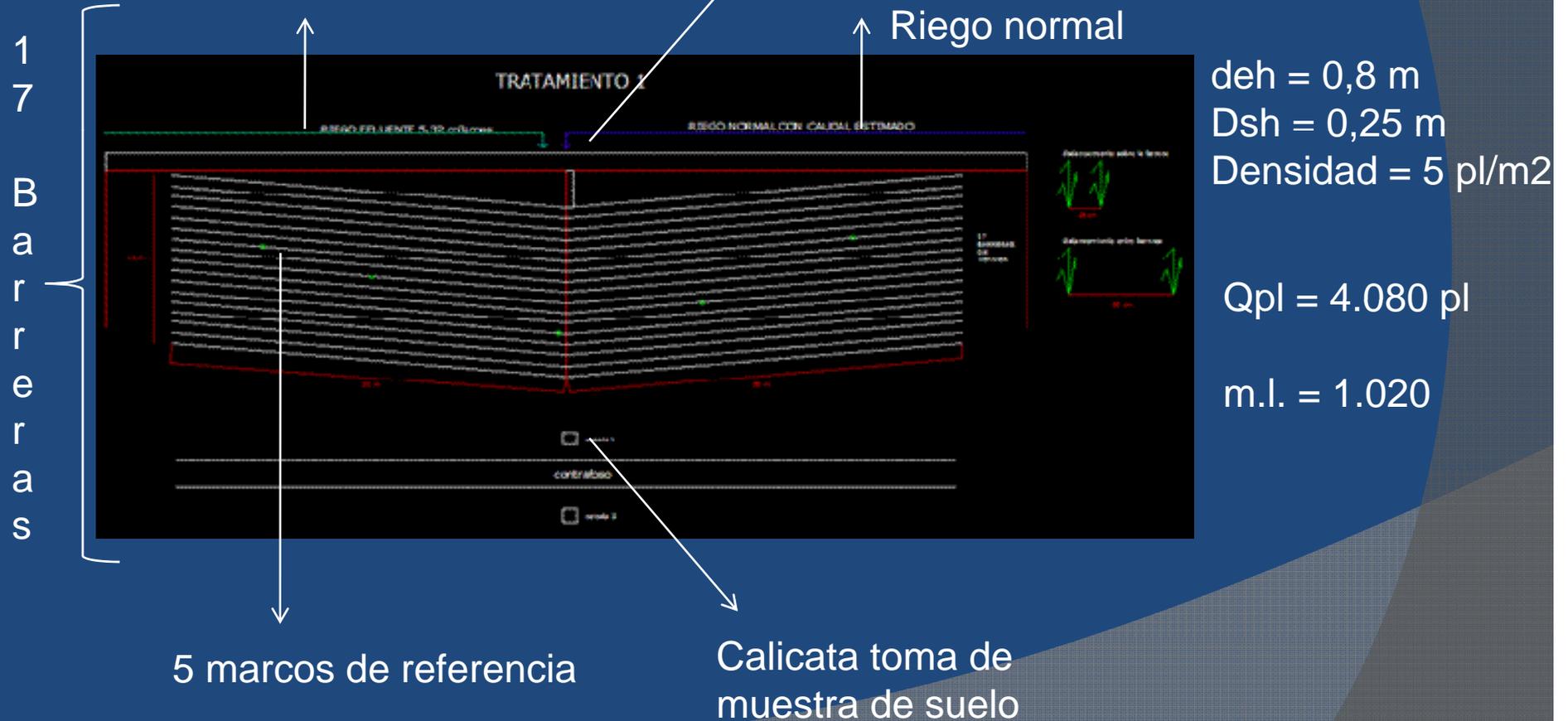
- Para lograr el cumplimiento de ambos objetivos se realizaron 4 parcelas de tratamiento dentro del ensayo:
- Tratamiento 1 : Vetiver + Efluente
- Tratamiento 2 : Sin vetiver + Efluente
- Tratamiento 3 : Vetiver + Agua Riego
- Tratamiento 4 : Sin Vetiver + Agua Riego

Estrategia de desarrollo T1

Riego
efluente
5,33m³/mes

Angulo de retención = 5%

Fecha plantación
16-01-2010



Estrategia de desarrollo T1

La aplicación del caudal de efluente se calculó en base a la concentración de nitrógeno de éste y la capacidad de absorción de nitrógeno de vetiver .



Abs (e) = 1.200 Kgs
N/ha/año

*Investigaciones realizadas por
Paul Truong de Australia*

Superficie T1 = 768 m²

Riego = 25 días al mes

**213,33 Lts
Efluente/día**

Estrategia de desarrollo T1

El caudal utilizado no era suficiente para cubrir las necesidades hídricas de la especie.

Diseño Hidráulico

	Superficie	768	m ²		Prof. Suelo	0,625	m		Volumen suelo	480.000	m ³		
	Da	1,35	gr/cm ³		Masa suelo	648.000	Kgs		Vol. 50% CDC	240.000	m ³		
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
Eto (mm/mes)	180	169,6	141,2	102,5	63,7	35,4	25	35,4	63,8	102,5	141,3	169,6	1230
Kc VETIVER	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	10,8
Etr (mm/mes)	162	152,64	127,08	92,25	57,33	31,86	22,5	31,86	57,42	92,25	127,17	152,64	1107
pp (mm/mes)	4,4	5,7	7,7	22,2	87,2	105,3	86,2	73,2	28,1	16	8	6	450
Balace Hídrico (mm)	-157,6	-146,94	-119,38	-70,05	29,87	73,44	63,7	41,34	-29,32	-76,25	-119,17	-146,64	-657
Balance (m ³)	-121,0368	-112,84992	-91,6838	-53,7984	22,94016	56,40192	48,9216	31,74912	-22,51776	-58,56	-91,52256	-112,6195	-504,576
Riego Efluente (m ³)	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	
Riego Normal (m ³)	123,00	115,00	92,00	52,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,00	57,00	92,00	115,00	
Ac. Humedad (m ³)	7,30	7,48	5,65	3,53	28,27	61,74	54,25	37,08	1,82	3,77	5,81	7,71	
Saturación Suelo (m ³)	7,30	14,78	20,43	23,96	52,24	113,97	168,23	205,31	207,13	210,90	216,71	224,42	

Fuente : Elaborado para el presente estudio

Estrategia de desarrollo T1



Se realizó dilución del efluente para lograr una buena dispersión sobre la superficie del suelo y cubrir las necesidades hídricas de la especie.

El mismo caudal de efluente y riego fue utilizado para el tratamiento 2 (Sin vetiver + Efluente).

Estrategia de desarrollo T2

- ⦿ El tratamiento 2 corresponde al ensayo sin vetiver y aplicación de riego con efluente. Cada vez que se riega T1, también se riega T2 con el mismo caudal.
- ⦿ La superficie de T2 es menor a T1 ya que no posee plantación de ninguna especie.
- ⦿ Se realizó calicata para toma de muestra de suelo.

