



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA



**Propuesta de manejo de suelo del parque urbano Bosque de San
Juan Aragón, Ciudad de México**

TESIS

Para obtener el título de

BIÓLOGO

Presenta

Oscar Israel Sánchez Luna.

Director de Tesis.

M. en C. Francisco Moreno Sánchez

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla de Baz, Estado de México 2012.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

❖ Dedico esta tesis en agradecimiento al apoyo recibido por parte de mis padres, Gloria Luna Rodríguez y Marco Antonio Sánchez Marmolejo, y a toda mi familia, ya que sin la influencia de ellos en alguna parte de mi vida, ésta sería diferente y carecería de muchas enseñanzas.

Gracias por estar conmigo siempre.

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por darme la formación académica y de vida que ahora forma mi criterio.
- ❖ Al Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias que me permitieron trabajar dentro de uno de sus proyectos por el cual esta tesis fue es posible.
- ❖ A mi director de tesis al M. en C. Francisco Moreno Sánchez por su apoyo y por la dirección impecable de este trabajo.
- ❖ A todos los profesores que me formaron a lo largo de mis estudios profesionales como biólogo.
- ❖ A la profesora María Eugenia Garín que me enseñó disciplina y me ofreció su amistad, gracias por todo profesora.
- ❖ De igual manera agradezco el apoyo en la realización de este trabajo a Monse, ya que me enseñó algunas cosas básicas y me cuestionó algunos planteamientos para enriquecer el contenido de este, además de impulsarme para superarme.
- ❖ Así mismo a todos mis colegas que me acompañaron en mi formación, con algunos de ellos forme vínculos muy duraderos, todos en algún momento y por diferentes circunstancias me enseñaron a valorar, discernir, experimentar y disfrutar la vida.

Índice General

Resumen	VI
1 Introducción.....	1
2. Objetivos	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos particulares	3
3. Antecedentes.....	4
3.1. El concepto de suelo	4
3.2. Fertilidad del suelo.....	4
3.2.1 Propiedades físicas del suelo.	5
3.2.2. Propiedades químicas del suelo.....	10
3.3 Métodos de interpolación.....	14
3.4 Área de estudio	15
3.4.1 Historia de la formación del Bosque de San Juan Aragón.....	15
3.4.2 Condición actual del Bosque de San Juan Aragón.....	18
3.4.3 Descripción de las especies arbóreas dominantes.....	19
4 Método.....	23
4.1 Área de estudio	23
4.2 Condición actual del suelo.....	23
4.2.1 Muestreo	23
4.2.2 Pruebas de fertilidad del suelo.....	25
4.2.3 Superficies de respuesta.	26
4.2.4 Determinación de problemas en el suelo.	26
5 Análisis de Resultados y Discusión.	27
5.1 Elementos de fertilidad.....	31
5.1.1 Nitrógeno.....	31
5.1.2 Fosforo	33
5.1.3 Potasio	34
5.1.4 Calcio.....	35
5.1.5 Magnesio	36
5.1.6 Hierro.....	37
5.1.7 Cobre.....	38
5.1.8 Zinc	39

5.1.9 Manganeseo	40
5.1.10 Boro	40
5.1.11 Sodio	42
5.2 características químicas de fertilidad	42
5.2.1 pH	42
5.2.2 Materia Orgánica	44
5.2.3 Conductividad eléctrica.....	44
5.3 Características Físicas de fertilidad.....	45
5.3.1 Densidad Aparente.....	45
5.4 Parajes	47
5.4.1 Paraje A	47
5.4.2 Paraje B	49
5.4.3 Paraje C	53
5.4.4 Paraje D	56
5.4.5 Paraje E	60
5.4.6 Paraje F.....	64
5.4.7 Paraje G.....	68
5.4.8 Paraje H.....	72
5.4.9 Paraje I.....	76
5.4.10 Paraje J.....	79
5.4.11 Paraje K	82
5.4.12 Paraje L.....	85
5.4.13 Paraje N.....	88
5.5 Interpolación de propiedades de los suelos	91
5.6. Condiciones del suelo del bosque.....	92
6 Conclusiones	93
6.1 Propuesta de manejo del suelo del Bosque de San Juan de Aragón	93
6.1.1 Remediación.....	93
6.1.2 Mitigación.....	94
7 Referencias bibliográficas	96
8 Anexos.....	99
8.1 Anexo 1	99
8.2 Anexo 2	100

Resumen

Las áreas con vegetación en las ciudades, han sido consideradas tradicionalmente y de manera principal como zonas para la recreación. En la Ciudad de México existen actualmente 16 de gran importancia, sin embargo muchas de estas áreas verdes urbanas no cuentan con programa o plan de manejo, lo que ha provocado un deterioro de estas, como el caso del Bosque San Juan Aragón; por lo que el objetivo de este estudio consistió generar recomendaciones de manejo, por medio de la determinación de las características fisicoquímicas y generando superficies de respuesta con interpolaciones con Kriging e IDW, las cuales se compararon estadísticamente y se validaron mediante una prueba cruzada para determinar cual se acerca más a la realidad; se realizó un muestreo sistemático, tomando una muestra compuesta cada 200 m a dos profundidades (0-30 y de 30-60 cm) y 14 perfiles de las áreas más representativas del Bosque de Aragón. Se determinó si existe algún problema edáfico con ayuda de bibliografía especializada y obteniendo la variable de mayor influencia.

Los resultados obtenidos indicaron que el pH es alcalino (arriba de 8.5) debido a la cantidad de potasio en forma de hidróxido de potasio, lo cual afecta en la disponibilidad de todos los otros elementos, esta condición se mantiene en toda la superficie del área de estudio; otra particularidad encontrada es la concentración de boro, las cuales superan los límites permisibles, por lo cual son tóxicos, pero al no estar disponibles por la condición de pH, el efecto no se presenta. Además se en las plantas establecidas actualmente; también se encontró una franja de arena lo cual actúa como un sello semipermeable limitando el crecimiento de la vegetación.

Los interpoladores y su coeficiente de correlación indicaron que IDW presenta superficies de respuesta más reales de Nitrógeno, pH de 30-60 y Potasio de 30-60, mientras que para el fósforo, boro, potasio de 0-30 y pH 0-30 Kriging genera superficies de respuesta más reales.

Este estudio permitió evaluar las condiciones edáficas del Bosque de San Juan Aragón y poder formular recomendaciones de manejo para el saneamiento y mejoramiento de este espacio tan importante para la población de la Ciudad de México.

1 Introducción

En la historia de las ciudades podemos observar como a través de su crecimiento y desarrollo, las diferentes áreas verdes urbanas se transforman. Éstas se dividen en espacios abiertos o públicos, lugares recreativos y de esparcimiento, sitios de acceso restringido o privado, que están acompañados de viviendas, donde las áreas verdes son indicadoras de un *status* social (DDF, 1988).

Las áreas con vegetación en las ciudades, han sido consideradas tradicionalmente y de manera principal como zonas para la recreación. El concepto de áreas verdes urbanas tiene su origen en el reconocimiento de que éstas pueden y deberían ser utilizadas de manera integrada y holística, para muchos otros beneficios sociales y ambientales, más allá del uso recreativo o estético. Entre estos beneficios se incluyen mejoras en la sanidad básica, el abastecimiento de agua potable, el control de inundaciones, el tratamiento de aguas residuales, la reducción de la contaminación del aire, el manejo de residuos sólidos, la moderación tanto de macro como de microclimas, el enriquecimiento de la biodiversidad (Sorensen, 1998)

Por lo anterior, se demuestra por que las áreas verdes urbanas son tan importantes en la Ciudad de México, ya que estas tienen que soportar a una población cada día mayor por efectos del crecimiento demográfico (INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010).

En el Distrito Federal el 20.4 % del suelo urbano está cubierto por áreas verdes, de las cuales el 55.9 % son zonas arboladas, y el resto son zonas de pastos y/o arbustos (Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal, 2003).

Existen 16 principales áreas verdes urbanas en el Distrito Federal, estas son Alameda Central, Alameda de Santa María, Bosque de Tlalpan, Parque España, Félix Xicoténcatl, Parque Hundido, Parque Industrial, Las Américas, Los Venados, Parque México, Miguel Alemán, Ramón López Velarde, Revolución, Tlacoquemécatl, Bosque de Chapultepec y Bosque de San Juan Aragón (Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal, 2010).

En 1998 el Banco Interamericano de Desarrollo participo en un proyecto de conservación ecológica en la Zona metropolitana de la Ciudad de México, con el fin de mejorar las aéreas verdes existentes e integrando componentes de manejo de estas (Sorensen, 1998).

Sin embargo muchas de estas áreas verdes urbanas no cuentan con programa o plan de manejo de suelos eficiente, lo que ha provocado un deterioro de estas, ya que se han enfocado a una reforestación y saneamiento de la vegetación, sin considerar la parte abiótica del ecosistema; un ejemplo de esto es el Bosque San Juan Aragón el cual está en un aparente estado de deterioro, ya que no se tiene un conocimiento de la condición actual del suelo. Por lo que en este estudio nos abocamos a hacer una diagnosis del estado edáfico que guardan los suelos del bosque de San Juan Aragón, sentando una línea base del estado del suelo y su problemática, y generar propuestas de manejo si fuera necesario.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

- Estudiar las características físico- químicas del suelo del bosque San Juan Aragón con el fin de generar una propuesta de manejo.

2.2 Objetivos particulares

- Analizar estadísticamente diferentes métodos de interpolación a fin de identificar el más eficiente por propiedad físico-química.
- Generar superficies de respuesta a fin de estimar las condiciones puntuales del suelo en el bosque de Aragón.
- Identificar la problemática edáfica presente por paraje del bosque de Aragón observando sus causas y proponiendo actividades de mitigación y adaptación o remediación en caso de ser necesarias.
- Realizar una propuesta de manejo de suelo del bosque de San Juan Aragón.

3. Antecedentes.

3.1. El concepto de suelo.

El suelo es una mezcla de minerales, agua, aire, elementos nutritivos para los organismos vegetales, materia orgánica, y organismos vivos, que están en una solución y en concentraciones diversas; además de soportar, mantener y permitir el desarrollo de formas de vida vegetal (Domínguez 1997).

Si cualquiera de los componentes antes mencionados faltara el suelo tendería a perderse o degradarse.

3.2. Fertilidad del suelo.

La Fertilidad del Suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y se definen como la capacidad de suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Tisdale, 1993).

En lo referente al suministro de condiciones óptimas para el establecimiento de las plantas, estas características no actúan independientemente, sino en armónica interrelación, que en conjunto determinan la fertilidad del suelo. Por ejemplo, un suelo puede estar provisto de suficientes elementos minerales (fertilidad química) pero si no está provisto de buenas condiciones físicas las plantas no se establecerán y desarrollaran adecuadamente.

Igualmente, la fertilidad del suelo no es suficiente para el crecimiento de las plantas; el clima juega un papel importante y determinante en muchos casos. Por ejemplo se puede tener un suelo fértil pero por temperaturas extremas no es capaz de producir buenas cosechas, entonces es un suelo fértil, no productivo.

Respecto a la constitución del suelo, en general, una proporción ideal está dada por 45-48% de partículas minerales, 5-2% de materia orgánica, 25% de aire y 25% de agua.

3.2.1 Propiedades físicas del suelo.

A. Textura

La textura es una propiedad física y guarda relación con la permeabilidad, la capacidad retentiva del agua, porosidad, aireación, densidad real y aparente, capacidad de intercambio catiónico y estructura.

El tamaño relativo de las partículas del suelo se expresa mediante el término de textura, el cual se refiere al grado de finura o grosor de las mismas, más específicamente es la proporción relativa de arena, limos, y arcilla; Muchas de las reacciones físicas y químicas del suelo están regidas por la textura, ya que esta determina el tamaño de la superficie sobre la cual ocurren dichas reacciones (Aguilera 1989).

En la fracción mineral del suelo, son de interés edafológico solamente las partículas menores de 2mm de diámetro; A las partículas mayores de 2 mm de diámetro se les denomina “modificadores texturales”, dentro de este concepto también se incluyen los carbonatos, la materia orgánica, las sales en exceso, etc.,

Existen diversos sistemas de clasificación de las partículas minerales de acuerdo a su tamaño, el más definido y aceptado es el sistema USDA, que agrupa a las partículas de la siguiente manera:

- ✓ Arena muy gruesa 1 -2 mm
- ✓ Arena gruesa 0.5 -1 mm
- ✓ Arena media 0.25 - 0.5 mm
- ✓ Arena fina 0.1 - 0.25 mm
- ✓ Arena muy fina 0.05 – 0.1 mm
- ✓ Limo 0.002-0.05 mm
- ✓ Arcilla < 0.002 mm

De acuerdo a las diferentes proporciones de arena, limo y arcilla, los suelos son agrupados en clases texturales (figura 1), que es el nombre con que se designa a un suelo de acuerdo a la fracción o fracciones predominantes; El sistema contempla 12 clases texturales:

- Arena
- Arena franca
- Franco arenoso

Por otra parte el terrón es el resultado de las operaciones de labranza y no guarda la estabilidad que corresponde a un agregado; El factor cementante de los agregados del suelo lo constituyen la materia orgánica y la arcilla básicamente. Del mismo modo, el calcio (Ca) favorece mucho a la agregación, mientras que el sodio (Na) tiene un efecto dispersante.

Los agregados del suelo o *peds* se clasifican tomando en cuenta su forma (Thompson, 1988):

- Laminar
- Prismática
- Columnar
- Bloque cúbico angular
- Bloque cúbico subangular
- Granular
- Migajosa

La Clase o Tamaño se refiere al tamaño medio de los agregados individuales, las cuales se muestran en la tabla 1

Tabla 1, Clase o tamaño de agregados (Domínguez, 1997).

Tamaño o clase	Diámetro de gránulos	Espesor de lámina	Diámetro de bloques	Altura de prisma
Muy fino	< 1 mm	< 1 mm	< 5 mm	<10 mm
Fino	1 – 2 mm	1 – 2 mm	5 – 10 mm	10 – 20 mm
Medio	2 – 5 mm	2 – 5 mm	10 – 20 mm	20 – 50 mm
Grueso	5 – 10 mm	5 – 10 mm	20 – 50 mm	50 – 100 mm
Muy grueso	> 10 mm	> 10 mm	> 50 mm	> 100 mm

Los niveles de organización o claridad se refieren a que tan definidos están los agregados, y se pueden clasificar en (Porta, 1994):

- Sin estructura: Granos sueltos con ausencia de elementos finos.
- Estructura continua: No se observan agregados.
- Débil: agregados escasamente visibles
- Moderada: agregados fácilmente observables
- Fuertes: agregados prominentes y visibles.

C. Densidad Aparente (DA):

Está relacionada con el peso específico de las partículas minerales y las partículas orgánicas así como la porosidad de los suelos, (Aguilera 1989); Es la medida en peso de suelo por unidad de volumen y se expresan así:

$$DA = Ms/Vt$$

Donde:

Ms = masa o peso de sólidos

Vt = volumen total

La DA depende del grado de soltura o porosidad del suelo, es un valor variable que depende además de la textura, el contenido de materia orgánica y la estructura, por lo que se han obtenido valores promedio para cada clase textural (tabla 2).

Tabla 2. Promedio de DA y porosidad para clases texturales (Fassbender, 1987).

Clase Textural	Densidad Aparente	%Porosidad
Arenoso	1.6 -1.8	30 -35
Franco. Arenoso	1.4 -1.3	35 -40
Franco	1.3 -1.4	40 -45
Franco. Limoso	1.2 -1.3	45 -50
Arcilloso	1.0 -1.2	50 -60

D. Porosidad:

La porosidad, no es otra cosa que el porcentaje de espacios vacíos (o poros) con respecto del volumen total del suelo (volumen de sólidos + volumen de poros). A su vez, la porosidad incluye macroporosidad (poros grandes donde se ubica el aire) y la microporosidad (poros pequeños, que definen los capilares donde se retiene el agua), en la tabla 3 se muestra la distribución de los poros según la clase textural.

Tabla 3, Distribución de poros en clases texturales.

Suelo Textura	Porosidad (% total)	Microporosidad %	Macroporosidad %
Arenoso	37	3	34
Franco	50	27	23
Arcilloso	53	44	9

E. Coeficientes Hídricos:

Los suelos tienen diferente capacidad de retener y habilitar agua para las plantas (Figura 2); Estos valores se expresan a través de los coeficientes hídricos:

- Capacidad de Campo (CC), es la máxima capacidad de agua que el suelo puede retener, es decir el agua que está retenida a 1/3 de atm de tensión y que no está sujeta a la acción de la gravedad
- Punto de Marchitez (PM), es más bien un término fisiológico, que corresponde al contenido de humedad del suelo, donde la mayoría de las plantas, no compensan la absorción radicular con la evapotranspiración, mostrando síntomas de marchitez permanente, en este punto, el agua es retenida por el suelo a una tensión de 15 atm.
- Agua Disponible (AD), es la cantidad de agua que existe como diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez.
- Agua Aprovechable (AA), es aproximadamente el 75% del agua disponible.

Estas características están influidas directamente por la clase textural, como lo muestra la tabla 4.

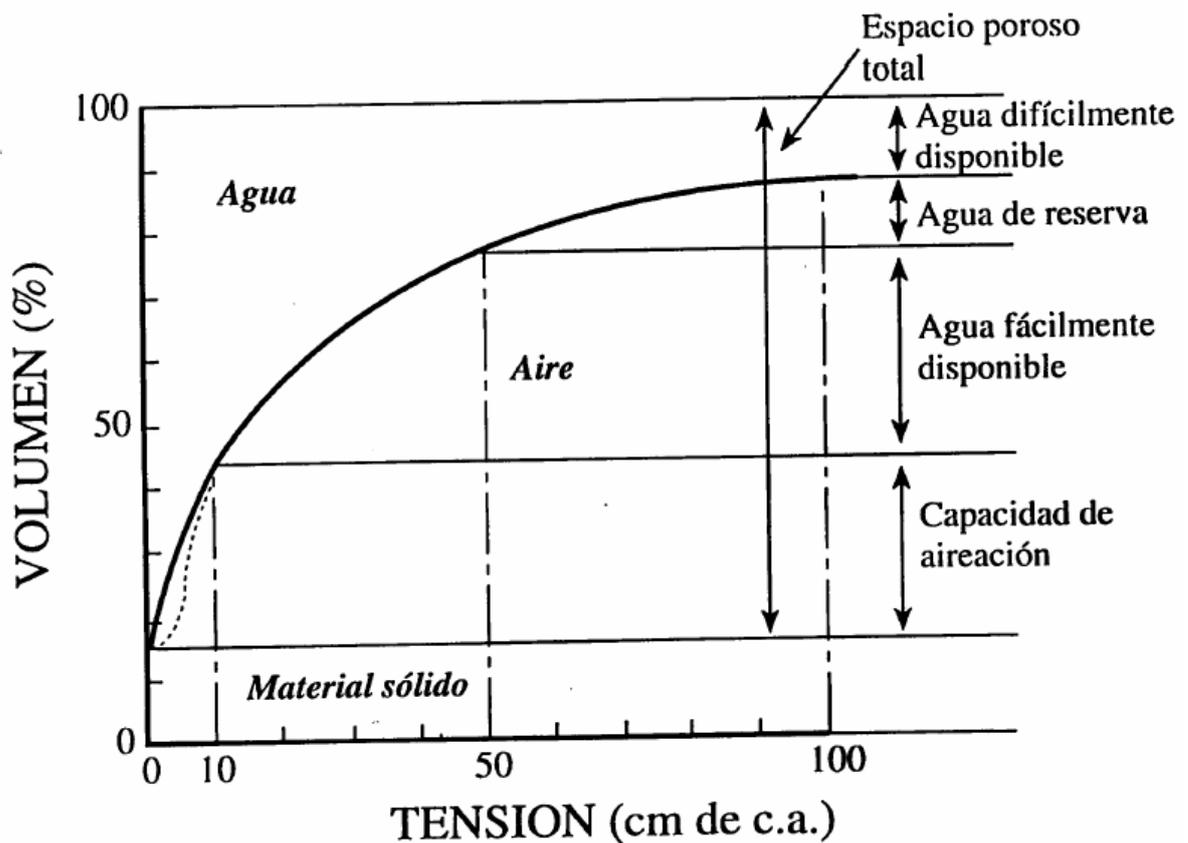


Figura 2, Curvas de Retención de Humedad del Suelo (Aguilera, 1989).

Tabla 4, Capacidad de Campo (CC), Punto de Marchitez (PM) y Agua Disponible (AD) en suelos de diferentes clases texturales.

Textura	Porosidad total (%)	Densidad aparente (g/cm ³)	Capacidad de campo (%)	Coeficiente de marchitez permanente (%)	Agua disponible		
					H% p.s.	H% vol	H mm/10 cm
Arenoso	38 (32-42)	1056 (1.5-1.8)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	8 (6-10)	8 (7-10)
Franco arenoso	43 (40-47)	1.5 (1.4-1.6)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	12 (9-15)	12 (9-15)
Franco	47 (43-49)	1.4 (1.3-1.5)	22 (18-26)	10 (6-10)	12 (10-14)	17 (14-20)	17 (14-19)
Franco arcilloso	49 (47-51)	1.33 (1.3-1.4)	27 (23-31)	13 (12-15)	14 (12-16)	19 (16-22)	19 (17-22)
Arcillo arenoso	51 (49-53)	1.3 (1.2-1.3)	31 (27-35)	15 (14-18)	16 (14-18)	21 (18-23)	21 (18-23)
Arcilloso	53 (51-55)	1.25 (1.2-1.3)	36 (31-39)	17 (16-20)	18 (16-20)	23 (20-25)	23 (20-25)

3.2.2. Propiedades químicas del suelo.

El estudio de la parte química de los suelos hace énfasis en la solución del suelo constituida por la fina película acuosa que rodea las partículas del suelo (Bhon, 1993)

A. Reacción del suelo (pH)

Esta es una de las características más importante del suelo, debido a que los microorganismos y plantas superiores responden tan notable a su medio químico, la importancia de la reacción de suelo, también es fundamental en su origen y formación donde influyen en forma decisiva sobre la morfogénesis y en los niveles de fertilidad (Aguilera, 1989).

El valor de pH es el logaritmo negativo de la concentración de hidrogeniones o el logaritmo del recíproco de la concentración de hidrogeniones; se expresa por números positivos del 0 a 14, pero se clasifican en tres condiciones posibles: acidez, neutralidad y alcalinidad. (Aguilera, 1998).

Un suelo neutro es cuando el pH es igual a 7 por lo que las partículas H⁺ han sido intercambiadas equilibradamente por otros cationes como el Ca⁺⁺ o Mg⁺⁺, ácido

cuando el pH es inferior a 7 y tiene una mayor cantidad de H⁺, básico cuando es superior a dicho nivel por lo que hay un exceso de otros cationes (Rodríguez, 1982).

Raramente el suelo llega a un pH inferior a 4 (muy acido) o mayor a 10 (demasiado alcalino), los que tiene uso agrícola generalmente tienen un pH entre 6 y 7.5 que es el rango en el que mejor se desarrollan las plantas (Rodríguez 1982).

También el pH afecta múltiples condiciones biológicas; el crecimiento radical se ve favorecido en suelos ligeramente ácidos, con valores de entre 5.5 y 6.5, los hongos predominan en medios ácidos, mientras que la bacterias prevalecen en suelos básicos; también esta condición determina la disponibilidad de nutrientes vegetales, la acides favorece la erosión de las rocas, que liberan K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ Mn²⁺, y aumenta la solubilidad de carbonatos, sulfatos y fosfatos. El aumento de la solubilidad de los nutrientes facilita su disponibilidad para las raíces (Taiz Zeiger 1990)

La disponibilidad de los elementos nutritivos para las plantas aumenta o disminuye según el pH y no todos se comportan de la misma manera (figura 3).

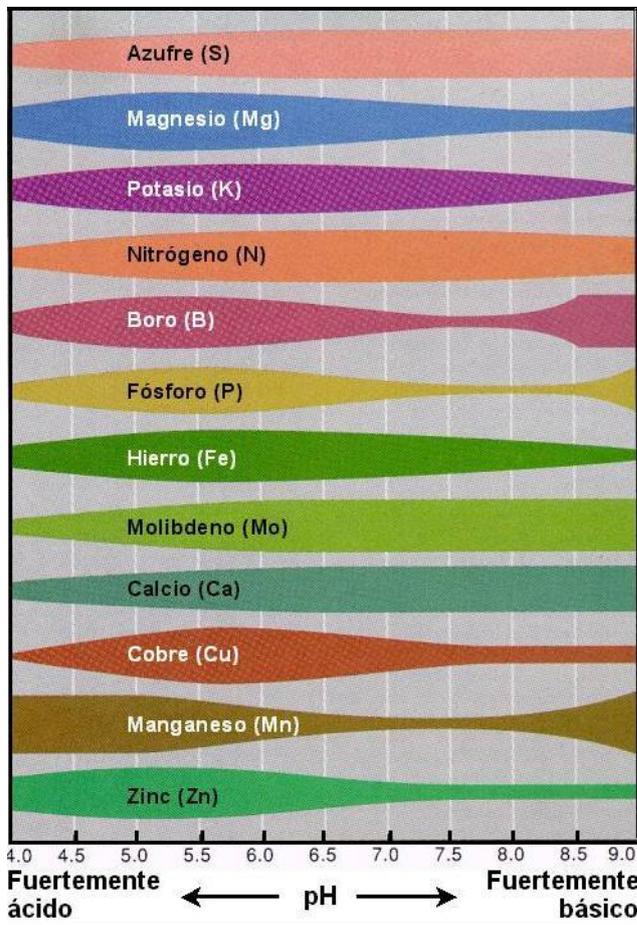


Figura 3, disponibilidad de elementos nutritivos para las plantas según pH (Azcón-Vieto 1996).

B. Elementos minerales nutritivos.

En la actualidad se considera que son necesarios 16 elementos para el crecimiento de las plantas, a partir de aire y agua, en reacciones fotosintéticas, se obtienen 3 elementos (carbono, hidrogeno y oxigeno) que comprenden el 90% de la materia seca, los otros 13 restantes se toman principalmente del suelo (Aguilera, 1989).

Todos los elementos esenciales para las plantas reciben el nombre de nutrientes y se pueden clasificar de acuerdo a la cantidad absorbida por las plantas; Así se pueden clasificar en Macronutrientes o Macroelementos, son los más requeridos, los conforman el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Azufre y Magnesio, y a su vez los podemos subdividir en primarios (los primeros 3) y secundarios. La otra clasificación son los Micronutrientes o Microelementos, que son absorbidos en menores proporciones, estos son Cloro, Boro, Zinc, Manganeso, Cobre, Molibdeno, Hierro (Rodríguez, 1982).

Los nutrimentos se vuelven disponibles a través de la intemperización de minerales y la descomposición de la materia orgánica, con excepción del nitrógeno que se incorpora al suelo por medio de la acción microbiana de bacterias correspondientes al ciclo del nitrógeno, por medio de bacterias simbióticas y por acumulación de materia orgánica; es muy raro aquel suelo capaz de proporcionar todos los elementos esenciales, durante largos periodos y en cantidades necesarias para producir altos rendimientos, sin que tenga una depositación constante de elementos (Aguilera, 1989).

La proporción de nutrientes también es importante, ya que el exceso de un nutriente en forma aprovechable puede causar la deficiencia de otro elemento (Aguilera, 1989), también las cantidades de estos pueden generar deficiencias cuando están en poca disponibilidad, o pueden ser tóxicas cuando la disponibilidad de estos es muy alta; los macronutrientes poseen un alto umbral de toxicidad, es decir que se pueden absorberse en grandes cantidades sin efectos nocivos, en cambio los micronutrientes tiene un nivel de toxicidad bajo, el límite de la carencia y la toxicidad está muy próximo (Rodríguez, 1982)

Tabla 5, símbolos químicos, formas iónicas comunes de los elementos esenciales absorbidos del suelo por las raíces de las plantas (Aguilera, 1989).

Nutrimientos	Símbolo químico	Formas comúnmente absorbidas por las plantas	iónicas
Macronutrientes			
Nitrógeno	N	NO_3^- , NH_4^+	
Fósforo	P	H_2PO_4 , HPO_4^{2-}	
Potasio	K	K^+	
Calcio	Ca	Ca^{2+}	
Magnesio	Mg	Mg^{2+}	
Azufre	S	SO_4^{2-}	
Micronutrientes			
Manganeso	Mn	Mn^{2+}	
Hierro	Fe	Fe^{2+}	
Boro	B	BO_3^{3-}	
Zinc	Zn	Zn^{2+}	
Cobre	Cu	Cu^{2+}	
Molibdeno	Mo	MoO_4^{2-}	
Cloro	Cl	Cl^-	

Los nutrimentos son absorbidos de la solución del suelo o de las superficies de los coloides como cationes o aniones, en la tabla 5 se presentan 16 elementos esenciales y en las formas comunes en las que son absorbidos y como se depositan en el suelo.

C. Materia orgánica.

La materia orgánica está formada por una serie de componentes que van desde tejidos vegetales, animales poco alterados y productos efímeros procedentes de su descomposición, hasta un material color pardo o negro, bastante estable que no presenta semejanza alguna con estructuras anatómicas de las que procede, este último material normalmente se designa como "humus"; La materia orgánica del suelo, definida por la totalidad de las sustancias orgánicas presentes incluye, también, a los organismos edáficos, aunque estos no llegan a representar más de un 5% (Wild, 1992).

Las sustancias denominadas Humus se subdividen sustancias húmicas y en sustancias no húmicas, son materiales orgánicos sencillos como azúcares y aminoácidos, y materiales orgánicos de elevado peso molecular como polisacáridos y proteínas; Las sustancias húmicas se caracterizan por no presentar características físicas y químicas específicas, tales como una composición elemental definida, un

punto de fusión concreto, entre otros aspectos, son de color oscuro, con carga negativa, de carácter ácido, predominantemente aromáticas, hidrófilas, químicamente complejas y de elevado peso molecular (Porta, 1994).

