

**ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DE LODOS GENERADOS EN LAS  
ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN MINERA POR PARTE DE LA COMPAÑÍA  
CVS EXPLORATIONS LTDA.**

**PAULO ALEXANDER RUEDA QUINTERO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
SECCIONAL BUCARAMANGA**

**2008**

**ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DE LODOS GENERADOS EN LAS  
ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN MINERA POR PARTE DE LA COMPAÑÍA  
CVS EXPLORATIONS LTDA.**

**PAULO ALEXANDER RUEDA QUINTERO**

**Director (a).**

**Claudia Santoyo**

**Lic. En Biología. Esp en Microbiología Ambiental**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
SECCIONAL BUCARAMANGA**

**2008**

**Nota de aceptación.**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

-----  
**Firma del presidente del jurado**

-----  
**Firma del jurado**

-----  
**Firma del jurado**

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

El señor Jon Lehman, Gerente General de la Compañía CVS Explorations Ltda. Por brindarme una oportunidad inmemorable que me permitió llevar a cabo este proyecto.

La Señora Blanca Stella Frias Osorio, Gerente Administrativa de CVS Explorations Ltda. Por brindarme una oportunidad inmemorable y su apoyo incondicional en todo momento para la realización de este proyecto.

Al personal Administrativo y de Campo de la Compañía CVS Explorations Ltda. Por su participación y apoyo en la realización de este proyecto.

La Señora Claudia Santoyo, Lic. En Biología. Esp en Microbiología Ambiental. Directora del proyecto. Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga.

La Señora Claudia Quintero, Química. Directora del Laboratorio de Análisis Químico de Aguas Residuales. Universidad Pontificia Bolivariana.

A mi familia. Por brindarme su apoyo incondicional en cada una de las etapas que afronte en la ejecución de este proyecto.

A mis amigos. Por brindarme su apoyo moral e incondicional en todo momento.

## **DEDICATORIA**

A mi familia, amigos y la compañía CVS Explorations Ltda.,  
gracias por el apoyo incondicional que me brindaron.  
Cada meta alcanzada, da comienzo a una nueva.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	17
1.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2. MARCO TEÓRICO	18
2.1 ETAPAS DE LA PERFORACIÓN DIAMANTINA CORAZONADA EN LA COMPAÑÍA CVS EXPLORATIONS LTDA	18
2.1.1 Diseño de la plataforma	18
2.1.2 Ensamblaje de la máquina de perforación	18
2.1.3 Desarrollo de las acciones de perforación	19
2.2 POLÍMEROS DE PERFORACIÓN	22
2.2.1 Polyplus RD	22
2.2.2 Mx gel	23
2.2.3 Platinum Pac	23
2.2.4 Ring Free	24
2.2.5 Poly Swell	25
2.3 EL SUELO	25
2.3.1 Estructura y composición	25
2.3.2 Funciones del suelo relacionadas con la contaminación	26
2.3.3 Transformaciones básicas de la materia orgánica en el suelo	27
2.3.4 Biocenosis del suelo	28
2.3.5 Características de las plantas y del suelo fértil	28
2.4 EL SUELO COMO DEPURADOR	33
2.4.1 Propiedades físicas del suelo relacionadas con su mecanismo depurador	33
2.4.2 La fracción inorgánica del suelo	34
2.4.3 Propiedades químicas del suelo relacionadas con su mecanismo depurador	35
2.4.4 Propiedades biológicas de los suelos relacionadas con su sistema depurador	37
2.4.5 Reciclaje de C, N, P, a través del suelo	39
2.4.6 El suelo y los metales pesados	40
2.5 NUTRIENTES MINERALES	41
2.5.1 Macronutrientes	42
2.5.2 Micronutrientes	43
2.6 ESPECIE VEGETAL <i>Medicago bijuga</i>	45
2.6.1 Botánica	45
2.6.2 Suelos y clima	45
2.6.3 Propagación y prácticas culturales	45

2.6.4 Requerimientos edafoclimáticos	45
3. METODOLOGÍA	47
3.1 MEDICIÓN DEL VOLUMEN DE LODOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA	48
3.2 PARCELACIÓN Y PREPARACIÓN DE MEZCLAS LODO-SUELO Y REGISTRO	48
3.2.1 Diseño y construcción de las parcelas	48
3.2.2 Preparación de mezclas lodo-suelo	49
3.3 TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS	51
3.3.1 Muestra de lodo y suelo	51
3.3.2 Muestras de mezcla lodo-suelo y registro	51
3.3.3 Análisis físico-químicos	52
3.4 EVALUACIÓN DEL PROCESO DE GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO	53
3.4.1 Método de siembra	53
3.4.2 Germinación y crecimiento de las semillas	54
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	55
4.1 MEDICIÓN DE VOLÚMEN DE LODOS	55
4.2 PARCELACIÓN Y PREPRACIÓN DE MEZCLAS LODO-SUELO Y REGISTRO	56
4.2.1 Diseño y construcción de las parcelas	56
4.2.2 Preparación de las mezclas lodo-suelo	57
4.3 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS	59
.3.1 Análisis Iniciales	59
4.3.2 Análisis finales	60
4.4 GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE LAS SEMILLAS	61
4.4.1 Tasa de Germinación.	61
4.4.2 Tasa de mortalidad.	66
4.4.3 Relación tallo-hojas.	74
4.5 HIPOTESIS ESTADISTICA “Distribución t Student” ENTRE LA RELACIÓN DE HOJAS DE LA PARCELA DE REGISTRO CON LAS DIFERENTES PARCELAS DE PROPORCIONES 1:1, 2:1, 3:1	80
4.5.1 Hipótesis estadística	80
5. CONCLUSIONES	82
6. RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFIA	85
ANEXOS	86

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Componentes de las plantas y sus funciones.	28
Tabla 2. Sistemas de protección utilizando biotecnología (modificada de Gray y Sotir, 1992)	32
Tabla 3. Macronutrientes del suelo.	43
Tabla 4. Macronutrientes secundarios del suelo.	44
Tabla 5. Micronutrientes del suelo.	44
Tabla 6. Parámetros físicos a medir a cada una de las muestras de mezcla lodo-suelo y suelo tomados en campo.	52
Tabla 7. Parámetros químicos de macronutrientes a medir a cada una de las muestras de lodo, suelo y proporciones tomadas en campo.	53
Tabla 8. Parámetros químicos de micronutrientes a medir en la muestra inicial de lodo y proporciones de mezcla al final del estudio.	53
Tabla 9. Monitoreo del volumen de lodos de exploración diamantina durante el primer semestre del 2008.	55
Tabla 10. Valores de pH, porcentaje en peso de carbono y relación C/N de la muestra inicial de lodo y suelo.	59
Tabla 11. Valores de porcentaje en peso de carbono y relación C/N, de cada una de las proporciones de mezcla y registro.	60
Tabla 12. Promedio general de hojas y tallo por semanas para la concentración 1:1.	74
Tabla 13. Promedio general de hojas y tallo por semanas para la concentración 2:1.	75
Tabla 14. Promedio general de hojas y tallo por semana para la concentración 3:1.	75
Tabla 15. Promedio general de hojas y tallo por semana para la parcela de registro.	76



## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Etapas del proceso de perforación diamantina.	20
Figura 2. Diseño de la plataforma de perforación	20
Figura 3. Traslado de la máquina de perforación hacia la plataforma	21
Figura 4. Ensamblaje de la máquina de perforación diamantina	21
Figura 5. Recuperación de la plataforma de perforación	22
Figura 6. Tamaño y contenido en arena, limo y arcilla en cada uno de los diferentes tipos de suelo (Textura).	35
Figura 7, Etapas del proceso del proyecto alternativa de aprovechamiento de lodos de exploración minera por parte de la Compañía CVS Explorations Ltda.	47
Figura 8. Proceso de mezcla de cada una de las proporciones lodo-suelo.	50
Figura 9. Adición de cada uno de los sustratos a las parcelas diseñadas.	50
Figura 10. Construcción de las parcelas de estudio para cada uno de los sustratos.	56
Figura 11. Etapa inicial del proceso de mezcla lodo-suelo.	58
Figura 12. Etapa final del proceso de mezcla lodo-suelo después de haber transcurrido un mes.	58
Figura 13. Gráfica estadística en porcentaje de semillas germinadas de la concentración 1:1.	62
Figura 14. Imagen del proceso de germinación de la parcela de concentración 1:1.	62
Figura 15. Grafica estadística en porcentaje de semillas germinadas de la concentración 2:1.	63
Figura 16. Imagen del proceso de germinación de la parcela de concentración 2:1.	63
Figura 17. Grafica estadística en porcentaje de semillas germinadas de la concentración 3:1.	64
Figura 18. Imagen del proceso de germinación de la parcela de concentración 3:1.	64
Figura 19. Grafica estadística en porcentaje de semillas germinadas de la parcela de registro.	65
Figura 20. Imagen del proceso de germinación para la parcela de registro.	65
Figura 21. Porcentaje de mortalidad para la concentración 1:1.	67
Figura 22. Porcentaje de mortalidad acumulado para la concentración 1:1.	67
Figura 23. Porcentaje de mortalidad para la concentración 2:1.	68
Figura 24. Porcentaje de mortalidad acumulado para la concentración 2:1.	68
Figura 25. Porcentaje de mortalidad para la concentración 3:1.	69
Figura 26. Porcentaje de mortalidad acumulada para la concentración 3:1.	69
Figura 27. Porcentaje de mortalidad para la parcela de registro.	70