Estrategia de desarrollo T3

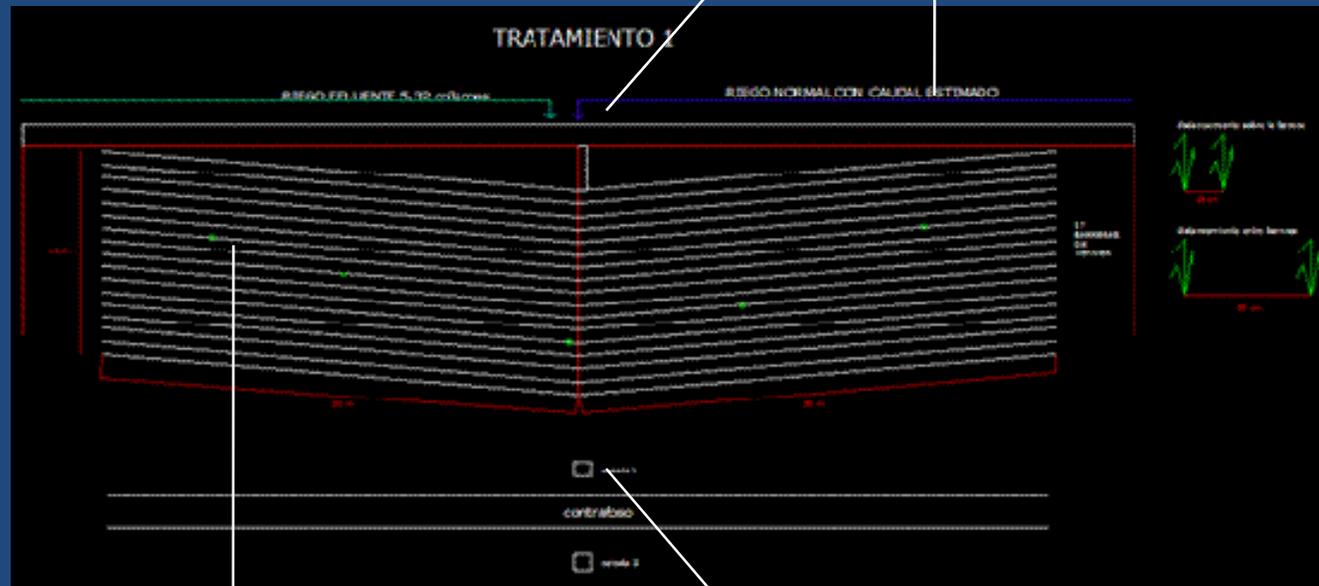
Angulo de retención = 5%

Fecha plantación
16-01-2010

1
7

B
a
r
r
e
r
a
s

Riego normal



deh = 0,8 m
Dsh = 0,25 m
Densidad = 5 pl/m²

Qpl = 4.080 pl

m.l. = 1.020

5 marcos de referencia

Calicata toma de
muestra de suelo

Estrategia de desarrollo T3

El tratamiento 3 no se riega con efluente, sólo se aplica agua de riego normal



Estrategia de desarrollo T4

- ⦿ El tratamiento 4 corresponde al ensayo que no utiliza vetiver y tampoco es regado con efluente.
- ⦿ La superficie es menor ya que no tiene plantación de ninguna especie
- ⦿ Se realizó calicata para la toma de muestra de suelo.

Toma de muestras y registros

- Toma de muestras de suelo
- Se realizó toma de muestra de suelo en las diferentes estratas a través de la realización de calicatas para cada uno de los tratamientos. Esta toma de muestra estuvo a cargo por parte de personal de INIA-Quilamapu.
- Se realizó 1 calicata por cada parcela de tratamiento, dentro de las cuales se muestreó 5 estratas de suelo que se grafican a continuación:

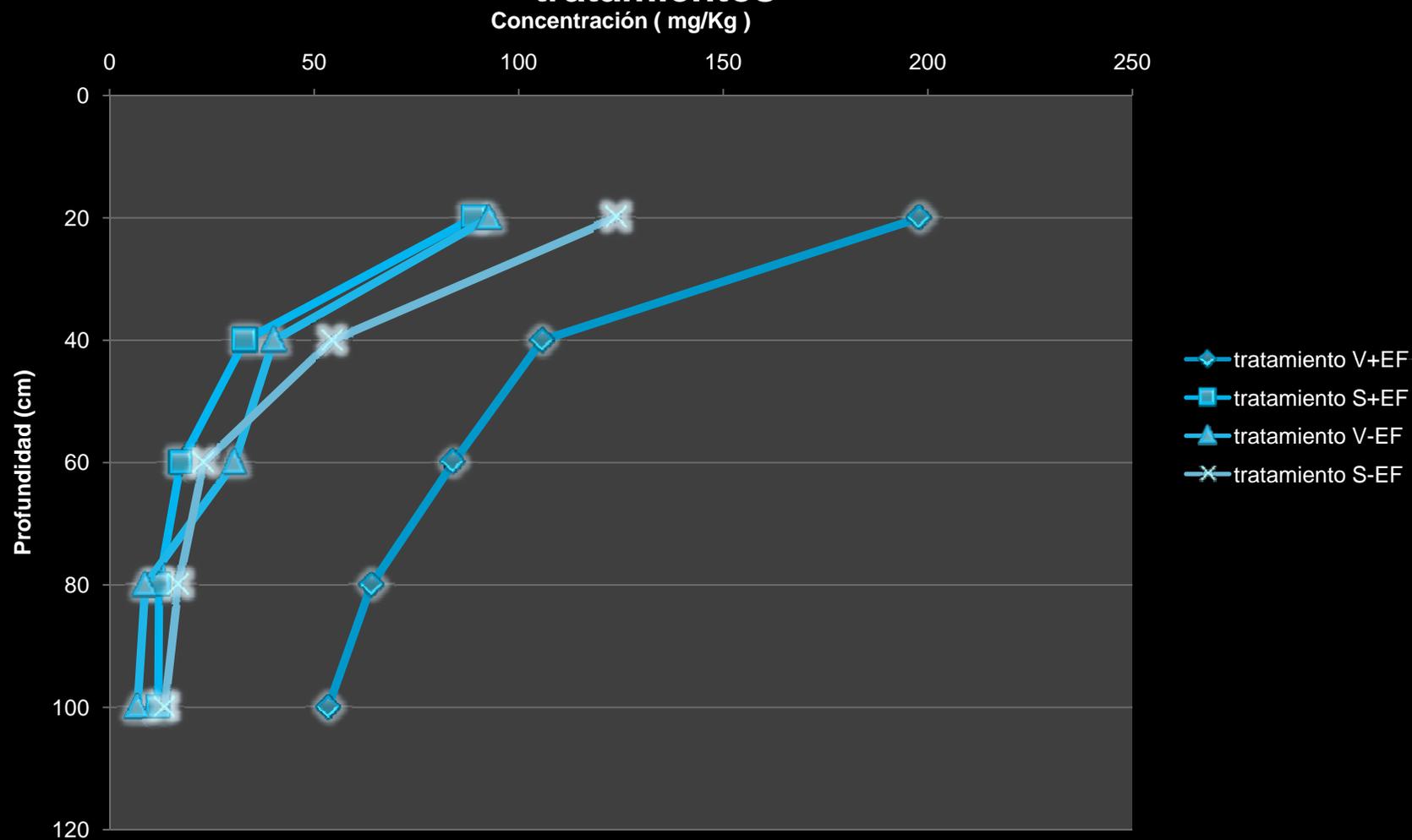
Muestra de suelo por estratas en los distintos tratamientos