Aporta al suelo macronutrientes y micronutrientes incrementa la capacidad de intercambio catiónico total, como regulador de pH, al biodegradarse la materia orgánica forma CO_2 que actúa en el intemperismo impartiendo propiedades físicas óptimas para los suelos, como la estructura; Favorece la aireación por que actúa a manera de la agente cementantes aumentando la cantidad de agregados, también se mejora la capilaridad y permeabilidad de los suelos, retención de humedad por medio de los microporos (Aguilera, 1989).

D. Conductividad eléctrica

Una de las formas de medir salinidad ha sido por medio de la conductividad eléctrica (CE) de la solución en condiciones de saturación de agua; El principio de este es aplicar un potencial eléctrico y la cantidad de corriente que circula varía directamente con la concentración total de las sales disueltas (Bohn, 1993).

La utilización de la CE permite planear un esquema para clasificar los suelos atendiendo a su contenido de sales solubles y porcentaje de sodio intercambiable, teniendo el límite de 4 dS m^{-1} a 25°C como un suelo medianamente salino y se va aumentando la salinidad a medida que aumentan la CE.

3.3 Métodos de interpolación

La interpolación de datos ofrece la ventaja de proyectar mapas o superficies continuas a partir de datos discretos; sin embargo, la utilización de una buena cantidad de puntos del área en estudio limita su utilización; La precisión en el mapa generado, a partir de las características de un suelo en particular, depende en gran medida de la estructura espacial de los datos, donde entre más fuerte sea la correlación espacial, mejor la calidad del mapeo (Villatoro 2008)

Los de mayor aplicación son aquellos disponibles en los programas manejadores de sistemas de información geográfica (SIG) del mercado los cuales son (Pacheco 2004):

- TIN (red de triángulos irregulares), es un método geométrico incluido en la mayoría de los programas SIG (ArcView / ArcInfo, IDRISI, GRASS y Surfer, entre otros), basado en una red irregular de triángulos que conforman

sucesivos planos, sobre los cuales, mediante interpolación lineal, se determina la cota de cualquier punto interno en cada triángulo.

- INTERCON es un método exclusivo de IDRISI, que a partir de puntos acotados siguiendo curvas de nivel, interpola linealmente la cota de puntos arreglados en el modelo raster.
- Spline, regularizado y con tensión, ajusta matemáticamente un plano continuo de mínima curvatura a partir de puntos dispersos acotados, está disponible en la mayoría de los programas SIG.
- Kriging, cuantifica la estructura espacial de los datos -mediante el uso de variogramas llamados algunas veces semivariogramas debido a su similitud en el cálculo y los predice mediante la interpolación, usando estadística; Se asume que los datos más cercanos a un punto conocido tienen mayor peso o influencia sobre la interpolación, influencia que va disminuyendo conforme se aleja del punto de interés (Villatoro 2008).
- IDW (ponderación por el inverso de la distancia), método donde el peso es un valor inversamente proporcional a la distancia entre cada punto muestreado y el no considerado, al cual se le determinan las alturas.

3.4 Área de estudio

El bosque de San Juan de Aragón se localiza dentro de la zona habitacional nombrada de igual manera, esta es de nivel medio y popular se localiza al Oriente de la Delegación Gustavo A. Madero y colinda con la Delegación Venustiano Carranza del Distrito Federal y con los municipios de Ecatepec y Netzahualcóyotl en el Estado de México (Gustavo A. Madero 1999).

3.4.1 Historia de la formación del Bosque de San Juan Aragón

La Secretaría del Medio Ambiente del gobierno del DISTRITO FEDERAL, en el 2003 publicó un compendio sobre la historia de la formación de el Bosque de San Juan de Aragón en el cual indican que era parte del Lago de Texcoco, alimentado por el lago de Xochimilco y Chalco, al sur; Xaltocan y Zumpango, al norte; y el río Acolman, al noreste.

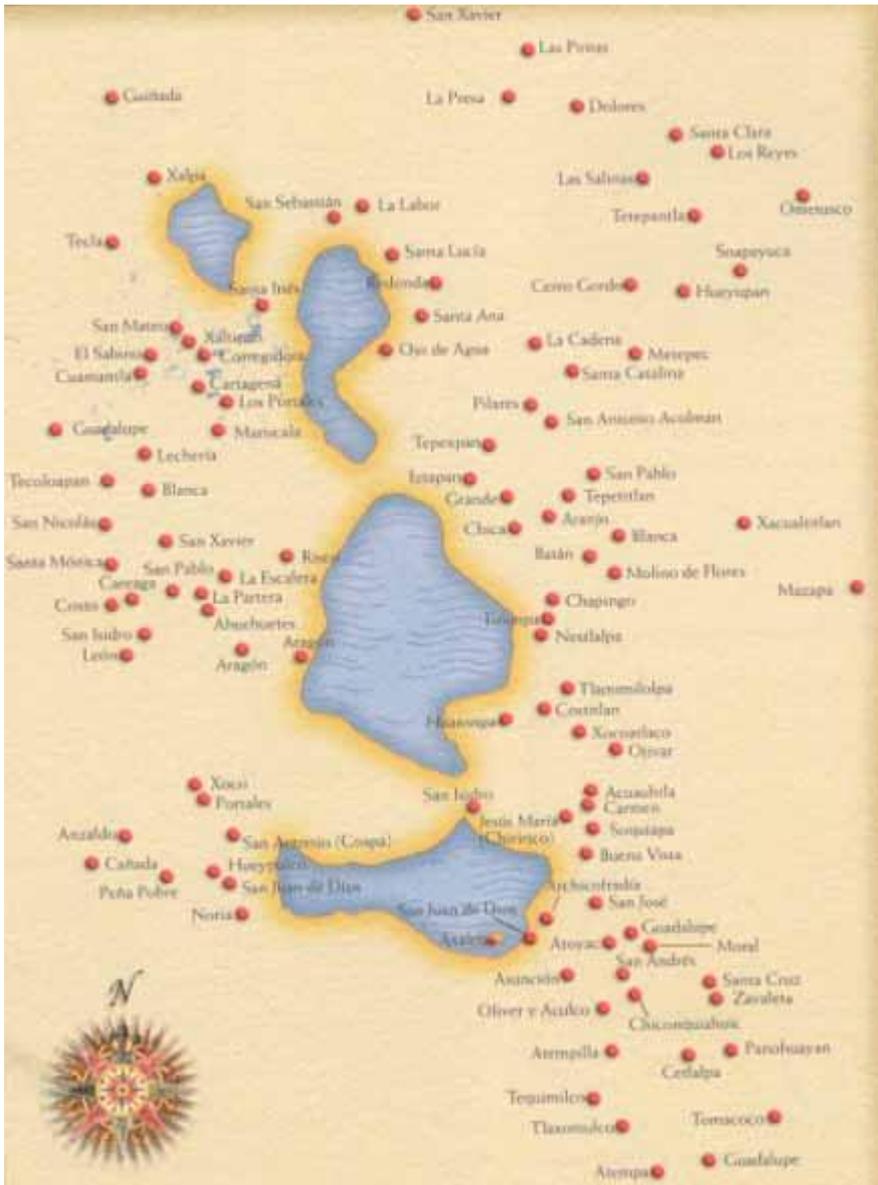


Figura 4, mapa del antiguo lago de Texcoco. (GDF 2003)

A la caída de Tenochtitlán (1521) y la incursión de los españoles en el Valle de México, dio comienzo la desecación del Lago de Texcoco; Los españoles realizaron obras de protección, construyendo presas, canales y conductos de agua que drenaron aguas negras, así como agua pluvial y de manantiales del lugar, con la consecuente desecación de la parte norte del Lago. Favoreciendo con ello, los asentamientos y el crecimiento de la población; permitiendo la realización de actividades humanas de subsistencia, como la agricultura y la ganadería.

En los años 1713 a 1754, los Tlaltelolcas rentaron sus terrenos localizados al poniente del Lago de Texcoco al Capitán de corazas Blas López de Aragón, de origen sevillano, el cual mandó a construir lo que posteriormente fue nombrada la “Hacienda Santa Ana”. El casco

principal de la hacienda se encontraba en el actual cruce de la calzada de Guadalupe y Nezahualcóyotl; producía maíz, trigo y arvejón, además de la práctica de la ganadería.

A la muerte de López de Aragón, quedo a cargo de la administración el Marqués del Jaral de Berrio, Miguel de Berrio y Saldivar, el cual sustituyó el nombre de la hacienda por el de “Hacienda de Aragón”, en honor de su fundador.

En el siglo XVIII, disminuyó la importancia de la Hacienda de Aragón como punto de atracción económica para los trabajadores, de esta manera las rancherías crearon un pequeño pueblo cuyas actividades giraban en torno a la Hacienda. En 1857 el Presidente Ignacio Comonfort promulgó el decreto por el cual se reconoce la existencia legal del pueblo de Aragón, al cual se le anexó el nombre de San Juan, referido al Santo que se festeja en esa fecha y se fundó el pueblo llamado San Juan de Aragón.

Al finalizar la gesta revolucionaria en 1917 la hacienda fue fraccionada, y se realizó la distribución de tierras entre los campesinos, tomando un carácter ejidal.

En diciembre de 1922, se le hace la primera dotación de ejidos al pueblo de San Juan de Aragón con una extensión de 1.074 hectáreas. Lo que llegaría a ser el Bosque de San Juan de Aragón se localizaba en la zona utilizada como potrero de la Hacienda de Aragón y al sureste del pueblo que tiene el mismo nombre.

El lugar era una zona de terrenos baldíos, con un suelo salitroso, que desfavorecía el crecimiento de vegetación, esto impidió que fuera una zona de cultivo intenso.

Durante 1934 a 1940, se tomó la medida de crear un campamento de reforestación en la zona desecada del lago para evitar tolvánicas que afectaran a la población aledaña además de brindarles un espacio ambiental en el que pudieran recrearse. La obra fue encargada al ingeniero Loreto Fabela, quien después de acondicionar el terreno para la reforestación, sentaría las bases de lo que hoy conocemos como el Bosque de San Juan de Aragón.

Debido al crecimiento demográfico en la zona noreste de la ciudad de México, la Regencia del Distrito Federal, se vio obligada a proveer vivienda a la población que lo necesitaba y reubicar los asentamientos irregulares de la Sierra de Guadalupe, esto fue mediante un proyecto de gobierno que incluyó la construcción de unidades habitacionales, un bosque y un lago. Las primeras unidades habitacionales recibieron el nombre de Campamento José L. Fabela. El origen del Bosque no fue ideado como tal; más bien, la idea era que las unidades habitacionales que se iban a instalar en esa zona contaran con un parque recreativo.

En febrero de 1962 se publicó en el Diario Oficial el decreto por el cual se expropiaban 885.39 hectáreas al ejido de San Juan de Aragón a favor del Departamento del Distrito Federal, estas se destinarían a la construcción de aproximadamente 9,937 viviendas económicas en siete unidades habitacionales, así como un campo deportivo, conformado por áreas verdes, lagos artificiales y un zoológico; posteriormente se consideró la creación de un parque de diversiones, que al incluir la superficie del zoológico la extensión del Bosque daba un total aproximado de 290 hectáreas.

En noviembre de 1964 el Presidente de la República Lic. Adolfo López Mateos inauguró el Bosque y el Zoológico de San Juan de Aragón, bajo la premisa de que la zona noreste de la Ciudad de México requería de una área verde que tuviera la función de mejorar el ambiente al consagrarse como un “pulmón” y el de fungir como una zona recreativa orientada a la población de bajos recursos que se localizaba en las zonas aledañas.

En 1965 se llevó a cabo la construcción de cabañas en las cuales se podían realizar días de campo; en 1972 fue inaugurado un teatro al aire libre y el Centro de Convivencia Infantil (C.C.I.) “Sara Pérez de Madero”, cuyo objetivo principal era el desarrollo de diferentes aptitudes en el infante, así como la oportunidad de brindarles un servicio de calidad a los niños que vivían en la zona noreste de la Ciudad de México. En noviembre de 1974 se inauguran el Acuario, Delfinario y Balneario Público, dedicados a las actividades recreativas y deportivas. En agosto de 1973 se abrió un Lienzo Charro “Carlos Rincón Gallardo”.

3.4.2 Condición actual del Bosque de San Juan Aragón

Según datos de la Delegación Gustavo A. Madero actualmente el bosque de Aragón tiene una superficie de 158.5 ha, comprendiendo 114.9 ha de áreas verdes, 12 ha de un lago artificial, así como avenidas, un tren escénico, cabañas para realizar eventos, fuentes, juegos infantiles, un Centro de Convivencia Infantil en el que se imparten cursos en materia ambiental, cultural y esparcimiento para los menores de edad, aproximadamente tiene 250,000 visitantes en promedio mensual.

El tipo de suelo es Solonchank Mólico (Zm); alcalino y con migajones arcillosos, el ph oscila entre 7.73 y 10.83; presenta una fase sódica con textura fina, lo que indica acumulación de sales debido al origen del lugar, este tipo de suelo es apto para pastizales inducidos o vegetación nativa que resista altas concentraciones de sales; el suelo es muy compacto por el uso recreativo y deportivo que tiene (Gómez, 2010).

El clima es tipo BS1 kw (w)(i'), semiseco templado con lluvias en verano, con una precipitación invernal menor al 5%, con una temperatura media anual de 15.7 °C, la precipitación media anual es de 569.1 mm (INEGI, 1980)

El bosque de San Juan Aragón presenta una variación en la altura del estrato arbóreo; oscila entre los 8 y 30 m. Registran más de 10 generos entre los cuales se encuentran acacia (*Acacia*), casuarina (*Casuarina*) ciprés o cedro (*Cupressus*), colorín (*Erythrina*) eucalipto (*Eucalyptus*), fresno (*Fraxinus*), grevillea (*Grevillea*), jacaranda (*Jacaranda*) palma fénix (*Phoenix*), pirul (*Schinus*), tamarisco (*Tamarix*), y yuca (*Yucca*). Las especies con mayor cobertura en el parque son *Eucalyptus camaldulensis*, *Casuarina equisetifolia*, *Schinus molle*, *Cupressus lindleyi*, *C. sempervirens* y *Fraxinus uhdei* (Gomez 2010)

3.4.3 Descripción de las especies arbóreas dominantes.

Acacia retinoides

Especie nativa de la costa sur de Australia: Tasmania y Victoria, se adapta a climas templados y cálidos, es vulnerable a las heladas y resiste las sequías, crece en diferentes tipos de suelo, tolera los pedregosos y de origen calcáreo; su raíz es medianamente profunda; se utiliza para controlar la erosión de suelos sin vegetación y para fijar dunas (Barros, 2007)

Casuarina

Especie originaria de Australia, Malasia, Polinesia, Bangladesh, Filipinas y Tailandia; se adapta a climas templados y tropicales, tolera la falta de humedad, se desarrolla en suelos arenosos, salinos, calcáreos, rocosos y volcánicos, en suelos pobres, ligeramente ácidos a neutros o alcalinos; su raíz densa, fibrosa y extendida, fija nitrógeno atmosférico mediante la formación de nódulos; se emplea en ambientes rurales y costeros para el control de la erosión, como cortinas rompe vientos, para frenar las dunas y la nitrificación de los suelos (González, 2008).

Cupressus lusitanica

Nativo de México, Honduras y El Salvador, tiene vasta presencia en el valle de México, y es frecuente encontrarlo en laderas húmedas de los bosques de coníferas; Requiere climas templados, Húmedos y subhúmedos, se desarrolla bien en suelos ácidos, rocosos y profundos con humus, también en los someros, arcillosos y arenosos con buen drenaje, en suelos pobres su crecimiento es lento, su raíz llega a ser profunda en lugares secos; se

ocupa principalmente para la producción de madera, como cortinas rompe vientos en cultivos agrícolas, protección de ganado, para la producción de árboles de Navidad y como planta ornamental (Chávez, 1991).

Cupressus sempervirens

Originario de las regiones del mediterráneo, como Libia, Grecia, Turquía, Chipre, Siria, Líbano, Jordania e Irán; Se da en climas templados, soporta bien el calor y la sequia, pero no las temperaturas menores a -10°C , el suelo debe de ser profundo y bien drenado, soporta suelos acidos o alcalinos, su raíz es extendida y profunda; se ocupa principalmente como una especie ornamental por la forma de su copa (Mas, 1991).

Eucalyptus camaldulensis

Nativa de Australia, está ampliamente distribuida a lo largo del curso de aguas continentales permanentes o estacionales, se adapta a climas templados y cálidos, por lo que se establece en zonas áridas y semiáridas de todo el mundo, es tolerante a las heladas y sequias, le favorecen los suelos arcillosos o arenosos y profundos; se adapta a suelos ácidos, neutros y básicos, tiene moderada tolerancia a la salinidad, soporta suelos inundados pero bien drenados; las raíces son superficiales, sirve para estabilizar el suelo y se planta en terrenos pantanosos para drenarlos (Martínez, 2009).

Eucalyptus globulus

Especie originaria de Australia: Tazmania, zonas costeras de Victoria, y Nueva Gales del Sur, es susceptible a las sequias prolongadas, al fuego y a las heladas, se desarrolla en una gran cantidad de suelos, pero prefiere los ligeramente ácidos, profundos y de baja salinidad; se emplea como cortina rompevientos y deseca terrenos húmedos (Martínez, 2009).

Fraxinus uhdei

Nativo de México donde se distribuye en los estados de Colima, Chiapas Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacan, Morelos Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa y Veracruz. Forma parte del Bosque de galería y del Bosque mesofilo, se desarrolla en clima templado es sensible a las heladas, crece en diferentes tipos de suelos pero de preferencia en los profundos y bien del gados, pueden ser arcillos, arenosos, ácidos o calcáreos, sus raíces son muy gruesas cerca de las superficies. Es popular como un árbol de sombra en las calles, parques y patios, la madera de fresno no se explota extensamente debido a su escasez dentro de su área de distribución natural,

pero tiene muchos usos, los principales son para bates de béisbol, raquetas de tenis, artesanías, utensilios de cocina, muebles y molduras, la construcción, pisos, puntales de mina, hormas para zapatos y chapa (Francis, 1990).

Grevillea robusta

Especie nativa de Nueva Gales del Sur de Queensland en Australia, le favorecen los climas cálidos y húmedos o subhúmedos, secos y templados, tolera algo de frío pero no heladas prolongadas, se desarrolla mejor en suelos ligeramente alcalinos o ácidos y fértiles, aunque se puede adaptara suelos secos y pobres; no tolera los suelos demasiado arcillosos ni los inundados de manera prolongada; las raíces laterales son generalmente superficiales y las principales pueden llegar a ser profundas; se utiliza como cortina rompe vientos para el control de la erosión la restauración de zonas degradada, también como sombra en plantaciones de café o té y como especie ornamental en regiones tropicales y subtropicales (Zárate, 2001).

Ligustrum lucidum

Especie nativa de China, Corea y Japón se adapta a climas cálidos y templados, se desarrolla adecuadamente en diferentes tipos de suelos, compactados, con drenaje insuficiente y ligeramente alcalinos, tolera moderadamente las sequías; generalmente utilizado para la construcción de cercas vivas (González, 2008).

Schinus molle

Proviene de Perú, Brasil, Uruguay y el Norte de Argentina, se desarrolla en climas templados, subtropicales, y cálido templado, es moderadamente resistente al frío pero no soporta las heladas prolongadas; se desarrolla en suelos con diferentes texturas y compactados, pueden ser de neutros a moderadamente alcalinos; tiene un sistema radicular extendido y superficial aunque si el suelo es bueno puede enraizar de manera profunda; se utiliza como cortina rompe vientos para reforestar áreas muy degradadas, para el control de la erosión, y para fijar taludes (Martínez, 2009)

Phoenix canariensis

Es una especie endémico de las Islas Canarias se desarrolla en climas cálido templados, no tolera las heladas le favorecen diferentes tipos de suelos siempre que estén húmedos y pueden soportar temporalmente aquellos encharcados, presenta una gran masa radicular fibrosa y superficial, sin raíces principales; su uso es principalmente ornamental pero en

algunas isla y regiones costeras se extraen una infinidad de productos como aceites y madera (González, 2008).

Yucca guatemalensis

Esta yucca proviene de las regiones del sur de México y América Central se desarrolla en climas templados y cálidos tolera todas las texturas de suelos, alcalinos o ácidos pero bien drenados, es moderadamente tolerante a suelos salinos. Sus raíces son superficiales y fibrosas, es utilizada la inflorescencia para algunos platos gastronómicos, así como la producción de celulosa ((Martínez, 2009).

Tamarix gallica

Origen del Mediterráneo Occidental, en la proximidad de las costas o de ríos de aguas calcáreas y salobres, le favorecen los climas templados aunque toleran el calor extremo y fríos que no sean muy intensos así como ambientes muy secos, se desarrolla preferentemente en suelos húmedos y tienen alta tolerancia en salinos y alcalinos, se utiliza para el control de la erosión, fijación de dunas, reforestación de suelos salinos y como cortina rompe vientos, también para estabilizar suelos arenosos ya que sus raíces contribuyen a fijar el suelo (Natale, 2008).

4 Método.

4.1 Área de estudio

El bosque se ubica dentro de la Delegación política Gustavo A. Madero; limitado por las vialidades, al norte por las Av. 412 y Av. 510, al poniente por las Av. José Loreto Fabela y Av. 508, al sur oriente por la Av. 608 (Alvares, 2005).

Para cumplir con los objetivos del presente trabajo se planteo el siguiente método.

4.2 Condición actual del suelo.

Como primera fase se conoció la condición actual del suelo, mediante el estudio de sus propiedades físicas y químicas.

4.2.1 Muestreo

Se realizo un muestreo dirigido del área del estudio.

A. ubicación de los puntos de muestreo y perfiles.

Consistió en trazar cartográficamente una retícula marcando puntos a 200 m de distancia para los puntos de muestreo (PM) y los perfiles se ubicaron en cada paraje en toda la superficie del bosque de San Juan Aragón, sin considerar las partes donde el suelo este cubierto de alguna edificación o pavimento, a cada punto se le tomaron las coordenadas con un GPS, para su ubicación posterior campo; se tomaron 25 PM y 14 perfiles del suelo. En la figura 5 y 6 se representa la ubicación de los PM y los perfiles respectivamente. Las coordenadas de cada PM y de los perfiles se muestran en el anexo 1 y 2.

B. Toma de muestra

Se tomaron Muestras compuestas de cada uno de los PM, provenientes de 5 submuestras, las cuales se ubicaron de un punto central y a 20m en dirección a cada punto cardinal, se tomaron de 0 a 30 cm y de 30 a 60 cm de profundidad (Figura 7).

Los perfiles se realizaron a una profundidad mínima de 120 cm, en los cuales se obtuvieron una descripción, fotografías y una muestra de cada estrato para analizar en el laboratorio sus propiedades físicas y químicas.



Figura 5, sitios de muestro para fertilidad.

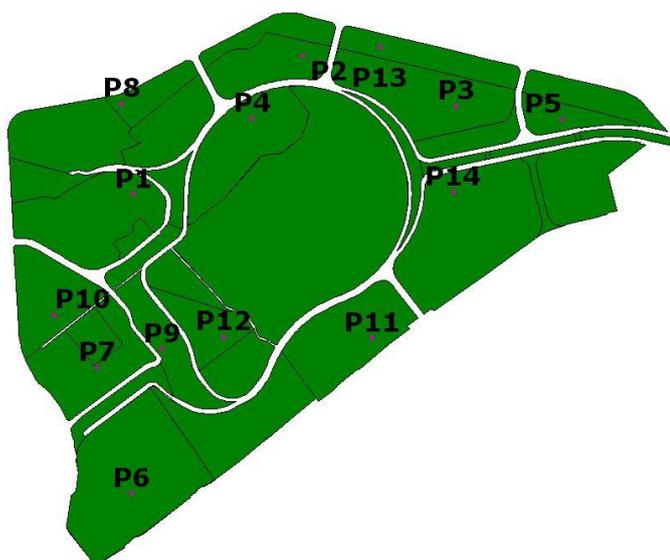


Figura 6. Ubicación de perfiles



Figura 7. Toma de muestras de PM

4.2.2 Pruebas de fertilidad del suelo

Las pruebas de las propiedades fisicoquímicas de las muestra se realizaron en la Universidad Autónoma Chapingo, en el Departamento de suelos, en el Laboratorio Central Universitario, con esto se realizo un análisis de las características de fertilidad del suelo

Las técnicas que usaron fueron.

- Químicas
 - A. pH, con método potenciométrico relación suelo agua 2:1;
 - B. Conductividad Eléctrica mediante puente de conductividad en estrato de la pasta;
 - C. Materia orgánica por Winkley y Black;
 - D. Nitrogeno extraído con cloruro de potasio 2N y determinado por arrastre de vapor;
 - E. Fosforo olsen bray P-1;
 - F. Potasio y Sodio extraído en acetato de amonio 1.0N pH 7.0 relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de emisión de flama;
 - G. Calcio y Magnesio extraído en acetato de amonio 1.0N pH 7.0 relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica;
 - H. Hierro, Cobre, Zinc y Manganeso extraído con DTPA en relación 1:4 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica;
 - I. Boro extraído con CaCl_2 .1.0 M fotocolorimetría de Azometina-h;
- Físicas
 - A. Densidad aparente método de la probeta;
 - B. Textura hidrómetro de Bouyoucos;
 - C. Curva de retención de humedad por membrana y olla de presión.

4.2.3 Superficies de respuesta.

Una vez realizados los análisis de las características del suelo se realizaron interpolaciones con Kriging e IDW, se compararon estadísticamente y se validaron con una prueba cruzada para saber si existen diferencias significativas entre los estimados y los reales, la forma de validación fue extrayendo uno de los datos de un punto tomados en campo al azar y se comparo con el resultado obtenido por el interpolador, el método que obtuvo una mayor similitud a la comparación de las muestras fue utilizado para determinar las condiciones actuales del suelo del bosque de San Juan Aragón.

4.2.4 Determinación de problemas en el suelo.

Se utilizo bibliografía especializada para determinara si existe algún tipo de problema relacionado a las características del suelo; Se propuso estrategias para su mitigación y adaptación o remediación de los problemas con base en la variable de mayor peso.

5 Análisis de Resultados y Discusión.

En las tablas 6 y 7 se muestran los resultados del análisis de los elementos de fertilidad de las muestras de suelo, de la parte superficial y sub superficial, los datos están dados en ppm.

Tabla 6, Resultados de elementos de fertilidad, muestras de 0 a 30 cm de profundidad, unidades expresadas en ppm.

Muestra	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
1	68.6	41.54	3000	7190	1076	15.63	7.75	13.35	2.89	11.23	1100
2	26.2	37.55	2540	4572	1056	11.96	1	3.96	5.69	8.29	1000
3	39.3	35.09	1590	8036	949	14.2	5.15	15.04	6.16	7.78	454
4	64.8	85.81	3890	7419	1199	26.45	12.35	0.76	3.8	17.76	2000
5	25.2	32.01	2670	4619	1071	19.74	2.3	11.13	4.62	7.17	1080
6	93.4	37.1	2650	2624	1131	32.91	3.61	17.78	8.76	10.04	1130
7	46.7	49.53	3000	6697	988	30.76	5.47	12.41	6.96	13.37	1660
8	44	43.1	4310	2625	600	16.53	1.9	6.33	10.9	10.87	1810
9	33.4	30.2	2910	4730	1064	19.9	1.57	4.22	4.24	7.3	1040
10	30.3	17.57	1970	8088	944	5.07	2.51	7.32	3.22	4.34	670
11	36.4	54.15	1970	6695	990	10.71	1.61	10.01	5.85	7.27	930
12	72.6	55.9	3090	4019	1260	14.67	2.3	14.14	3.6	1.19	1650
13	66.6	43.1	6460	4094	873	11.99	2.24	15.73	10.1	21.17	3780
14	40.1	68.5	3790	6463	1528	17.33	7.09	15.77	7.14	8.52	1500
15	38.2	76.3	2290	5588	1380	12.99	7.1	14.1	3.53	8.45	700
16	65.5	117.2	3620	4417	1252	21.77	3.53	9.92	6.72	16.68	1930
17	22.2	32.9	3160	5589	1087	11.64	3.8	6.49	7.53	11.47	1070
18	88.9	63.7	4450	4412	1120	29.85	4.73	14.6	12.82	10.12	1530
19	52.6	43.1	2920	5541	1588	12.81	3.45	4.41	10.29	10.04	940
20	65.4	50.5	2740	5947	1612	26.06	3.14	7.36	8.14	8.83	840
21	46.9	62.5	3850	5949	1441	21.71	6.8	9.3	6.35	10.62	1420

22	18.1	50.5	3050	6969	1825	45.81	1.84	6.11	7.32	12.78	920
23	68.6	42.5	3370	7718	1890	11.26	2.5	5.1	7.54	10.53	1010
24	86.7	20.9	2790	10231	1416	13.48	4.7	15.86	4.12	5.99	720
25	74.3	30.8	2250	7180	1586	11.79	3.14	4.09	5.16	6.71	790

Tabla 7. Resultados de elementos de fertilidad, muestras de 30 a 60 cm de profundidad, unidades expresadas en ppm.