Figura 28. Tasa de mortalidad acumulada para la parcela de registro.	70
Figura 29. Factores que influenciaron la tasa de mortalidad.	72
Figura 30. Factores que influenciaron la tasa de mortalidad.	72
Figura 31. Factores que influenciaron la tasa de mortalidad.	73
Figura 32. Factores que influenciaron la tasa de mortalidad .	73
Figura 33. Grafica estadística de la relación entre tallo y hojas para la concentración 1:1.	74
Figura 34. Grafica estadística de la relación entre tallo y hojas para la concentración 2:1.	75
Figura 35. Grafica estadística de la relación entre tallo y hojas para la concentración 3:1.	76
Figura 36. Grafica estadística de la relación entre tallo y hojas para la parcela de registro.	77
Figura 37. Crecimiento de la planta en función de la relación tallo-hojas para la parcela de registro.	78
Figura 38. Crecimiento de la planta en función de la relación tallo-hojas para la concentración 1:1.	79
Figura 39. Crecimiento de la planta en función de la relación tallo-hojas para la concentración 2:1.	79
Figura 40. Crecimiento de la planta en función de la relación tallo-hojas para la concentración 3:1.	80
Figura 41. Grafica estadística representativa de cada una de las tres hipótesis planteadas entre la parcela de registro con las proporciones de mezcla.	81

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Ficha tecnica de lodos de perforación	87
Anexo B. Mapa de la ubicación geografica del estudio ambiental llevado a cabo en la compañía cvs explorations ltda.	92
Anexo C. Diseño de planta y perfil de las parcelas del estudio de aprovechamineto de lodos de exploración minera por parte de la compañía cvs explorations ltda.	94
Anexo D. Análisis físico-químico inicial de la muestra de lodo y suelo tomadas en campo	96
Anexo E. Analisis físico-químico final de las muestras de cada una de las concentraciones y registro	98
Anexo F. Tablas del monitoreo en campo y calculos de la tasa de germinación para cada una de las concentraciones y registro.	101
Anexo G. Tablas de cálculo del porcentaje de mortalidad y mortalidad acumulada	110
Anexo H. Tablas de monitoreo en campo del numero de hojas y longitud de tallo para cada una de las concentraciones y registro.	113
Anexo I. Tablas de calculos de la hipoetesis estadistica distribución “t” student para cada proporción de mezcla en función de la parcela de registro.	158

## GLOSARIO

**BIOCENOSIS:** Es el conjunto de organismos de cualquier especie (vegetal y animal) que coexisten en un espacio definido, que ofrece las condiciones necesarias para su supervivencia.

**EMBOLAMIENTO:** Acumulación de sólidos de perforación debajo de la barrena, inhibiendo que los cortadores hagan contacto continuo con la nueva perforación.

**INOCUO:** Que no hace daño al medio ambiente o a la salud humana.

**MATERIAL OBTURANTE:** Material celulósico, que permite sellar eficazmente microfracturas para poner fin a las pérdidas.

**MONTMORILLONITA SÓDICA:** Es un mineral de arcilla que contiene más compuesto de óxido de sodio que óxido de calcio, que se hincha en el agua. Utilizada en diversidad de aplicaciones industriales.

**PEPTIDO:** Son un tipo de moléculas formados por la unión de varios enlaces formados por enlaces peptídicos.

**POLIANIONICO:** Compuestos de metales del grupo 5, adecuados como catalizadores de polimerización, caracterizados al comprender un ligando auxiliar del grupo 15, y tres ligandos univalentes sencillos o multidentados, que comprenden elementos del 14-16 unidos al metal del grupo 5, pero excluyendo los ligandos del ciclopentadienilo.

**REOLOGÍA:** Es la parte de la física que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir.

**REVOQUE:** Es la capa con la que se recubre las paredes de un pozo; ya sea por una composición de distintos materiales.

**TURBERAS:** Son formaciones que se forman cuando se acumula agua en una depresión impermeable y permanece estancada, de manera que la materia vegetal se mineraliza muy lentamente. Entonces se acumula en forma de turba, que es un compuesto muy descompuesto y rico en materia orgánica.

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DE LODOS GENERADOS EN LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN MINERA POR PARTE DE LA COMPAÑÍA CVS EXPLORATIONS LTDA.

**AUTOR(ES):** PAULO ALEXANDER RUEDA QUINTERO

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Ambiental

**DIRECTOR(A):** CLAUDIA SANTOYO

### RESUMEN

El presente trabajo se propone desarrollar una alternativa de aprovechamiento de lodos de exploración minera en la compañía CVS Explorations Ltda. El proyecto comenzó con la medición del volumen de lodos en las piscinas de sedimentación y tanques de captación de retornos diseñados e instalados por la compañía, para la recepción de sus afluentes en cada una de las plataformas; mediante la medición de cada una de las áreas de estas estructuras hidráulicas, a fin de conocer la cantidad de lodo sedimentado durante el primer semestre del año. De igual forma, a medida que se desarrollaban los seguimientos para conocer el volumen de lodos, se comenzó a diseñar los planos de planta y perfil de cuatro parcelas donde se iba a realizar el estudio, a través del área adjudicada por la compañía. A partir de esto, se inicia la preparación de cada una de las proporciones lodo-suelo en concentraciones 1:1, 2:1, 3:1, con el objetivo de tratar la mayor cantidad de lodo, el cual había tenido un tiempo de estabilización de un mes, antes de realizar la homogenización con sustrato natural de la zona; donde cada una de las parcelas de mezcla se estudiaron en función de una parcela de registro la cual estaba conformada por suelo de la zona. La evaluación se realizó con una planta propia de la zona conocida con el nombre de alfalfa (*Medicago bijuga*), durante un periodo de ocho semanas donde los parámetros a monitorear fueron tasa de germinación, tasa de mortalidad, longitud del tallo y número de hojas en cada parcela; previamente realizados un análisis físico-químicos inicial y final, los cuales permitieron conocer los aportes nutritivos del lodo, suelo, y cada una de las proporciones, donde N, C, Fe y Al, fueron los nutrientes más aportados por el lodo en relación al suelo.

**PALABRAS CLAVES:** LODO DE PERFORACIÓN, PLATAFORMA DE PERFORACIÓN, ALTERNATIVA, EXPLORACIÓN

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## GENERAL ABSTRACT OF WORK OF DEGREE

**TITLE:** ALTERNATIVE OF UTILIZATION OF SLIMES GENERATED IN THE ACTIVITIES OF MINING EXPLORATION ON THE PART OF THE COMPANY CVS EXPLORATIONS LTDA.

**AUTHOR(S):** PAULO ALEXANDER RUEDA QUINTERO

**SCHOOL:** School of Environmental Engineering

**DIRECTOR(A):** CLAUDIA SANTOYO

### ABSTRACT

The present work proposes to develop an alternative of utilization of slimes of mining exploration in the company CVS Explorations Ltda. The project began with the measurement of the volume of slimes in the swimming pools of sedimentation and tanks of captation of returns designed and installed by the company, for the receipt of his tributaries in each of the platforms; by means of the measurement of each one of the areas of these hydraulic structures, in order to know the quantity of slime settled during the first semester. Of equal form, as the follow-ups were developing to know the volume of slime, one began to design the planes of plant and profile of four plots where the study was going to be realized, across the area awarded by the company. From this, the preparation begins of each one of the proportions slime - soil in concentrations 1:1, 2:1, 3:1, with the aim to treat the major quantity of slime, which had had a time of stabilization of one month, before fulfilling the homogenization with natural substratum of the zone; where each of the plots of mixture were studied depending on a plot of record which was shaped by soil of the zone. The evaluation was realized by an proper plant of the zone known with the name of alfalfa (*Medicago bijuga*), during a period of eight weeks where the parameters to monitorear were rate of germination, rate of mortality, length of the stem and I number of leaves in every plot; before realized an analysis initial and final physicist - chemist, which allowed to know the nourishing contributions of the slime, soil, and each of the proportions, where N, C, Faith and To, they were the nutrients most contributed by the slime in relation to the soil.

**KEY WORDS:** SLIMES OF PERFORATION, PLATFORM OF PERFORATION, ALTERNATIVE EXPLORATION

V° B° DRECTOR OF WORK OF DEGREE

## INTRODUCCIÓN

Las actividades de exploración minera desarrolladas en el municipio de California Santander por parte de la compañía CVS Explorations Ltda., basadas en la perforación diamantina a través de la utilización de polímeros biodegradables para la realización de sus procesos, ocasionan la generación de una sustancia viscosa conocida como lodo al final del proceso, que a pesar de ser inocuo para el medio ambiente, ocasionan un impacto visual significativo y de igual forma un manejo inadecuado, puede enviar altas cargas de residuos sólidos a las corrientes de agua, provocando problemas de sedimentación en los afluentes donde se hacen las descargas. Por lo tanto, su alta producción, causa un impacto ambiental negativo, el cual es resultado de la inexistencia de una alternativa que permita dar una solución viable al problema de disposición final de los lodos de perforación.

Teniendo en cuenta la problemática generada por esta actividad económica, el presente trabajo plantea una alternativa de aprovechamiento de los lodos de perforación para la exploración minera, en el cual se desarrollaron fundamentalmente cuatro etapas.