Concentración de Nitrógeno en el Suelo para los distintos tratamientos



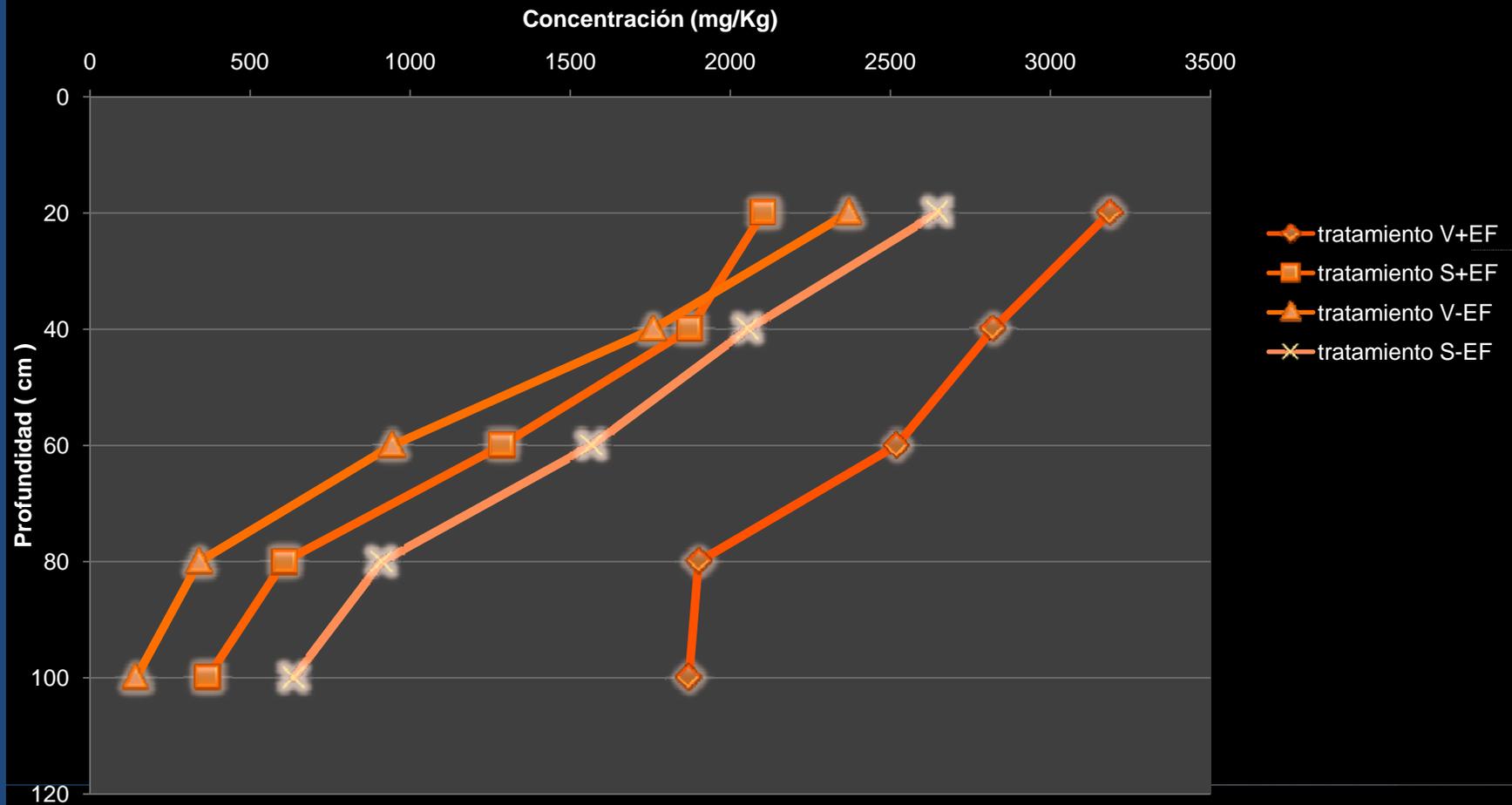
Fuente: Elaborado a partir de informe resultado análisis de suelo entregado por INIA Quilamapu

Concentración de Fósforo en el suelo para los distintos tratamientos



Fuente: Elaborado a partir de informe resultado análisis de suelo entregado por INIA Quilamapu

Concentración de Potasio en el suelo para los distintos tratamientos

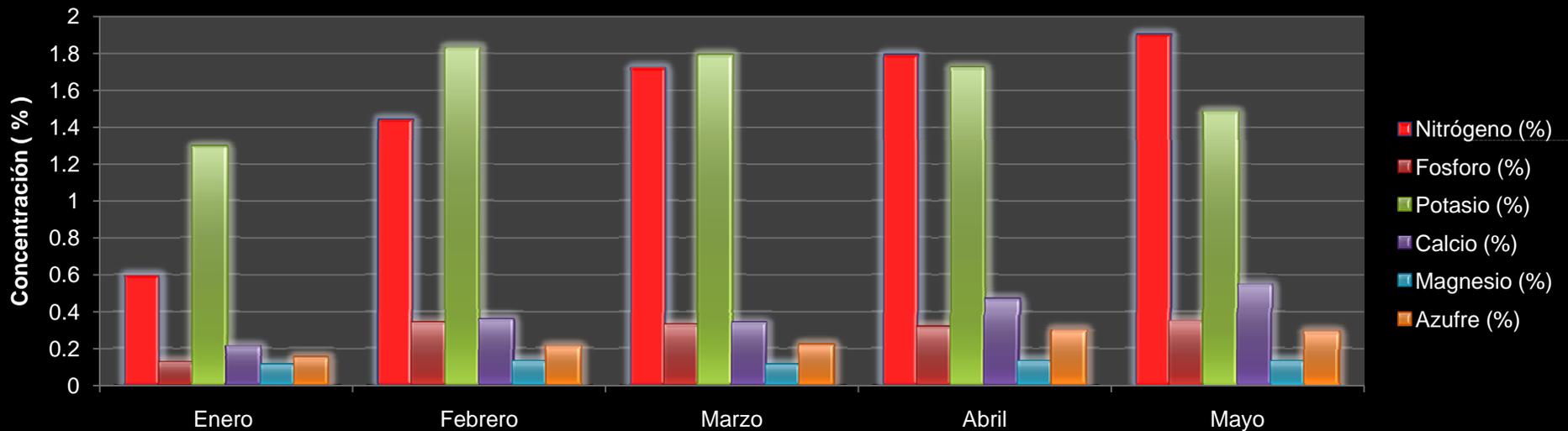


Muestras foliares

- ⦿ Las muestras foliares fueron tomadas 1 vez al mes para determinar la concentración de los distintos elementos y la evolución a través del tiempo.
- ⦿ Las muestras foliares se realizaron a una altura de 15 cm sobre un área determinada.
- ⦿ Además, las muestras foliares son una herramienta para determinar la extracción de los distintos elementos en relación a la materia seca cosechada.