Muestra	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
1	35.6	43.08	3400	7312	1189	20.61	6.14	12.71	2.87	12.4	1550
2	36.2	34.47	2000	2054	664	9.92	0.73	1.72	8.49	12.87	1170
3	46.4	39.39	1930	6472	921	14.29	13.14	15.05	4.78	12.17	1030
4	32.2	59.68	3270	4233	615	15.97	6.9	8.8	4.95	32.7	2460
5	22.2	59.8	3410	4672	1494	5.31	1.69	4.44	4.24	9.96	1850
6	46.3	73	2720	5405	1302	13.19	1.37	3.01	7.46	11.12	1420
7	26.2	20.64	3060	3198	585	11.13	1.56	3.5	8.83	16.82	1650
8	34.2	39.8	3750	4667	1020	10.07	1.46	4.13	11.88	9.65	1720
9	27.4	45.5	3430	5308	1256	13.6	1.83	2.49	8.2	10.37	1880
10	11.1	35.4	2060	6769	887	8.17	1.63	2.75	5.28	10.27	1160
11	30.4	53.53	2220	4909	980	6.89	1.07	2.65	8.21	9.97	1210
12	30.2	32.9	4070	5810	1191	12.01	2.24	2.54	6.96	10.96	3320
13	36.2	43.1	6240	5373	1426	6.82	1.31	2.51	7.15	9.86	4780
14	44.2	60.1	2990	6386	1313	45.54	12.55	18.35	7.32	7.14	1280
15	46.2	74.2	2840	4241	1382	7.01	2.72	6.67	3.33	7.72	1190
16	25.6	77.2	3890	5213	1174	6.85	1.34	1.94	6.4	6.32	2320
17	72.3	33.5	3110	5510	1558	17.27	5.33	7.77	7.05	9.54	1320
18	36.3	44.3	3880	5549	1511	29.48	8.65	12.65	7.9	9.08	2160
19	38.2	37.4	3900	7251	1709	5.75	1.09	0.87	8.65	7.57	1660
20	32.8	32	3530	6266	1481	9.56	1.45	1.12	8.97	11.19	1260
21	42.2	62.8	3840	5648	1500	22.3	5.29	5.5	8.29	10.29	1800

22	36.7	46.1	3620	7407	1622	11.02	1.57	0.55	9.33	10.53	1670
23	41.3	26.9	2820	7985	1653	5.54	1.09	1.24	4.51	8.37	920
24	54.4	19.7	2850	7175	1292	8.85	6.94	8.48	2.79	8.03	1050
25	30.3	34.4	2300	7137	1575	5.75	2.47	0.81	5.15	7.7	1050

En las tablas 8 y 9 se muestran los resultados de las características de fertilidad de suelo, de la parte superficial y sub superficial

Tabla 8. Resultados de características de fertilidad, muestras de 0 a 30 cm de profundidad.

Muestra	pH	Densidad Aparente tm ⁻³	Conductividad Eléctrica dSm ⁻¹	Materia Orgánica %
1	8.67	1.03	0.86	22.86
2	8.46	1.1	0.76	8.74
3	7.99	1.22	0.92	15.46
4	10.18	0.97	4.16	21.52
5	9.77	1.05	0.98	6.72
6	8.1	0.92	1.08	41.01
7	8.63	1.07	2.36	28.91
8	9.27	0.97	1.2	14.79
9	8.63	1.07	0.88	16.14
10	8.38	1.25	0.5	13.45
11	8.04	1.16	2.28	15.46
12	9.25	1.07	1.86	20.84
13	8.74	1.01	5.78	22.19
14	9.14	0.98	0.88	13.45
15	8.68	1.13	0.58	9.41
16	8.87	1	2.5	18.83
17	8.62	1.09	0.62	6.05
18	8.33	0.96	1.56	39
19	8.66	1.02	0.7	16.14

20	8.55	0.97	0.52	21.52
21	8.63	1.02	0.96	22.19
22	8.15	0.98	0.76	2.69
23	8.38	0.92	0.54	22.86
24	8.07	1.07	0.98	28.91
25	8.49	0.94	0.48	28.24

Tabla 9. Resultados de características de fertilidad, muestras de 30 a 60 cm de profundidad.

Muestra	pH	Densidad Aparente tm ⁻³	Conductividad Eléctrica dSm ⁻¹	Materia Orgánica %
1	8.81	1.05	1.5	23.53
2	9.16	1.23	1.46	9.41
3	8.63	1.15	1.56	15.46
4	8.63	1.03	3.88	8.74
5	8.96	1.1	2.52	7.4
6	9.17	1.06	1.62	12.1
7	9.45	1.19	3.02	8.74
8	9.86	1.18	1.82	8.07
9	9.58	1.09	1.3	7.4
10	9.13	1.17	0.8	2.02
11	8.76	1.16	3.12	15.46
12	9.84	0.99	3.46	7.4
13	9.83	1.08	7.22	8.74
14	8.69	0.96	0.84	8.07
15	9.07	1.11	0.98	8.07
16	9.54	1.04	3.3	3.36
17	8.94	1.1	0.89	18.83
18	9.6	1.09	2.66	12.1

19	9.16	1.06	1.18	6.05
20	9.13	1.07	0.8	7.4
21	8.93	1.05	1.22	7.4
22	9.06	1.08	0.88	8.74
23	8.97	1.22	0.58	8.07
24	8.18	1.08	3.66	15.46
25	9.01	0.95	0.66	10.09

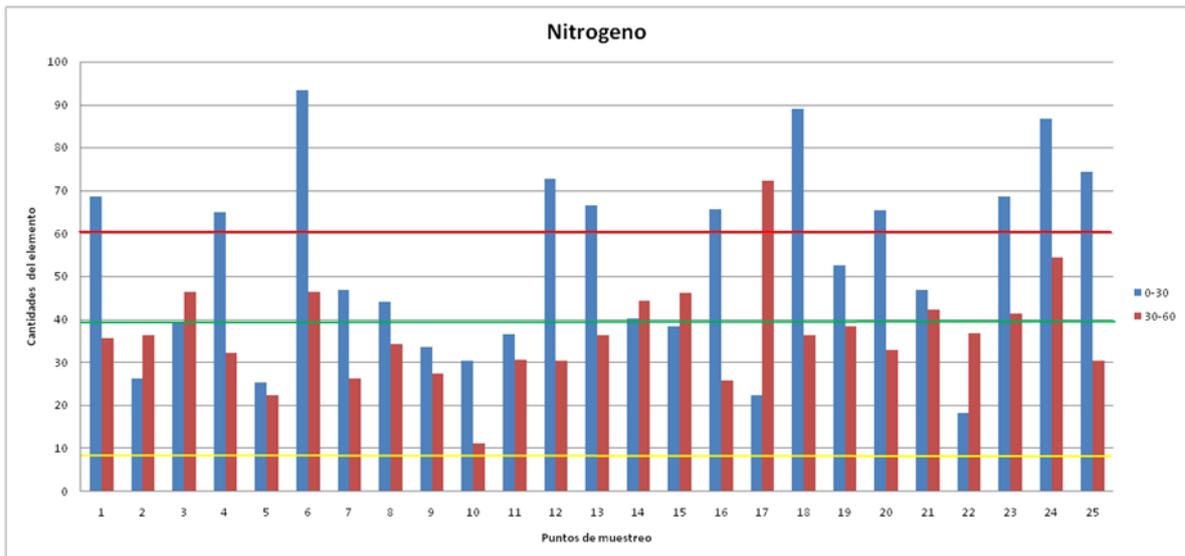
5.1 Elementos de fertilidad

Las siguientes graficas presentan los resultados agrupados por elemento, estos valores son expresados en ppm, la línea azul representa la parte superficial y la línea roja la parte sub superficial de cada punto de muestreo, la línea amarilla representa el límite inferior, la línea verde es el valor medio y la línea roja es el límite superior, estos límites fueron tomados de la norma NOM-021-SEMARNAT-2000, para conductividad eléctrica y nitrógeno; de Castellanos *et al* (2000) para todo los otros elementos

5.1.1 Nitrógeno

El nitrógeno (N) forma parte de los macronutrientes, es absorbido por las plantas en forma de ion nitrato o amonio y en algunas ocasiones nitrógeno molecular (Russell, 1968).

Las mayores fuentes de N son la materia orgánica y el nitrógeno atmosférico, y en algunos casos las rocas silíceas, el aporte al suelo se hace mediante fijación biológica y por arrastre de nitrógeno atmosférico con las aguas de lluvia y nieve (Wild, 1992).



Gráfica 1, Cantidades de nitrógeno contenido en el suelo en ppm, límites máximos, medios y mínimos

En la gráfica 1 se muestran los resultados obtenidos para la cantidad de nitrógeno en el suelo, se puede observar que la parte superficial contiene una mayor cantidad de nitrógeno con respecto a la parte sub-superficial, a excepción de los puntos 2, 3, 14, 15, 17, en los cuales tienen una condición inversa, la mayoría de los puntos se encuentran en un nivel medio a alto de nitrógeno, solo algunos puntos (1, 4, 6, 12, 13, 16, 17, 18, 20, 23, 24, 25) tienen un nivel alto de nitrógeno, todos ellos se encuentran en la parte superficial, esto se puede deber a que la materia orgánica se deposita en la parte superficial, por lo cual al mineralizarse este elemento se queda en la superficie.

En general se podría decir que los niveles de nitrógeno en el área de estudio son medios, esto se puede deber a la alteración de los procesos de transformación del nitrógeno por la condición de pH, como lo indica Tais Zeiger en 1990 los microorganismos encargados de estos procesos se desarrollan óptimamente en medios ligeramente ácidos y ligeramente alcalinos, además que el N es absorbido por las plantas a un pH de 6.0 a 8.0.

En ninguno de los puntos de muestreo se encontró que existiesen valores de N por debajo de 10 ppm que se refiere a la concentración mínima requerida, por lo que se espera que las plantas establecidas no presenten una deficiencia de este nutriente.

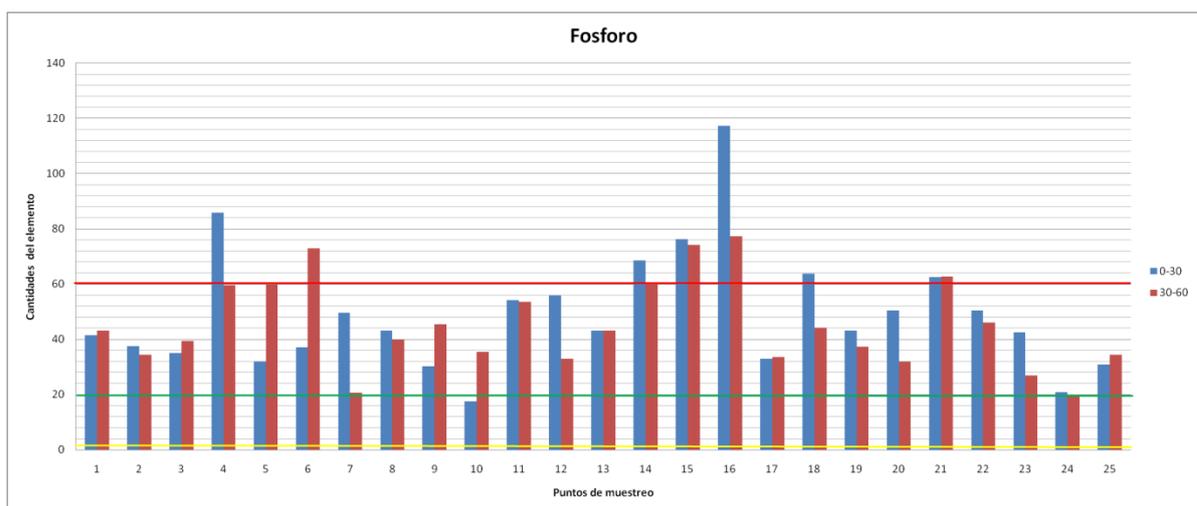
Como ya se mencionó, hay puntos con una concentración alta de nitrógeno, en los cuales, las plantas establecidas podrían presentar un problema estructural por los aportes excesivos de N, ya que esto induce el crecimiento de hojas con grandes células provistas de finas paredes, y sensibles al ataque de insectos y hongos, y vulnerables a condiciones desfavorables del clima (Wild en 1992); por lo que se espera que las plantas establecidas tuviesen daños o deficiencias en su crecimiento, por la condición antes mencionada.

De las distintas formas de N en el suelo, solamente los nitratos son lavados y arrastrados fuera de los horizontes de las raíces por percolación, sin embargo esto depende de la textura y estructura del suelo; ya que influyen en la cantidad de agua retenida en condiciones de capacidad de campo, está al entrar en el suelo desplaza a la solución existente; en texturas arenosas el nitrato se lava más fácil, que en suelos francos, ya que el agua retenida por las partículas del suelo permite un mayor flujo de agua y por lo tanto un mayor desplazamiento de las soluciones; se ha indicado que por cada cm de lluvia (o riego) se produce un movimiento descendente de nitratos de 3 cm en suelos francos (Wild 1992),

Tomando en cuenta lo establecido por Wild se puede inferir que los nitratos del suelo del bosque de Aragón se lixiviarán con los riegos mayores a la capacidad de campo

5.1.2 Fosforo

El Fosforo (P) también es un macronutriente, es absorbido por las plantas en forma de dihidrógeno fosfato ($H_2PO_4^-$) y hidrogeno fosfato (HPO_4^{2-}); las fuentes de este elemento para el suelo son principalmente el apatito que es el mineral fosfatado más frecuente en las rocas, como en algunas calizas coprolíticas, ciertas lavas volcánicas, basaltos y granitos; también la materia orgánica aporta P al suelo por medio de transformaciones bioquímicas de restos vegetales y animales (Russel, 1968).



Gráfica 2, Cantidades de fosforo contenido en el suelo, límites máximos, medios y mínimos.

En la gráfica 2 se puede observar la cantidad de fosforo encontrado en las muestras de suelo, así como los límites mínimos, medios y máximos permisibles según castellanos *et al* (2000); se observa que todas las muestras se encuentran en un nivel moderadamente bajo a muy alto de concentración, aunque el 54% se encuentran en un nivel moderadamente alto,

lo que indica que existe el suficiente fósforo para el óptimo desarrollo de los organismos vegetales.

Sin embargo la condición de pH en el suelo puede provocar que el P no está disponible para que sea absorbido por las plantas, ya que este debe estar en un medio ácido, de entre 4 a 5 de pH, y se ha demostrado que al superar el valor de 5 en esta escala, la absorción y la concentración de H_2PO_4^- disminuye, también la cantidad soluble de Fe, Al y Mn influye en la disponibilidad del P (Wild, 1992); por lo cual, se puede presentar deficiencias de este elemento en la planta, aunque las concentraciones en el suelo sean altas.

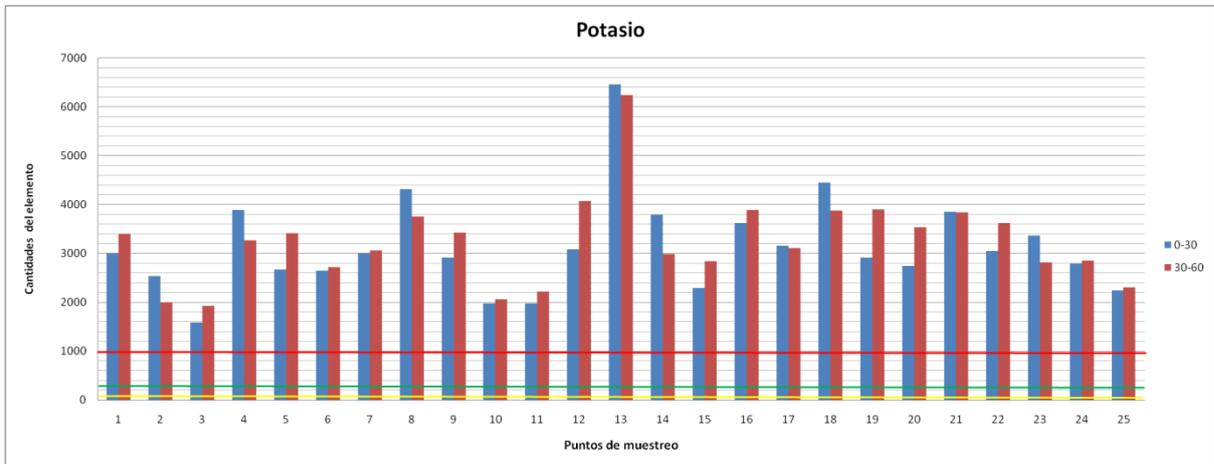
Las deficiencias de P son muy difíciles de diagnosticar, ya que no se presenta ningún signo obvio, pero afecta directamente en la madurez de la planta así como en la floración y en el desarrollo radicular (Russel, 1968).

También se encontró que en algunas muestras (4, 6, 14, 15, 16, 18, 21) existen niveles mayores a 61 ppm de P, los cuales resultan tóxicos para los organismos vegetales; como lo menciona Martínez en 1999, la fuente de P en estas condiciones se explica por el uso y aplicación de aguas tratadas la deposición de este elemento está relacionado con el contenido en el agua de riego, ya que se encuentra en aguas residuales por la utilización de detergentes, estas al tratarse, para ocuparlas para riego contienen trazas importantes del elemento.

5.1.3 Potasio

Otro de los macronutrientes es el potasio (K), las fuentes del suelo para este elemento es el material parental (rocas), las arcillas y la materia orgánica, este es absorbido por las plantas en forma de K^+ (Curtis, 2008)

Los dos grupos de minerales potásicos que se presentan en las rocas y en el suelo en mayores proporciones son las micas y los feldspatos, estos minerales son muy frecuentes en las rocas ácidas (como el granito), y en las máficas; Los procesos de meteorización liberan el K y las aguas de drenaje arrastran los compuestos solubles, los iones K se encuentran en parte en la solución del suelo y en parte fijados a las superficies electronegativas de las arcillas y del humus (Wild 1992).



Grafica 3, Cantidades de Potasio contenido en el suelo, límites máximos y mínimos

En la grafica 3 se pueden apreciar los niveles de potasio obtenidos en el suelo del bosque de San Juan Aragón; En la mayoría de los puntos la parte sub-superficial tiene un mayor contenido de este elemento debido a la lixiviación por el tipo de riego,

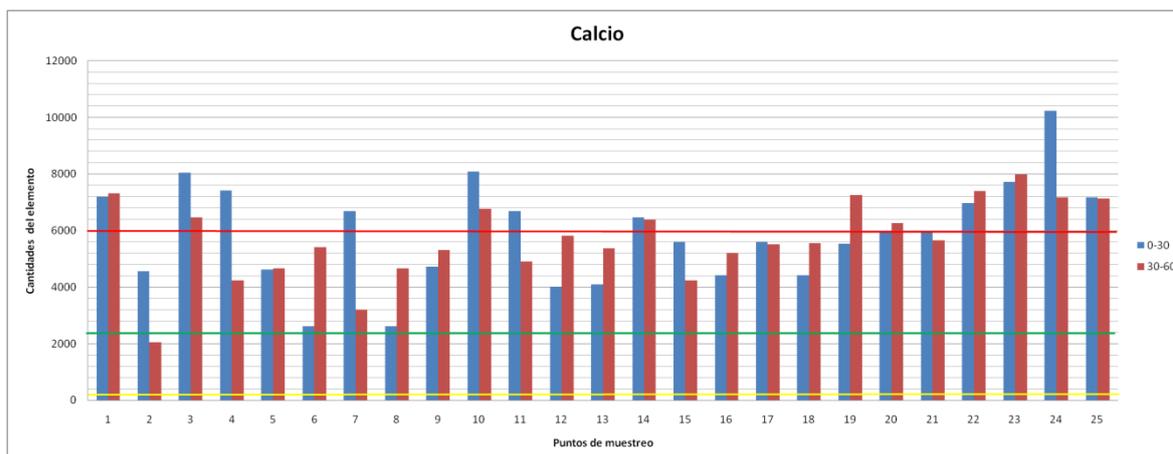
El K se encuentra en un nivel mayor a 1000 ppm en cada una de las muestras, siendo esto un problema ya que se encuentra en concentraciones toxicas para las plantas; los excesos de K en el suelo pueden limitar la asimilación de otros cationes, especialmente el magnesio y provocar reducción del crecimiento por aparición de estados carenciales de estos (Wild, 1992).

Además esta condición puede repercutir en el pH del suelo, ya que es muy probable de encontrarlo como hidróxido de potasio produciendo un medio alcalino, lo que provoca que el suelo tenga un pH alto y afecte directamente en la disposición de los otros elementos; También impide la actividad metabólica de los microorganismos del suelo, por lo cual los procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica se ven seriamente afectados, por lo que el aporte de los elementos de nutritivos de origen orgánico son bajos.

La presencia de K es debido a la constante entrada de este elemento al suelo por medio del riego, ya que este elemento se presenta en aguas residuales que contienen detergentes, las cuales, al ser tratadas para el riego de áreas verdes, contienen trazas importantes de este.

5.1.4 Calcio

Así también el calcio (Ca) es un macronutriente, este se puede presentar como calcita (CaCO_3) en los suelos formados a partir de rocas calizas y otros materiales calcáreos; Su lugar como catión de cambio sobre el complejo puede ir ocupándose por aluminio (Al) a medida que el suelo se acidifica (Wild, 1992)

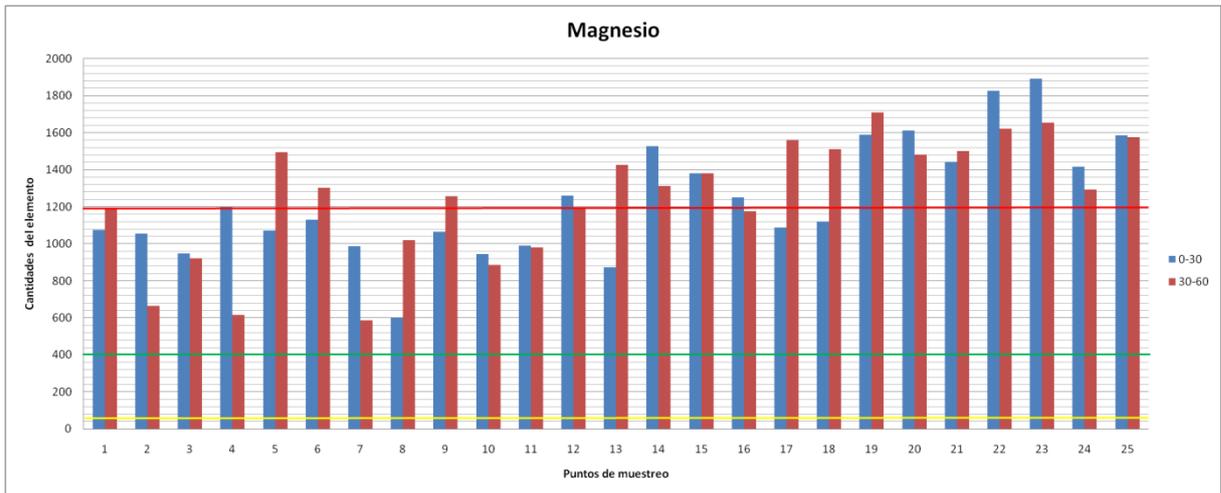


Grafica 4, Cantidades de Calcio contenidas en suelo, límites mínimos y máximos permisibles.

En la grafica anterior podemos observar que las cantidades de Ca encontradas en el suelo están en los parámetros de medio a muy alto; En el 44% de los puntos, las muestras subsuperficiales presentaron una mayor cantidad de calcio que en las muestra superficial, lo cual nos puede indicar que el material parental puede contener materiales sedimentarios; El 90% de los puntos, se encuentran en un nivel medio, esto nos indica que hay suficiente Ca en toda la superficie del bosque; Pero en los puntos con más de 6000 ppm se puede presentar un efecto fitotoxico por este elemento, afectando el optimo desarrollo de las plantas establecidas.

5.1.5 Magnesio

También existen los micronutrientes como el Magnesio (Mg), el cual se libera de los silicatos después de su meteorización, está presente en suelos que tienen dolomita $[(CaMg)CO_3]$,



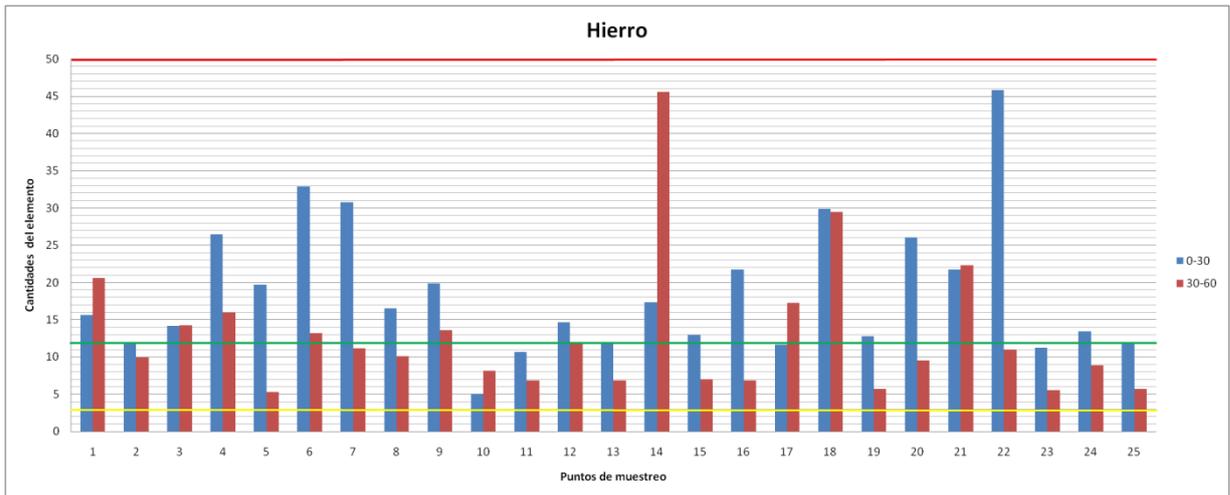
Grafica 5, Cantidades de Magnesio contenidos en suelo, Limites mínimos y máximos permisibles

El contenido de Mg en la superficie del bosque se muestra en la grafica 6, se encuentra en un nivel alto a muy alto según los límites permisibles (Castellanos, 2000), lo cual resulta peligroso porque los puntos con cantidades arriba de 1200 ppm (5, 6, 9, 12 – 25,) pueden presentar toxicidad para las plantas, el 52% de los puntos y el 64% de los parajes (B, C, G, H, I, K, L, M. N) presentan esta condición de concentraciones muy altas de Mg, el mayor contenido de este elemento en el muestreo se encuentra en la parte superficial del punto 23 y 22, esto se puede atribuir a que el elemento mencionado anteriormente se deposita gracias a ciertos materiales parentales ubicados solo en estos puntos o que estos estén más expuestos a meteorización.

Sin embargo los resultados obtenidos para las cantidades existentes de K en el suelo nos sugieren que este elemento está compitiendo con el Mg limitando su absorción, por lo cual algunas planta podrían presentar deficiencias nutrimentales de este último elemento, las deficiencias de este afectan la actividad fotosintética, también algunas rutas biocinéticas se interrumpen por inhibición de los procesos de fosforilación y se acumulan compuestos nitrogenados (Wild, 1992)

5.1.6 Hierro

El Hierro (Fe) es uno de los elementos más frecuentes en las rocas, y se deposita en el suelo como óxidos e hidróxidos de hierro, sin embargo las carencias de este elemento en las plantas son frecuentes en todo el mundo, las plantas lo absorben como Ion férrico (Fe²⁺) e ion ferroso (Fe³⁺).



Grafica 6, cantidades de hierro contenido en suelo, límites máximos y mínimos permisibles

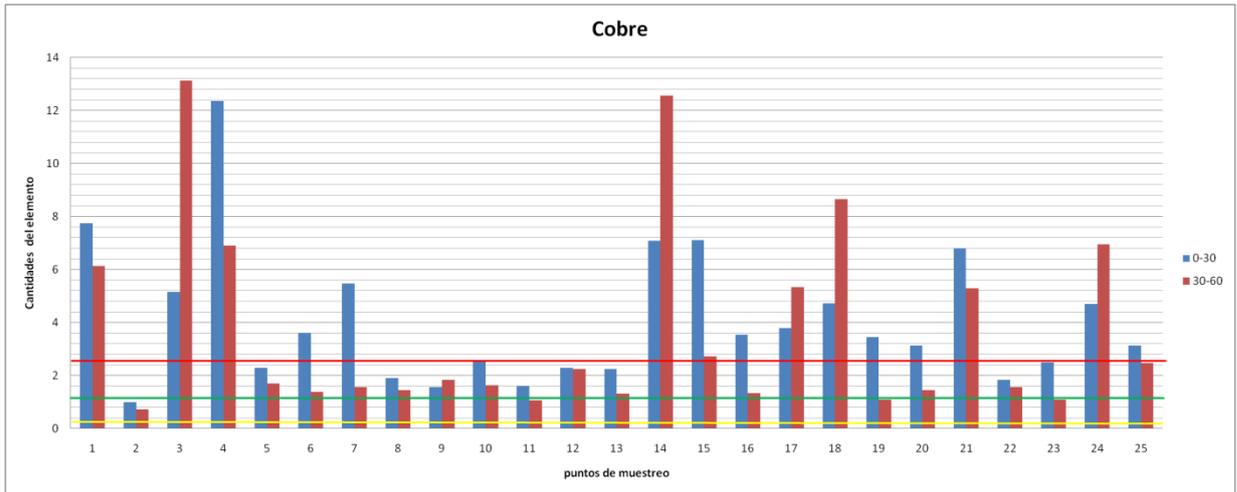
Como se muestra en la grafica 6 el Fe se encuentra en niveles bajos a altos; los niveles más altos se encuentran en la parte superficial, aunque hay puntos con una alta cantidad de este elemento en la parte sub-superficial; aunque es mayor la depositación de este elemento en la parte superficial, favoreciendo así la disponibilidad de este a las plantas con una raíz superficial (menor a 30 cm).

En general los niveles de Fe son adecuados para el crecimiento vegetal, además las cantidades de este elemento en el suelo no sobrepasan las 50 ppm (límite permisible); Sin embargo Russel en 1968 indico que el pH elevado y la presencia de iones bicarbonato (HCO_3^-) reducen la absorción y la movilidad del Fe en el interior de la planta, por lo que, sin importar las cantidades existentes de este elemento, se podrían observar deficiencias de este en las plantas establecidas.