Una etapa preliminar que correspondió al cálculo de la producción mensual de lodo de acuerdo a las dimensiones de los tanques de captación de retorno y piscinas de sedimentación, con base en el número de máquinas de perforación en campo, el tipo de estructura del suelo, entre otros factores. Posteriormente, se realizó un análisis físico-químico inicial a una muestra de lodo y suelo por separado y una muestra final de cada una de los sustratos en estudio (proporciones diferentes de mezcla suelo-lodo), lo que permitió establecer la textura del suelo y composición de nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal. Además, se evaluó los diferentes sustratos a través del diseño y construcción de cuatro parcelas para cada una de las mezclas a trabajar, en función de una parcela de seguimiento o registro compuesta de un sustrato natural del suelo.

Finalmente, se cultivó una planta conocida con el nombre de alfalfa (*Medicago bijuga*), y se realizó un seguimiento del crecimiento evaluando parámetros como tasa germinación, tasa de mortalidad, longitud del tallo y número de hojas de

planta por parcela; para establecer mediante la interpretación de los datos obtenidos en campo, cual fue la proporción o las proporciones que obtuvieron los mejores resultados en relación a la parcela de registro.



## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

- Plantear una alternativa de aprovechamiento viable de lodos de perforación resultantes de las actividades de exploración minera que adelanta la compañía CVS Explorations Ltda., en el proyecto la Bodega del municipio de California Santander.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una caracterización físico-química de los lodos generados por el desarrollo de las actividades de exploración minera.
- Diseñar un montaje de parcelas de experimentación, realizando mezclas de lodo y suelo en proporciones diferentes.
- Evaluar los sustratos obtenidos mediante la siembra y monitoreo del crecimiento de la especie vegetal *Medicago bijuga*.
- Determinar la proporción óptima de la mezcla de lodo con suelo teniendo en cuenta los resultados del monitoreo.

## 2. MARCO TEÓRICO

El desarrollo de las actividades de exploración minera, encaminadas hacia la identificación y valoración de los recursos minerales del país, llevadas a cabo por las diferentes compañías nacionales y extranjeras, establecen una serie de planes de trabajo, dependiendo de la ubicación geográfica, características del suelo, condiciones ambientales, relieve, tipo de maquinaria de perforación a emplear, diámetro de tubería, entre otros; con el propósito de cuantificar y establecer la existencia o no de depósitos económicamente explotables.

### 2.1 ETAPAS DE LA PERFORACIÓN DIAMANTINA CORAZONADA EN LA COMPAÑÍA CVS EXPLORATIONS LTDA

Las actividades de perforación diamantina corazonada se encaminan a la obtención de muestras de roca, y son ejecutadas por empresas contratistas especializadas que prestan sus servicios a la compañía “CVS Explorations Ltda.”

Las muestras de roca obtenidas de la perforación permiten cuantificar las reservas minerales de la zona explorada y consta de las siguientes etapas:

**2.1.1 Diseño de la plataforma.** Para iniciar el proceso de perforación, la plataforma se establece en un área de 35 m<sup>2</sup>, en la cual se dispone el equipo. Esta área se descapota y se adecua con herramientas manuales para evitar impactos mayores a los componentes paisajísticos, suelo y flora.

**2.1.2 Ensamblaje de la máquina de perforación.** Una vez se ha adecuado el área requerida para la instalación del taladro, se lleva a cabo el proceso de montaje de la maquinaria, la cual comprende las siguientes fases:

- Diseño de las bases de la máquina.
- Montaje del taladro y adecuación de la máquina.
- Nivelación de la máquina.
- Levantamiento de la torre, con la inclinación en grados.

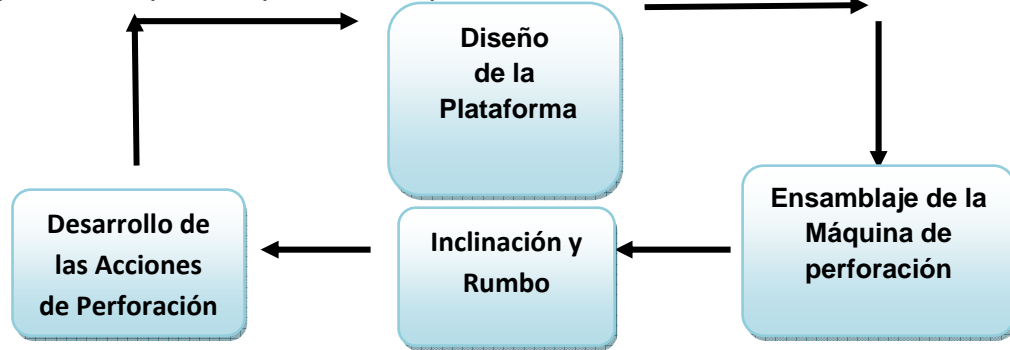
- Encarpado y encerramiento del área (Adecuación).
- Se diseña la trampa de combustibles y aceites, el tanque de descarga de retorno (lodos, sedimentos de perforación).

**2.1.3 Desarrollo de las acciones de perforación.** Desarrolladas las fases de diseño de la plataforma y ensamblaje de la máquina de perforación, se procede a desarrollar las siguientes etapas:

- Se posiciona el comensador (Abre espacio a la barrena). La barrena es un instrumento que rompe y dentro de esta va el interno; el cual es el encargado de recoger la muestra de roca. Esta consta de broca, rima, kuky, cupling y escareador.
- Elección de la tubería para la recolección de muestras. En este punto se escoge el diámetro de tubería con el que se desea perforar. Esta puede ser NQ 47.6mm, HQ 63,5mm, NTW 56mm.
- Descenso de la tubería, hasta los parámetros de profundidad a los que se desea obtener la muestra de roca.
- Adición de polímeros. Se hace la mezcla de Polyplus y Bentonita disueltos en agua en dosis que pueden variar en función del tipo de roca que se este perforando. Todo esto se realiza por los ayudantes de perforación en tanques aledaños a la máquina.
- Descenso del pescante. Instrumento encargado de recoger el interno en todo momento para la extracción de las muestras a diferentes profundidades.
- Se recoge el núcleo (muestras de roca) en cajas para luego ser llevadas al laboratorio.

La presión que ejerce la tubería sobre las paredes del subsuelo, es lo que produce el ascenso de sedimentos acuosos conocidos como *lodos de perforación*, o en otras palabras retorno, los cuales son conducidos a los tanques de recolección que a través de redes de conducción son transportados a las piscinas de sedimentación, donde se genera una problemática ambiental debido a que no se ha establecido un sistema de tratamiento y disposición final de los lodos. La figura 1, presenta las etapas que se llevan a cabo en el proceso de perforación diamantina, para la exploración minera.

**Figura 1.** Etapas del proceso de perforación diamantina.



**Fuente.** El autor.

Las figuras 2, 3, 4 y 5, muestran las etapas que se llevaban a cabo en la perforación diamantina en la compañía CVS Explorations Ltda., comenzando con el diseño y adecuación de la plataforma, traslado de la máquina de perforación, montaje de la máquina y equipos de perforación, y por último la recuperación de la plataforma donde se desarrollaron las fases anteriores.

**Figura 2.** Diseño de la plataforma de perforación



**Fuente.** Compañía CVS Explorations Ltda.

**Figura 3.** Traslado de la máquina de perforación hacia la plataforma



Fuente. Compañía CVS Explorations Ltda.

**Figura 4.** Ensamblaje de la máquina de perforación diamantina



Fuente. Compañía CVS Explorations Ltda.

**Figura 5.** Recuperación de la plataforma de perforación



**Fuente.** Compañía CVS Explorations Ltda.

## **2.2 POLÍMEROS DE PERFORACIÓN**

Los fluidos de perforación son una mezcla de aditivos sólidos o líquidos, disueltos en agua que facilitan las actividades de perforación a través de la remoción de arcillas, estabilización de las paredes del pozo, perdidas de retorno, lubricante de las brocas de perforación, entre otras funciones. Los polímeros más usados por las empresas contratistas de perforación adscritas a la compañía CVS Explorations Ltda., son el Polyplus y el Max gel. **El Anexo A** muestra la ficha técnica de cada uno de estos productos.

**2.2.1 Polyplus RD.** Es una poliacrilamida hidrolizada (PHPA), en presentación sólida que se dispersa fácilmente. El Poly Plus RD está diseñado principalmente para viscosificar y estabilizar arcillas reactivas.

- **Ventajas.** Las facilidades que presenta el Poly Plus RD en los procesos de perforación son las siguientes:
  - Se dispersa y no forma grumos.
  - Mejora la estabilidad del pozo.
  - Es un excelente encapsulante de recortes.
  - Es un producto muy concentrado que reduce los costos de transporte y almacenamiento.
  - Ayuda a evitar el embolamiento de la broca o trepano.
  - Contribuye a limpiar el hoyo.
  - Puede ser usado en sistemas de lodos de agua clara o bajos sólidos.

- Este polímero es compatible con la mayoría de productos de uso común en perforación.
- **Modo de uso.** El Poly Plus RD se mezcla directamente con el sistema circulante de lodo o se mezcla en un recipiente separado a concentraciones altas, para luego agregarlo al sistema.

Las píldoras de barrido de Poly plus RD, se pre mezclan a concentraciones más altas a fin de darles el tiempo suficiente para que el polímero alcance su máximo rendimiento antes de ser bombeado.

- **Limitaciones.** El Poly Plus RD es sensible al calcio y en concentraciones mayores a 300 mg. Empieza a precipitar.

Es sensible al pH. Los valores óptimos están entre 8.5-10.5, valores más altos generan inestabilidad en el polímero.