Concentración de elementos en T1

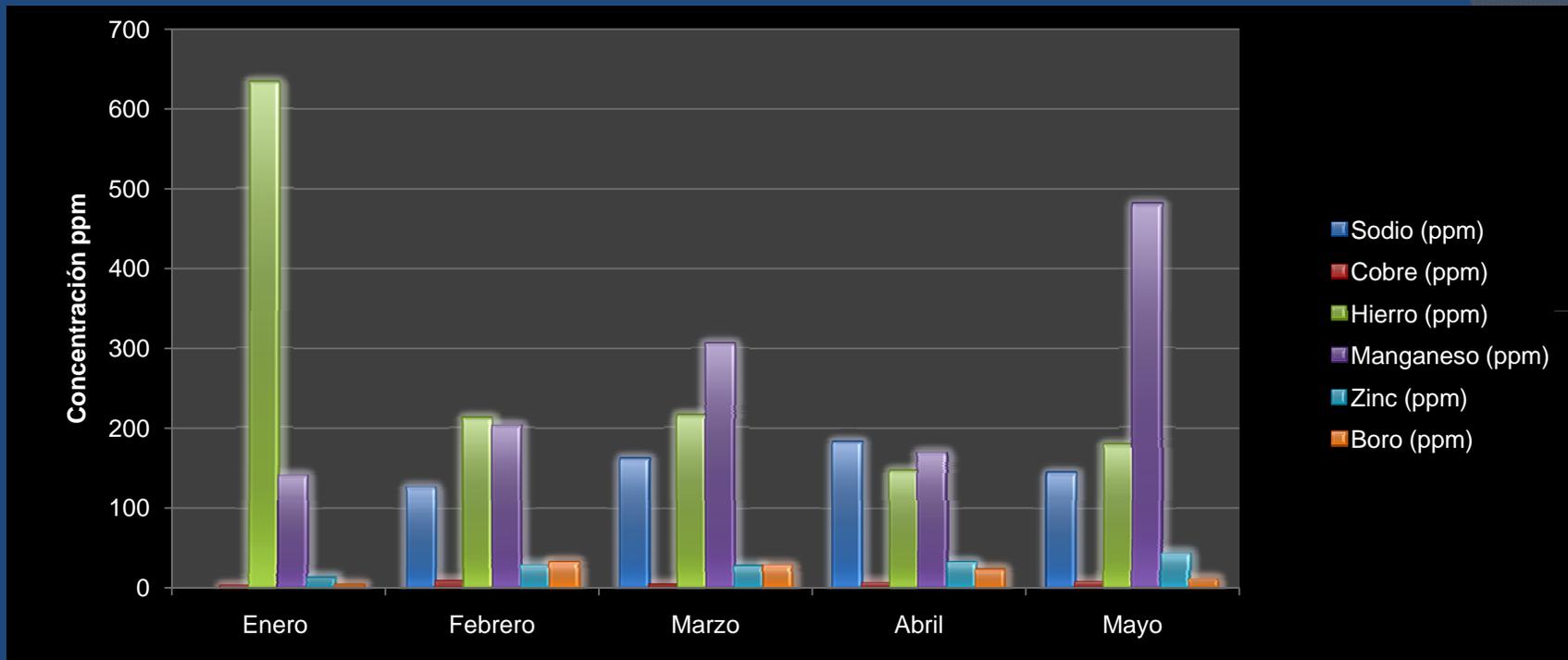
Concentración de Elementos en Vetiver Tratamiento 1



Fuente: Elaborado a partir de informe resultado análisis de suelo entregado por INIA Quilamapu

La concentración de N en hojas aumenta a medida que se avanza en el proyecto
Los otros elementos también aumentan su concentración en el tiempo
Vetiver logra variar las concentraciones foliares en función de la disponibilidad de elementos del suelo

Concentración de microelementos en T1

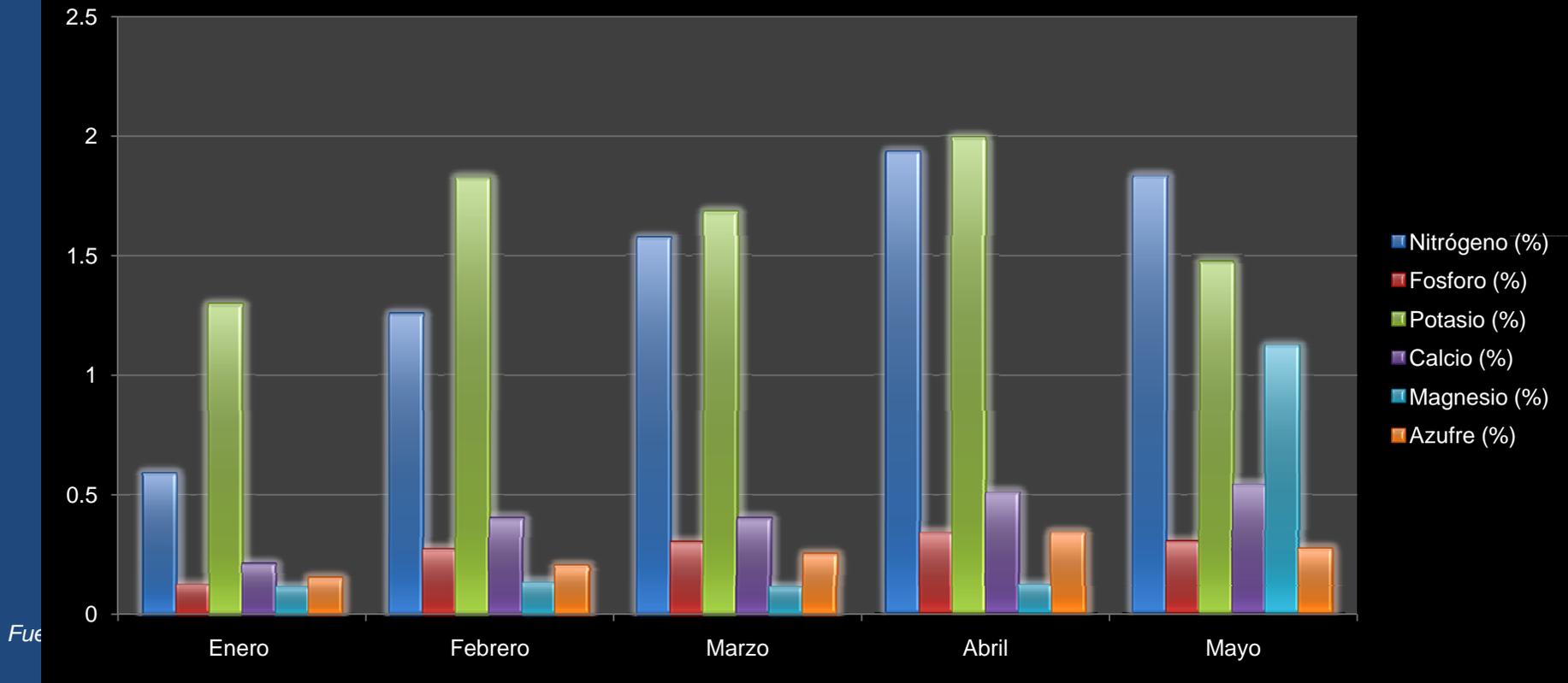


Fuente: Elaborado a partir de informe resultado análisis de suelo entregado por INIA Quilamapu

La concentración foliar de manganeso aumentan en forma significativa, mientras que la concentración de hierro disminuye