5.1.7 Cobre

El cobre (Cu) es otro de los micronutrientes, el cual es absorbido por la planta en forma de Cu^{2+} (Curtis 2008)

Las Cantidades de Cu contenidas en la superficie del bosque se muestran en la grafica 7; se encontraron que van de un nivel bajo a muy alto (castellanos et al 2000), el 44 % de los puntos sobrepasan las 2.5 ppm (límite permisible) por lo que se podría presentar efectos tóxicos en las plantas, estos se encuentran en la parte norte y sur de bosque; en la parte central se encuentran niveles medios y altos de este elemento; en la mayoría de los puntos la parte superficial tiene concentraciones más altas de este elemento que en la parte subsuperficial, lo que nos sugiere que este elemento se está depositando por medio del agua de riego, ya que se pueden presentar trazas de este elemento en el agua tratada.

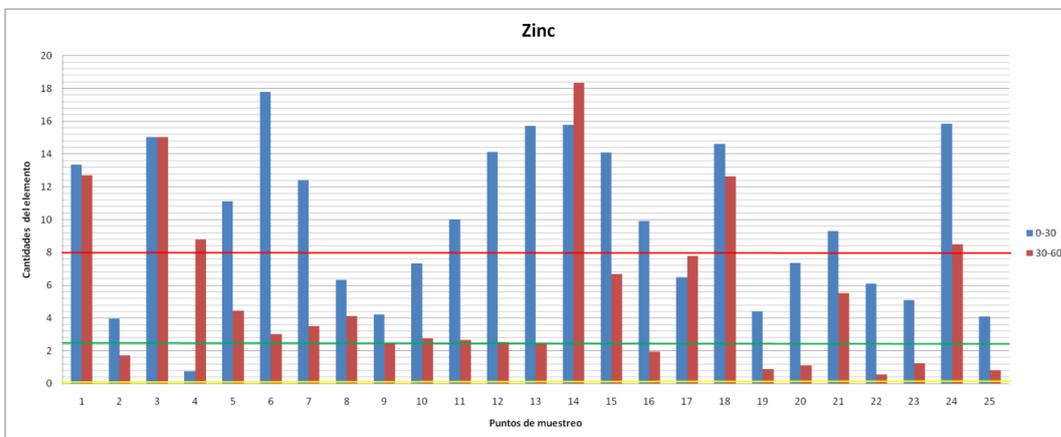


Grafica 7, Cantidades de Cobre contenidos en suelo, límites máximos y mínimos permisibles.

Sin embargo la condición de pH elevado no permite que el Cu esté disponible para la absorción. Lo cual podría tener dos efectos, por una parte, en las zonas con contenidos muy altos de este elemento se evita el posible efecto toxico en las plantas, y por otra parte, las zonas con contenidos moderados se podría presentar deficiencias por la baja disponibilidad.

5.1.8 Zinc

Así también el Zinc (Zn) es un elemento denominado micronutriente, este es absorbido del suelo por la planta en formas de Zn²⁺.



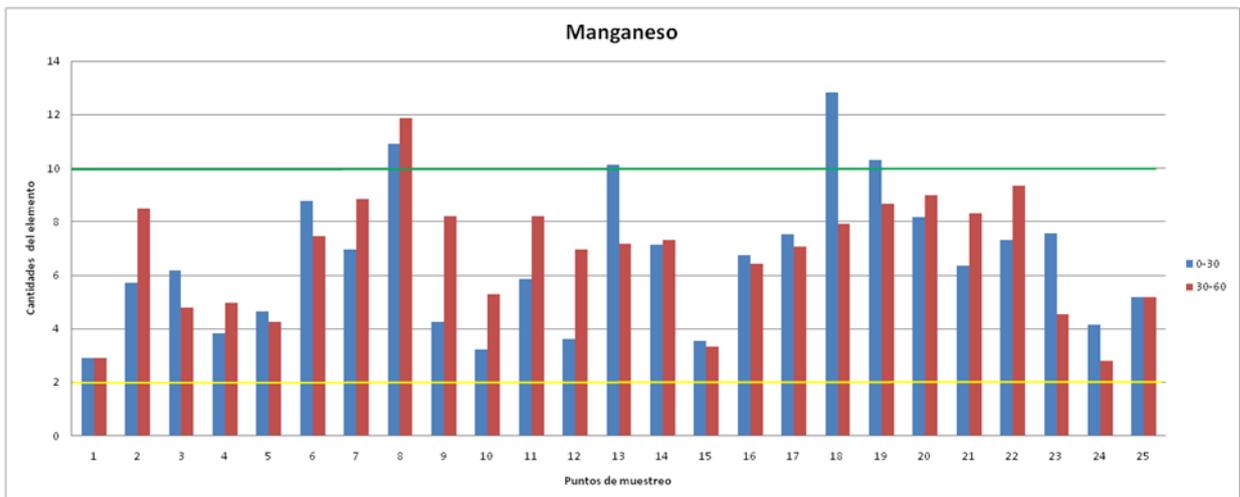
Grafica 8, Cantidades de Zinc contenido en suelo, límites máximos y mínimos permisibles.

El contenido de Zn en el suelo del bosque se muestra en la grafica 8, este se encuentra en niveles bajo a muy alto, en 40% de los puntos las concentraciones encontradas del elemento sobrepasan las 8 ppm (límite permisible) por lo que se podría presentar un efecto

fitotóxico por este elemento; Sin embargo en la parte sur del bosque las concentraciones de zinc (0.7 a 5 ppm) son adecuadas para el crecimiento vegetal; El 85 % de los puntos, se encontró que la parte superficial tiene una mayor concentración de este elemento que la parte subsuperficial, lo que significa que el Zn está siendo depositado con el agua de riego.

5.1.9 Manganeso

El Manganeso (Mn) es absorbido del suelo en forma de Mn^{2+} .



Gráfica 9, Cantidades de Manganeso contenido en suelo, límites mínimos y máximos permisibles.

Los niveles de Mn en el suelo del bosque se indican en la gráfica 9, van de bajo a medio, por lo cual se considera que el suelo del bosque tiene deficiencias en este elemento, no se encontró una diferencia importante entre la concentración de la parte superficial y subsuperficial de las muestras, por lo cual se infiere que no existe un aporte directo (como en el agua de riego) de dicho elemento, por lo cual se podría suponer que las plantas presenten deficiencias nutrimentales por este elemento.

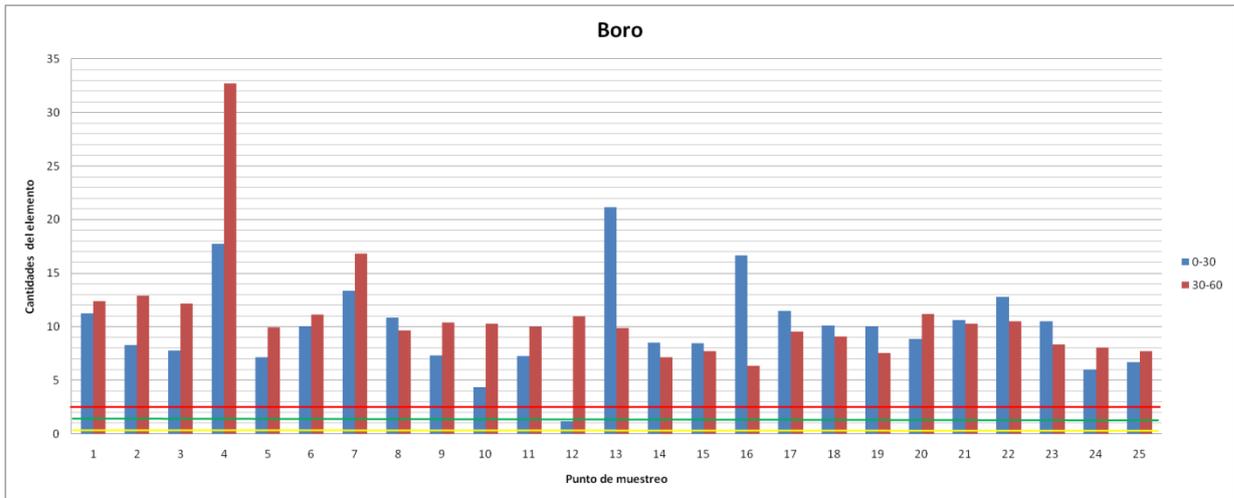
Las deficiencias del Mn producen clorosis en las hojas que se muestran como pequeños puntos grises y manchas necróticas (Taiz, 1990).

5.1.10 Boro

El Boro (B) se absorbe del suelo como ácido bórico $B(OH)_3$; la toxicidad del boro son muy comunes en suelos áridos y regados (Bohn, 1993).

El B es un metaloide, no forma compuestos iónicos binarios y no reacciona con el oxígeno gaseoso ni con el agua, reacciona con los alógenos como el cloro; además el boro

reacciona con el grupo hidroxilo, este al estar en contacto con el agua produce un medio ácido (Chang, 2003).



Grafica 10, Cantidades de Boro contenido en suelo, límites mínimos y máximos permisibles.

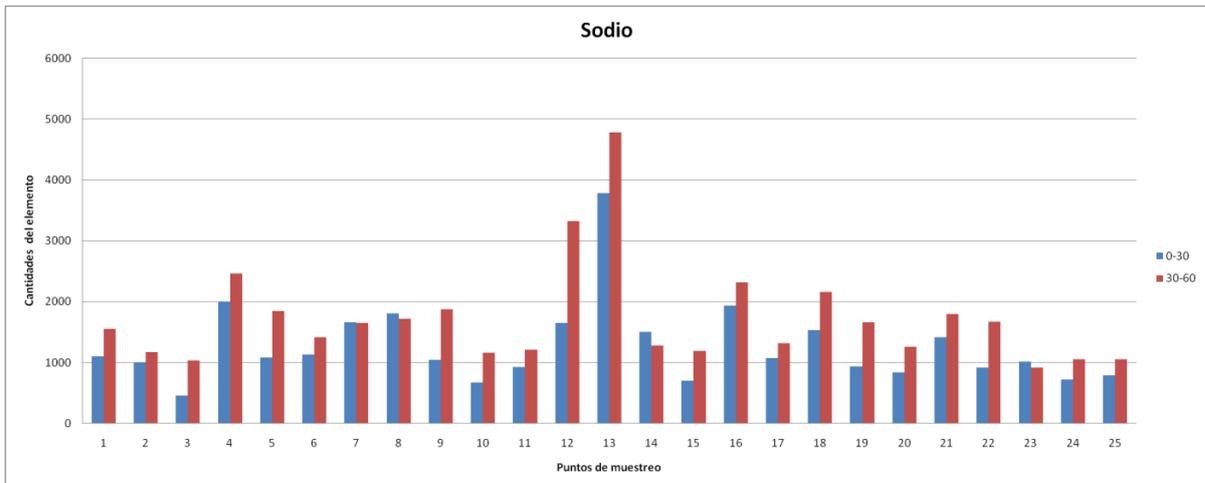
Las concentraciones de B en el suelo del bosque se muestran en la grafica 10, se encontró que la concentración de este elemento esta en un nivel muy alto, el 98 % de los puntos de muestreo se encontraron niveles que superan las 2.1 ppm (límite permisible), por lo cual todo el suelo del bosque tiene niveles tóxicos, esto repercute directamente con la salud de los organismos vegetales establecidos; esta acumulación de boro se debe principalmente al riego, ya que como lo indica Martínez en 1999, las aguas residuales contienen concentraciones altas de B por vertidos urbanos ricos en detergentes y productos de limpieza, con el paso del tiempo y el tipo de riego se ha ido acumulando progresivamente en el suelo hasta llegar a estos niveles tóxicos.

La textura del suelo es también un factor importante a considerar. Los suelos con textura fina contienen en general mayores cantidades de boro soluble que los suelos de textura gruesa debido a que en estos el boro es adsorbido por la arcilla, quedando restringida la lixiviación (Muños, 2007).

También la condición de pH limita sus efectos, gracias a que no esta disponible para su absorción, sin embargo este elemento como ya se menciona reacciona con el agua acidificando el medio, por lo cual, hay la posibilidad que exista una condición en un espacio muy pequeño que sea favorable para la absorción de este elemento, lo cual resultaría perjudicial para las plantas ya que los efectos tóxicos se presentarían.

5.1.11 Sodio

El sodio (Na) como se muestra en la grafica 11 tiene dos puntos muy altos de concentración, esto se puede deber a que hay una depositación de este elemento, sin embargo no se presentan cantidades para determinar al suelo como sódico.



Grafica 11, Cantidades de Sodio contenido en suelo.

Si se observa que el 84% los puntos de muestreo presentan una mayor concentración de Na en la parte subsuperficial que en la superficial, por lo cual se puede suponer que las raíces más profundas (que van a pertenecer al estrato arbóreo) tendrán una mayor disponibilidad de este elemento; además que el aporte de este elemento esta dado por el material parental o se a lixiviado gracias al sobre riego que pueden presentar algunos puntos.

El Na puede remplazar parcialmente al potasio y tiene un papel importante en la regulación de la presión osmótica y turgencia de las células, por lo cual provoca un medio restringido para las plantas.

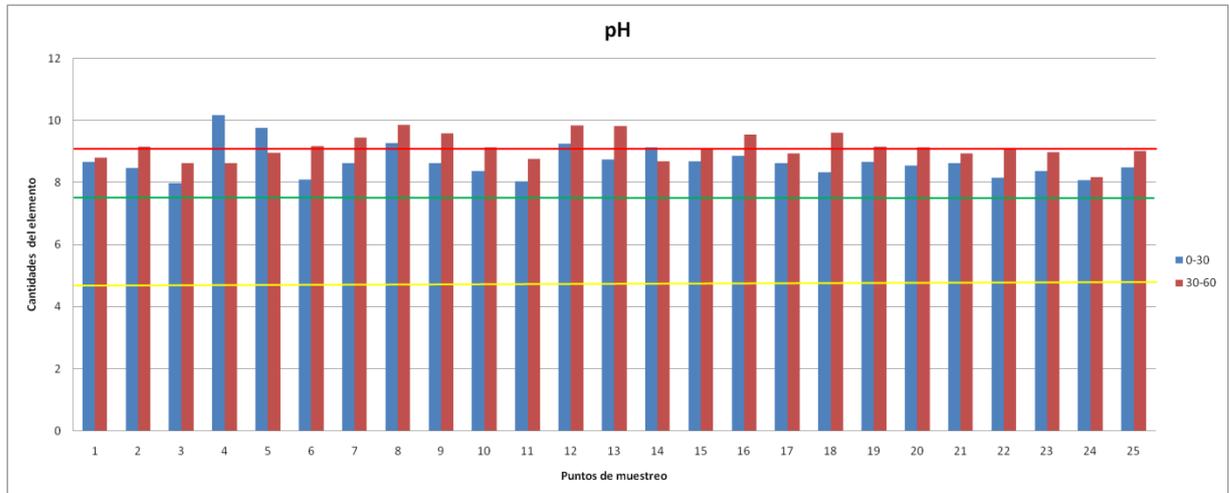
5.2 características químicas de fertilidad

5.2.1 pH

El pH son los iones hidrogeno disueltos en la solución del suelo, esto influye en otras características del suelo y su fertilidad, ya que de esta condición depende la disponibilidad de los nutrientes que pueden ser absorbidos por las plantas (Bhon, 1993).

En la grafica 12 se muestra el pH encontrado en el suelo del bosque, este entra dentro del paramento alcalino y extremadamente alcalino (Castellanos *et al* 2000), lo cual nos indica que todo el suelo del bosque tiene una condición similar

La parte superficial como en la parte subsuperficial presentan la misma condición y no se muestra una variación importante; esto puede estar dado por el agua de riego ya que debe de contener una alta cantidad de hidróxido de potasio (KOH), que funciona como una base fuerte, lo cual produce un medio alcalino.

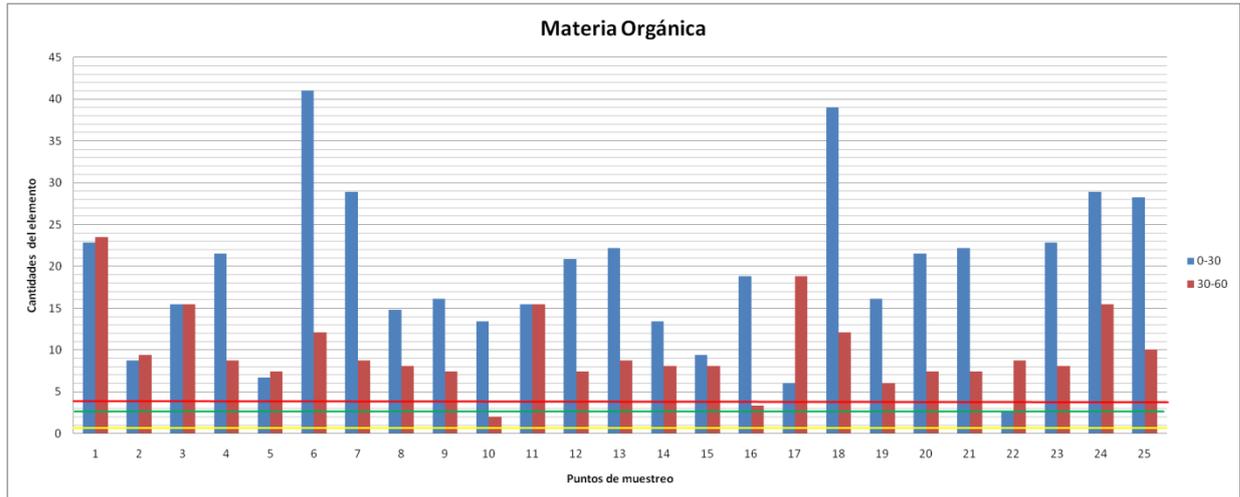


Grafica 12, Niveles de pH encontrados en suelo, límites mínimos y máximos permisibles.

El KOH está presente en jabones y detergentes que se utilizan comúnmente como artículos de limpieza tanto de uso doméstico como industrial (Chang, 2003), los desechos de estos productos son mezclados con agua para verterlos al drenaje, provocando que las aguas residuales los contengan en grandes cantidades, y estas al ser tratadas para su reutilización contiene trazas de KOH, al ser utilizadas para el riego de áreas verdes se deposita en el suelo este compuesto.

Los efectos de esta condición son diversos, ya que no permiten una adecuada humificación y mineralización de la materia orgánica; además no permite que los elementos nutritivos para las plantas estén disponibles, esto se traduce como una condición de estrés nutricional, por lo que se espera que las plantas establecidas tengan deficiencias nutricionales y evitara el establecimiento de nuevos organismos vegetales que no estén adaptados a estas condiciones.

5.2.2 Materia Orgánica



Grafica 13, Cantidades de materia orgánica contenida en suelos, límites máximos y mínimos permisibles.

La materia orgánica (MO), como se muestra en la grafica 13, se encontró en niveles de medio a muy rico, por lo cual el suelo del bosque tiene un exceso de estos compuestos, esto es debido a todo el aporte que tiene por fertilizante orgánicos (composta), hojarasca y otros residuos orgánicos provenientes de usuarios y fauna, sin embargo esta no se puede humificar y mineralizar ya que la condición de pH no lo permite, por lo que esta se va acumulando progresivamente.

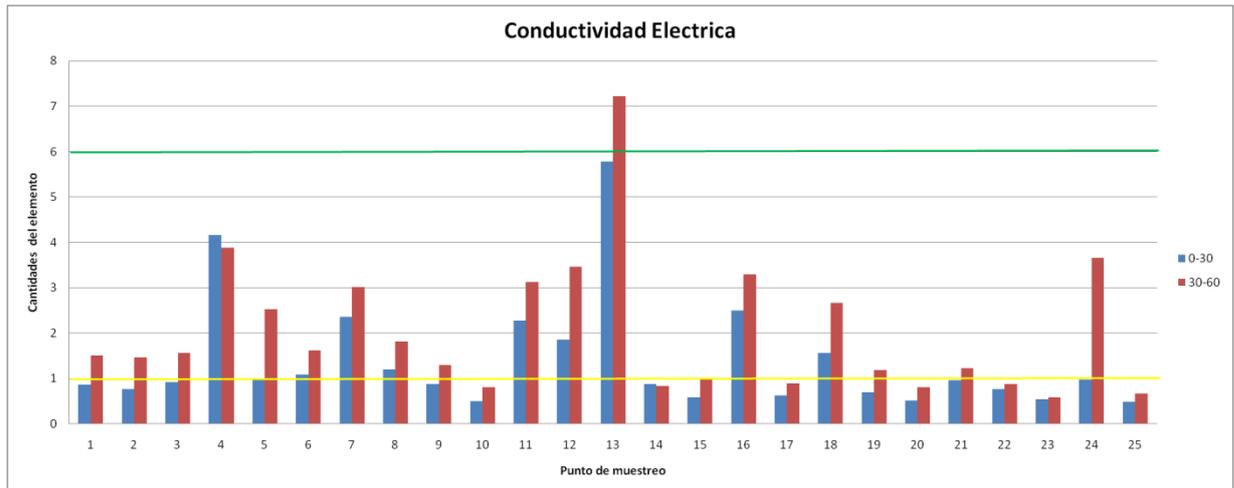
La parte superficial presenta una mayor depositación de MO que la parte subsuperficial lo cual apoya el argumento anterior, siendo esto un problema ya que muchos de los elementos nutritivos para las plantas tienen un fuente de depositación a partir de su forma orgánica, esto es que los elementos están contenidos en la MO y dependen de la mineralización de esta para depositarse en el suelo.

5.2.3 Conductividad eléctrica.

Otra de las características del suelo es la conductividad eléctrica, la cual nos indica los iones que están en solución y específicamente si el suelo puede ser o no salino así como de otras características.

En la grafica 14 se muestran la conductividad eléctrica del suelo (CE), esta nos indica que tantos iones están disueltos en solución en el suelo; por lo cual podemos ver que en la mayoría de los puntos de muestreo la mayor concentración de iones se encuentra en la parte subsuperficial, esto nos indica que la las sales en solución no están distribuidas en el suelo, por lo que se suponer que se están concentrando en el fondo por la lixiviación de estos iones, también se puede deber a que la parte superficial cuenta con una menor

cantidad de agua; esta condición puede favorecer a las formas de vida arborescentes ya que estas pueden acceder a estratos más profundos.



Gráfica 14, Conductividad eléctrica encontrada en suelos, límites mínimos y máximos permisibles.

Además la CE se encuentra en niveles de muy baja a media, esto puede ser porque haya pocos iones en la solución del suelo; excepto el punto 13, el cual se encuentra en un rango medio, pero con respecto a todos los otros puntos de muestreo, se podría inferir que es un suelo pobre en iones disueltos, esto no corresponde con los resultados obtenidos para K ya que este se podría suponer que influiría directamente con este resultado, sin embargo este elemento no debe estar en su forma iónica, debido al pH; Por otro lado la cantidad de Na podrían influir esta condición encontrada en el suelo del bosque.

Los resultados obtenidos podrían afectar de cierto modo a las plantas establecidas ya que podrían sufrir un estrés nutricional ya que no hay los suficientes elementos y/o están en una forma no disponibles para su absorción, ya que la mayoría son iones.

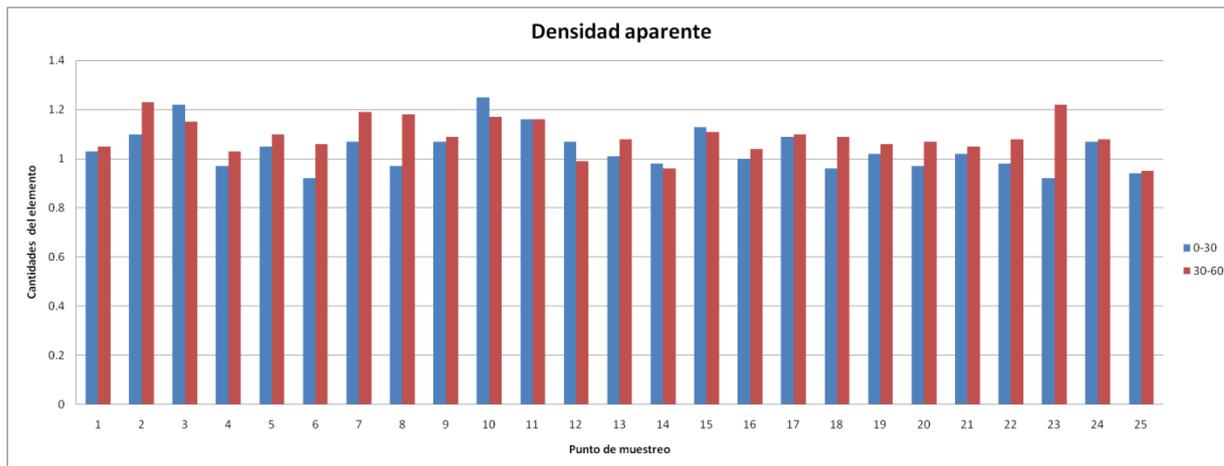
5.3 Características Físicas de fertilidad

5.3.1 Densidad Aparente

La densidad aparente (DAP) es una característica del suelo la cual nos indica el grado de compactación del suelo

En la gráfica 15 se pueden observar los valores obtenidos para la DAP, estos valores nos indican que el 72% de los puntos están compactados, esto se debe al uso de suelo que tiene, ya que el tránsito de los usuarios provoca una mayor compactación a la normal, esto puede afectar directamente al crecimiento radicular de las plantas que se establecieron, ya

que la raíz no puede penetrar en suelos compactados, o necesita gastar energía extra para poder revertir los efectos de la compactación.



Grafica 15, Densidad aparente encontrada en el suelo.

5.4 Parajes

5.4.1 Paraje A

El paraje A esta compuesto por los puntos de muestreo 10, 11 y por el perfil 1 y se muestrearon 3 especies dominantes, Casuarina equisetifolia, Cupresus sempervirens y Fraxinus uhdei.

Las propiedades físicas encontradas en este paraje se representan en la tabla 10.

Tabla 10. Características físicas del paraje A.

N muestra	presión (ATM)										Dap ARENA LIMO ARCILLA TEXTURA			
	0.3	0.5	1	3	5	7	10	13	15	tm ⁻³	%	%	%	
Muestra10, 0-30	30.99	28.14	25.44	22.18	20.88	20.08	19.27	18.69	18.39	1.25	58	26	16	FRANCO ARENOSO
Muestra10, 30-60	45.37	42.58	38.68	32.76	30.24	28.67	27.08	25.97	25.38	1.17	34	42	24	FRANCO
Muestra11, 0-30	39.82	36.44	32.35	26.81	24.57	23.2	21.84	20.88	20.38	1.16	46	38	16	FRANCO
Muestra11, 30-60	43.56	40.26	35.88	29.57	26.97	25.37	23.78	22.66	22.08	1.16	46	34	20	FRANCO
Perfil1-A	46.81	43.66	39.17	32.33	29.44	27.66	25.87	24.63	23.97	1.05	42.8	40.6	16.7	FRANCO
Perfil1-B	49.79	44.95	38.04	27.9	23.89	21.53	19.25	17.73	16.94	0.97	40.8	48.6	10.7	FRANCO
Perfil1-C	43.39	39.95	35.42	28.96	26.31	24.69	23.08	21.96	21.37	1.05	26.8	44.6	28.7	FRANCO ARCILLOSO
Perfil1-D	57.62	54.62	49.57	40.5	36.36	33.77	31.17	29.36	28.41	1.01	20.8	50.6	28.7	FRANCO ARCILLOSO
Perfil1-E	37.86	34.2	30.03	24.63	22.5	21.2	19.9	19	18.53	1.05	46.8	34.6	18.7	FRANCO

Tabla 11. Descripción del perfil1

Estrato	Profundidad	Observaciones
A	0-24	Se pudo observar una gran cantidad de raíces y otros elementos de vegetales, la coloración es oscura, con una estructura poliédrica subangular.
B	24-46	Tiene una menor cantidad de raíces, tiene una coloración marrón clara, con una estructura poliédrica subangular, aquí se pueden notar pequeños manchones formados por arenas de coloración gris.
C	46-72	No muestra raíces, de un color marrón, con estructura poco visible, se nota una alta cohesión.
D	72-104	De un color marrón intenso, sin una estructura visible, presenta una humedad alta.
E	>104	De color pardo, sin estructura aparente, materiales con una alta cohesión, presenta una gran cantidad de humedad.

Se puede observar que hay clases texturales medias, esto es porque está equilibrada de partículas inorgánicas, esto aunado a la cantidad de materia orgánica (tabla 12), permite una estructura subangular, como se muestra en la tabla 11, permitiendo el crecimiento vegetal óptimo (en cuanto a estas características), además la compactación es ligera, esta condición se presenta en todo el paraje, concluyendo que es un suelo adecuado en cuanto a sus propiedades físicas.

Tabla 12. Características químicas del paraje A.

N muestra	pH	CE dSm ⁻¹	MO %
Muestra10, 0-30	8.38	0.5	13.45
Muestra10, 30-60	9.13	0.8	2.02
Muestra11, 0-30	8.04	2.28	15.46
Muestra11, 30-60	8.76	3.12	15.46
Perfil1-A	7.93	0.48	26.89
Perfil1-B	8.97	0.66	6.72
Perfil1-C	9.33	3.36	2.02
Perfil1-D	9.55	6.54	4.03
Perfil1-E	10.22	4.6	2.69

Los resultados de los elementos de fertilidad se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Elementos de fertilidad en el paraje A.

N muestra	N mgKg ⁻¹	P mg Kg ⁻¹	K mg Kg ⁻¹	Ca mg Kg ⁻¹	Mg mg Kg ⁻¹	Fe mg Kg ⁻¹	Cu mg Kg ⁻¹	Zn mg Kg ⁻¹	Mn mg Kg ⁻¹	B mg Kg ⁻¹	Na mg Kg ⁻¹
Muestra10, 0-30	30.3	17.57	1970	8088	944	5.07	2.51	7.32	3.22	4.34	670
Muestra10, 30-60	11.1	35.4	2060	6769	887	8.17	1.63	2.75	5.28	10.27	1160
Muestra11, 0-30	36.4	54.15	1970	6695	990	10.71	1.61	10.01	5.85	7.27	930
Muestra11, 30-60	30.4	53.53	2220	4909	980	6.89	1.07	2.65	8.21	9.97	1210
Perfil1-A	80.7	39.08	3050	5513	1114	34.45	2.61	15.06	14.29	5.59	476
Perfil1-B	31.2	27.1	3330	4111	1247	6.64	1.07	1.38	12.1	7.69	930
Perfil1-C	16.4	22.18	6340	4170	1292	5.65	0.94	0.8	10.64	13.11	2160
Perfil1-D	19.4	19.72	4950	1845	567	5.8	0.97	1.25	12.06	12.12	3420
Perfil1-E	18.6	67.05	3730	3784	501	5.07	0.83	0.91	10.31	22.58	2250

Al hacer el análisis se encontró que el N en el estrato A del perfil 1 tiene valores mayores al límite superior (60 ppm), sin embargo todos los otros puntos se encontraron valores medios.