Sometido a cizallamiento, su viscosidad es afectada, aunque no pierde su capacidad de encapsulamiento y estabilización del hoyo.

**2.2.2 Max gel.** Es una bentonita de tipo Wyoming (Montmorillonita Sódica). Finamente molida y peptizada en grado premium. Formulada para uso de perforación de pozo de agua y exploración minera.

- **Uso.** Es usada para crear revoque en las paredes del pozo, generar viscosidad y controlar la velocidad de filtrado.
- **Aplicación.** Incrementa la capacidad de limpieza del fluido. Forma un revoque en las zonas permeables de fácil remoción, reduciendo admisiones del fluido en las formaciones permeables. Promueve la estabilidad en formaciones no consolidadas y cavernosas. Su rendimiento es casi el doble que la bentonita Standard API.<sup>1</sup>
- **Limitaciones.** Para aguas con exceso de sal de 10,000 PPM, se recomienda la pre hidratación de Max Gel en agua fresca, para mejores resultados. La dureza total de la misma debe ser reducida a 120 PPM o menos.<sup>2</sup>

**2.2.3 Platinum Pac.** Es una celulosa polianionica de alta calidad, soluble en el agua, diseñada para controlar la pérdida de fluido, mejorar revoque e incrementar la viscosidad en fluidos a base de agua.

---

<sup>1</sup> Mi HDD, Mining & Waterwell. Catalogo de polímeros de perforación, 2004. p. 4-5.

<sup>2</sup> Ibid., p. 5.

- **Aplicaciones.** Es eficaz para controlar la pérdida de fluido en lodos de agua fresca, agua de mar, salados y KCL. El revoque resistente, delgado y de baja permeabilidad formado sobre la pared del pozo, minimiza las probabilidades de pega por presión diferencial y disminuye la invasión de filtrado en formaciones permeables.

Provee mejores características reológicas, proporcionando mejor limpieza en el pozo.

- **Ventajas.** Las facilidades que ofrece la implementación de este polímero son las siguientes:
  - Efectivo en bajas concentraciones para controlar la pérdida del fluido.
  - Eleva la capacidad de limpieza de lodo en terrenos de arenas.
  - Encapsula arcillas, inhibiendo su hinchamiento y dispersión.
  - Resistente a las bacterias, no requiere biocida o preservantes.
  - Trabaja bajo un gran rango de salinidad, PH y dureza.
  - Compatible con todos los aditivos de uso común en fluidos.
  - Tiene excelentes características medioambientales.<sup>3</sup>
- **Limitaciones.** Estable térmicamente hasta aproximadamente 300<sup>0</sup> F (150<sup>0</sup>C). Es efectivo en sistemas con durezas totales menores a 1000 PPM (como calcio), pero puede precipitar en durezas combinadas de alta dureza y alto PH.

**2.2.4 Ring Free.** Es un eficiente agente adelgazante. Se usa para remover las arcillas de la sarta de perforación. Debido a su alta disolución, afecta rápidamente la reología del fluido.

- **Usos.** Se usa principalmente para evitar el embolamiento de la broca y/o evitar la formación de anillos arcillosos a lo largo de la tubería de perforación. El producto igualmente ayuda a liberar la tubería atascada, por que el material disuelve las arcillas pegajosas.
- **Aplicaciones.** Para el embolamiento de la barrena y/o anillos de lodo añada de 0,5 a 1,5 glns por 300 glns de fluido. Para adelgazar el fluido añada el producto lentamente tanto como sea necesario para reducir la viscosidad.
- **Limitaciones.** La efectividad es reducida en fluidos con más de 1000 PPM de calcio disuelto y 10000 PPM de sal. Al reducir la viscosidad del fluido se debe tener precaución para no tener problemas de sedimentación o limpieza.

---

<sup>3</sup> Ibid., p. 7.



**2.2.5 Poly Swell.** Es un co-polímero de poliacrilamida. Este material es ambientalmente seguro y es usado muy frecuente en aplicaciones agropecuarias.

- **Usos.** Es usado para rellenar o tapar fracturas. Cuando el material esta completamente hidratado puede rellenar el hueco o fractura. Después de aplicar la cantidad requerida, es necesario subir la herramienta más arriba de la zona de aplicación del producto, para evitar aprisionamiento. El Poly Swell puede ser colocado en zonas desmoronables para reducir éste problema.
- **Aplicaciones.** Mezclar Poly Swell en agua o lodo de perforación con o sin material obturante. Agregar 0,5 Kg como máximo por cada 4 litros o lodo. Se<sup>4</sup> puede usar en grandes o pequeñas cantidades. Tan pronto como el polímero sea mezclado, bombear la mezcla lo más pronto posible.
- **Limitaciones.** Tener máxima precaución en el bombeo del producto. La incorrecta ubicación del tapón obturante puede ocasionar “pegadas” en las herramientas.<sup>5</sup>

## 2.3 EL SUELO

El suelo es un constituyente normal de la naturaleza, con componentes minerales, orgánicos y biológicos formados por organismos que viven en él. La alteración física, química y biológica de las rocas provoca la formación de nuevos constituyentes minerales muy reactivos. Estos constituyentes de pequeño tamaño y gran superficie, tienen cargas eléctricas casi siempre electronegativas (algunas veces son positivas), y son minerales arcillosos y óxidos de Fe, Al, Mn, Si, entre otros.

A su vez, la ley de amortiguación de la naturaleza también se cumple en los suelos, es decir: los sistemas en equilibrio que están sometidos a impactos externos que tienden a deformarlos, sufren modificaciones resultantes, dirigidas a oponerse a la acción del impacto.<sup>6</sup>

**2.3.1 Estructura y composición.** Debido a la infiltración de agua edáfica, que produce una cierta meteorización química, como la actividad orgánica; así de esta forma se desarrolla una estructura secuencial en capas distintas según la profundidad (horizontes). Los distintos horizontes de un suelo, tienen diferentes propiedades físicas y químicas, dependiendo del proceso de formación del suelo.

---

<sup>4</sup> Ibid., p. 7, 13,17.

<sup>5</sup> Ibid., p. 17.

<sup>6</sup> SEÓANEZ CALVO, Mariano. La contaminación del medio natural continental: Suelos. Ingeniería del medio ambiente aplicada al medio natural continental, 1996. p. 503-504.

- **Horizonte A.** Está constituido de partículas minerales y materia orgánica fresca y principalmente descompuesta. Es una zona del suelo donde se produce mucha lixiviación, principalmente de sales Fe, Al y Mn. Contrarrestando la acumulación de materia orgánica procedente de organismos vivos, tiene lugar una transferencia de compuestos orgánicos sencillos hacia horizontes profundos. En este horizonte predominan los materiales silíceos.
- **Horizonte B.** Se produce la acumulación de los compuestos de lixiviación procedentes del horizonte A. En esta región se presenta una lixiviación moderada y la oxidación de la materia orgánica. Este horizonte contiene óxidos de Fe (III), por lo que acostumbra a tener cierta coloración amarilla y marrón. Así mismo, hay presencia predominante de silicatos laminares.
- **Horizonte C.** Es el más profundo y se caracteriza por la práctica inexistencia de lixiviación. En esta zona de meteorización pobre, se observa la presencia de material poco particulado.

En los tres horizontes, a causa de los procesos de oxidación de la materia orgánica y de la formación de óxidos, hay un consumo neto de oxígeno edáfico, lo que con lleva a un empobrecimiento de este gas con la profundidad.<sup>7</sup>

**2.3.2 Funciones del suelo relacionadas con la contaminación.** El suelo desde el punto de ingeniería ambiental, ejerce varias funciones: unas como componente del medio desde el punto de vista ecológico; otras como participe de funciones socioeconómicas.<sup>8</sup>

- **Sustrato para la producción de biomasa.** Es el sustrato físico de la vegetación y de su sistema radicular. Por otra parte es el sustrato nutritivo que aporta aire, agua y elementos básicos para el metabolismo de los vegetales.
- **Filtro.** El paso del agua a través de este, por sus características, hace que actúe como un filtro, reteniendo desde los puntos de vista físico, químico y biológico materias y productos que podrían contaminar o alterar otros sectores del medio natural.
- **Tampón.** Trata de minimizar las alteraciones incorporando productos, transformándolos, etc. Como tampón físico retiene el agua, controla y distribuye su transporte (aguas subterráneas).

---

<sup>7</sup> DOMÉNECH, Xavier. Química del suelo: El impacto de los contaminantes. 2ª edición. Madrid: Miraguano ediciones, 1997. p. 13.

<sup>8</sup> SEÓANEZ CALVO, Op. Cit., p. 505.

- **Transformador de productos.** Por acción biológica, bioquímica y química; el suelo degrada muchas sustancias y las metaboliza, las inmoviliza o las destruye, utilizándolas muchas veces, una vez transformadas en productos inocuos, para su beneficio o en el de los seres vivos que sustenta.
- **Reserva de agua.** Bajo todas las formas posibles, aquel elemento se fija o se desplaza en el suelo, manteniendo y nutriendo tanto los cursos o masas de agua como a la vegetación.<sup>9</sup>

**2.3.3 Transformaciones básicas de la materia orgánica en el suelo.** El suelo contiene una enorme cantidad de compuestos orgánicos en diferentes estados de descomposición.