Concentración de elementos en T3

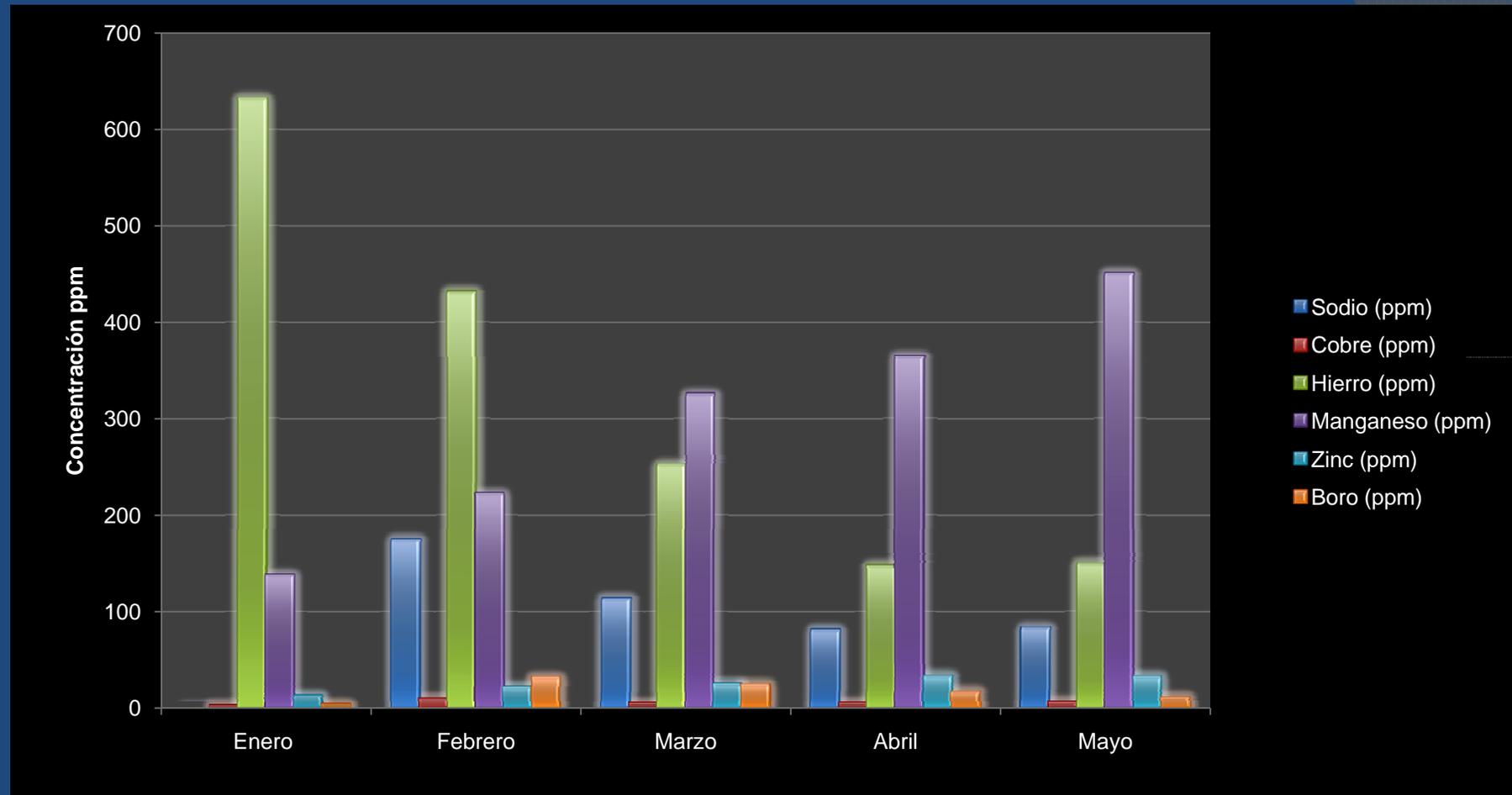
Concentración de Elementos Vetiver Tratamiento 3



Fuente: Elaborado a partir de informe resultado análisis de suelo entregado por INIA Quilamapu

La concentración foliar de N aumenta con el tiempo, sin embargo suele ser menor que el T1 (Riego con efluente)

Concentración de microelementos en T3



Fuente: Elaborado a partir de informe resultado análisis de suelo entregado por INIA Quilamapu

Se observa un aumento progresivo de Manganeso, mientras que el hierro disminuye su concentración foliar.

Muestras de efluente

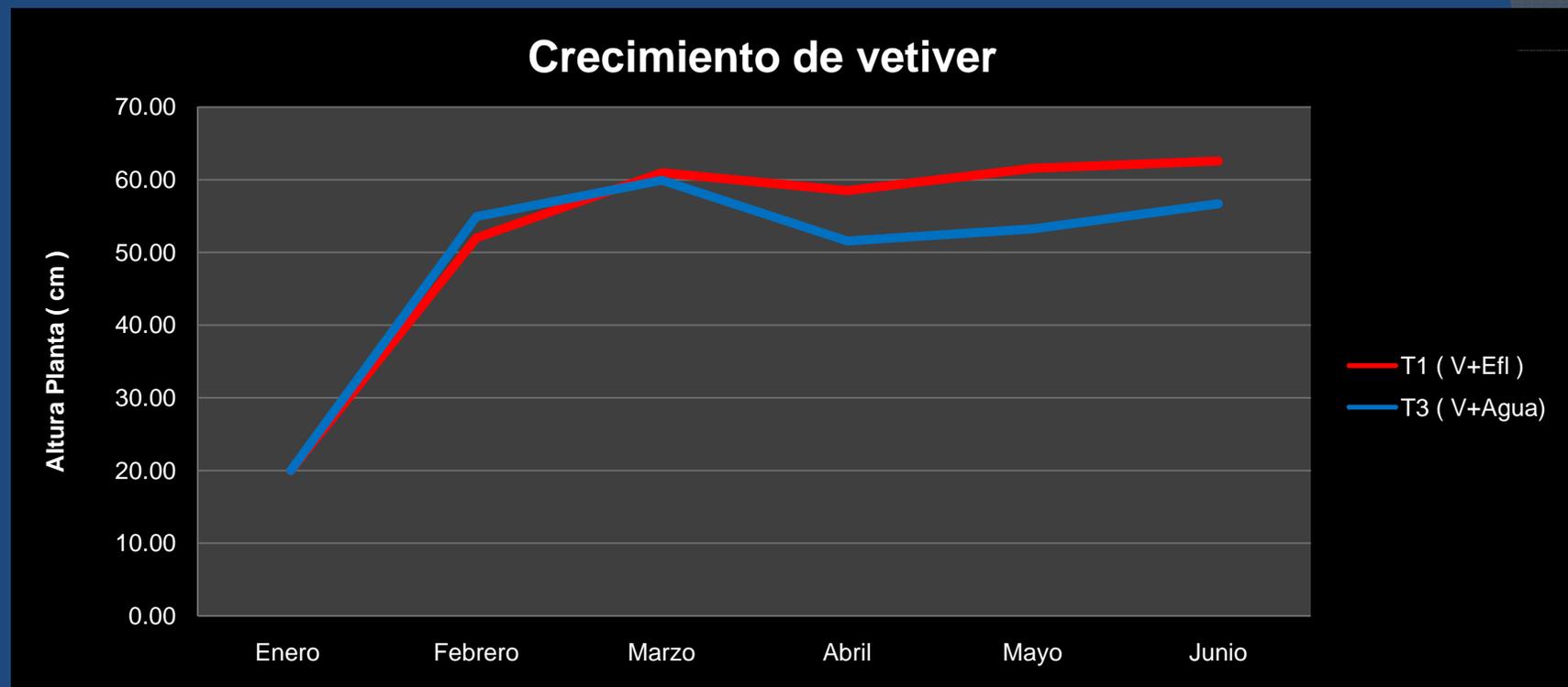
- Otro registro de importancia corresponde a la toma de muestra de la concentración de los elementos presentes en la laguna, efluente mediante el cual se riega en forma diluida T1 y T2.
- Este registro está a cargo de un laboratorio especializado y las muestras se obtienen cada 15 días, ya que las concentraciones de elementos de las lagunas suelen variar.