En todos los otros elementos se encontraron condiciones similares entre los puntos de muestreo y el perfil, sin embargo, se observó que los puntos de muestreo 10 y 11 presentan una mayor concentración de Na, además los datos nos sugieren que en la parte superficial del paraje hay una mayor concentración de este, y por génesis del suelo no es posible explicar las concentraciones de este elemento en el suelo por lo que según Martínez en 1999 indica que se puede deber a el uso de agua de riego con aguas tratadas lo cual nos indica que la depositación de este elemento es por el riego.

Los elementos que están provocando condiciones adversas para los organismos vegetales son K y B, ya que se encuentran en cantidades por encima de los límites permisibles, provocando una elevación del pH y una posible toxicidad, lo cual afectara a todas las plantas establecidas.

El pH encontrado es excesivamente alcalino, según los estándares de castellanos en el 2000, por lo cual la condición es la misma que se describió en el parte 5.2.1, lo cual también provoca que los elementos no estén disponibles óptimamente para las plantas, lo cual provocara un estrés y deficiencias nutricionales.

Las especies arbóreas encontradas son *Fraxinus uhdei*, *Cupressus sempervirens*, *Casuarina equisetifolia*, a partir del reporte fitosanitario se determinó que *F uhdei* es la especie que soporta mejor las condiciones del medio, aunque presenta daño mecánico y la presencia de secreciones por un barrenador, pero el follaje se encuentra en buen estado y no presenta ninguna otra plaga o enfermedad; las otras dos especies muestran un estado de follaje regular y malo, además de estrés hídrico, *C sempervirens* presenta enfermedad por *Basidiomyceto*, además de daño mecánico por poda; sin embargo, *C. equisetifolia* se presenta como una especie susceptible al B, ya que ha acumulado una gran cantidad de este elemento lo cual ha provocado un estrés nutricional, teniendo un follaje en mal estado.

5.4.2 Paraje B

En este paraje se ubicó dos sitios de muestreo de fertilidad 5, 6 y el perfil 8, las especies dominantes son, *Eucalyptus camadulensis*, y *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus sempervirens* y *Cupressus lusitanica* *Fraxinus udhei*.

El perfil 8 presento 4 estratos bien diferenciados donde se observa humedad a los 90 cm de profundidad, la descripción de este perfil se hace en la tabla 14

Tabla 14. Descripción del perfil 8.

Estrato Profundidad Observaciones

A	0-7	se puede apreciar raíces distantes, tiene una coloración marrón con una estructura poliédrica subangular.
B	7-70	se encuentra una pequeña cantidad de raíces, con un color marrón claro y estructura poliédrica subangular.
C	70-103	se aprecian unas pocas y pequeñas raíces, con una coloración marrón, con manchones de arena, con estructura poliédrica angular y presenta humedad.
D	>103	color pardo oscuro con una estructura poliédrica angular, con alta cohesión y gran cantidad de humedad.

Al revisar los resultados de las propiedades físicas de los sitios de muestreo y del perfil 8 se observan clases texturales medias, que se corresponden con los valores de densidad aparente y a las características de la curva de retención de humedad obtenidas (tabla 15), con estructuras bien desarrolladas clasificadas como subangulares, el suelo tiene excelentes propiedades físicas para el optimo crecimiento vegetal.

Tabla 15. Propiedades físicas del paraje B.

N muestrapresión (ATM)											Dap			TEXTURA
	0.3	0.5	1	3	5	7	10	13	15	tm ⁻³	%	%	%	
Muestra5, 0-30	42.48	38.78	34.05	27.48	24.83	23.22	21.62	20.52	19.94	1.05	52.8	32.6	14.7	FRANCO ARENOSO
Muestra5, 30-60	41.35	37.38	32.47	25.87	23.25	21.67	20.11	19.03	18.47	1.1	38.2	38.6	23.2	FRANCO
Muestra6, 0-30	49.09	46.16	41.79	34.81	31.79	29.91	28.02	26.7	26	0.92	34.2	40.6	25.2	FRANCO
Muestra6, 30-60	41.6	38.39	34.3	28.58	26.23	24.78	23.33	22.32	21.79	1.06	38.2	36.6	25.2	FRANCO
Perfil8-A	46.78	44.2	40.48	34.65	32.11	30.53	28.92	27.78	27.18	0.86	54.6	40.2	5.2	FRANCO ARENOSO
Perfil8-B	48.97	44.81	38.83	29.87	26.22	24.02	21.88	20.41	19.65	0.97	36.6	42.2	21.2	FRANCO
Perfil8-C	15.91	13.19	11.95	10.68	10.2	9.9	9.59	9.38	9.26	1.2	80.6	11.4	8	ARENA FRANCOSO
Perfil8-D	53.7	49.81	43.73	33.85	29.66	27.11	24.61	22.91	22.02	1.2	54.6	30.2	15.2	FRANCO ARENOSO

En cuanto a la fertilidad del paraje se observa en la tabla 16 que el pH del suelo es extremadamente elevado, derivado de altas concentraciones de K, principalmente. En tanto que la conductividad eléctrica no es suficiente para considerar que sea salino o sódico, lo que implica que las medidas de remediación son diferentes de un suelo con estas características debido a que no presenta una estructura columnar que impediría el lavado de los suelos.

Tabla 16. Propiedades químicas del paraje B.

N muestra	pH	CE dSm ⁻¹	MO %
Muestra5, 0-30	9.77	0.98	6.72
Muestra5, 30-60	8.96	2.52	7.4
Muestra6, 0-30	8.1	1.08	41.01
Muestra6, 30-60	9.17	1.62	12.1
Perfil8-A	7.63	1.68	36.31
Perfil8-B	9.36	3.28	6.05
Perfil8-C	8.85	1.46	2.02
Perfil8-D	9.82	3.44	7.4

Por otro lado la materia orgánica es alta, derivado de la adición de materiales orgánicos en la parte superficial y no ser incorporados a la parte subsuperficial, por lo cual se van acumulando en el suelo. Sin embargo la tasa de mineralización es baja debido a las condiciones de pH.

De los elementos analizados (tabla 17) el caso de zinc y boro se tienen concentraciones que pueden definirse como de alta toxicidad, sin embargo no se observa algún efecto en la vegetación debido al pH, ya que este, determina la disponibilidad de los elementos, al regular la forma en que los estos se presentan en el suelo; aun y cuando las concentraciones de los elementos sean altos, pueden presentarse deficiencias de algún elemento o como en el caso del boro, no se presente una toxicidad para este microelemento. Esta condición del suelo también afecta las relaciones microbianas en la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

A una profundidad de alrededor de 70 cm se observa una acumulación de sales, las cuales disminuyen al siguiente estrato lo que indica que es un horizonte de acumulación de sales de la parte superior por lavado o riegos en el área, lo que permite visualizar el riesgo de degradación, que se presenta en el suelo a ser manejado, sin el establecimiento de un sistema de drenaje y/o manejo de la cantidad del agua de riego.

Tabla 17. Elementos de fertilidad en el paraje B.

N muestra	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
	mgKg ⁻¹	mg Kg ⁻¹									
Muestra5, 0-30	25.2	32.01	2670	4619	1071	19.74	2.3	11.13	4.62	7.17	1080
Muestra5, 30-60	22.2	59.8	3410	4672	1494	5.31	1.69	4.44	4.24	9.96	1850
Muestra6, 0-30	93.4	37.1	2650	2624	1131	32.91	3.61	17.78	8.76	10.04	1130
Muestra6, 30-60	46.3	73	2720	5405	1302	13.19	1.37	3.01	7.46	11.12	1420
Perfil8-A	79.6	28.63	3050	5506	1030	27.22	2.02	16.45	11.49	8.31	880
Perfil8-B	28.6	30.17	3560	3601	1039	12.9	0.88	1.8	7.45	17.33	1840
Perfil8-C	9.1	8.65	910	1556	576	10.47	0.34	1.4	11.18	6.87	840
Perfil8-D	22.1	9.88	3700	2081	801	7.4	0.4	2.59	13.59	13.61	2440

Tabla 18. Contenidos nutrimentales de las especies arbóreas representativas del paraje B.

Especie	Subzona	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
		%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
<i>Casuarina equisetifolia</i>	B1	1.93	0.15	0.99	1.68	0.37	370.85	6.45	40.83	130.88	96.47
<i>Cupressus lusitanica</i>	B1	0.81	0.14	1.22	0.8	0.29	577.88	10.45	45.28	18.75	80.5
<i>Cupressus sempervirens</i>	B1	0.91	0.2	1.02	0.8	0.27	780.85	12.45	45.45	39.75	71.78
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	B1	1.42	0.19	0.81	0.88	0.25	297.4	7	53.05	61.55	346.27
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	B2	1.32	0.09	0.95	0.69	0.3	320.08	5.65	52.15	90.25	20.37
<i>Fraxinus uhdei</i>	B3	1.93	0.17	1.15	1.18	0.65	332.88	2.53	37.98	66.88	39.83
<i>Grevillea robusta</i>	B3	1.73	0.12	1.16	1.02	0.43	454.6	10.2	37.53	94.53	18.05

En la tabla 18 se presentan los resultados del análisis nutrimental del follaje de las especies más frecuentes en los sitios de muestreo.

En este paraje encontramos 6 especies vegetales arbóreas con diferentes edades y niveles de exploración radículas, por lo que es difícil hacer una aseveración de las condiciones del sitio respecto a las concentraciones de nutrientes en el follaje, aunque no se observan diferencias en las concentraciones de los elementos; *E. camaldulensis* muestra un estado regular del follaje y la presencia de *G. brimblecombei* como plaga, esto se puede deber a las altas concentraciones de B (346.27 ppm), en el caso de *F. uhndei* la fecha de muestreo que es en secas puede estar influyendo en los resultados más que otro factor. Por lo que es necesario que se realicen muestreos en diferentes fechas del año a fin de puntualizar el

desarrollo en la absorción de nutrientes si se quisiera estudiar el caso particular de esta especie que no es dominante en el parque.

En concreto, la concentración elevada de K P B en el perfil 8 y muestras 5 y 6 de suelos indica una contaminación por detergentes probablemente a través del agua de riego, lo que está induciendo a una degradación del recurso suelo en el corto y mediano plazo.

5.4.3 Paraje C

En este paraje se ubico los sitios de muestreo 7 y 12, y él perfil 4, se muestrearon 2 especies representativas, *Casuarina equisetifolia*, y *Eucalytus camadulensis*.

El perfil 4 presento 3 estratos con una compactación ligera en el estrato superficial, esto se debe principalmente por el tránsito de personas; la humedad se aprecia desde los 60 cm de profundidad, encontrándose saturación después de los 80 cm, también se observaron raíces en toda la profundidad, lo cual nos indica que existe vegetación con un sistema radicular superficial y profundo, en la tabla 19 se describe brevemente el perfil.

Tabla 19. Descripción del perfil 4.

Estrato	Profundidad	Observaciones
A	0-65	Se puede apreciar raíces distantes, tiene una coloración marrón con una estructura poliédrica subangular, presenta muy poca humedad.
B	66- 120	presenta una pequeña cantidad de raíces, con un color pardo, con una mayor cantidad de humedad, presenta una estructura poliédrica angular.
C	120- 150	presenta unas pocas raíces, con una coloración pardo oscuro, con una alta cohesión y mucha humedad, no se puede distinguir la estructura.

Del análisis de los resultados de las propiedades físicas del paraje se observan clases texturales medias que se corresponden con los valores de densidad aparente y a las características de la curva de retención de humedad, con estructuras bien desarrolladas subangulares. El suelo tiene excelentes propiedades físicas para el óptimo crecimiento vegetal.

Sin embargo en esta zona se presentan áreas de compactación media a ligera por el tránsito de personas, por lo que son suelos con baja aireación y no es tan eficiente la

absorción del agua en comparación con áreas con menos compactación. En la tabla 20 se encuentran los valores de las propiedades físicas de los puntos de muestreo 7, 12 y del perfil 4.

Los análisis de químicos de fertilidad de las muestras del paraje (tabla 21) muestran nuevamente un alta fertilidad, en cuanto los macro nutrientes y con contenidos elevados de materia orgánica.

También el pH es extremadamente elevado para las condiciones de suelo, derivado de altas concentraciones de K principalmente, y en forma de KOH.

Tabla 20. Propiedades físicas del paraje C.

N muestra	presión (ATM)										Dap ARENA LIMO ARCILLA TEXTURA			
	0.3	0.5	1	3	5	7	10	13	15	tm ⁻³	%	%	%	
Muestra7, 0-30	43.34	40.95	37.72	32.87	30.79	29.48	28.15	27.21	26.71	1.07	48	38	14	FRANCO
Muestra7, 30-60	41.56	38.79	35.22	30.12	27.99	26.66	25.32	24.38	23.88	1.19	42	38	20	FRANCO
Muestra12, 0-30	37.32	33.68	29.59	24.33	22.25	20.99	19.73	18.85	18.39	1.07	50.2	30.6	19.2	FRANCO
Muestra12, 30-60	46.94	43.67	39.01	31.95	28.97	27.15	25.32	24.05	23.38	0.99	28.2	38.6	33.2	FRANCO ARCILLOSO
Perfil4-A	48.38	45.49	41.22	34.47	31.55	29.74	27.91	26.63	25.96	1.03	19.6	50.6	29.8	FRANCO ARCILLO LIMOSO
Perfil4-B	42.94	40.27	36.71	31.47	29.26	27.88	26.48	25.5	24.98	1.14	17.6	40.6	41.8	ARCILLO LIMOSO
Perfil4-C	46.34	43.56	39.6	33.5	30.88	29.25	27.6	26.44	25.83	1.12	11.6	42.6	45.8	ARCILLO LIMOSO

Tabla 21. Propiedades químicas del paraje C.

N muestra	pH	CE	MO
		dSm ⁻¹	%
Muestra7, 0-30	8.63	2.36	28.91
Muestra7, 30-60	9.45	3.02	8.74
Muestra12, 0-30	9.25	1.86	20.84
Muestra12, 30-60	9.84	3.46	7.4
Perfil4-A	8.06	0.56	30.26
Perfil4-B	8.82	0.7	8.74
Perfil4-C	9.74	3.36	4.71

En tanto que la conductividad eléctrica no es suficiente para ser considerado salino. La materia orgánica es muy alta lo que influye en la depositación de elementos nutritivos, teniéndose que todos los elementos analizados se encuentran en concentraciones por arriba de la media (Tabla 22); En el caso de los zinc y boro se tienen concentraciones de alta toxicidad, sin embargo no se presentan signos aparentes de esta condición en los organismos vegetales establecidos, por las características presentes de pH.

El pH al ser una propiedad que determina la disponibilidad de los elementos, regula su forma asimilable en el suelo, establece que aun y cuando las concentraciones de los elementos sean altas, se pueden presentar deficiencias de algún elemento; Además de afectar las relaciones microbianas en los procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica

Tabla 22. Elementos nutritivos en el suelo del paraje C.

N muestra	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
	mgKg ⁻¹	mg Kg ⁻¹									
Muestra7, 0-30	46.7	49.53	3000	6697	988	30.76	5.47	12.41	6.96	13.37	1660
Muestra7, 30-60	26.2	20.64	3060	3198	585	11.13	1.56	3.5	8.83	16.82	1650
Muestra12, 0-30	72.6	55.9	3090	4019	1260	14.67	2.3	14.14	3.6	1.19	1650
Muestra12, 30-60	30.2	32.9	4070	5810	1191	12.01	2.24	2.54	6.96	10.96	3320
Perfil4-A	56.4	25.87	3120	6182	1471	31.63	2.49	9.54	18.93	9.64	990
Perfil4-B	26.2	28.33	2900	6693	1496	9.73	0.9	1.7	10.83	8.86	1400
Perfil4-C	20.1	15.72	4160	4831	1082	6.41	0.4	1.3	9.6	15.81	4020

En la tabla 23 se muestra el reporte de los análisis de follaje de los arboles del paraje C, estos son arboles maduros de dos especies, donde se tiene una concentración elevada de boro al estar expuesto a este elemento por más tiempo, se tiene dos registros relativamente más bajos debidos a que son arboles más jóvenes y no han almacenado tanto este elemento, pero se podría decir que estas especies pueden ser sensibles al B, además el punto de muestreo 7 presenta una alta concentración de este elemento lo cual nos puede indicar que gran parte de la superficie del paraje tiene una condición similar a la que tiene el punto de muestreo.

La concentración elevada de K P B en el perfil y muestras de suelos indica una contaminación por detergentes probablemente a través del agua de riego y su manejo, lo que está induciendo una degradación del suelo en el corto y mediano plazo. En el caso del arbolado se tienen concentraciones altas de micronutrientes sin que se observe aun

toxicidad por B en los mismos, sin embargo ya empiezan a presentar un estado del follaje regular y malo en algunas especies, por lo que los efectos de este elemento se pueden presentar en un corto tiempo.

Tabla 23. Contenidos nutrimentales de las especies arbóreas representativas del paraje C.

Especie dominante	Subzona	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	B	Fe
		%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
<i>Casuarina equisetifolia</i>	C2	1.83	0.13	1.03	1.08	0.25	5.53	39.4	66.93	124.07	516.2
<i>Casuarina equisetifolia</i>	C2	1.83	0.09	0.84	1.73	0.32	2.58	30.55	199.03	185.06	439.83
<i>Casuarina equisetifolia</i>	C2	1.73	0.08	0.71	0.81	0.27	5.22	21.7	83.28	185.06	415.83
<i>Casuarina equisetifolia</i>	C2	1.62	0.07	0.96	1.07	0.29	4.95	17.83	62.88	282.37	367.25
<i>Casuarina equisetifolia</i>	C2	1.93	0.11	0.87	1.66	0.26	2.5	41.75	99.78	202.49	348.9
<i>Casuarina equisetifolia</i>	C2	1.52	0.12	0.78	1.28	0.31	3.75	40.4	74.3	357.88	378.4
<i>Casuarina equisetifolia</i>	C2	0.51	0.1	0.8	1.45	0.22	9.5	27.8	74.1	63.07	315.1
<i>Casuarina equisetifolia</i>	C2	1.32	0.18	1.05	1.23	0.33	4.8	26.95	72.58	37.66	328.33
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	C1	1.62	0.16	1.02	0.83	0.22	4.8	39.45	112.3	69.61	290.08
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	C2	1.42	0.07	1.03	0.81	0.27	3.38	39.75	88.48	286.72	367.3
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	C2	1.42	0.12	0.79	1.49	0.22	3.75	34.13	135.1	276.56	353.68
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	C2	1.42	0.12	0.67	0.8	0.21	2.15	46.1	78.93	636.72	326.4
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	C2	1.32	0.13	0.69	0.78	0.26	4.15	47.95	84.1	510.37	294.43
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	C2	1.22	0.07	0.81	0.59	0.21	24.55	28.83	67.03	38.09	319.2
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	C2	1.52	0.1	0.8	0.95	0.23	21.28	50.2	65.4	415.98	240.55
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	C2	1.42	0.21	0.8	1.01	0.28	23.73	46.03	77.83	352.07	313.53
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	C2	1.52	0.12	1.08	0.91	0.22	28.68	36.38	63.9	609.13	310.43

5.4.4 Paraje D

En este paraje se ubicaron el punto de muestreo 1 y el perfil 2 descrito en la tabla 24, las especies representativas son *Acacia retinodes*, *Acacia saligna*, *Cupressus lusitánica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Schinus terebinthifolius*

Tabla 24. Descripción del perfil 2.

Estrato	Profundidad	Observaciones
A	0-13	Presenta una gran cantidad de raíces y materiales vegetales, con una coloración marrón y gris, con una estructura poliédrica subangular.
B	13-20	Tiene una cantidad pequeña de raíces, con una coloración marrón y la estructura es poliédrica suabgular.
C	20-37	Con unas cuantas raíces, y una color marrón con una estructura poco apreciable.
D	37-54	Coloración marrón oscura, sin estructura apreciable, con cohesión y presenta manchones de humedad.
E	54-73	Se observan unas cuantas raíces, con un color marrón fuerte, no presenta una estructura apreciable, con alta cohesión y presenta humedad.
G	73-104	Color pardo sin estructura apreciable alta cohesión y humedad alta.
H	104-113	Franja de arena color gris sin humedad.
I	>113	Color pardo oscuro con una estructura poco apreciable con alta cohesión y gran cantidad de humedad.

Tabla 25. Propiedades físicas del suelo del paraje D.

N muestrapresión (ATM)	Dap										ARENA LIMO ARCILLA			TEXTURA
	0.3	0.5	1	3	5	7	10	13	15	tm ⁻³	%	%	%	
Muestra1, 0-30	55.35	52.76	48.48	40.87	37.37	35.17	32.93	31.35	30.52	1.03	46	38	16	FRANCO
Muestra1, 30-60	54.11	51.54	47.36	40.06	36.73	34.63	32.5	30.99	30.2	1.05	38	42	20	FRANCO
Perfil2-A	57.21	54.66	50.33	42.43	38.75	36.41	34.04	32.37	31.49	0.91	36	54	10	FRANCO LIMOSO
Perfil2-B	50.13	47.78	44.15	38.11	35.39	33.68	31.93	30.7	30.04	1.09	16	50	34	FRANCO ARCILLO LIMOSO
Perfil2-C	58.19	54.46	48.26	37.44	32.68	29.77	26.9	24.94	23.92	0.88	12	54	34	FRANCO ARCILLO LIMOSO
Perfil2-D	51.89	48.37	42.97	34.25	30.52	28.23	25.96	24.4	23.58	0.94	14	46	40	FRANCO ARCILLO LIMOSO
Perfil2-F	51.87	48.84	44.13	36.34	32.93	30.8	28.67	27.18	26.4	1.12	16	50	34	FRANCO ARCILLO LIMOSO
Perfil2-G	46.02	41.81	36.08	27.9	24.63	22.66	20.74	19.42	18.74	1.18	30	52	18	FANCO LIMOSO
Perfil2-H	21.96	17.95	15.51	13.01	12.08	11.52	10.96	10.57	10.36	1.25	68	24	8	FRANCO ARENOSO
Perfil2-I	47.1	44.07	39.72	33.02	30.17	28.4	26.62	25.38	24.73	1.18	36	32	32	FRANCO ARCILLOSO

Los resultados obtenidos para las propiedades físicas (tabla 25) nos indican que las texturas son medias y la estructura es adecuada para el establecimiento de diversas formas de vida vegetal, sin embargo se presenta alta compactación ya que es un lugar transitado por los usuarios.

Los resultados de los elementos de fertilidad se presentan en la tabla 27; Se pudo observar que el N en este paraje se encuentra de moderadamente bajo a muy alto, lo cual nos indica que podría haber una deficiencia de este elemento en el suelo; el P esta en un nivel moderadamente alto a alto lo que nos indica que hay un buen contenido de este; el K se encuentra en una concentración mayor al límite permisible, por lo cual se tiene un efecto de fitotoxicidad y modifica las características de pH.

El Ca se encuentra de medio a muy alto, siendo en los primeros 60 cm donde se encuentra una concentración mayor al límite permisible, por lo que se puede suponer, que esta condición se encuentra en todo el paraje, por lo que la depositación de este elemento está dada por el riego, además dicha condición afectara a todas las plantas con raíces superficiales ya que este elemento competirá con los otros provocando un estrés nutricional a los organismos vegetales establecidos; el Mg se encuentra de moderadamente alto a alto lo cual nos indica que hay un buen contenido de este elemento.

Tabla 26. Propiedades químicas del suelo del paraje D.

N muestra	pH	CE	MO
		dSm ⁻¹	%
Muestra1, 0-30	8.67	0.86	22.86
Muestra1, 30-60	8.81	1.5	23.53
Perfil2-A	7.51	0.58	43.03
Perfil2-B	9.59	1	2.02
Perfil2-C	10.4	3.06	7.4
Perfil2-D	10.6	4.5	2.02
Perfil2-F	10.64	5.82	2.02
Perfil2-G	10.59	5.88	2.02
Perfil2-H	10.33	4.18	3.36
Perfil2-I	10.36	7.14	2.02

Además el pH encontrado (tabla 26) se considera extremadamente alcalino lo cual limita la disponibilidad de todos los elementos nutritivos, y no permite el desarrollo de los

microorganismos encargados de la descomposición y mineralización de la materia orgánica, por lo que podría haber en el suelo futuras deficiencias de estos elementos.

Tabla 27. Elementos de fertilidad del suelo del paraje D.

N muestra	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
	mg Kg ⁻¹										
Muestra1, 0-30	68.6	41.54	3000	7190	1076	15.63	7.75	13.35	2.89	11.23	1100
Muestra1, 30-60	35.6	43.08	3400	7312	1189	20.61	6.14	12.71	2.87	12.4	1550
Perfil2-A	40.6	40.01	2730	6864	1147	37.57	2.2	18.2	20.24	14.32	900
Perfil2-B	18.6	42.46	4150	6489	1142	7.83	1.02	2.05	6.87	21.47	2370
Perfil2-C	28.4	35.4	3650	2265	644	12.17	0.96	2.08	15.45	30.2	2400
Perfil2-D	16.4	32.32	4410	2551	568	11.94	0.88	1.65	17.76	31.36	3620
Perfil2-F	16.1	32.01	3620	3031	494	6.58	0.51	1.44	12.07	28.3	4000
Perfil2-G	18.6	35.09	3280	3425	455	7.57	0.26	1.23	12.84	26.68	3680
Perfil2-H	18.4	31.4	2550	5135	449	14.16	0.08	0.89	10.71	18.34	2330
Perfil2-I	17.6	47.69	3440	5039	648	7.19	0.3	1.04	8.46	24.93	4340

Se encontraron cinco especies arbóreas representativas, de las cuales *C. lusitánica* y *E. camaldulensis* están en un estado regular, ya que esta última especie presenta una plaga de *Glycaspis brimblecombei* en las hojas y muerte descendente, mientras que *C. lusitánica* presenta resinación lo cual nos puede indicar presencia de barrenadores, esto puede ser por un posible daño a partir de la exposición a las altas cantidades de K, B, P en el suelo, los cuales provocan un estrés nutricional en las especies; aunque *S. terebinthifolius*, *A. saligna* y *A. retinodes* presentan altas cantidades de B (tabla 28) no se tiene el reporte fitosanitario para argumentar si todos los organismos establecidos están siendo afectados.

Tabla 28, Contenido nutricional de las especies arbóreas representativas del paraje D.

Especie dominante	Subzona	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
		%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm
<i>Acacia retinodes</i>	D2	1.2	0.1	0.7	0.6	0.2	315.9	21.2	17	63.38	183.6
		2	1	1	4	5	5	5	5	3	1
<i>Acacia saligna</i>	D1	1.1	0.1	0.9	0.9	0.2	248.0	22.3	32.7	108.3	761.6
		2	1	8	6	1	8	3	3	3	2
<i>Cupressus lusitanica</i>	D2	0.9	0.0	0.9	0.7	0.2	809.3	23.8	21.3	40.18	63.07
		1	6	4	7	8	8	8	5	5	5
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	D2	0.9	0.0	0.7	0.6	0.2	270.4	17.6	16.4	77.43	427.5
		1	5	8	5	5	5	3	3	3	9
<i>Schinus terebinthifolius</i>	D1	1.4	0.1	1.0	0.6	0.2	309.2	24.9	33.5	72.33	582.9
		2	6	7	3	2	3	5	5	5	9

5.4.5 Paraje E

En este paraje se ubicaron los puntos de muestreo 2, 3, 4, y el perfil 3 (descrito en la tabla 29); se divide por tres subzonas, E norte, E sur y pista, las especies predominantes son *Acacia retinodes*, *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus sempervirens*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Grevillea robusta* y *Schinus molle*.

Los datos de las propiedades físicas (Tabla 30) nos indican que la textura es media pero la estructura no permite un crecimiento óptimo para las plantas esto dado por la compactación mayor, esto se correlaciona con la poca presencia de raíces a lo largo de todos los estratos, esta característica está dada por efecto del tránsito de los usuarios; por lo cual se determinó que esta condición representa un efecto negativo para el establecimiento de vegetación.

Tabla 29. Descripción del perfil 3.

Estrato	Profundidad	Observaciones
A	0-50	Presenta muchas raíces y una gran cantidad de materia orgánica, con una coloración marrón y una estructura poliédrica subangular.
B	50-70	Presenta raíces, color marrón oscuro, con estructura poliédrica angular.
C	70-108	Presenta algunas raíces, algunas con unos cuantos milímetros de diámetro, la coloración es marrón, con humedad, sin estructura aparente.
D	108-120	Franja de arena color gris sin estructura y sin humedad.
E	> 120	Estrato E, presenta unas pocas raíces, con un color pardo oscuro, con mucha humedad y una alta cohesión, no es apreciable la estructura

Las propiedades Químicas del suelo del paraje se muestran en la tabla 31, se puede observar que el pH es por encima de 7.8 lo cual nos indica que es muy alcalino, esto repercutirá en la disponibilidad de los elementos nutritivos para las plantas, además, se inhibirá el desarrollo de los microorganismos encargados de la descomposición y transformación de la materia orgánica, por lo que, la depositación de los elementos de fertilidad será nula, propiciando un estrés nutricional en las plantas establecidas.

Por otra parte esta condición de pH se debe a la alta concentración de K por, que es depositado por el agua de riego, ya que esta contiene trazas importantes de este, debido a los residuos de los productos de limpieza doméstica vertidos en el drenaje.