Los residuos orgánicos como la hojarasca, las acículas de las coníferas, la paja, los restos de cereal, los restos de otras cosechas, los restos de podas y los residuos animales sufren acciones de degradación física, química y biológica. Como primera acción, la actuación de componentes climáticos como la humedad (o precipitaciones), el calor (o el frío), la luz (o la oscuridad), el viento.<sup>10</sup>

Después de estas primeras actuaciones; se presenta una segunda fase compuesta por tres fenómenos básicos: Una desintegración mecánica por los organismos del suelo, una descomposición bioquímica y una transformación a cargo de microorganismos.

Todos estos procesos conducen a una mineralización de una parte de la materia orgánica, o, lo que es mismo, a una degradación de ésta en condiciones aerobias H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y a otros elementos importantes que aparecerán en el suelo o en el aire, y que contribuirán al crecimiento vegetal.

- **El humus.** Este se forma durante la descomposición microbiana de los residuos vegetales y animales, por degradación de componentes celulares, y en la síntesis de ciertos productos por los organismos del suelo.

El humus aumenta la capacidad auto depuradora del suelo al facilitar los mecanismos de solubilidad de la materia mineral insoluble, unido ello a la mejora de las características físicas del soporte, a la disminución de ciertos contaminantes, a la mejora de la capacidad de retención de agua, y a su poder de mantenimiento de grandes poblaciones de microorganismos. Este al formarse, adquiere una serie de propiedades fundamentales en acción de la naturaleza, por lo que se refiere al suelo:

---

<sup>9</sup> Ibid., p. 505-506

<sup>10</sup> SEÓANEZ CALVO, Op. cit. p. 509.

- Gran capacidad de intercambio catiónico.
- Muy insoluble en el agua.
- Contenido en N normalmente del 3 al 6 por 100.
- Contenido en C del orden del 58 por 100.
- La razón C/N suele ser de 10 a 12.
- Contiene una reserva importante de S.
- Contiene una reserva importante de P.<sup>11</sup>
- La razón C:N:P:S es de 100-120:10:1:1.
- Puede absorber grandes cantidades de agua.
- Carga eléctrica positiva o negativa en función de pH.
- En el intercambio catiónico puede absorber Ca, Mg o K y los retiene contra la lixiviación, manteniéndolos disponibles para los vegetales.

**2.3.4 Biocenosis del suelo.** Parte de la materia orgánica que se obtiene es transformada por fitófagos, parásitos y predadores, y su importancia estriba en que estos generan deyecciones y otros residuos que pasan al suelo y son transformados a su vez.

Los consumidores procesan la materia orgánica y la alteran por mecanismos fisicoquímicos y biológicos, generando materia orgánica transformada. Los reductores transforman esta materia orgánica en inorgánica.<sup>12</sup>

**2.3.5 Características de las plantas y del suelo fértil.** Las plantas cumplen funciones muy importantes en el suelo como retener las partículas del suelo disminuyendo susceptibilidad a la erosión, anclar el suelo superficial a mantos más profundos, aumentar la capacidad de infiltración, entre otras características. La tabla 1, muestra las funciones que cumplen las diferentes partes de las plantas desde el punto de vista biológico.<sup>13</sup>

**Tabla 1.** Componentes de las plantas y sus funciones.

PARTE DE LA PLANTA	FUNCIÓN
<b>Raíz</b>	Anclaje, absorción, conducción y acumulación de líquidos.
<b>Tallo</b>	Soporte, conducción y producción de nuevos tejidos.
<b>Hojas</b>	Fotosíntesis, transpiración

**Fuente.** SUAREZ DÍAZ, Jaime. Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales.

<sup>11</sup> Ibid., p. 509, 510,533.

<sup>12</sup> Ibid., p. 510.

<sup>13</sup> SUAREZ DÍAZ, Jaime. Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales: Vegetación y bioingeniería, 1998. p. 276-277.

➤ **Factores que determinan el desarrollo de las raíces.** Los principales agentes que intervienen en el proceso de desarrollo de las raíces son:

- Disponibilidad de nutrientes en el suelo.
- Disponibilidad de oxígeno.
- Contenido de humedad.
- Succión o presión osmótica.
- Temperatura del suelo.
- Niveles de toxinas y elementos patogénicos.
- Sistema de poros.<sup>14</sup>

De los anteriores elementos, el más importante es la disponibilidad de oxígeno en el suelo.

La habilidad de un suelo para sostener el crecimiento de las plantas depende de su habilidad para proveer nutrientes, agua y oxígeno. Físicamente un suelo mineral es una mezcla de partículas inorgánicas, materiales orgánicos, aire y agua.

Las condiciones de acidez o PH son un factor determinante para el crecimiento de muchas especies vegetales.

➤ **Efectos hidrológicos de la vegetación.** La vegetación afecta las condiciones hidrológicas de un talud de las siguientes formas:

- **Intercepción de lluvias.** La lluvia se divide en dos partes, la lluvia que cae directamente sobre el suelo y la lluvia que es interceptada por el follaje de la vegetación.
- **Retención de agua.** La retención de agua en el follaje demora o modifica el ciclo hidrológico en el momento de una lluvia. Este fenómeno disminuye la rata de agua de escorrentía disminuyendo su poder erosivo, pero puede aumentar la rata de infiltración.

Los árboles de mayor volumen o densidad de follaje, demoran más el ciclo hidrológico; en razón que retienen por mayor tiempo las gotas de lluvia. En el caso de lluvias intensas la retención es mínima, pero en el caso de lluvias

---

<sup>14</sup> Ibid., 277.

moderadas a ligeras la retención puede ser hasta de un 30%, dependiendo de las características de la vegetación.<sup>15</sup>

- **Acumulación de agua.** Parte del agua retenida es acumulada en el follaje para luego ser evaporada. Algunas especies vegetales como el maíz poseen espacios importantes para el almacenamiento de agua.

Existe experiencia con especies vegetales, la cual permite determinar el volumen total de agua acumulada, teniendo en cuenta la densidad de área total y el volumen del follaje.

- **Goteo o flujo del follaje.** El agua no retenida no acumulada retorna a la tierra por goteo o flujo, por el follaje. La rapidez del flujo depende de la aspereza de las superficies de las hojas y tronco, los diámetros y ángulos con la vertical.
- **Evapotranspiración.** Su efecto es una disminución de la humedad del suelo. Cada vegetación en un determinado tipo de suelo, tiene un determinado potencial de evapotranspiración y se obtiene generalmente, una humedad de equilibrio dependiendo en la disponibilidad de agua lluvia y nivel freático.

La capacidad de una planta para consumir humedad del suelo depende del tipo y tamaño de la especie, clima, factores ambientales y características del suelo. Por lo tanto, en climas tropicales los volúmenes de evapotranspiración son generalmente mayores que en zonas con estaciones.

- **Control de la erosión.** El efecto más importante de la vegetación, universalmente aceptado, es la protección contra la erosión en todos los casos y con todo tipo de vegetación.

La vegetación con mayor densidad de follaje amortigua más eficientemente el golpe de la lluvia y disminuye la erosión. En hierbas y pastos la densidad

---

<sup>15</sup> Ibid., 277-278.

y volumen del follaje actúan como un colchón protector contra los efectos erosivos del agua de escorrentía.<sup>16</sup>

En lo referente a control de la erosión se ha encontrado que donde hay árboles altos la erosión es menor que en el caso de arbustos. Además, se ha encontrado que las hierbas o maleza protegen generalmente mejor contra la erosión que los pastos.

➤ **Características de las raíces.** Las características de las raíces dependen de la especie vegetal, la edad, las propiedades del perfil de suelo y el medio ambiente. Sin embargo, encontramos ciertos parámetros a tener en cuenta en relación al tipo de vegetación a trabajar como son:

- La profundidad de las raíces generalmente, no supera los cinco metros en árboles grandes, dos metros en los arbustos y 30 cm en los pastos.
- La extensión lateral del sistema radicular generalmente, es mayor que su profundidad y en algunos casos no supera los 50 metros de longitud.
- Algunas plantas poseen un sistema de raíz “extensivo”, en el cual las raíces alcanzan profundidades o extensiones grandes, mientras otras forman un “intensivo” con raíces más cortas y finas.
- La resistencia del sistema suelo-raíces es la densidad de raíces por volumen de suelo.
- La longitud de las raíces es mayor cuando el árbol se encuentra en un suelo bien drenado granular; que cuando se encuentra en un suelo arcilloso. Este efecto se debe a la necesidad que el árbol tiende a buscar agua, en el caso de que el drenaje sea bueno.<sup>17</sup>

Las raíces refuerzan la estructura del suelo; el efecto de las raíces sobre la resistencia del suelo se puede dar de tres formas:

- Unir materiales de los suelos inestables a mantos más estables. Este efecto es más pronunciado donde la superficie crítica de falla se encuentra en la zona de raíces.
- Formar una red densa entrelazada en los primeros 30 a 50 cm de suelo, y esta red forma una membrana lateral que tiende a reforzar la masa de suelo más superficial y sostenerla en el sitio.

---

<sup>16</sup> Ibid., p. 278-280.

<sup>17</sup> Ibid., 283-285.

- Las raíces individuales actúan como anclajes que estabilizan los arcos de suelo que se extienden a través del talud. Las raíces actúan como pilas de refuerzo.