Fecha	Nº Informe	Nitrógeno Amoniacal N-NH3 mg/L	Nitrato N-NO3 mg/L	Nitrito N-NO2 mg/L	Nitrógeno Kjendahl mg/L	Nitrógeno Total mg/L	pH unidad	Fósforo Total P mg/L	Potasio K	Conductividad us/cm
							5,5 - 9,0			
25-01-2010	53117-01	1192	<0,20	<0,10	2010	2010	7,94	286	2665	24690
11-02-2010	54551-01	1082	<0,20	<0,10	1614	1614	7,87	195	2649	24794
22-02-2010	55251-01	953	0,88	<0,10	1613	1614	7,81	243	2016	22028
05-03-2010	55923-01	420	0,65	1,58	720	722	8,16	805	8076	31700
22-03-2010	57028-01	810	<0,20	<0,10	1172	1172	8,20	299	5158	26674
05-04-2010	57945-01	1077	<0,20	<0,10	1599	1599	8,40	179	4645	26025
19-04-2010	59092-01	547	<0,20	<0,10	814	814	8,54	240	7132	31984
06-05-2010	60555-01	1501	0,81	<0,10	2319	2320	7,61	1642	2720	22711
24-05-2010	61685-01	2259	<0,20	<0,10	3393	3393	7,35	2387	3150	18052
17-06-2010	63549-01	1122	<0,20	<0,10	1669	1669	7,57	617	1952	24890
29-06-2010	64315-01	946	<0,20	<0,10	1460	1460	7,83	216	1969	23180
14-07-2010	65492-01	682	<0,20	<0,10	1000	1000	7,89	140	1636	19580

Fuente: Registro entregado por laboratorio hidrolab

Medición de crecimiento y desarrollo de vetiver

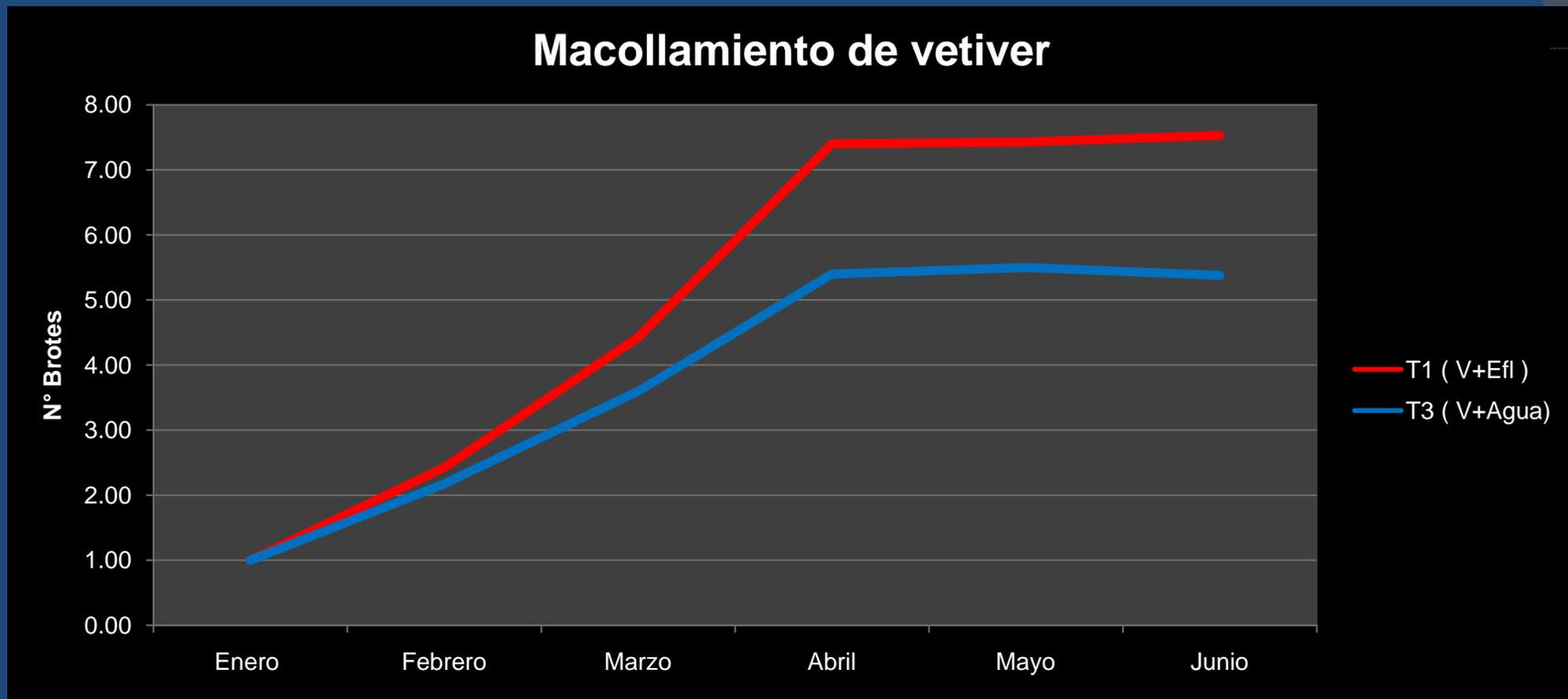
- Para saber sobre el grado de crecimiento de la especie vetiver en las distintas parcelas de tratamiento, se realizó medición de la altura y macollamiento del 1% del total de las plantas, con frecuencia de 1 vez al mes.



Fuente: Elaborado a partir de promedios registrados sobre 1% del total de plantas

Medición de crecimiento y desarrollo de vetiver

- El macollamiento de la especie es un índice importante para evaluar el desarrollo de la planta.



Fuente: Elaborado a partir de promedios registrados sobre 1% del total de plantas

Resultados preliminares Crecimiento y desarrollo

Ensayo Vetiver – Enero 2010

Ensayo Vetiver – Marzo 2010



Vetiver logra establecimiento rápido en meses de verano a pesar de las condiciones adversas de suelo.

Resultados preliminares

Aportes de elementos en T1 y T3

- Los aportes de elementos a través del riego con efluente se correlacionan con los caudales de riego para obtener la cantidad de elementos ingresados al sistema. La importancia en la medición de este antecedente radica en obtener control sobre los aportes máximos de nitrógeno, ya que no pueden superar 1.200 Kg N/ha/año que es la absorción de N estimada para vetiver.
- Los aportes de N hasta la fecha son de 418,91 Kg N/ha para T1 y T2
- Los cálculos del aporte se realizan en forma diaria

Extracción de elementos por parte de vetiver

- De acuerdo al análisis preliminar realizado, la extracción de nitrógeno correspondiente a cuatro cortes efectuados, equivalen a **23,84 Kg N/ha** para el tratamiento 1. La metodología de cálculo de esta cifra relaciona los pesos frescos de las muestras, peso seco y porcentaje de materia seca, con la superficie de muestreo más los resultados obtenidos en el laboratorio para el análisis foliar.