Tabla 30. Propiedades físicas del paraje E.

N muestra	presión (ATM)										Dap ARENALIMO ARCILLATEXTURA			
	0.3	0.5	1	3	5	7	10	13	15	tm ⁻³	%	%	%	
Muestra2, 0-30	41.65	38.85	35.23	30.05	27.89	26.55	25.2	24.24	23.74	1.1	38	48	14	FRANCO
Muestra2, 30-60	31.81	28.19	24.76	20.71	19.14	18.18	17.23	16.56	16.21	1.23	52	38	10	FRANCO
Muestra3, 0-30	33.38	29.99	25.58	22.41	20.77	19.77	18.77	18.06	17.69	1.22	64	28	8	FRANCO ARENOSO
Muestra3, 30-60	41.49	38.07	33.76	27.79	25.36	23.88	22.39	21.36	20.82	1.15	52	36	12	FRANCO
Muestra4, 0-30	47.08	42.77	36.82	28.21	24.77	22.7	20.69	19.31	18.6	0.97	36.8	44.6	18.7	FRANCO
Muestra4, 30-60	49.43	45.44	39.62	30.78	27.14	24.94	22.78	21.3	20.53	1.03	30.8	44.6	24.7	FRANCO
Muestra8,0-30	48.68	44.83	39.28	30.87	27.39	25.29	23.21	21.78	21.04	0.97	28.2	54.6	17.2	FRANCO LIMOSO
Muestra8, 30-60	29.65	27.14	24.86	22.1	21	20.31	19.62	19.12	18.86	1.18	44.2	30.6	25.2	FRANCO
Perfil3-A	53.88	50.34	44.74	35.45	31.44	28.97	26.53	24.85	23.97	0.9	27.6	60.6	11.8	FRANCO LIMOSO
Perfil3-B	58.57	54.43	47.6	35.85	30.78	27.72	24.74	22.73	21.69	0.89	13.6	66.6	19.8	FRANCO LIMOSO
Perfil3-C	31.83	27.26	23.09	18.35	16.59	15.53	14.49	13.77	13.4	1.16	29.6	38.6	31.8	FRANCO ARCILLOSO
Perfil3-D	52.26	49.54	45.25	38	34.76	32.73	30.67	29.23	28.47	1.1	15.6	42.6	41.8	ARCILLO LIMOSO
Perfil3-E	61.28	58.96	54.82	46.75	42.83	40.31	37.73	35.91	34.94	0.99	17.6	41.6	40.8	ARCILLO LIMOSO

Los datos obtenidos para el análisis de fertilidad se muestran en la tabla 32; Se pudo observar que el N va de bajo a muy alto, en los estratos inferiores del perfil 3 contienen cantidades bajas de este elemento, esto nos indica que la parte superficial (de 0 a 30 cm) tienen una mayor concentración de este elemento con respecto a la parte subsuperficial, debido a la mineralización de la materia orgánica y la cierta depositación de los abonos utilizados, así mismo, las plantas con raíces superficiales tendrán una buena cantidad de N para su nutrición, aunque las que tengan raíces más profundidad tendrán un estrés nutricional por la ausencia de este elemento.

El P va de bajo a muy alto, en el que el estrato A del perfil 3 se registro el valor más elevado de este elemento en todo el paraje el cual sobrepasa el límite permisible, pero al igual que en el elemento anterior la parte superficial tiene un contenido mayor que la parte subsuperficial, lo cual se le atribuye a el agua de riego ya que pueden contener trazas de detergente con altos contenidos de P, sin embargo se puede decir que esto permite que este en contenidos óptimos para la nutrición vegetal de los organismos establecidos, sin

embargo como ya se ha mencionado a lo largo de esta sección el pH modifica la disponibilidad de este.

Tabla 31. Propiedades químicas del perfil E.

N muestra	pH	CE dSm ⁻¹	MO %
Muestra2, 0-30	8.46	0.76	8.74
Muestra2, 30-60	9.16	1.46	9.41
Muestra3, 0-30	7.99	0.92	15.46
Muestra3, 30-60	8.63	1.56	15.46
Muestra4, 0-30	10.18	4.16	21.52
Muestra4, 30-60	8.63	3.88	8.74
Muestra8,0-30	9.27	1.2	14.79
Muestra8, 30-60	9.86	1.82	8.07
Perfil3-A	7.82	0.84	12.77
Perfil3-B	8.93	0.58	7.4
Perfil3-C	9.34	0.86	2.02
Perfil3-D	9.64	1.52	3.36
Perfil3-E	9.94	2.38	6.05

El K y el B se encuentran en niveles por arriba del límite permisible lo cual provoca una condición de fitotoxicidad y una alteración de otras características como pH y la disponibilidad de otros elementos por competencia, esto conlleva a las plantas a un estrés nutricional.

Los resultados de Ca van de medio a muy alto; En los puntos de muestreo 3 y 4 se registraron los mayores contenidos de este elemento para todo el paraje, sin embargo se encontraron concentraciones muy altas en los estratos D y E del perfil, esto se puede deber a la textura (Arcillo limoso) que hay a esta profundidad (108 a más de 120 cm), extendiéndose por todo el paraje, ya que en los anteriores no se ha encontrado esta característica, esto también tiene un efecto negativo para las plantas con raíces que lleguen a esta profundidad, por lo que presentarían estrés nutricional por la competencia de este elemento con otros, además de tener un efecto fitotóxico.

Tabla 32. Elementos de fertilidad del paraje E.

N muestra	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
	mgKg ⁻¹	mg Kg ⁻¹									
Muestra2, 0-30	26.2	37.55	2540	4572	1056	11.96	1	3.96	5.69	8.29	1000
Muestra2, 30-60	36.2	34.47	2000	2054	664	9.92	0.73	1.72	8.49	12.87	1170
Muestra3, 0-30	39.3	35.09	1590	8036	949	14.2	5.15	15.04	6.16	7.78	454
Muestra3, 30-60	46.4	39.39	1930	6472	921	14.29	13.14	15.05	4.78	12.17	1030
Muestra4, 0-30	64.8	85.81	3890	7419	1199	26.45	12.35	0.76	3.8	17.76	2000
Muestra4, 30-60	32.2	59.68	3270	4233	615	15.97	6.9	8.8	4.95	32.7	2460
Muestra8,0-30	44	43.1	4310	2625	600	16.53	1.9	6.33	10.9	10.87	1810
Muestra8, 30-60	34.2	39.8	3750	4667	1020	10.07	1.46	4.13	11.88	9.65	1720
Perfil3-A	33.5	89.49	3160	5105	1442	59.43	2.16	7.83	22.08	7.81	1110
Perfil3-B	22.2	28.02	2930	4534	1436	8.92	0.61	1.31	8.05	10.67	1490
Perfil3-C	14.6	16.95	2120	1843	582	4.81	0.23	1.44	13.87	10.4	1170
Perfil3-D	14.8	18.8	4600	6194	990	4.56	0.24	1.04	16.5	13.22	2420
Perfil3-E	22.6	7.73	7740	6940	872	1.44	ND	0.91	2.35	9.38	4120

El Mg se encontró de moderadamente alto a muy alto, esta última se encontró en los dos primeros estratos del perfil 3, en los puntos de muestreo, no se encontraron concentraciones tan elevadas, por lo que se descarta que esta condición se presente en todo el paraje; Por lo tanto se atribuyen estos resultados a que en un punto cercano al perfil la lamina de riego no sea la adecuada o se tenga alguna fuga de agua, depositando este elemento; Sin embargo en toda la superficie del paraje el Mg se encuentra en concentraciones optimas para el crecimiento vegetal.

El contenido de Fe se encuentra de muy bajo a muy alto; las mayores concentraciones se encuentran en la parte superficial, y al ir amentando de profundidad se va observando una menor presencia de este elemento, lo que nos indica que por el riego se deposita este; Como se menciona este elemento no tiene movilidad en el suelo, por lo que las plantas con raíces profundas pueden tener una deficiencia nutrimental;

El Cu también se encuentra de muy bajo a muy alto, pero solo los puntos de muestreo 3 y 4 presentan una concentración superior la limite permisible, lo cual nos indica que hay alguna fuente externa que esta depositando este elemento solo en estos puntos y al igual que con el Mg puede ser una fuga de agua o alguna otra fuente; sin embargo hay una mayor

cantidad de Cu en la parte superficial que en la subsuperficial, lo cual provoca una deficiencia de este elemento en las plantas con raíces profundas.

El Zn esta de moderadamente bajo a muy alto, aunque solo un punto de muestreo se encuentra por encima del límite permisible la razón puede ser la misma para el elemento anterior, y así mismo se encuentra en mayor concentración en la parte superficial y el efecto puede ser similar.

El Mn se encuentra de bajo a modernamente alto por lo que no se tiene problemas de fitotoxicidad como en los elementos anteriores, sin embargo si puede haber una deficiencia por la cantidad en la que se encuentra el elemento.

5.4.6 Paraje F

El paraje F es el extremo oriental del bosque de Aragón, aquí se ubico el perfil 5 el cual se describe en la tabla 33, las especies representativas muestreadas son *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Schinus molle*.

Esta zona es visitada por numerosos usuarios y transito de caballos, lo cual provoca un amplio nivel de compactación, es por esto que se define un desarrollo radicular superficial de 10 cm, principalmente de pastos, como se observa en la figura 8 hay presencia de humedad a los 60 cm de profundidad, aunque el muestreo se llevo a cabo en periodo de estiaje.



Figura 8, Perfil 5

El perfil 5 cuenta con cuatro estratos, se caracteriza por presentar humedad es casi toda la superficie, pero presenta una alta compactación.

Tabla 33. Descripción del perfil 5.

Estrato Profundidad Observaciones

A	0-29	Se encontró una gran cantidad de raíces, con una coloración marrón, con una estructura poliédrica subangular, con unos pequeños manchones de humedad.
B	29-50	Se encuentra una pequeña cantidad de raíces, con un color marrón claro y estructura poliédrica angular.
C	50-100	Se encuentran unas pocas raíces y con un color pardo, con gran cantidad de humedad, sin estructura apreciable.
D	>100	Con una coloración pardo oscuro, con una alta cohesión y mucha humedad, no se puede distinguir la estructura.

En la tabla 34 se presentan los resultados de los análisis físicos de las muestras del paraje F, se observan clases texturales medias que se corresponden con los valores de densidad aparente y a las características de la curva de retención de humedad, con estructuras bien desarrolladas subangulares; Lo que para todos los fines prácticos se refiere a un suelo con propiedades físicas excelentes para el desarrollo de la vegetación.

Sin embargo en esta zona se presentan áreas de compactación ligera a alta por el paso de personas, vehículos pesados (pipas de agua), y caballos (policía montada), lo cual provoca que existan puntos donde la compactación no permite el crecimiento radicular de las especies establecidas, por lo que estas se verán limitadas en el crecimiento, y a su vez la cobertura vegetal podría ser escasa.

Tabla 34. Propiedades físicas del paraje F.

N muestrapresión (ATM)	Dap									ARENA LIMO ARCILLA			TEXTURA	
	0.3	0.5	1	3	5	7	10	13	15	tm ⁻³	%	%		%
Perfil5-A	45.23	44.37	43.1	40.99	40.02	39.38	38.71	38.23	37.96	0.93	43.6	48.6	7.8	FRANCO
Perfil5-B	40.78	36.83	32.01	25.57	23.03	21.49	19.97	18.92	18.37	1.07	35.6	56.6	7.8	FRANCO LIMOSO
Perfil5-C	24.89	21.01	18.27	15.35	14.25	13.58	12.91	12.45	12.2	1.21	63.6	17.4	19	FRANCO ARENOSO
Perfil5-D	56.26	53.12	47.94	38.87	34.8	32.27	29.74	27.98	27.06	1.04	13.6	50.6	35.8	FRANCO ARCILLO LIMOSO

Los resultados de fertilidad del suelo de este paraje se muestran en la tabla 35, donde se observa que el pH es extremadamente elevado, derivado de altas concentraciones de K

principalmente, por lo cual se generan condiciones desfavorables en muchos aspectos. En tanto que la conductividad eléctrica no es suficiente para ser considerado salino sin embargo se presenta una acumulación de sales a 1 metro de profundidad que pone en riesgo la estabilidad del suelo a mediano plazo.

Tabla 35. Propiedades químicas del paraje F.

N muestra	pH	CE	MO
		dSm ⁻¹	%
Perfil5-A	7.22	0.86	42.36
Perfil5-B	8.08	0.3	12.77
Perfil5-C	8.6	0.28	8.07
Perfil5-D	9.44	3	3.36

Al igual que el pH la materia orgánica y los macro y micro elementos tienen resultados similares (tabla 36), encontrándose cercanos o por encima de los límites permisibles.

Tabla 36. Elementos de fertilidad del paraje F.

N muestra	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
	mg Kg ⁻¹										
Perfil5-A	88.1	67.98	2150	6684	1008	32.83	3.05	17.03	29.36	6.18	770
Perfil5-B	38.3	77.81	1720	5565	1070	16.67	1.66	6.65	6.36	5.66	500
Perfil5-C	24.2	39.08	1510	3605	810	9	0.72	1.63	4.13	7	414
Perfil5-D	11.1	22.18	3950	9035	1462	8.75	0.73	4.43	10.56	14	2250

El N se encuentra por encima del límite permisible en el estrato más superficial, a medida que aumenta la profundidad la concentración de este elemento disminuye, esto se debe a la compactación del suelo ya que no permite que el agua se lixivie transportando los nutrientes, lo cual puede provocar que las plantas con raíces profundas tengan un déficit de este elemento; esta misma condición y efecto pasa con el Fe, Cu, Zn.

El P, K, y B están en cantidades que rebasan el límite permisible por lo que estos elementos podrían provocar fitotoxicidad para los organismos vegetales establecidos, a si ves esta condición también no permite el establecimiento de nuevos organismos; Sin embargo este efecto toxico esta disminuido por el estado de disponibilidad en que se encuentran por el pH que se presenta en el paraje.

También se presenta la misma condición para el Ca en algunos estratos; la depositación de estos elementos está dada por el agua de riego y el manejo de esta, ya que están presentes en cantidades significativas y con el paso del tiempo se van acumulando en el suelo.

En el paraje encontramos 3 especies de diferentes edades, donde se observo una concentración mayor de B en *E. camaldulensis* (Tabla 37), por lo cual se puede suponer que es una especie sensible a este elemento ya en comparación con los individuos de la misma especie en otros parajes, este es el mayor registro que se tiene del contenido de este elemento, además también el estado sanitario del follaje de estas especies es de regular a malo por la presencia de *Glycaspis brimblecombei* lo cual nos indica que estos organismos están en un estado de estrés nutrimental.

Sin embargo las otra dos especies *C. equisetifolia* y *S. molle* tiene un estado sanitario del follaje regular a malo, lo cual se pude deber al mismo motivo de fitotoxicidad causada por B y otros elementos como Fe.

Tabla 37. Contenido nutrimental de las especies arbóreas representativas del paraje F.

Especie dominante	Subzona	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
		%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm
<i>Casuarina equisetifolia</i>	F2	1.22	0.1	0.62	0.99	0.22	361.5	16.38	15.55	78.98	113.9
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	F1	1.32	0.31	0.74	1.01	0.23	335.68	18.28	47.25	110.35	758.71
<i>Schinus molle</i>	F1	2.84	0.09	1.72	0.79	0.35	466.83	21.45	48.53	45.18	102.28

5.4.7 Paraje G

El paraje G se encuentra en la parte sur-oeste del bosque, aquí se ubicaron los puntos de muestreo 14 y 17, y el perfil 14; también se encontró seis especies arbóreas representativas *Acacia retinodes*, *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus lusitánica*, *Cupressus sempervirens*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Schinus molle*.

Este paraje tiene una carga especialmente alta de usuarios que utilizan el área para campo de fútbol y para picnics de fin de semana, lo que ha derivado en una compactación del estrato superficial; Y debido a las fugas de agua de riego se tiene áreas puntuales con salinización y se presenta una incipiente formación de estructura columnar que denota un riesgo a sodicidad por lo que esta área esta en inminente riesgo de ser degradada, al ser una área concurrida, se tienen reforestaciones con diversas especies, en diferentes fechas de plantación.

En la tabla 38 se presenta la descripción del perfil 14, en el cual, se observo una degradación de un estrato sub-superficial, que es algo que no se tenía registro dentro del estudio.

Tabla 38. Descripción del perfil 14.

Estrato	Profundidad	Observaciones
A	0-45	Se encontró una pequeña cantidad de raíces, algunas de unos cuantos milímetros de diámetro, además de residuos inorgánicos enterrados, tiene un color marrón, con una estructura poliédrica subangular.
B	45-97	Presenta manchones de arena color gris, presenta un color pardo oscuro, con una estructura poliédrica angular, presenta de algún tipo de erosión.
C	97-130	Color pardo oscuro con una estructura poliédrica angular, con alta cohesión y gran cantidad de humedad.
D	>130	Color pardo oscuro con una estructura poco apreciable con alta cohesión y gran cantidad de humedad, en el fondo presenta residuos inorgánicos.

Los resultados de los análisis físicos de las muestras del paraje se encuentran en la tabla 39, donde se puede apreciar que hay textura media que se corresponden con los valores de densidad aparente y a las características de la curva de retención de humedad, con estructuras bien desarrolladas subangulares. Lo que se refiere a un suelo con propiedades físicas adecuadas para el crecimiento vegetal.

Tabla 39. Propiedades físicas del paraje G.

N muestra	presión (ATM)										Dap	ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA
	0.3	0.5	1	3	5	7	10	13	15	tm ⁻³					
Muestra14-0-30	48.77	45.5	40.69	33.18	29.99	28.02	26.06	24.7	23.98	0.98	28.2	40.6	31.2	FRANCO ARCILLOSO	
Muestra14-30-60	46.81	43.61	39.07	32.16	29.25	27.45	25.65	24.4	23.74	0.96	36.2	40.6	23.2	FRANCO	
Muestra17-0-30	38.34	35.13	31.37	26.36	24.34	23.09	21.84	20.97	20.51	1.09	36.2	38.6	25.2	FRANCO	
Muestra17-30-60	44.76	41.62	37.33	30.99	28.34	26.71	25.07	23.92	23.32	1.1	36.2	36.6	27.2	FRANCO ARCILLOSO	
Perfil14-A	49.81	48.81	46.99	43.22	41.27	39.97	38.58	37.57	37.02	1.04	30	48	22	FRANCO	
Perfil14-B	30.19	26.66	23.24	19.14	17.55	16.57	15.6	14.92	14.56	1.15	20	46	34	FRANCO ARCILLOSO	
Perfil14- C	54.91	53.91	52.09	48.32	46.37	45.07	43.68	42.67	42.12	1.24	36	20	44	ARCILLA	
Perfil14-D	26.99	23.46	20.04	15.94	14.35	13.37	12.4	11.72	11.36	1.13	72	8	20	FRANCO ARENOSO	

Sin embargo en esta zona se presentan áreas de alta compactación por el paso de personas y vehículos pesados, lo cual influye directamente en el crecimiento radicular, ya que las plantas tienen que gastar una mayor energía en contrarrestar la compactación del suelo, lo cual implica que tienen un crecimiento lento y disminuye su cobertura.

En la tabla 40 se muestran los resultados de las propiedades químicas del suelo del paraje G.

Tabla 40. Propiedades químicas del paraje G.

N muestra	pH	CE dSm ⁻¹	MO %
Muestra14, 0-30	9.14	0.88	13.45
Muestra14, 30-60	8.69	0.84	8.07
Muestra17, 0-30	8.62	0.62	6.05
Muestra17, 30-60	8.94	0.89	18.83
Perfil14-A	7.36	1.12	9.28
Perfil14-B	9.19	1.17	1.08
Perfil14- C	10.06	4.47	1.61
Perfil14-D	10.6	9.09	0.54

Se observa que el pH es elevado para las condiciones del suelo, derivado de altas concentraciones de K principalmente, el cual al depositarse reacciona y se transforma en KOH, que es una base fuerte por lo cual cambia la condición de pH. Además de afectar las relaciones microbianas en la humificación y mineralización de la materia orgánica

Tabla 41. Elementos de fertilidad en el paraje G.

N muestra	N mgKg ⁻¹	P mg Kg ⁻¹	K mg Kg ⁻¹	Ca mg Kg ⁻¹	Mg mg Kg ⁻¹	Fe mg Kg ⁻¹	Cu mg Kg ⁻¹	Zn mg Kg ⁻¹	Mn mg Kg ⁻¹	B mg Kg ⁻¹	Na mg Kg ⁻¹
Muestra14, 0-30	40.1	68.5	3790	6463	1528	17.33	7.09	15.77	7.14	8.52	1500
Muestra14, 30-60	44.2	60.1	2990	6386	1313	45.54	12.55	18.35	7.32	7.14	1280
Muestra17, 0-30	22.2	32.9	3160	5589	1087	11.64	3.8	6.49	7.53	11.47	1070
Muestra17, 30-60	72.3	33.5	3110	5510	1558	17.27	5.33	7.77	7.05	9.54	1320
Perfil14-A	38.1	48.88	3530	6883	1489	42.08	4.21	17.26	46.54	4.9	1100
Perfil14-B	18.4	33.28	3940	5623	1648	16.86	2.92	2.02	12.04	9.69	2140
Perfil14- C	16.4	42.52	6300	6525	939	24.85	4.21	1.76	14.9	23.46	5460
Perfil14-D	13.4	21.15	3050	4665	330	27.11	0.48	1.01	3.26	13.93	3200

En tanto que la conductividad eléctrica no es suficiente para ser considerado salino. La materia orgánica es muy alta lo que influye en las concentraciones de los elementos, por la depositación a partir de este material, por lo que todos los elementos analizados (tabla 41) se encuentran en concentraciones por arriba de la media.

Se tiene que para el K, Ca, Mg, B, Cu y Zn, las concentraciones son muy altas, y muchas rebasan el limite permisible por lo que se infiere que provocan alta toxicidad en el suelo,

aunque por el momento no se observe este efecto en la vegetación, ya que el pH determina la disponibilidad de los elementos al regular su forma presente en el suelo, establece que aun y cuando las concentraciones de los elementos este alta se puedan presentar deficiencias de algún elemento.

Para el N y Mn las cantidades presentes en el suelo del paraje van de medias a bajas por lo cual es probable que los organismos vegetales establecidos presenten deficiencias nutrimentales por dichos elementos, aunado a esta condición el efecto de pH descrito en el párrafo anterior también afecta de igual manera las disponibilidad de estos nutrimentos.

Tabla 42. Contenido nutrimental de las especies arbóreas representativas del paraje G.

Especie dominante	Subzona	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
		%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm
<i>Acacia retinodes</i>	G1										
<i>Casuarina equisetifolia</i>	G1	1.73	0.07	1.17	1.22	0.22	509.45	13.8	26.08	83.4	219.92
<i>Casuarina equisetifolia</i>	G1	2.13	0.09	0.91	1.64	0.32	232.5	10.5	18.73	52.18	225.73
<i>Casuarina equisetifolia</i>	G2	1.62	0.1	0.8	1.6	0.28	473.45	11.18	102.14	83.2	111
<i>Cupressus lusitanica</i>	G1	0.91	0.23	0.95	0.71	0.25	632.63	20.95	26.05	29.1	70.33
<i>Cupressus sempervirens</i>	G1	0.81	0.26	1.09	0.95	0.28	1176.088.63		101.1	48.7	52.9
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	G1	1.62	0.04	0.76	1.26	0.2	202.33	14.88	35.75	237.38	671.58
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	G1	1.12	0.12	0.73	0.92	0.23	243.28	12.2	32.88	89.55	259.13
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	G1	1.12	0.12	0.75	0.84	0.26	242.73	14.25	20.13	70.88	301.24
<i>Schinus molle</i>	G1	3.25	0.07	2.03	0.45	0.41	344.15	16.3	43.65	52.78	55.81
<i>Schinus molle</i>	G1	2.13	0.46	1.47	0.83	0.29	579.73	16.68	69.28	41.13	112.45
<i>Schinus molle</i>	G1	2.13	0.35	2.06	0.62	0.33	521.13	4.3	124.56	37.13	67.43
<i>Schinus molle</i>	G2	1.73	0.18	1.87	1.14	0.27	464.68	5.13	111.64	55.53	77.59

Por otra parte, se encontraron seis especies de árboles dominantes las cuales fueron *A. retinodes*, *C. equisetifolia*, *C. lusitánica*, *C. sempervirens*, *E. camaldulensis*, *S. molle*, donde se tienen diferentes edades y niveles de exploración, por lo cual contienen diferentes concentraciones de elementos (tabla 42) dependiente de su edad; Observándose una concentración más elevada de boro en la *E. camaldulensis* seguido por *A. retinodes*, *C. equisetifolia*, *S. molle* y finalmente los *Cupressus sp*, sin embargo este último tiene un mejor estado fitosanitario del follaje y una menor concentración de B en comparación con la otras especies, por lo cual se puede relacionar la cantidad de este elemento con el estado del follaje, y se puede suponer que estas especies tiene un corto tiempo de ser establecidas, por lo que no han concentrado una gran cantidad de B.

5.4.8 Paraje H

Este paraje se encuentra en el extremo sur del bosque, se divide en tres sub zonas, se ubicaron los puntos de muestreo 21, 22, 23, 24, 25 y el perfil 6, este se describe en la tabla 43; las especies dominantes son *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus lusitánica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus globulus*, *Schinus molle*; La vegetación arbórea de esta zona es principalmente arbolado maduro; A nivel general no se presenta problemas físicos pero en esta zona se tienen áreas con cascajos a las que se les ha puesto una pequeña capa de materiales orgánicos que han permitido un desarrollo incipiente de pastos superficiales. En el paraje se presentan zanjas abiertas de hasta 1 metro de profundidad cubiertas de pastos que representa un riesgo para la seguridad y tránsito de los usuarios.

Tabla 43, Descripción del paraje 6.

Estrato Profundidad Observaciones

Estrato	Profundidad	Observaciones
A	0-20	Presenta una gran cantidad de raíces y materiales vegetales, con una coloración marrón y gris, con una estructura poliédrica subangular.
B	20-45	Presenta una pequeña cantidad de raíces, con una coloración marrón y una estructura poliédrica subangular con agregados de gran tamaño.
C	45-108	Presenta unas pocas raíces, con una coloración pardo claro, con una alta cohesión y mucha humedad, no se puede distinguir la estructura.
D	>108	Con una coloración pardo oscuro, con una alta cohesión y mucha humedad, no se puede distinguir la estructura.

Las características físicas de los suelos del paraje se presentan en la tabla 44, se encuentran clases texturales medias que se corresponden con los valores de densidad aparente y a las características de la curva de retención de humedad, con estructuras bien desarrolladas subangulares.

Sin embargo en esta zona se presentan áreas de compactación alta por el paso de personas y vehículos (pipas de agua); Así como áreas de deposición de cascajos y zanjas abiertas.

En la tabla 45 se detallan los resultados de los análisis químicos de las muestras del paraje, se observa que el pH es extremadamente elevado para las condiciones de suelo, derivado

de altas concentraciones de K principalmente, causando el efecto descrito en los primeros parajes. En tanto que la conductividad eléctrica no es suficiente para ser considerado salino, a excepción de la muestra 24 a 30 cm de profundidad donde tiene una acumulación de sales que sin llegar a ser salino ya presenta niveles altos derivados de una constante depositación por el agua, dado que se presentan fugas en el sistema de riego, aumentando la lamina de riego en este punto. La materia orgánica es muy alta lo que influye en las concentraciones de los elementos.

Tabla 44. Propiedades físicas del paraje H.

N muestra	presión (ATM)										Dap tm ⁻³	ARENALIMO ARCILLA			TEXTURA
	0.3	0.5	1	3	5	7	10	13	15	%		%	%		
Muestra21, 0-30	47.73	45.7	42.68	37.74	35.52	34.11	32.67	31.64	31.09	1.02	38.9	39.3	21.8	FRANCO	
Muestra21, 30-60	46.38	44.28	41.23	36.38	34.22	32.86	31.46	30.47	29.94	1.05	28.9	35.3	35.8	FRANCO ARCILLOSO	
Muestra22, 0-30	43.45	41.31	38.38	33.94	32	30.79	29.54	28.65	28.18	0.98	38.9	37.3	23.8	FRANCO	
Muestra22, 30-60	44.77	42.41	39.11	34.05	31.86	30.48	29.07	28.08	27.55	1.08	28.9	41.3	29.8	FRANCO ARCILLOSO	
Muestra23, 0-30	43.27	41.39	38.8	34.83	33.09	31.98	30.84	30.03	29.6	0.92	34.9	39.3	25.8	FRANCO	
Muestra23, 30-60	31.39	28.79	26.27	23.18	21.94	21.16	20.38	19.83	19.53	1.22	54.9	29.3	15.8	FRANCO ARENOSO	
Muestra24, 0-30	41	38.14	34.51	29.39	27.27	25.95	24.62	23.68	23.19	1.07	60.9	31.3	7.8	FRANCO ARENOSO	
Muestra24, 30-60	39.65	36.66	33	27.98	25.92	24.65	23.37	22.48	22	1.08	60.9	27.3	11.8	FRANCO ARENOSO	
Muestra25, 0-30	45.34	43.75	41.45	37.76	36.1	35.04	33.93	33.14	32.72	0.94	44.9	33.3	21.8	FRANCO	
Muestra25, 30-60	45.46	43.79	41.36	37.48	35.74	34.63	33.48	32.65	32.21	0.95	34.9	35.3	29.8	FRANCO ARCILLOSO	
Perfil6-A	40.85	38.48	35.44	31.06	29.2	28.04	26.86	26.02	25.57	1.01	45.6	32.6	21.8	FRANCO	
Perfil6-B	55.43	53	48.95	41.7	38.34	36.21	34.03	32.5	31.69	0.96	37.6	30.6	31.8	FRANCO ARCILLOSO	
Perfil6-C	52.44	49.42	44.69	36.78	33.3	31.14	28.96	27.45	26.65	1.65	37.6	22.6	39.8	FRANCO ARCILLOSO	
Perfil6-D	76.09	73.96	69.69	59.75	54.35	50.73	46.96	44.27	42.84	0.98	29.6	26.6	43.8	ARCILLA	

En la tabla 46 se muestran las cantidades de macro y micronutrientes contenidos en el suelo del paraje H; El K, Ca, Mg y B se encuentran en concentraciones por arriba del límite permisible lo cual nos indica que estos elementos están influyendo de manera negativa en la nutrición de las plantas establecidas y pueden causar fitotoxicidad, sin embargo la disponibilidad de estos esta disminuida por efecto del pH ya que este, como se ha mencionado anteriormente, influye en la forma en la que las plantas pueden adsorber los elementos nutritivos, esto ocasiona que estos elementos no tengan el efecto toxico.