En bioingeniería los pastos y las plantas en general, son utilizados con el propósito de producir refuerzo sobre el suelo, se pueden plantar junto con muros de contención o sistemas estructurales de estructura abierta, en forma de grilla, con espacios para el crecimiento de la vegetación. Por ejemplo Gray y Sotir (1992) describen el uso de piedra conjuntamente con vegetación para la estabilización de un talud, en el cual la vegetación ayudo a retener los bloques de roca y al mismo tiempo reforzar el talud. La utilización de mantos orgánicos o mantos sintéticos junto con la vegetación conforman una protección integral contra la erosión.

Generalmente, estos materiales se desintegran después de que las plantas crecen y se establecen en forma permanente.<sup>18</sup>

La tabla 2, describe los diferentes sistemas de contención que se pueden diseñar de acuerdo a los tipos de vegetación, para el control de la erosión y protección de taludes en un suelo afectado por condiciones antrópicas.

**Tabla 2.** Sistemas de protección utilizando biotecnología (modificada de Gray y Sotir, 1992)

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
<b>Vegetación Convencional.</b>	Siembra por semillas, estolones o macetas.
<b>Plantas maderables utilizadas como refuerzo.</b>	Estacas vivas y colchones de maleza.
<b>Estructuras de vegetación.</b>	Gaviones, estructuras de llantas usadas, muros, criba, geomallas.

**Fuente.** SUAREZ DÍAZ. Jaime. Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales.<sup>19</sup>

<sup>18</sup> Ibid., p. 288-294.

<sup>19</sup> Ibid., p. 294.



## 2.4 EL SUELO COMO DEPURADOR

El suelo ya no se considera como un medio inerte y estático, con una serie de propiedades conferidas por la roca madre origen del mismo, si no que, en una visión global; se analiza y se considera como un ente dinámico, con una atmósfera interna propia, una flora y fauna características, elementos en continua evolución en el suelo que los acoge, materia orgánica capaz de establecer enlaces más o menos permanentes con la fracción mineral, y una serie de factores ecológicos que mantienen un dinamismo evolutivo a través de los diversos horizontes edáficos, dotándolos de una individualidad precisa indiferenciable.

### 2.4.1 Propiedades físicas del suelo relacionadas con su mecanismo depurador.

- **Estructura.** La estructura de un suelo puede definirse como la forma que tienen los elementos minerales y orgánicos del suelo, para agruparse en agregados o estructuras no estáticas.<sup>20</sup>

La estructura juega un papel importante en muchas propiedades del suelo; tales como la porosidad, la permeabilidad, la profundidad de las raíces, etc.

- **Porosidad.** La condición física de un suelo depende, en gran medida de la porosidad y del tamaño de los poros. En suelos de textura fina, abunda más la micro porosidad frente a la macro porosidad, dominante esta última en los suelos constituidos por gravas.
- **El agua a través del suelo.** En los movimientos del agua en el suelo actúan dos fuerzas de origen diferente: por una parte la fuerza gravitacional, causa del movimiento descendente del agua a través de los horizontes edáficos, y por otra, las fuerzas de succión, de origen capilar. Que provoca los movimientos ascendentes del agua, ayudados por los procesos de evaporación o de adsorción a nivel radicular.
- **Los gases en el suelo.** La existencia de una atmósfera en los horizontes del suelo semejante, tiene gran interés para el mantenimiento de la actividad respiratoria de los organismos que sustenta, quienes en definitiva, toman parte activa de los procesos de adsorción y degradación de los compuestos que acompañan al líquido de vertido, incrementando el poder del suelo como depurador. El mecanismo más frecuente en el intercambio de gases es el de difusión.

---

<sup>20</sup> SEÓANEZ CALVO, Op. Cit., p. 519,526.

- **Intercambio de calor en el suelo.** Este se caracteriza por un microclima específico, dado por las variaciones del grado de humedad y las variaciones de temperatura.

La conductividad térmica del suelo, variable de unos suelos a otros, es un factor limitante del intercambio de calor, dependiendo de las variaciones de temperatura de esta conductividad térmica y de la capacidad de admisión y retención del calor por el suelo.<sup>21</sup>

**2.4.2 La fracción inorgánica del suelo.** La fracción inorgánica del suelo constituye el 45% de la composición edáfica. Según el tamaño de las partículas minerales, se pueden distinguir tres tipos de fracciones:

- La fracción más gruesa (**Arena**), con tamaños de partículas entre 2 y 0.05 mm.
- La fracción fina (**Limo**), con tamaños comprendidos entre 0.05 y 0.002 mm.
- La fracción muy fina (**Arcilla**), con tamaños comprendidos inferiores a 0.002 mm.
- La fracción con partículas de tamaño superiores a 2 mm, se denominan arena o grava gruesa.

Comúnmente, en el suelo existe una mezcla de estas fracciones y la cantidad relativa de cada una de ellas determina la textura del suelo. A su vez, las partículas de arcilla, dada su gran superficie específica, intercambian iones de la disolución del suelo, que es lo que hace que tenga un poder de retención de nutrientes.

No obstante, se compactan muy fácilmente, con lo que su capacidad de retención es buena, pero su capacidad de infiltración es baja. Es por esta razón que los suelos arcillosos suelen estar inundados. En el lado opuesto, están los suelos arenosos, lo cuales, si bien son fácilmente cultivables, tienen poca capacidad de retención de agua y nutrientes, debido al gran tamaño de los poros que los caracteriza.

El suelo franco, es un suelo formado por una mezcla determinada de arcilla, arena y limo, que presentan unas propiedades óptimas para el cultivo. La proporción de cada una de las fracciones inorgánicas que caracteriza un suelo franco, gira entorno de un 40% de arena, 40% de limo y 20% de arcilla.<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> Ibid., p. 526-528.

<sup>22</sup> DOMÉNECH, Xavier. Química del suelo: El impacto de los contaminantes. 2ª edición. Madrid: Miraguano ediciones, 1997. p. 13.



La disponibilidad de estos elementos minerales es función de su solubilidad, y ésta es muy diferente para cada elemento de acuerdo a las combinaciones más o menos estables que forman los compuestos químicos.

- **Intercambio de aniones.** En el suelo, la intensidad de intercambio aniónico es bastante menor que la de los cationes. Sin embargo, ciertos suelos retienen los aniones en forma intercambiable, como ocurre con el  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{=}$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{=}$ . En los suelos ácidos, ricos en hidróxidos, es donde la intensidad de intercambio de aniones es mayor, sobre todo si existe caolinita.
- **Intercambio de cationes.** Los principales cationes de cambio son  $\text{Al}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , y  $\text{Mn}^{2+}$ , siendo dominantes los cuatro primeros en suelos ácidos, y el  $\text{Mg}^{2+}$  y el  $\text{Mg}^{2+}$  y el  $\text{Ca}^{2+}$  en suelos básicos. El  $\text{Na}^+$  es el catión más importante como intercambiable en suelos salinos.
- **Evolución de la acidez.** La acidez de un suelo depende de varios factores como son el pH, la capacidad de intercambio de cationes (C.I.C), o la acidez de reserva (Saturación del complejo de cambio con Al).

La acidez de un suelo puede producirse por arrastre o lavado de sales, como consecuencia de precipitaciones o de vertidos abundantes, por la exportación selectiva de las cosechas, que extraen más cationes que aniones.<sup>24</sup> En general, un suelo se vuelve ácido fundamentalmente a causa de la pérdida de cationes metálicos intercambiables, y por el predominio de iones de hidrógeno intercambiables.

- **Salinidad.** Un exceso de sales solubles en el suelo, sobre todo de Na, reduce el poder de infiltración, puesto que estas sales actúan mediante presión osmótica, frenando la absorción tanto del agua como de otros iones presentes en el suelo. Como consecuencia de esta reducción de la infiltración, la estructura del suelo se degrada, disminuyendo la capacidad del mismo para mantener una cubierta vegetal.
- **Evolución de los metales pesados en el suelo.** El fósforo se presenta en el suelo en forma de combinaciones orgánicas e inorgánicas, y su distribución relativa depende, fundamentalmente, del tipo de suelo. Los suelos anaerobios ceden fósforo a la solución del suelo que sea deficitaria en fósforo soluble, pero lo toman de las soluciones que posean alta concentración de fósforo soluble, todo ello en cantidades mayores que cuando se trata de suelos aerobios.

---

<sup>24</sup> Ibid., p. 529.

**2.4.4 Propiedades biológicas de los suelos relacionadas con su sistema depurador.** Los organismos representan un papel esencial en la circulación, reciclaje y transformación de nutrientes, ejerciendo una función beneficiosa cuando utilizan como fuente de energía productos residuales de origen vegetal o artificial y liberando C, N, S y otros elementos que quedan a disposición de las plantas o de otros organismos.

La descomposición de los residuos orgánicos efectuada por los microorganismos produce una notable mejora de la textura y estructura del suelo.

Las actuaciones más beneficiosas llevadas a cabo por los microorganismos que inciden directa o indirectamente sobre la acción depuradora del suelo son:<sup>25</sup>

- **Descomposición de los residuos orgánicos.** La descomposición de la materia orgánica muerta es, posiblemente, una de las principales funciones de los organismos del suelo.

Los restos animales y vegetales que caen sobre el suelo, fuente esencial de la materia orgánica, son sometidos, desde su llegada, a una descomposición más o menos rápida transformándose por vía biológica en elementos minerales solubles o gaseosos (CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, entre otros), o en complejos coloidales (humus). Los nutrientes que se obtienen tras un proceso de mineralización o de humificación, pueden ser consumidos en períodos de horas o de días.