CALCULO DE LA EXTRACCION DE ELEMENTOS EN ENSAYO VETIVER										TRATAMIENTO 1		Superficie	768 m2				
												%MS	34				
Muestreo	Fecha	Superficie muestra (m2)	Peso Fresco (grs)	Peso Seco (grs)	Peso Seco T1 (grs)	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Azufre	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	Boro
1	23-01-2010																
2	06-03-2010	24	5100	1734	55488	799,03	188,66	1015,43	199,76	72,13	6,83	116,52	0,44	11,71	11,19	1,54	1,79
3	27-03-2010	24	2500	850	27200	467,84	89,76	486,88	92,48	29,92	4,35	59,84	0,11	5,82	8,29	0,72	0,75
4	03-05-2010	24	2300	782	25024	447,93	80,08	430,41	115,11	32,53	4,55	75,07	0,14	3,63	4,20	0,79	0,58
5	02-06-2010	24	522	191	6112	116,13	21,39	90,46	33,00	7,95	0,87	17,72	0,04	1,08	2,93	0,26	0,07
6		24															
					Total (grs/T1)	1830,92	379,89	2023,18	440,35	142,53	16,60	269,16	0,73	22,24	26,61	3,32	3,18
					Total (Kgs/ha)	23,84	4,95	26,34	5,73	1,86	0,22	3,50	0,01	0,29	0,35	0,04	0,04

Cabe destacar que esta cifra corresponde a la extracción de cortes a los 15 cm de altura y no considera la biomasa de las raíces. Este antecedente se debe complementar con la cosecha de plantas enteras definidas en los marcos de plantación

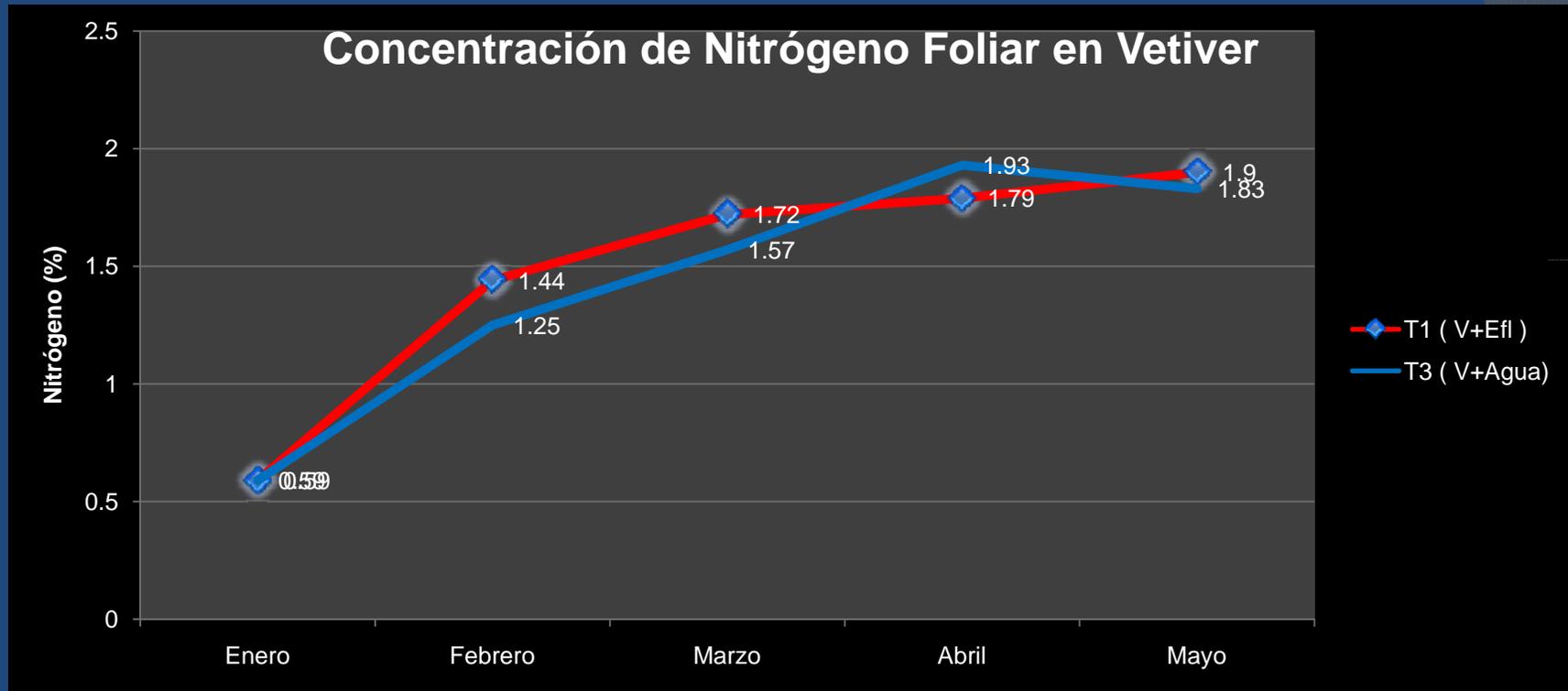
Extracción de elementos por parte de vetiver

- Para el tratamiento 3, la extracción de nitrógeno hasta la fecha corresponde a **19,95 Kg N/ha**. La metodología de cálculo es la misma realizada en T1, relacionando el peso seco, superficie y resultados del análisis foliar.

CALCULO DE LA EXTRACCION DE ELEMENTOS EN ENSAYO VETIVER										TRATAMIENTO 3			Superficie	768 m2			
													%MS	34			
Muestreo	Fecha	Superficie muestra (m2)	Peso Fresco (grs)	Peso Seco (grs)	Peso Seco T1 (grs)	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Azufre	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	Boro
1	23-01-2010																
2	06-03-2010	24	4900	1666	53312	666,40	143,94	970,28	213,25	69,31	9,33	106,62	0,50	22,98	11,78	1,16	1,68
3	27-03-2010	24	2200	748	23936	375,80	71,81	402,12	95,74	26,33	2,73	59,84	0,11	6,01	7,77	0,61	0,59
4	03-05-2010	24	1900	646	20672	398,97	70,28	411,37	105,43	24,81	1,67	70,28	0,10	3,06	7,52	0,69	0,35
5	02-06-2010	24	416	156	4992	91,35	14,98	73,38	26,96	55,91	0,41	13,48	0,03	0,75	2,25	0,16	0,05
6		24															
					Total (grs/T1)	1532,52	301,01	1857,16	441,38	176,35	14,15	250,23	0,74	32,79	29,32	2,61	2,67
					Total (Kgs/ha)	19,95	3,92	24,18	5,75	2,30	0,18	3,26	0,01	0,43	0,38	0,03	0,03

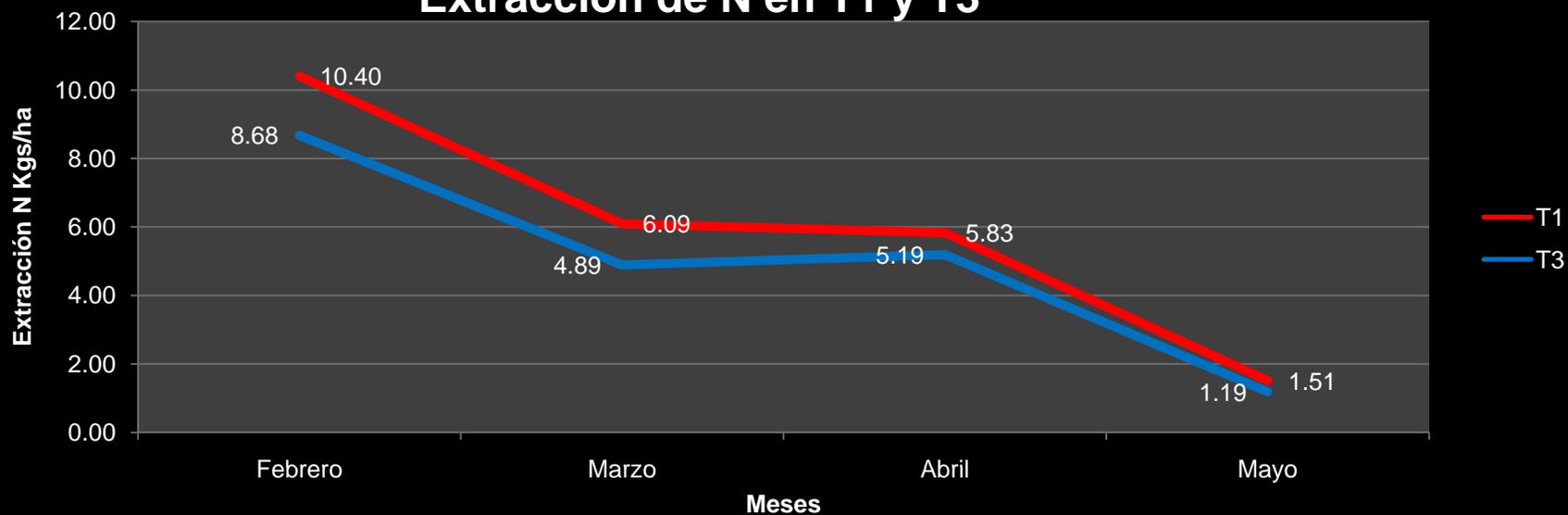
Para este tratamiento también se realizaron cortes a los 15 cm de altura y no se consideró la biomasa presente en las raíces de vetiver