El N, P, Cu y Zn están en niveles también altos, pero no en todas las muestras, por lo que se puede inferir que hay diferentes condiciones de concentraciones de estos elementos en todo el paraje, sin embargo el pH también influye del mismo modo que con los elementos mencionados en el párrafo anterior, por lo que si se podrían observar deficiencias en los organismos vegetales establecidos, aunque es más probable que estos presente una deficiencia nutrimental de Fe y Mn ya que están en concentraciones medias a bajas en el suelo del bosque.

Tabla 45. Propiedades químicas del paraje H.

N muestra	pH	CE dSm ⁻¹	MO %
Muestra21, 0-30	8.63	0.96	22.19
Muestra21, 30-60	8.93	1.22	7.4
Muestra22, 0-30	8.15	0.76	2.69
Muestra22, 30-60	9.06	0.88	8.74
Muestra23, 0-30	8.38	0.54	22.86
Muestra23, 30-60	8.97	0.58	8.07
Muestra24, 0-30	8.07	0.98	28.91
Muestra24, 30-60	8.18	3.66	15.46
Muestra25, 0-30	8.49	0.48	28.24
Muestra25, 30-60	9.01	0.66	10.09
Perfil6-A	8.52	0.52	22.19
Perfil6-B	9.04	0.68	10.09
Perfil6-C	10.16	2.66	8.74
Perfil6-D	10.63	7.6	2.02

Se encontraron cinco especies dominantes de las cuales la mayoría son árboles maduros de diferentes edades y niveles de exploración radicular, se observa en la tabla 47 los elementos constituyentes de las especies muestreadas; se encontró que hay una concentración más elevada de boro en la *Eucalyptus*, siguiendo *C. lusitánica*, *C. equisetifolia*, y finalmente *S. molle*, los valores de B en las plantas se mantiene casi igual en cada especie sin importar la subzona, lo cual nos indica la sensibilidad de estas especies hacia este elemento.

Tabla 46. Elementos de fertilidad en el paraje H.

N muestra	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
	mgKg ⁻¹	mg Kg ⁻¹									
Muestra21, 0-30	46.9	62.5	3850	5949	1441	21.71	6.8	9.3	6.35	10.62	1420
Muestra21, 30-60	42.2	62.8	3840	5648	1500	22.3	5.29	5.5	8.29	10.29	1800
Muestra22, 0-30	18.1	50.5	3050	6969	1825	45.81	1.84	6.11	7.32	12.78	920
Muestra22, 30-60	36.7	46.1	3620	7407	1622	11.02	1.57	0.55	9.33	10.53	1670
Muestra23, 0-30	68.6	42.5	3370	7718	1890	11.26	2.5	5.1	7.54	10.53	1010
Muestra23, 30-60	41.3	26.9	2820	7985	1653	5.54	1.09	1.24	4.51	8.37	920
Muestra24, 0-30	86.7	20.9	2790	10231	1416	13.48	4.7	15.86	4.12	5.99	720
Muestra24, 30-60	54.4	19.7	2850	7175	1292	8.85	6.94	8.48	2.79	8.03	1050
Muestra25, 0-30	74.3	30.8	2250	7180	1586	11.79	3.14	4.09	5.16	6.71	790
Muestra25, 30-60	30.3	34.4	2300	7137	1575	5.75	2.47	0.81	5.15	7.7	1050
Perfil6-A	46.6	6.81	3460	9447	1726	7.71	2.78	7.13	5.45	9.27	1100
Perfil6-B	30.3	6.5	6520	9288	2144	3.91	0.56	1.58	2.55	8.37	1770
Perfil6-C	26.2	12.03	3630	7452	1074	8.19	1.66	1.58	2.95	18.86	2240
Perfil6-D	18.4	13.88	3880	5977	793	1.4	ND	0.92	0.43	20.61	4160

Otro de los elementos que se observo en un contenido elevado es el Fe ya que casi todos los valores obtenidos están por encima del intervalo normal, que es de 25 a 300 ppm (Curtis 2008), lo cual nos indica que son especies muy sensibles o que han acumulado este elemento por un largo tiempo ya que en el suelo se encuentra poco disponible como ya se menciona anteriormente.

Sin embargo el estado fitosanitario del follaje nos indica que *C equisetifolia* está en buen estado a excepción de un punto que presenta una alta concentración de B mayor a la de los demás puntos de esta especie dentro del paraje pero presenta resultados parecidos de Fe, por lo que podemos inferir que el estado del follaje esta inducido directamente por el contenido de B, ya que este podría estar estresando nutrimentalmente al organismo, provocando una mayor sensibilidad a plagas o patógenos.

Sin embargo solo eucaliptus tiene un contenido mayor al límite permisible de B (5 a 75 ppm, Curtis 2008) y presentan un estado fitosanitario del follaje entre regular y bueno, por lo que se puede pensar que esta especie no presentan el estrés nutrimental por este elemento.

Tabla 47. Contenido nutrimental de las especies arbóreas representativas del paraje H.

Especie dominante	Subzona	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	B	Fe
		%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
<i>Casuarina equisetifolia</i>	H1	1.02	0.06	0.66	0.94	0.31	5.43	120.72	37.43	61.62	430.7
<i>Casuarina equisetifolia</i>	H1	1.32	0.11	0.77	1.41	0.31	6	89.32	36.08	81.95	419.13
<i>Casuarina equisetifolia</i>	H1	1.22	0.16	0.59	1.93	0.32	9.38	104.14	66.83	64.52	639.28
<i>Casuarina equisetifolia</i>	H1	1.32	0.05	0.62	1.66	0.27	9.48	97.8	45.95	148.76	513.03
<i>Casuarina equisetifolia</i>	H3	1.62	0.08	0.83	1.93	0.3	8.83	103.6	58.33	189.42	480.53
<i>Casuarina equisetifolia</i>	H3	2.33	0.14	0.98	0.71	0.28	12.05	99.48	69.38	304.15	502.63
<i>Cupressus lusitanica</i>	H2	0.81	0.11	0.85	1.11	0.24	6.6	88.36	27.15	32.57	685.88
<i>Cupressus lusitanica</i>	H2	1.12	0.08	0.88	1.09	0.29	8.57	88.94	53.28	337.55	418.95
<i>Cupressus lusitanica</i>	H2	0.81	0.1	0.8	1.17	0.27	6.5	83.64	26.3	64.52	639.65
<i>Cupressus lusitanica</i>	H2	0.81	0.14	0.95	0.93	0.31	9.08	113.68	20.03	29.67	668.65
<i>Cupressus lusitanica</i>	H3	0.81	0.09	1.24	0.59	0.36	7.38	115.56	22.8	44.19	567
<i>Cupressus lusitanica</i>	H3	0.61	0.13	1.04	0.8	0.29	8.63	102.62	24.08	42.74	821.03
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	H1	1.52	0.13	1.03	0.81	0.25	5.4	107.3	71.03	357.88	398.68
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	H1	1.22	0.06	0.72	1.26	0.2	9.55	98.98	114.98	475.52	384.78
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	H1	1.22	0.09	0.89	1	0.21	7.58	122.18	70.33	60.02	353.68
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	H2	1.12	0.12	0.61	1.11	0.23	9.25	92.58	126.48	411.62	363.63
<i>Eucalyptus globulus</i>	H3	1.42	0.4	0.96	0.8	0.3	8.43	79.36	62.6	270.75	277.53
<i>Schinus molle</i>	H1	3.05	0.44	1.91	0.38	0.3	12.93	94.56	21.93	35.48	383.08
<i>Schinus molle</i>	H1	3.05	0.47	1.96	0.46	0.31	10.93	99.8	25.45	32.57	374.53
<i>Schinus molle</i>	H2	2.33	0.44	2.33	0.45	0.3	11.08	107.24	27.33	42.74	344.6
<i>Schinus molle</i>	H2	3.05	0.32	1.83	0.42	0.32	11.28	120.98	24.68	23.86	543.95
<i>Schinus molle</i>	H3	2.54	0.46	0.54	1	0.32	11.5	85.9	26.18	47.1	610.55

4.5.9 Paraje I

El paraje I es un paraje que se encuentra en la parte central del Bosque de Aragón, aquí se ubicaron los puntos de muestreo 16 y 20, y el perfil 12, este se describe en la tabla 48, se caracteriza por presentar una alta cantidad de humedad y una capa de arenas que delimita el crecimiento vegetal.

Tabla 48. Descripción del perfil 12.

Estrato Profundidad Observaciones

A	0-14	Se encontró una gran cantidad de raíces, con una coloración marrón oscuro, con una estructura poliédrica subangular.
B	14-64	Se encontraron raíces de algunos milímetros de diámetro y algunos restos de cascajos, presenta una coloración marrón con manchones grises, sin una estructura apreciable.
C	64-90	Se aprecian unas pocas y pequeñas raíces, con una coloración marrón, con estructura poliédrica angular y presenta humedad.
D	90-115	Es una capa de arena de color gris oscuro sin estructura apreciable.
E	>115	Color pardo oscuro, sin estructura apreciable, con alta cohesión y gran cantidad de humedad.

Los resultados para las características físicas del suelo se presentan en la tabla 49, se puede observar texturas medias que corresponden con los valores de densidad aparente y a las características de la curva de retención de humedad, con estructuras bien desarrolladas subangulares, lo cual le confiere propiedades optimas para el desarrollo de la vegetación; Sin embargo se empieza a observar una degradación de la estructura del suelo por debajo de los 70 cm por la acumulación constante de agua, debido a fugas en el sistema de riego.

Tabla 49. Propiedades físicas del paraje I.

N muestra	presión (ATM)									Dap	ARENALIMO ARCILLATEXTURA			
	0.3	0.5	1	3	5	7	10	13	15		tm ⁻³	%	%	
Muestra16, 0-30	48.12	44.84	40.08	32.73	29.61	27.69	25.78	24.45	23.75	1	36.2	48.6	15.2	FRANCO
Muestra16, 30-60	44.12	40.78	36.3	29.81	27.13	25.49	23.84	22.7	22.1	1.04	36.2	40.6	23.2	FRANCO
Muestra20, 0-30	44.7	42.31	38.97	33.87	31.66	30.27	28.86	27.86	27.33	0.97	38.9	45.3	15.8	FRANCO
Muestra20, 30-60	42.95	40.56	37.34	32.55	30.5	29.91	27.9	26.97	26.48	1.07	28.9	43.3	27.8	FRANCO ARCILLOSO
Perfil 12- A	23.28	19.91	17.32	14.44	13.35	12.67	11.99	11.51	11.26	0.98	49.7	44.4	6	FRANCO ARENOSO
Perfil 12- B	14.48	13.3	11.84	10.32	9.62	8.83	8.4	7.5	6.3	1.47	53.7	40.4	6	FRANCO ARENOSO
Perfil 12- C	22.28	18.91	16.32	13.45	12.35	11.67	10.99	10.51	10.26	0.99	15.7	68.4	16	FRANCO LIMOSO
Perfil 12- D	12.42	10.21	9.34	8.42	7.75	7	6.42	5.82	5.53	1.35	87.7	6.4	6	ARENA
Perfil 12- E	38.22	34.63	30.15	24.03	21.56	20.06	18.56	17.56	16.98	1.05	15.7	46.4	38	FRANCO ARCILLO LIMOSO

Se puede observar en la tabla 50 las propiedades químicas de las muestras de suelo del paraje, observando que el pH es elevado, por el agua de riego con una presencia de K; Los valores de conductividad eléctrica son medios salvo en el caso de la muestra 16 a 30 cm de profundidad en donde se eleva, debido a la depositación de sales, a partir de fugas en el sistema de riego.

Tabla 50. Propiedades químicas del paraje I.

N muestra	pH	CE	MO
		dSm ⁻¹	%
Muestra16, 0-30	8.87	2.5	18.83
Muestra16, 30-60	9.54	3.3	3.36
Muestra20, 0-30	8.55	0.52	21.52
Muestra20, 30-60	9.13	0.8	7.4
Perfil 12- A	6.83	0.52	7.53
Perfil 12- B	8.02	1.58	0.54
Perfil 12- C	8.19	4.77	0.81
Perfil 12- D	7.85	9.18	0.4
Perfil 12- E	7.85	1.66	1.21

La MO se encuentra en niveles altos y en la parte superficial se tienen mayores concentraciones que en la parte subsuperficial, debido a la depositación de esta en el suelo

Tabla 51. Elementos de fertilidad del paraje I.

N muestra	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
	mgKg ⁻¹	mg Kg ⁻¹									
Muestra16, 0-30	65.5	117.2	3620	4417	1252	21.77	3.53	9.92	6.72	16.68	1930
Muestra16, 30-60	25.6	77.2	3890	5213	1174	6.85	1.34	1.94	6.4	6.32	2320
Muestra20, 0-30	65.4	50.5	2740	5947	1612	26.06	3.14	7.36	8.14	8.83	840
Muestra20, 30-60	32.8	32	3530	6266	1481	9.56	1.45	1.12	8.97	11.19	1260
Perfil 12- A	36.4	38.61	2550	4894	1365	80.14	6.77	36.51	38.28	5.15	492
Perfil 12- B	14.2	21.73	588	1115	297	17.97	0.78	1.13	5.51	2.76	200
Perfil 12- C	16.4	44.54	1850	5170	1399	17.39	1.47	1.46	10.22	9.56	1050
Perfil 12- D	7.8	15.95	488	1771	463	11.61	0.76	0.9	10.25	5.48	424
Perfil 12- E	18.4	16.24	2600	5507	1552	12.88	1.11	1.3	17.26	8.71	1880

La tabla 51 muestra las concentraciones de los elementos de fertilidad del suelo; El K, Mg, y B presentan valores por arriba del límite permisible, por lo cual pueden tener efectos fitotóxicos en las plantas, sin embargo como ya se ha comentado anteriormente el efecto del pH impide la óptima adsorción de todos los elementos ya que estos no se encuentran en una forma disponible, por lo que estos elementos, no tienen dicho efecto tóxico, al igual, el

Ca se encuentra en concentraciones altas; sin embargo los elementos que están presentes en bajas cantidades como el N y Mn, pueden no estar disponibles en las cantidades necesarias para la nutrición vegetal, provocando que los organismos vegetales presenten deficiencias nutrimentales.

También, se encontraron tres especies arbóreas dominantes las cuales son *E. camaldulensis*, *L. lucidum* y *F. uhdei*, en la tabla 52 se presenta los elementos contenidos donde se observó que *E. camaldulensis* es la especie que obtuvo una mayor concentración de B, encontrándose por encima de los límites (75 ppm Curtis 2008), también se registraron altas concentraciones (> 300 ppm) de Fe en todas las especies, lo cual puede tener un efecto negativo en el desarrollo de estas, sin embargo estudio fitosanitario de estas especies dio como resultado que estas plantas tienen un estado regular lo cual nos indican que estas están teniendo resistencia a los elementos que podrían tener un efecto fitológico o no se han presentado aun los signos de dicho efecto.

Tabla 52. Contenido nutrimental de las especies arbóreas representativas del paraje I.

Especie dominante	Subzona	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	B	Fe
		%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	I1	1.0	0.1	0.8	1.3	0.2	8.2	84.8	85.0	286.	460.
		2	3	2		8	8		3	72	7
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	I3	1.4	0.1	0.8	0.8	0.3	7.7	112.	86.1	173.	818.
		2		3	3	1		48	5	44	73
<i>Fraxinus uhdei</i>	I3	1.5	0.2	1.0	1.5	0.4	11.	80.8	48.0	23.8	446.
		2	6	3	3	7	3	8	3	6	13
<i>Ligustrum lucidum</i>	I2	1.5	0.1	1.1	1.9	0.4	6.1	80.1	32.1	20.9	355.
		2	6	3	4	9		8	5	5	38
<i>Ligustrum lucidum</i>	I2	1.5	18	0.9	1.6	0.4	7.5	129.	24.8	32.5	338.
		2		4	3	1	3	8		7	78

5.4.10 Paraje J

Este paraje se encuentra en la parte central del extremo oeste del bosque de Aragón, aquí se ubico el perfil 10, el cual se describe en la tabla 53, en el se observa un buen desarrollo radicular en las 3 primeras capas y una estratificación con arenas muy marcada en los 62 cm de profundidad, en el fondo del perfil se observaron arcillas.

Tabla 53. Descripción del perfil 10.

Estrato Profundidad Observaciones

A	0-62	Se encontró una gran cantidad de raíces alguna de unos centímetros de diámetro, con una coloración marrón oscuro, con una estructura poliédrica subangular.
B	62-112	Franja de arena color gris, sin estructura apreciable, a los márgenes se pueden apreciar grandes acumulaciones de humedad.
C	>112	Con una coloración pardo oscuro, con una alta cohesión y mucha humedad, no se puede distinguir la estructura.

Las propiedades físicas del perfil 10 (tabla 54) se observan clases texturales medias interstratificadas con arenas que se corresponden con los valores de densidad aparente y a las características de la curva de retención de humedad, estructuras bien desarrolladas subangulares, resultando ser un suelo excelente en cuanto a sus propiedades físicas, teniéndose que tomar en cuenta las limitantes que presenta un estrato arenoso en el perfil para el manejo de suelos y riegos, ya que es un material que no permite el flujo óptimo de agua y es un material estéril para la vegetación.

Tabla 54. Propiedades físicas del paraje J.

N muestrapresión (ATM)	Dap										ARENA LIMO ARCILLA TEXTURA			
	0.3	0.5	1	3	5	7	10	13	15	tm ⁻³	%	%	%	
Perfil10-A	52.64	48.91	43.15	33.85	29.89	27.48	25.1	23.47	22.62	0.94	32.8	48.6	18.7	FRANCO
Perfil10-B	18.6	14.45	12.38	10.35	9.6	9.15	8.7	8.39	8.22	0.84	90.8	2.6	6.7	ARENA
Perfil10-C	66.89	65.34	62.38	55.94	52.54	50.28	47.89	46.17	45.24	0.96	30.8	30.6	38.7	FRANCO ARCILLOSO

En cuanto a los parámetros químicos, presentados en la tabla 55, se observa que el pH es elevado para las condiciones de suelo, derivado de altas concentraciones de K principalmente; en tanto que la conductividad eléctrica no es suficiente para ser considerado salino con una acumulación incipiente de sales en el fondo del perfil 10. La materia orgánica es muy alta e influye en las concentraciones de los elementos, ya que todos estos se pueden depositar de una forma orgánica por un proceso de mineralización, aunque la condición de pH influye en este proceso ya que al existir un medio alcalino en el suelo el metabolismo microbiano disminuye.

Tabla 55. Propiedades químicas del paraje J.

N muestra	pH	CE	MO
		dSm ⁻¹	%
Perfil10-A	8.3	0.35	2.02
Perfil10-B	9.63	0.52	2.02
Perfil10-C	9.38	1.04	3.36

En cuanto a los elementos de fertilidad, mostrados en la tabla 56, el K, Ca, Mg, y B se encuentran por encima del límite permisible, por lo cual se podría presentar un efecto fitotóxico, por la concentración en la que se encuentran estos elementos, pero el pH en el que se encuentra el suelo provoca que no estén en una forma disponible, y también influye de igual manera en el resto de los elementos nutritivos para las plantas.

Tabla 56. Elementos de fertilidad del paraje J.

N muestra	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
	mgKg ⁻¹	mg Kg ⁻¹									
Perfil10-A	17.4	63.98	2490	4667	1533	16.97	1.83	1.33	10.3	5.74	880
Perfil10-B	13.8	3.74	792	1218	418	2.88	0.37	0.25	1.4	2.37	340
Perfil10-C	14.1	3.74	8200	6003	2074	1.44	0.53	0.35	1.87	7.04	2220

En cuanto al N se registraron cantidades que corresponden a niveles bajos de este elemento por lo cual se podrían presentar deficiencias nutrimentales, a causa de la baja depositación orgánica de este elemento, por las disminuciones de la actividad microbiana por el pH.

Por otra parte se observó que el P, Fe, Cu, Mn y Zn están en concentraciones de medias a altas en el primer estrato, pero en los estratos más profundos se encuentran en niveles bajos a muy bajos, esta condición se puede atribuir a la capa de arena que está en el estrato intermedio, la cual impide el flujo de estos elementos por todo el suelo, lo cual produce que las plantas establecidas con raíces profundas tengan una deficiencia nutrimental.

En este paraje la especie representativa es *Casuarina equisetifolia* (tabla 57) observándose un comportamiento homogéneo de la especie con altos contenidos de B y Fe, lo cual nos indican que han estado acumulando este último ya que las concentraciones en el suelo son bajas, sin embargo no se presenten daños característicos de toxicidad por estos microelementos, ya que el estudio fitosanitario nos mostro que el estado del follaje era regular y que se puede deber a daño mecánico por poda, puesto que no se reportan signos de enfermedad o plaga.

Tabla 57. Contenido nutrimental de las especies arbóreas representativas del paraje J.

Especie dominante	Subzona	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	B	Fe
		%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm
<i>Casuarina equisetifolia</i>	J1	1.42	0.06	0.79	2.29	0.39	7.38	92.78	36.33	244.61	1410.98
<i>Casuarina equisetifolia</i>	J1	1.52	0.15	0.67	1.99	0.34	6.83	86.52	65.23	243.15	442.63
<i>Casuarina equisetifolia</i>	J1	1.52	0.06	0.68	2.23	0.26	6.23	93.6	39.63	279.46	561.45

5.4.11 Paraje K

El paraje K se ubica en la parte sur-oeste del bosque, aquí se encontró los puntos de muestreo 18 y 19 y el perfil 7, el cual se describe en la tabla 58, este presenta una interstratificación de arena lo que incide en la distribución de raíces en el perfil por su efecto en los regímenes hídricos y de aeración, no se aprecia una compactación severa en los sitios de muestreo.

Tabla 58. Descripción del perfil 7.

Estrato Profundidad Observaciones

A	0-17	Presenta muchas raíces y una gran cantidad de materia orgánica, con una coloración gris oscuro y una estructura poliédrica subangular.
B	17-40	Presenta unas pocas raíces de algunos milímetros de diámetro, el color es marrón, con una estructura poliédrica angular.
C	40-70	Presenta unas cuantas raíces, y un color marrón con una estructura poco apreciable.
D	70-83	Presenta pocas raíces, con una coloración pardo claro, con una alta cohesión y mucha humedad, no se puede distinguir la estructura, presenta manchones de arena.
E	>83	Color pardo oscuro con una estructura poco apreciable con alta cohesión y gran cantidad de humedad.

Las características de textura, densidad aparente y curva de retención de humedad del análisis de los resultados de las propiedades físicas de los sitios de muestreo y del perfil se observan en la tabla 59.

Se encontraron clases texturales medias inter estratificadas con arenas que se corresponden con los valores de densidad aparente y a las características de la curva de retención de humedad, con estructuras bien desarrolladas subangulares. Lo que se refiere a un suelo excelente por cuanto a sus propiedades físicas.

Tabla 59. Propiedades físicas del paraje K.

N muestra	presión (ATM)										Dap	ARENA LIMO ARCILLA			TEXTURA
	0.3	0.5	1	3	5	7	10	13	15	tm ⁻³		%	%	%	
Muestra18, 0-30	51.58	48.4	43.49	35.47	31.99	29.83	27.68	26.18	25.39	0.96	36.2	50.6	13.2	FRANCO LIMOSO	
Muestra18, 30-60	39.46	36.26	32.39	27.15	25.02	23.71	22.4	21.48	21	1.09	42.2	42.6	15.2	FRANCO	
Muestra19, 0-30	47.14	43.97	39.44	32.5	29.56	27.75	25.93	24.67	24	1.02	40.2	46.6	13.2	FRANCO	
Muestra19, 30-60	47.15	44.9	41.59	36.29	33.95	32.47	30.96	29.89	29.32	1.06	26.9	45.3	27.8	FRANCO ARCILLOSO	
Perfil7-A	44.24	42.01	38.92	34.18	32.12	30.82	29.49	28.55	28.05	0.88	53.6	38.6	7.8	FRANCO ARENOSO	
Perfil7-B	26.81	23.5	20.89	17.96	16.83	16.14	15.45	14.96	14.7	1.1	61.6	28.6	9.8	FRANCO ARENOSO	
Perfil7-C	40.14	37.22	33.59	28.56	26.49	25.2	23.91	23	22.52	1.13	33.6	34.6	31.8	FRANCO ARCILLOSO	
Perfil7-D	16.11	10.37	8.19	6.27	5.61	5.22	4.85	4.59	4.46	0.96	91.6	5.4	3	ARENA	
Perfil7-E	59.4	57.39	53.85	47	43.67	41.51	39.28	37.7	36.85	0.93	40.6	30.2	29.2	FRANCO ARCILLOSO	

También se observa que el suelo es no salino salvo en el estrato e (>83cm) del perfil, que es un horizonte de acumulación que no permea a la superficie, por el sello que realizan las arenas, de ahí que sea muy importante realizar la aplicación de laminas de riego con extrema media para no romper el sello y salinizar el resto del suelo.

Tabla 60. Propiedades químicas del paraje K.

N muestra	pH	CE	MO
		dSm ⁻¹	%
Muestra18, 0-30	8.33	1.56	39
Muestra18, 30-60	9.6	2.66	12.1
Muestra19, 0-30	8.66	0.7	16.14
Muestra19, 30-60	9.16	1.18	6.05
Perfil7-A	7.9	0.78	42.36
Perfil7-B	8.89	0.48	7.4
Perfil7-C	9.38	0.92	6.05
Perfil7-D	10.29	1.5	2.02
Perfil7-E	10.05	4.98	10.09

Las propiedades químicas del paraje se muestran en la tabla 60, se observa que el pH es extremadamente elevado para las condiciones de suelo, derivado de altas concentraciones

de K principalmente, esta al ser una propiedad que determina la disponibilidad de los elementos, por regular su forma presente en el suelo, establece que aun y cuando las concentraciones de los elementos sean altas, se puedan presentar deficiencias de algún elemento, por no estar disponibles para su absorción. En tanto que la conductividad eléctrica no es suficiente para ser considerado salino.

La materia orgánica es muy alta lo que influye en la depositación de los elementos, y en la concentración en la que están, aunque, el pH influye directamente con este proceso por la condición del medio en el que se desarrollan los microorganismos que intervienen en los procesos de mineralización.

En cuanto a los elementos de fertilidad del suelos se muestran en la tabla 61, el K, Ca, Mg y B se encuentran en concentraciones muy altas por lo que pueden tener un efecto fitotóxico en la vegetación establecida, aunque por efectos de pH estos no estarán disponibles; también el P y Cu se encuentran en cantidades altas pero no en toda la superficie del paraje.

Tabla 61. Elementos de fertilidad del suelo del paraje K.

N muestra	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
	mg Kg ⁻¹										
Muestra 18-0-30	88.9	63.7	4450	4412	1120	29.85	4.73	14.6	12.82	10.12	1530
Muestra 18-30-60	36.3	44.3	3880	5549	1511	29.48	8.65	12.65	7.9	9.08	2160
Muestra 19-0-30	52.6	43.1	2920	5541	1588	12.81	3.45	4.41	10.29	10.04	940
Muestra 19-30-60	38.2	37.4	3900	7251	1709	5.75	1.09	0.87	8.65	7.57	1660
Perfil 7-A	67.1	42.16	1900	8949	1658	27.06	2.76	16.11	11.9	10.05	456
Perfil 7-B	32.2	28.94	1590	4775	1086	9.51	1.01	2.03	5.17	8.04	422
Perfil 7-C	18.2	28.02	3050	7726	1592	6.35	0.81	1.44	4.05	13.41	1300
Perfil 7-D	9.4	8.65	604	193	76	2.77	ND	0.87	0.18	1.18	416
Perfil 7-E	30.3	14.49	7000	5770	849	1.73	ND	0.93	0.41	8.49	3980

El N, Fe, Zn y Mn se encuentran en un nivel de concentración media, pero como ya se ha comentado, el pH influye en la disponibilidad de los elementos y es probable que las plantas presenten signos de deficiencias por estos elementos.

También se observó que en el estrato D del perfil 7 se muestran concentraciones bajas a muy bajas de casi todos los elementos, esto se puede deber a la cantidad de arenas que presenta este estrato ya que estas no pueden retener estos elementos nutritivos y por lo cual es una parte infértil, por lo cual se podrían presentar deficiencias nutrimentales en las

plantas establecidas con raíces en esa parte del suelo; esta característica se puede inferir que pasa en todo el paraje, ya que es probable que exista la capa de arena en toda la superficie del paraje, por alguna depositación de estos materiales en los procesos de formación del suelo.

En este paraje se encuentran cuatro especies teniendo concentraciones nutrimentales (tabla 62) similares excepto en las concentraciones de B donde sobre salen los *Eucalyptus* seguidos de las *Casuarina*, *Grevillea* y finalmente *Cupressus*, sin que se presenten diferencias significativas en los otros nutrientes, por lo que se puede inferir que esta última especie es poco sensible al B; sin embargo las concentraciones de Fe son muy altas en todas las especies por lo que este elemento se está almacenado y podría generar un efecto adverso para la salud de la planta.

Tabla 62. Contenido nutrimental de las especies arbóreas representativas del paraje K.