El nitrógeno es factor primordial de la descomposición, retrasándose el proceso cuando los niveles son inferiores al 1,5 por 100; en ese caso, los organismos utilizan este nitrógeno en su biosíntesis, impidiendo que aparezca en forma aprovechable por los vegetales.<sup>26</sup>

Respecto al carbono, se calcula que entre el 50 y el 90 por 100 del carbono inorgánico se transforma en CO<sub>2</sub>, y el resto se incorpora a la biomasa microbiana mediante procesos de síntesis.

En función del tipo de suelo; las arcillas aumentan el grado de crecimiento de la población microbiana, a la vez que incrementan el aprovechamiento del carbono, reduciendo de este modo la disponibilidad total del carbono utilizable por la microflora del suelo.

- **Mejora de las propiedades físicas del suelo.** Permite un mejor aprovechamiento del agua por incremento de la permeabilidad, a si mismo

---

<sup>25</sup> Ibid., p. 530-532.

<sup>26</sup> Ibid., p. 532.

existe mayor aireación, facilitando el desarrollo de vegetales cuyas raíces tendrán a disposición los nutrientes necesarios.

- **Formación de nutrientes a partir de productos inorgánicos insolubles.** La intervención de los organismos en el proceso inicial de formación de un suelo por descomposición de la roca madre. Estos organismos de ataque son una fuente de residuos orgánicos aprovechada como son las bacterias y los hongos.
- **Acción sobre el nitrógeno.** La mayoría de las leguminosas y otros vegetales (aliso, espino, mirto, etc.) fijan nitrógeno atmosférico. Este hecho requiere la cooperación de la planta huésped y de una serie de bacterias presentes en los nódulos radicícolas.<sup>27</sup>

Los microorganismos que invaden las raíces de las plantas leguminosas son, principalmente, especies del género *Rhizobium*.

La cantidad de nitrógeno que puede fijar una asociación de este tipo, depende mucho de la intensidad de la infección bacteriana y de la especie huésped, aparte de otros factores como el pH, la humedad, los nutrientes disponibles, etc. Se calcula que 1 Ha de leguminosas puede fijar de 50 a 600 Kg del elemento.

Existe una fijación no simbiótica realizada por otros organismos, como las bacterias del suelo *Azotobacter*, ciertas algas azul-verdosa, o las bacterias facultativas del género *Achromobacter* y *Klebsiella*. Entre las bacterias anaerobias, podemos mencionar diversas especies del género *Clostridium* que son especialmente activas en la fijación del elemento.

- **Transformación de elementos inorgánicos básicos.** El azufre, abundante en la naturaleza debido a su carácter polivalente, a su potencial redox, y su facilidad de incorporarse a la biomasa del suelo; es asimilado por los seres vivos a partir de formas oxidadas, y se fija como sulfato, sulfonato, cistina, cisteína o metionina.

Los compuestos azufrados son utilizados por los seres vivos bajo formas de sulfatos, a la que dan lugar procesos oxidativos realizados por las bacterias autótrofas del género *Thiobacillus*, habiéndose comprobado también esta capacidad en bacterias de los géneros *Beggiatoa*, *Thiotrix*, *Thioplaca*, etc., en ciertos hongos, y en algunos actinomicetos.

---

<sup>27</sup> Ibid., p. 533.

**2.4.5 Reciclaje de C, N, P, a través del suelo.** La materia orgánica, que de forma natural o por acción antrópica llega al suelo, sufre una serie de transformaciones que conducen a la creación de formas fácilmente asimilables por la vegetación. Es por tanto la materia orgánica quien condiciona el ciclo de los elementos nutritivos, restituyendo al suelo la mayor parte de los elementos fertilizantes que continuamente son extraídos por las cosechas.<sup>28</sup>

- **Carbono.** Este elemento, base del proceso de fotosíntesis, es extraído por los vegetales de su medio ambiente transformándolo en biomasa propia, constituyendo el primer nivel de la cadena trófica.

La circulación del C a través del suelo y su devolución a la atmósfera por los procesos respiratorios vegetales, animales y combustión, son, en términos generales, el fundamento del ciclo.

Cuando las condiciones son favorables a la actividad biológica, el ritmo del ciclo en el suelo es rápido y la descomposición de las estructuras es eficaz, liberándose gran cantidad de elementos asimilables. Si, por el contrario, la actividad biológica se ve frenada por las condiciones reinantes, los restos, incompletamente transformados, se van acumulando en la superficie del suelo, y la liberación de las formas asimilables que completan el ciclo es lenta y progresiva.

- **Nitrógeno.** El nitrógeno atmosférico puede ser fijado directamente por bacterias y hongos; a través del contenido en el agua lluvia y en las proteínas de los seres vivos, y es devuelto al suelo por secreciones de las raíces y por los restos de los animales muertos.

Este nitrógeno sufre en el suelo, una serie de transformaciones que van desde mineralización (compuestos nitrogenados a una forma mineral inorgánica), hasta la inmovilización (cuando existe una relación C/N alta).

Los procesos de nitrificación (conversión de sales amoniacales en nitritos, y finalmente, en nitratos por bacterias del género *Nitrosomas* y *Nitrobacter*). Donde nitratos, fuente de N para las plantas, a su vez pueden ser reducidos a nitrógeno libre (gaseoso) o a óxidos de nitrógeno por bacterias (*Pseudomonas*, *Micrococcus*) y hongos, a través del proceso de desnitrificación.

- **Fósforo.** El P del suelo se encuentra tanto en forma inorgánica (sales minerales), como compuestos orgánicos procedentes de restos animales y vegetales.<sup>29</sup> La forma bajo la que el P es asimilable por las plantas es la del ion

---

<sup>28</sup> Ibid., p. 534-535.

<sup>29</sup> Ibid., p. 535-538.

ortofosfato ( $\text{PO}_4^-$ ), además del que aparece por absorción directa, en forma de aminoácidos azufrados (cisteína, cistina, metionina).

La aportación de fertilizantes fosforados al suelo, a fin de suministrar fósforo asimilable a las plantas, no es efectiva en su totalidad, ya que parte del elemento se convierte en compuestos inorgánicos mediante el proceso de fijación química, siendo la microbiota del suelo la encargada de reconvertir el fósforo inorgánico, no aprovechable por las plantas, en anfígeno asimilable.

La fijación del P está relacionada, como puede deducirse, con las características de composición, textura y estructura del suelo, siendo superior en suelos arcillosos que en los arenosos.

**2.4.6 El suelo y los metales pesados.** Los mecanismos de retención de metales por el suelo pueden consistir en reacciones simples o complejas. Siendo por parte de la interacción suelo planta las siguientes:

- **Mecanismos del suelo en la retención de metales.** Los mecanismos de retención de metales por el suelo pueden consistir en reacciones simples o complejas, siendo las principales: precipitación, acumulación en la superficie, oclusión en otros precipitados, unión a vertidos residuales, incorporación a los biosistemas, etc. Las cantidades de metales disponibles están reguladas, en parte, por el intercambio iónico. Existen, además ciertos procesos de adsorción que incluyen uniones covalentes con ciertos grupos funcionales de las superficies de las arcillas.
- **Intervención de la materia orgánica.** La materia orgánica puede ser considerada como el factor más importante que influye en la sorción y en la formación de complejos metálicos, basados en la capacidad de quelación de los componentes orgánicos.

Se ha comprobado que los ácidos húmicos y fúlvicos tienen constantes de gran estabilidad para los metales, siendo los mayores responsables de la inmovilización de éstos por la materia orgánica, aunque no por ello dejan de formar ciertos compuestos metálicos solubles.<sup>30</sup> Entre los componentes orgánicos con elevada capacidad para ceder electrones en la formación de complejos metálicos, podemos mencionar los carboxilos, los fosfatos, los alcóxidos, los enolatos, etc.

- **Acción de los organismos del suelo sobre los metales.** Determinadas especies microbianas incorporan, en quistes, grupos o cápsulas, ciertos

---

<sup>30</sup> Ibid., p. 538-539.



elementos metálicos, eliminándolos del medio o actuando sobre ellos mediante reacciones químicas.

El manganeso presente en el suelo como  $Mn^{2+}$  o como  $Mn^{4+}$ , es atacado por los microorganismos, y pasa de una forma a otra en función del pH de este. Si las condiciones son anaerobias, el metal se reduce, y la reacción es llevada a cabo por la mayoría de las bacterias anaerobias del suelo.

Respecto al Fe, puede sufrir diversas transformaciones en el suelo, que suelen consistir en el paso de  $Fe^{2+}$  a  $Fe^{3+}$  (oxidación) o viceversa (reducción); otras veces se degradan los componentes orgánicos que contienen Fe y, finalmente, pueden aparecer quelaciones orgánicas de este elemento. Las bacterias heterótrofas actúan sobre el Fe formando cápsulas y otras estructuras que les impiden unirse a los complejos del suelo.

Respecto al fenómeno de metilación (valido también para los no metales), llevado a cabo por diversos organismos, hay que destacar la acción de ciertos hongos sobre los compuestos arsénicos del suelo. La eliminación de estos compuestos se basa en la formación de trimetilarsina, gas que se vaporiza o se disuelve.