Comparación de la concentración de N en ambos tratamientos

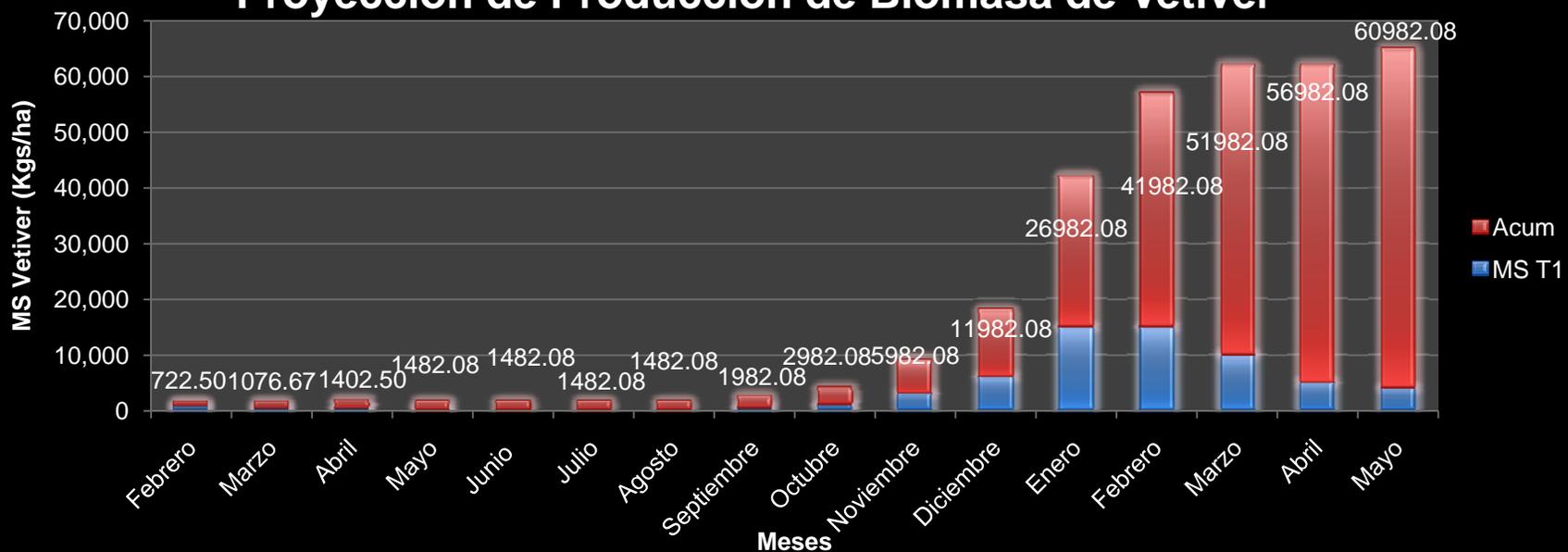


En ambos tratamientos vetiver aumenta la concentración foliar de nitrógeno, siendo levemente superior T1 que corresponde al tratamiento regado con efluentes.

Extracción de N en T1 y T3



Proyección de Producción de Biomasa de Vetiver



Consideraciones generales

- Vetiver ha experimentado un acelerado crecimiento en los meses de Enero, Febrero y Marzo, a pesar de las condiciones adversas de suelo. En Abril y Mayo ha disminuido el desarrollo debido a las bajas temperaturas de otoño y la entrada en receso invernal. Esta característica es normal y propia de la especie. Cabe destacar que vetiver es una especie C4, que se caracteriza por acelerados crecimientos bajo condiciones de luminosidad, humedad y temperatura adecuada.
- La concentración de N foliar en vetiver se ha incrementado a través del tiempo, siendo mayores las concentraciones para T1 que para T3 para casi todos los meses en estudio, con excepción del mes de Abril. Esta característica es muy importante al momento de calcular el verdadero potencial de la especie, ya que se debe tener un periodo preliminar de establecimiento antes de hacer las respectivas evaluaciones. En los meses de verano vetiver tenía una concentración foliar de 0,59% de N para T1 y T3. En este período se produce mayor biomasa que en invierno. Después del periodo de establecimiento la concentración de N aumenta significativamente a 2% aprox. , sin embargo se produce muy poca biomasa debido al receso invernal.

Consideraciones generales

- Dentro de otros elementos analizados en las muestras foliares, para T1 y T3, los contenidos de casi todos los elementos se han incrementado con excepción del hierro que ha disminuido su concentración a través del tiempo. Esto puede indicar que vetiver logra adaptarse al suelo en estudio y extraer los elementos con mayor disponibilidad.
- El análisis de suelo de las distintas estratas muestran perfiles altamente saturados de N, P y K. Las altísimas concentraciones de N en la estructura del suelo, muestran a T1 completamente saturado. T2, T3 y T4 también tienen altísimas concentraciones de N, las cuales disminuyen en profundidad de suelo. A pesar de los altos niveles de N en el suelo, vetiver ha logrado desarrollarse de forma normal. Esto indica que la especie es tolerante a las condiciones adversas del suelo en estudio.

Conclusion

- Hasta la fecha se han aportado 418,91 KgN/ha, tanto al T1 como a T2, a través de la sumatoria de riegos con efluente. Se estima como la máxima capacidad de extracción de vetiver en 1.200 KgN/ha/año.
- Vetiver se puede establecer en suelos con altas concentraciones de elementos como N, P y K. La especie es tolerante a condiciones de suelo adversa y tiene la capacidad de absorber elementos tóxicos desde el suelo y efluentes.
- El cálculo de extracción de elementos hasta la fecha, muestran una extracción de N de 23,84 Kg/ha en un período de 6 meses para T1 y 19,95 en 6 meses KgN/ha para T3. El análisis ha sido efectuado en base a 4 cortes realizados hasta la fecha. Cabe destacar que esta medida es sólo referencial y no representa la verdadera extracción ya que se debe evaluar al menos una temporada agrícola.
- En lo posible sería importante incluir 4 repeticiones a las muestras finales de suelo por cada tratamiento, lo cual representan 80 muestras, para realizar análisis estadístico por parte de INIA. Este análisis permitiría contar con una conclusión estadística de la efectividad del vetiver en la absorción de N del suelo y efluente.

Conclusion

- Si se logra la potencialidad de producción de la especie, correspondiente a 120 t/ha/año de MS, vetiver podría llegar a extraer 2.400 Kgs N/ha/año. Esta cifra es muy alta en comparación con el potencial de extracción de N de otras especies. Vetiver no sólo podría absorber el nitrógeno del efluente sino que además permitiría la descontaminación de suelos desequilibrados.

Gracias