Especie dominante	Subzona	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	B	Fe
		%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
<i>Casuarina equisetifolia</i>	K2	1.62	0.8	0.7	1.83	0.37	6.13	62.88	60.6	333.2	404.88
<i>Cupressus lusitanica</i>	K2	0.81	0.12	0.85	1.21	0.35	9.4	52.78	30.85	58.71	1213.55
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	K2	1.12	0.08	1.06	1.02	0.29	6.5	47.62	65.38	307.05	288.93
<i>Grevillea robusta</i>	K2	1.62	0.1	0.99	1.52	0.3	9.58	95.46	109.98	80.5	565.18

Aunque el resultado del estudio fitosanitario develo que el estado del follaje de las especies de este paraje es de bueno a regular, aunque se debe a un daño mecánico por una mala poda y vandalismo, sin que exista algún problema por plagas o enfermedades, lo que nos indica que no tiene algún tipo de estrés nutrimental.

5.4.12 Paraje L

Este se encuentra como una franja que va del extremo sur-oeste hacia el centro del bosque, es un paraje cuenta con mucho tránsito de personas en los fines de semana, esto se refleja en una compactación media en la zona, se encuentra el punto de muestreo 15 y el perfil 9, este último se describe en la tabla 63 y se caracteriza por presentar una interestratificación de arena.

Tabla 63. Descripción del perfil 9.

Las características físicas de densidad aparente, clase textural y curva de retención de humedad se muestran en la tabla 64, donde se muestran clases texturales medias interestratificadas con arenas que se corresponden con los valores de densidad aparente y a las características de la curva de retención de humedad, con estructuras bien

desarrolladas subangulares. Lo que se refiere a un suelo excelente en cuanto a sus propiedades físicas.

Estrato	Profundidad	Observaciones
A	0-16	Presenta una gran cantidad de raíces y materia orgánica, con una coloración pardo oscuro, con estructura poliédrica subangular, con muy poca humedad.
B	16-80	Presenta muy pocas raíces, con un color marrón, tiene una estructura poliédrica angular, presenta un poco de humedad.
C	80-105	Se encuentra una mayor cantidad de raíces que en la capa superior con un color marrón y gris, sin estructura apreciable, tiene un gran contenido de arena.
D	105-120	Una capa de arena color gris, sin estructura apreciable.
E	>120	Color pardo obscuro con una estructura poco apreciable con alta cohesión y gran cantidad de humedad.

Tabla 64. Propiedades físicas del paraje L.

N muestra	presión (ATM)									Dap	ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA
	0.3	0.5	1	3	5	7	10	13	15					
Muestra 15, 0-30	34.76	30.82	26.75	21.8	19.88	18.72	17.58	16.78	16.36	1.13	58.2	28.6	13.2	FRANCO ARENOSO
Muestra 15, 30-60	40.45	36.85	32.44	26.48	24.09	22.64	21.19	20.19	19.66	1.11	42.2	36.6	21.2	FRANCO
Perfil 9-A	49.87	46.31	41.02	32.75	29.26	27.13	25.01	23.55	22.79	1	25.5	51.3	23.2	FRANCO LIMOSO
Perfil 9-B	45.62	42.46	38.07	31.5	28.74	27.04	25.33	24.15	23.52	1.12	23.5	41.3	35.2	FRANCO ARCILLOSO
Perfil 9-C	47.73	44.75	40.42	33.67	30.78	28.98	27.18	25.92	25.25	1.09	41.5	25.3	33.2	FRANCO ARCILLOSO
Perfil 9-D	14.27	8.97	7.17	5.59	5.04	4.71	4.4	4.18	4.07	0.97	95.5	2.5	2	ARENA
Perfil 9-E	62.89	60.93	57.36	50.11	46.48	44.11	41.65	39.9	38.96	0.88	61.6	28.6	9.8	FRANCO ARENOSO

La tabla 65 presenta los resultados de las propiedades químicas de las muestras de suelo del paraje, donde se observa que el pH extremadamente elevado para las condiciones de suelo, derivado de altas concentraciones de K principalmente, esta al ser una propiedad que determina la disponibilidad de los elementos, establece que aun y cuando las concentraciones de los elementos este alta se puedan presentar deficiencias de algún elemento o no se presente una toxicidad marcada a algún elemento, además de afectar las relaciones microbianas en la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

En tanto que la conductividad eléctrica no es suficiente para ser considerado salino. La materia orgánica es muy alta lo que influye en las concentraciones de los elementos por la depositación por efecto de la mineralización de esta; sin embargo esta restringido por el pH

Tabla 65. Propiedades químicas del paraje L.

N muestra	pH	CE	MO
		dSm ⁻¹	%
Muestra15, 0-30	8.68	0.58	9.41
Muestra15, 30-60	9.07	0.98	8.07
Perfil9-A	8.06	0.58	15.46
Perfil9-B	9.62	1.04	2.02
Perfil9-C	10	1.46	4.71
Perfil9-D	10.44	1.02	2.02
Perfil9-E	9.85	2.4	3.36

En cuanto a la fertilidad del suelo (tabla 66), se encontró que el K, Ca, Mg y B están en concentraciones muy altas por lo que podrían tener efectos tóxicos, sin embargo la condición de pH no permite este efecto; por otra parte el Cu y Zn presentan concentraciones muy altas en la parte superficial y subsuperficial, por lo que se podría suponer que también pueden tener un efecto tóxico, pero en las partes más profundas se registran pequeñas cantidades de estos elementos, por lo cual las plantas con raíces profundas pueden presentar deficiencias por estos elementos.

Tabla 66. Elementos de fertilidad del paraje L.

N muestra	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
	mgKg ⁻¹	mg Kg ⁻¹									
Muestra15, 0-30	38.2	76.3	2290	5588	1380	12.99	7.1	14.1	3.53	8.45	700
Muestra15, 30-60	46.2	74.2	2840	4241	1382	7.01	2.72	6.67	3.33	7.72	1190
Perfil9-A	36.4	38.16	2400	5922	1121	19.87	2.22	9.61	19.71	8.91	920
Perfil9-B	9.1	15.42	3330	8434	1578	5.41	0.61	3.46	4.33	13.49	1730
Perfil9-C	25.2	13.88	3100	3245	1397	6.87	0.48	3.63	6.16	12.23	1870
Perfil9-D	18.4	9.27	576	614	106	6.74	ND	0.8	0.89	3.11	390
Perfil9-E	10.4	3.74	4830	2153	1008	1.58	ND	2.01	1.54	10.41	3400

La concentración elevada de K y B en el paraje nos indica una contaminación por detergentes, probablemente a causa del agua de riego, lo que está induciendo a una degradación y salinización del suelo en el corto y mediano plazo.

En el paraje L se encuentran 3 especies representativas, *Cupressus lusitánica*, *Eucalyptus camaldulensis* y *Schinus molle*; en la tabla 67 se presenta el contenido de elementos en las

plantas muestreadas, donde se observa una acumulación de B en *E. camaldulensis*, llegando a niveles muy altos.

Tabla 67. Contenido nutrimental de las especies arbóreas representativas del paraje L.

Especie dominante	Subzona	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	B	Fe
		%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm
<i>Cupressus lusitanica</i>	L2	0.71	0.12	0.85	0.86	0.29	11.85	50.34	23.05	58.71	1066.68
<i>Cupressus lusitanica</i>	L2	0.51	0.12	0.81	0.66	0.25	6.88	56.88	17.08	63.07	694.25
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	L1	0.91	0.11	0.73	1.48	0.23	8.55	49.96	151.23	410.17	322.9
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	L2	1.42	0.09	0.61	1.25	0.24	9.28	56.1	89.4	510.37	286.83
<i>Schinus molle</i>	L1	2.13	0.44	1.78	0.7	0.38	11.3	57.16	26.95	38.38	420.7

En todas las especies se encuentra en concentraciones muy altas el Fe, aunque el estado fitosanitario del follaje es regular pero hay múltiples factores que afectan a cada una de las especies, como pueden ser plaga, enfermedades, estrés hídrico y daño mecánico, por lo que no se le puede atribuir que exista un efecto tóxico por algún microelemento.

5.4.13 Paraje N

El paraje es una franja que va del extremo este a centro de bosque de San Juan de Aragón, aquí se ubicaron los puntos de muestreo 9 y 13, las especies arbóreas representativas son *Casuarina equisetifolia* y *Fraxinus uhdei*.

Las características físicas encontradas en el paraje se muestran en la tabla 68, se observa que se tiene una compactación ligera, con una textura media que se corresponden con las características de la curva de retención de humedad. Lo que se refiere a un suelo excelente en cuanto a sus propiedades físicas.

Tabla 68. Propiedades físicas del paraje N.

N muestra	presión (ATM)									Dap	ARENALIMO ARCILLA			TEXTURA
	0.3	0.5	1	3	5	7	10	13	15		tm ⁻³	%	%	
Muestra 9, 0-30	42.9	39.04	34.09	27.21	24.45	22.78	21.13	20	19.4	1.07	38.2	38.6	23.2	FRANCO
Muestra 9, 30-60	44.74	40.68	35.29	27.66	24.61	22.77	20.96	19.72	19.07	1.09	34.2	38.6	27.2	FRANCO ARCILLOSO
Muestra 13, 0-30	45.4	42.32	38.06	31.67	28.98	27.32	25.65	24.48	23.87	1.01	30.2	42.6	27.2	FRANCO ARCILLOSO
Muestra 13, 30-60	45.39	42.34	38.12	31.78	29.1	27.45	25.79	24.63	24.02	1.08	26.2	38.6	35.2	FRANCO ARCILLOSO

Las propiedades químicas del paraje se pueden observar en la tabla 69, se encontraron valores muy altos de pH (> 8.6) lo que significa que el suelo es alcalino, debido a la depositación de K, por el agua de riego que contiene trazas importantes de este elemento;

Esto va influir directamente con la disponibilidad de los elementos nutritivos para las plantas y en el nivel de mineralización de los compuestos orgánicos del suelo.

También la MO esta en niveles muy altos por la depositación de estos por las plantas (hojarasca) y la adición de fertilizantes orgánicos y otros residuos de las mismas características.

Tabla 69. Propiedades químicas del paraje N.

N muestra	pH	CE	MO
		dSm ⁻¹	%
Muestra9, 0-30	8.63	0.88	16.14
Muestra9, 30-60	9.58	1.3	7.4
Muestra13, 0-30	8.74	5.78	22.19
Muestra13, 30-60	9.83	7.22	8.74

En la tabla 70 se muestran las concentraciones de los elementos nutritivos para las plantas que hay en el suelo de este paraje, el N, P, Ca, y Fe se encuentran en un nivel de medio a muy alto por lo cual están en una concentración adecuada para las plantas, pero pueden estar no disponibles por efecto del pH.

Tabla 70. Elementos de fertilidad del paraje N.

N muestra	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
	mgKg ⁻¹	mg Kg ⁻¹									
Muestra9, 0-30	33.4	30.2	2910	4730	1064	19.9	1.57	4.22	4.24	7.3	1040
Muestra9, 30-60	27.4	45.5	3430	5308	1256	13.6	1.83	2.49	8.2	10.37	1880
Muestra13, 0-30	66.6	43.1	6460	4094	873	11.99	2.24	15.73	10.1	21.17	3780
Muestra13, 30-60	36.2	43.1	6240	5373	1426	6.82	1.31	2.51	7.15	9.86	4780

El K y B se encuentran en concentraciones muy altas los cual podría provocar un efecto fitotóxico, sin embargo el pH provoca que no estén o que estén poco disponibles. El Zn y Cu también se encuentran en niveles muy altos pero no en todo el paraje ya que las mayores concentraciones se registraron en la parte superficial, debido a la depositación de estos elementos en el agua de riego, ya que son poco móviles en el suelo.

El Mg se encuentra de alto a muy alto, pero se registran las mayores concentraciones solo en la parte subsuperficial, lo que nos indica que se está acumulando en esta parte, y lo podemos atribuir a un sobre riego o fuga de agua, lixiviando este elemento; Sin embargo debe de existir alguna condición en la composición del suelo, a más de 60 cm, para que este elemento se esté depositando y no se deposite a estratos profundos.

Las especies representativas son dos *C. equisetifolia* y *F. uhdei*, en la tabla 71 se muestran los resultados del contenido de los elementos de estas especies en el paraje, y se encontró que el contenido de B es muy alto, mayor a 75 ppm que es el límite según Curtis 2008, también el Fe está en una condición similar con una concentración de más de 300 ppm por lo cual se esperaría que tengan alguna alteración por la toxicidad de estos microelementos; sin embargo el estudio fitosanitario reporto que estas especies tienen un estado regular y bueno del follaje , aunque presentan plaga por descortezadores y barrenadores, que se puede deber a una disminución de los mecanismos de defensa por el efecto toxico de los elementos encontrados.

Tabla 71. Contenido nutrimental de las especies arbóreas representativas del paraje N.

Especie dominante	Subzona	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	B	Fe
		%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
<i>Casuarina equisetifolia</i>	N1	1.62	0.1	0.83	1.75	0.36	9.45	36.52	59.03	206.85	387.1
<i>Casuarina equisetifolia</i>	N1	1.32	0.01	0.68	1.36	0.24	8.28	30.68	44.73	176.35	459.43
<i>Casuarina equisetifolia</i>	N3	1.62	0.09	0.69	1.76	0.32	10.1	177.14	78.95	203.94	526.1
<i>Fraxinus uhdei</i>	N4	2.23	0.17	1.37	0.64	0.39	8.88	33.22	49.58	22.41	461.68

5.5 Interpolación de propiedades de los suelos

Se compararon los modelos de interpolación IDW y Kriging y se determinó a través de una validación cruzada si hay diferencias significativas entre los resultados de los métodos de interpolación estadística y cual tiene una mayor correlación con los datos reales de cada una de las variables de la parte superficial y subsuperficial del suelo del Bosque de Aragón; las diferencias significativas se determinaron mediante un análisis de varianza realizado con los programas Excel y SAS.

Para pH de 0-30, se encontró que IDW y Kriging tiene un coeficiente de correlación (r^2) similar por lo que los dos se aproximan a la realidad de igual manera, sin embargo esta es de un 73% de exactitud; para la profundidad de 30-60. IDW tuvo un mejor coeficiente de correlación con respecto al otro modelo, por lo que la superficie de respuesta se apega más a la realidad, ya que predice el 83% de los datos; por lo que concluye que para los valores de pH IDW genera la mejor superficie de respuesta.

En N de 0-30, IDW presento un coeficiente de correlación de 93%, mientras que Kriging tuvo 76% de correlación, para la profundidad 30-60 el resultado fue de 98% para IDW y 75% para Kriging, por lo que se determino que IDW resulto se mejor interpolador para la variable N, ya que genero superficies de respuestas más apegadas a la realidad y con respecto a los coeficientes de correlación también fueron altos por que están muy cercanos al 100%.

Para P se encontró un coeficiente de correlación de 61 y 91 % para IDW y de 85 y 94% para Kriging en las profundidades 0-30 y 30-60 respectivamente, por lo que este segundo interpolador mostro resultados mayores en las dos profundidades, por lo que se concluye que Kriging genero superficies de respuestas más reales para la variable P.

En K se encontraron en los primeros 30 cm valores de 95% y 98% para IDW y Kriging respectivamente, por lo que este último es el que tiene una superficie de respuesta más exacta; mientras que en la parte subsuperficial paso lo contrario, IDW presento valores de 95% mientras que Kriging obtuvo una correlación del 75%, por lo que hubo una diferencia en cuanto a la eficiencia de los interpoladores según la profundidad.

Por otra parte, en cuanto al B, Kriging obtuvo mejores resultados de correlación, con valores de 87 y 96%, con respecto a los presentados por IDW con 82 y 84%, en la parte superficial y subsuperficial respectivamente; como ya se menciona, para este elemento las superficies de respuesta dadas por Kriging están más cercanas a la realidad prediciendo mejor la disponibilidad del B en la superficie del bosque.

IDW obtuvo superficies de respuesta más reales en las variables, pH 30-60, N en las dos profundidades, y K en 30-60; mientras que Kriging se mostró como un interpolador con un mayor coeficiente de correlación para las variables, P y B en las dos profundidades, K 0-30.

5.6. Condiciones del suelo del bosque

La condición actual del suelo se debe en gran medida a los niveles de potasio, este no está en forma elemental sino en forma de KOH (Hidróxido de potasio) el cual produce un medio alcalino, este se evidencia en los resultados de pH, así, repercute en la disponibilidad de los elementos nutritivos y en la actividad de los microorganismos sobre la materia orgánica.

La forma en que los nutrientes están disponibles se relaciona directamente con el pH del suelo, ya que si este es cercano a 6.5 los elementos nutritivos podrán ser absorbidos por la planta (Taiz 1990). De esta manera el suelo del Bosque de Aragón tiene un pH alcalino, se deduce que los elementos nutritivos para la planta no están disponibles; esto es un efecto negativo para su desarrollo ya que su nutrición se ve afectada; así mismo muchos de estos elementos están por arriba de los niveles permisibles, por lo cual son tóxicos, sin embargo al estar poco disponibles no se da este efecto de toxicidad.

El desarrollo microbiano necesita condiciones especiales de pH, por lo que los medios moderadamente ácidos permiten la actividad de estos organismos; el suelo al tener un pH alcalino no permite que la actividad microbiana sea óptima, por lo cual la materia orgánica no se degrada con lo cual se impiden los procesos de humificación y mineralización, dando como resultado un menor aporte de los elementos nutritivos.

y con se va acumulando en el suelo, además al no degradarse y no dar paso a los procesos de humificación y mineralización de esta, el suelo tiene un menor aporte de elementos nutritivos para las plantas.

6 Conclusiones

Al comparar los interpoladores krigging presentó mejor correlación en la mayoría de los casos. Sin embargo debido a que no fue en todas las propiedades, es necesario realizar pruebas de correlación cada vez que se realice una interpolación.

Es factible la realización de superficies de respuesta a través de interpolación a fin de generar recomendaciones de manejo.

La principal problemática edáfica observada es una contaminación por boro en todos los parajes así como niveles de potasio elevados lo que redundó en pH alcalinos, por lo que se sugiere estudios de monitoreo de calidad de agua y lavado de suelos.

6.1 Propuesta de manejo del suelo del Bosque de San Juan de Aragón

6.1.1 Remediación

Para mejorar las condiciones del suelo del bosque de Aragón se presentan las siguientes recomendaciones:

Para disminuir la cantidad de potasio y boro existente en el suelo se necesita establecer un sistema de drenaje en toda la superficie del bosque, esto con la finalidad de poder realizar lavados de dichos minerales del suelo, ya que estos, según el estudio realizado, se encuentran en niveles muy altos que pueden ser tóxicos para las plantas;

Otro de los efectos producidos por la presencia excesiva del potasio es el incremento del pH, lo cual no permite la buena adsorción de los nutrientes necesarios para la óptima nutrición y crecimiento vegetal, este problema también se solucionará cuando se realicen los lavados, ya que por la lixiviación del potasio la concentración será cada vez más baja, y se disminuirá paulatinamente el pH.

Junto con el sistema de drenaje se tiene que hacer lavados del suelo, por lo cual se debe de tener un riego controlado para que el lavado sea adecuado y no se pierdan elementos o se sigan acumulando.

Además no se recomienda que se trate de disminuir el pH o al menos que se tenga sumo cuidado para la introducción o agregado de mejoradores de suelo para reducir dicha característica, ya que los elementos (potasio, boro) que están en concentraciones muy altas o tóxicas pueden provocar daños irreversibles de forma súbita en la vegetación actual del lugar.

También se puede introducir algún organismo vegetal muy sensible al boro, en pequeñas parcelas piloto, ya que estos extraen rápidamente cantidades de boro, con lo cual se disminuirá los niveles de boro, sin embargo los residuos de estos vegetales se tendrán que desechar de forma conveniente, ya que contienen grandes cantidades del elemento extraído y se reintegraran al medio, provocando una re-contaminación, por lo cual serán considerados residuos de manejo especial, por lo cuales estos vegetales no pueden estar al alcance de los usuarios

Después de haber tenido un resultado favorable en los lavados del suelo y en la extracción de concentraciones toxicas de los minerales, se deberá de reintegrar al suelo materia orgánica, para fertilizar el suelo, integrando la materia orgánica en el suelo, esto debe de ser cuando menos en la capa arable, además de hacer análisis de la fertilidad del suelo para poder realizar un plan de fertilización eficiente.

Además se tiene que romper mecánicamente con la capa de arena que presenta el suelo, ya que esta funciona como un sello impermeable y que limita el crecimiento de la vegetación arbórea, esto se podría realizar en corredores o pequeñas zonas de reforestación; aunado a esto se tendrá que remover los residuos inorgánicos y de construcción que presentan algunas zonas del bosque.

6.1.2 Mitigación

Los problemas más importantes del suelo están ligados a al tipo de riego ya que el agua contiene una gran cantidad de minerales, en especial potasio y boro, los cuales se encuentran en detergentes y productos de limpieza; por lo cual una medida de mitigar estos problemas es controlar el riego, calculando la lamina de riego adecuada, además de tener cuidado de no tener fugas que provoquen un riego excesivo de algunas aéreas, provocando una mayor concentración de los minerales antes mencionados.

También el pH se disminuirá integrando materia orgánica al suelo, esto quiere decir que se tiene que revolver con el suelo es los primeros 15 o 30 cm de profundidad del suelo, con esto se provocara que la materia orgánica puedan acidificar el medio además de airearlo provocando una mejor condición del suelo para el crecimiento vegetal al menos en la parte superficial.

Además para mantener una cobertura vegetal se debe de introducir especies vegetales resistentes a suelos salinos, como el pasto bermuda (*Cynodon dactylon*), King grass (*Pennisetum purpureum*), pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*).

También se debe de dejar los arboles que tienen un buen crecimiento y no contengan algún tipo de plaga o enfermedad, ya que estos organismos están adaptados a las condiciones actuales del suelo.

Con respecto a las zonas con desechos inorgánicos o restos de materiales de construcción, se recomienda que en esos sitios se realicen las obras de edificación que se necesiten ya que estas aéreas tiene un suelo muy pequeño en el cual no se podrá establecer ningún tipo de vegetación con raíces mayores a 15 cm.

7 Referencias bibliográficas

Aguilera, H., N., (1989), Tratado de edafología en México, tomo 1, UNAM, Distrito Federal, México, 222 pp

Álvarez, Y., P., Duran V., G., (2005), Simulación de los contaminantes en el lago del bosque de San Juan de Aragón, México D.F., Tesis de licenciatura, Facultad de ingeniería, UNAM, México.

Azcon-Bieto, J., (1993), Fisiología y bioquímica vegetal, Mc GRAU-HILL, Madrid, España, 581 pp.

Barros A. S. 2007. El género *Acacia*, Especies Multipropósito. Ciencia e Investigación Forestal, Instituto Forestal. Noviembre. Número extraordinario. Chile. 5-30 pp

Bhon, L., H., McNeal, L., B., O'Connor, A., G., (1993), Química del suelo, Limusa, Distrito Federal, México, 370 pp.

Castellanos, J. Z., J. X. Uvalle-Bueno y A. Aguilar-Santelises. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelo y agua. Segunda Edición. Instituto de capacitación para la productividad agrícola. INCAPA. Estado de México, México. 226 p.

Chang, R., (2003), Química, séptima edición, Mc GRAW- HILL, Santafé de Bogotá, Colombia, 999 pp

Chaves, E., Fonseca, W.,(1991), Ciprés (*cupressus lusitánica*),Centro Agronómico tropical de Investigación y Enseñanza, Turribal, Costa Rica, 70 p.

Curtis, H., Barnes, N., S., Schnek, A., Massarini, A., (2008) Biología, séptima edición en español, editorial panamericana, Buenos Aires, Argentina, 1009 pp

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL (1988), Manual de planeación, diseño y manejo de las áreas verdes del Distrito Federal. México, 285 pp.

Domínguez, V.A. (1997) Tratado de Fertilización. Tercera Edición. Mundi Prensa. Madrid. 613 pp.

Fassbender, H.W. Boernemiza, E. (1987) Química de Suelos, con énfasis en suelos de América Latina. IICA. 5ta. Reimpresión. San José. 420 pag.

Francis, J. K. 1990. *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsh. Fresno, tropical ash. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 4 p.

Gómez R. A., 2010. Estudio Avifaunístico del Parque Urbano Bosque de San Juan de Aragón, Ciudad de México, Tesis de licenciatura, FES Iztacala, UNAM, México.

González E. M., González E. S., Álvarez Z. R., López E. L., 2008. Árboles y Arbustos de los parques y jardines del norte-centro de México. Instituto Politécnico Nacional. México.168 p

- Gustavo A. Madero. 1999. Memorias de la Delegación Gustavo A. Madero.
- INEGI. 1980. Carta de climas. E14A39. Ciudad de México. México.
- INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda. <http://www.censo2010.org.mx>
- Mas C. J., Salmerón D. J., 1991. Setos y Cerramientos Ornamentales. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. Numero 15. Madrid. España. 32 p
- Martínez G. L., 2009. Árboles y áreas verdes de la Ciudad de México y su zona Metropolitana. Fundación Xochitla A. C. México. 360 p
- Martínez J.L., de la Fuente M.M., Muñoz E. 1999. El boro en los vertidos industriales. Ingeniería Química. Numero 9: 163-169 pp.
- Muños I. D., Mendoza C. A., López G. F., Soler A. A., Hernández M. M., 2007. Edafología Manual de métodos de análisis de suelo. UNAM. EDO. MÉX, México. 82 p.
- Natale S. E., Gaskin J., Zalba M. S., Ceballos M., Reinoso H.E. 2008. Especies del género Tamarix (Tamaricaceae) invadiendo ambientes naturales y seminaturales en Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina Botánica. 43(2). 137–145 pp.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad, y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario oficial de la federación. 31 de diciembre del 2002.
- Pacheco A. C., Barrios R. A., 2004. Evaluación de métodos de interpolación en la construcción de un modelo digital de elevación con fines hidrológicos: aplicación en una cuenca andina de montaña. Revista Forestal Venezolana. 48(2). 118-126 pp.
- Porta C. J., López-Acevedo R. M., Roquero D. L. C., 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 807 p.
- Rodríguez S. F., 1982. Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT Editores. Distrito Federal. México. 157 p.
- Russell E, J., 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. cuarta edición. AGT ediciones. Madrid. España. 801 p.
- Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal. 2003. Inventario de Áreas Verdes en el Distrito Federal.
- Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal. 2010. Portal de Áreas verdes urbanas.
- Sorensen M., Barzetti V., Keipi K., Williams J., 1998. Manejo de las áreas verdes urbanas. Departamento de Desarrollo Sostenible. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Salisbury B.F., Ross C.W., 1992. Fisiología Vegetal. Editorial Iberoamericana. México. 759 p..
- Taiz L., Zeiger E., 1990. Plant physiology. 3rd edición. Sinauer. Massachusetts. EEUU. 690 p.

Thompson L. M., Troeh F. R., 1988. Los suelos y su fertilidad. Cuarta edición. Reverté. Barcelona. España. 649 p.

Villatoro M., Henríquez C., Sancho F., 2008. Comparación de los interpoladores idw y kriging en la variación espacial de pH, cA, cice Y P del suelo. *Agronomía Costarricense*. 32(1). 95-105.

Wild A., 1992. *Soils and the environment*. Cambridge University Press. New York. EEUU. 287 p.

Zárate M. R. P., Ordóñez C. V. R., Martínez, C. J. L., 2001. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas de *Grevillea robusta* A. Cuun. *Madera y Bosques*. Primavera. 7(1). Instituto de Ecología A. C. Xalapa. México. 57-69 pp.

8 Anexos

8.1 Anexo 1

Coordenadas de los puntos de muestreo.

Número muestra	de	Profundidad	Paraje	Coordenadas	
				X	Y
1		0-30	D	492300	2152250
1		30-60	D	492300	2152250
2		0-30	E	492500	2152250
2		30-60	E	492500	2152250
3		0-30	E	492700	2152250
3		30-60	E	492700	2152250
4		0-30	E	492900	2152250
4		30-60	E	492900	2152250
5		0-30	B	491700	2152050
5		30-60	B	491700	2152050
6		0-30	B	491900	2152050
6		30-60	B	491900	2152050
7		0-30	C	492300	2152050
7		30-60	C	492300	2152050
8		0-30	E	492900	2152050
8		30-60	E	492900	2152050
9		0-30	N	493100	2152050
9		30-60	N	493100	2152050
10		0-30	A	491700	2151850
10		30-60	A	491700	2151850
11		0-30	A	491900	2151850
11		30-60	A	491900	2151850
12		0-30	C	492100	2151850
12		30-60	C	492100	2151850
13		0-30	N	492700	2151850
13		30-60	N	492700	2151850
14		0-30	G	492900	2151850
14		30-60	G	492900	2151850
15		0-30	L	491900	2151650
15		30-60	L	491900	2151650
16		0-30	C	492100	2151650
16		30-60	C	492100	2151650
17		0-30	G	492700	2151650

17	30-60	G	492700	2151650
18	0-30	K	491700	2151450
18	30-60	K	491700	2151450
19	0-30	K	491900	2151450
19	30-60	K	491900	2151450
20	0-30	I	492100	2151450
20	30-60	I	492100	2151450
21	0-30	H	492500	2151450
21	30-60	H	492500	2151450
22	0-30	H	491900	2151250
22	30-60	H	491900	2151250
23	0-30	H	492100	2151250
23	30-60	H	492100	2151250
24	0-30	H	492300	2151250
24	30-60	H	492300	2151250
25	0-30	H	491900	2151050
25	30-60	H	491900	2151050

8.2 Anexo 2

Coordenadas de los perfiles de muestreo.

Numero de perfil	Paraje	Coordenada	
		X	Y
1	A	491902	2151891
2	D	492380	2152285
3	E	492813	2152141
4	C	492238	2152107
5	F	493114	2152104
6	H	491897	2151039
7	K	491801	2151398
8	B	491869	2152149
9	L	491984	2151451
10	J	491679	2151547
11	H	492576	2151481
12	I	492157	2151485
13	E	492599	2152308
14	G	492805	2151898