La metilación del mercurio también se realiza por acción bacteriana, fenómeno que lo hace más volátil. El Hg aparece en los suelos cultivados como elemento integrante de fungicidas, desinfectantes, o de las aguas residuales urbanas e industriales.<sup>31</sup>

## 2.5 NUTRIENTES MINERALES

Dieciséis nutrientes son esenciales para la reproducción y crecimiento de la planta. Tres de ellos carbono, hidrógeno y oxígeno, vienen del dióxido de carbono en el aire y el agua en el suelo. Los trece restantes son nutrientes del suelo, adsorbidos como iones inorgánicos en el agua del suelo. Los nutrientes particulares del suelo requeridos por una planta son determinados al hacer crecer las plantas en soluciones que carecen de cada tipo de ion.<sup>32</sup>

Los minerales se dividen en dos grupos: macronutrientes y micronutrientes.

Macronutrientes son los elementos de los que más se alimentan la planta; y son de dos clases: primarios y secundarios. Los nutrientes primarios son el nitrógeno (N), fósforo (P), y potasio (K). Los nutrientes secundarios son el calcio (Ca), magnesio (Mg), y azufre (S).

---

<sup>31</sup> Ibid., p. 539-540.

<sup>32</sup> BERNSTEIN, Ruth y Stephen. Biología: Nutrientes del suelo. Mc Graw Hill, 2004. p. 279.

Los micronutrientes son elementos esenciales para el crecimiento de la planta y se necesitan en cantidades muy pequeñas. Son boro (Br), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn).

**2.5.1 Macronutrientes.** Entre los macronutrientes primario están:

- **Nitrógeno:** Es el elemento básico de todos los seres vivos. Actúa esencialmente en la parte superior de la planta, tallo y hojas. El nitrógeno es una parte esencial para todas las proteínas, enzimas y procesos metabólicos involucrados en la síntesis y transferencia de energía. Es parte de la clorofila, que es la responsable de la fotosíntesis.<sup>33</sup>
- **Fósforo:** Es parte esencial del proceso de la fotosíntesis. Está involucrado en la formación de aceites, azúcares, almidones, etc. Ayuda a la transformación de la energía solar en química, a la maduración adecuada de la planta y también a soportar el estrés.
- **Potasio:** Ayuda a la formación de proteínas, a la fotosíntesis, a la calidad de las frutas y a la reducción de las enfermedades.
- Entre los Macronutrientes Secundarios están:
  - **Calcio:** Parte esencial de la estructura de las paredes de las células de la planta, ayuda al transporte normal y a la retención de otros elementos, a su vez fortalece la planta.
  - **Magnesio:** Es parte de la clorofila en todas las plantas verdes y esencial para la fotosíntesis. También ayuda activar varias enzimas de las plantas necesarias para el crecimiento.
  - **Azufre:** Esencial para la producción de proteínas. Ayuda al desarrollo de enzimas y vitaminas, la formación de la clorofila. Mejora el crecimiento de las raíces y la resistencia al frío.

---

<sup>33</sup> KEHDI, Noucetta. Comida para las plantas. Parte primera: Descripción general. Available from Internet: <URL:<http://www.amigosdemaria.com/pdf/comida%20para%20plantas.pdf>>.

### 2.5.2 Micronutrientes. Entre los principales micronutrientes están:

- **Boro:** Es imprescindible para la producción de azúcares y carbohidratos. A su vez es esencial para la producción de semillas.
- **Cobre:** Es esencial para el crecimiento reproductivo. Ayuda al metabolismo de las raíces y en la utilización de proteínas.
- **Cloro:** Apoya el metabolismo de la planta.<sup>34</sup>
- **Hierro:** Es esencial para la formación de la clorofila.
- **Manganeso:** Tiene funciones en el sistema de enzimas involucrado en la descomposición de carbohidratos y nitrógeno.
- **Molibdeno:** Interviene en el uso del nitrógeno.
- **Zinc:** Esencial en la transformación de carbohidratos. Regula el consumo de azúcares como el crecimiento de la planta.

Las tablas 3, 4 y 5 muestra la forma de asimilación de los macronutrientes, micronutrientes y los signos de deficiencia comunes que se presentan en las plantas.<sup>35</sup>

**Tabla 3.** Macronutrientes del suelo.

Nutriente	Forma de absorción	Algunas Funciones	Signos de deficiencia
<b>Nitrógeno</b>	$\text{NO}_3^-$ , $\text{NH}_4^+$	Parte de las proteínas, ácidos nucleicos y ATP	Pérdida del color verde en las hojas inferiores.
<b>Potasio</b>	$\text{K}^+$	Control de ósmosis, activa ciertas enzimas.	Manchas marrones a lo largo de los bordes de la hoja.
<b>Fósforo</b>	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{HPO}_4^{=}$	Parte de ácidos nucleicos, fosfolípidos y ATP.	Planta mal desarrollada, hojas más viejas de color verde oscuro.

**Fuente.** BERNSTEIN, Ruth y Stephen. Biología.

<sup>34</sup> KEHDI, Noucetta. Comida para las plantas. Parte primera: Descripción general. Available from Internet: <URL:<http://www.amigosdemaria.com/pdf/comida%20para%20plantas.pdf>>.

<sup>35</sup> BERNSTEIN, Op. Cit., p. 280.

**Tabla 4.** Macronutrientes secundarios del suelo.

<b>Nutriente</b>	<b>Forma de absorción</b>	<b>Algunas Funciones</b>	<b>Signos de deficiencia</b>
<b>Calcio</b>	Ca <sup>++</sup>	Función de las membranas, síntesis de las paredes celulares	Poco crecimiento del meristema.
<b>Magnesio</b>	Mg <sup>++</sup>	Parte de la clorofila, activa ciertas enzimas.	Pérdida de color verde entre haces vasculares; parches rojos o morados sobre las hojas más viejas.
<b>Azufre</b>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Parte de ciertas proteínas	Pérdida de color verde en hojas jóvenes (hojas amarillas).

**Fuente.** BERNSTEIN, Ruth y Stephen. Biología.

**Tabla 5.** Micronutrientes del suelo.

<b>Nutriente</b>	<b>Forma de absorción</b>	<b>Algunas Funciones</b>	<b>Signos de deficiencia</b>
<b>Hierro</b>	Fe <sup>+++</sup> , Fe <sup>++</sup>	Parte de ciertas enzimas, Síntesis de la clorofila	Pérdida del color verde entre haces vasculares en hojas jóvenes.
<b>Cobre</b>	Cu <sup>+</sup> , Cu <sup>++</sup>	Activa ciertas enzimas.	Hojas marchitas y oscuras.
<b>Cloro</b>	Cl <sup>-</sup>	Control de la ósmosis, fotosíntesis.	Hojas marchitas, raíces mal desarrolladas.
<b>Manganeso</b>	Mn <sup>++</sup>	Activa ciertas enzimas, fotosíntesis.	Pequeñas manchas sobre las hojas
<b>Molibdeno</b>	MO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Parte de ciertas enzimas	Pérdida del color verde, hojas marchitas.
<b>Zinc</b>	Zn <sup>++</sup>	Síntesis de hormonas y proteínas	Hojas muy pequeñas, perdida de color verde entre haces vasculares

**Fuente.** BERNSTEIN, Ruth y Stephen. Biología.<sup>36</sup>

<sup>36</sup> BERNSTEIN, Op. Cit., p. 280.

## 2.6 ESPECIE VEGETAL *Medicago bijuga*

Leguminosa de clima frío, perteneciente a la familia papilionaceae y se conoce con los nombres de alfalfa de Perú, alfalfa de Colombia o trébol de canetilla. Entre sus principales características están:

**2.6.1 Botánica.** Esta leguminosa de crecimiento erecto o semierecto, alcanza alturas entre 0,50m y 1m. Su raíz es profunda y posee hojas con tres folíolos. Las flores crecen en racimos de 10 a 20 flores, de color morado. Las vainas tienen forma espiral y contienen dos a cinco semillas.

**2.6.2 Suelos y clima.** La alfalfa se adapta a suelos fértiles, profundos, con pH entre 6 y 7,5, bien drenados. El rango altitudinal para su crecimiento entre 1,800 msnm y 3,200 msnm.

**2.6.3 Propagación y prácticas culturales.** La alfalfa se propaga a través de semilla, la cual requiere inoculación con cepas específicas de *Rhizobium*. El suelo debe ser profundo y bien drenado, para un buen desarrollo de raíces de las planta. La semilla se siembra en surcos y se cubre con 1 cm a 2 cm del suelo.<sup>37</sup>

**2.6.4 Requerimientos edafoclimáticos.** Las condiciones climáticas y de suelo para su crecimiento son:

- **Radiación solar.** Es un factor muy importante que influye positivamente en el cultivo de la alfalfa, pues el número de horas de radiación solar aumenta a medida que disminuye la latitud de la región.<sup>38</sup>
- **Temperatura.** La semilla germina a temperaturas de 2-3° C, siempre que las demás condiciones ambientales lo permitan. A medida que se incrementa la temperatura la germinación es más rápida hasta alcanzar un óptimo a los 28-30° C. Temperaturas superiores a 38° C resultan letales para las plántulas.
- **Tipo de suelos.** La alfalfa requiere suelos profundos y bien drenados, aunque se cultiva en una amplia variabilidad de suelos. Los suelos con menos de 60 cm. de profundidad no son aconsejables para la alfalfa.

---

<sup>37</sup> Fundación de Hogares Juveniles Campesinos. Manual Agropecuario / Tecnologías Orgánicas de la Granja Autosuficiente. Vol. I, Tomo 1. p. 870.871.

<sup>38</sup>The Lucerne Growing. El cultivo de la alfalfa. Primera parte. Available from Internet: <URL: <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa2.htm>>.

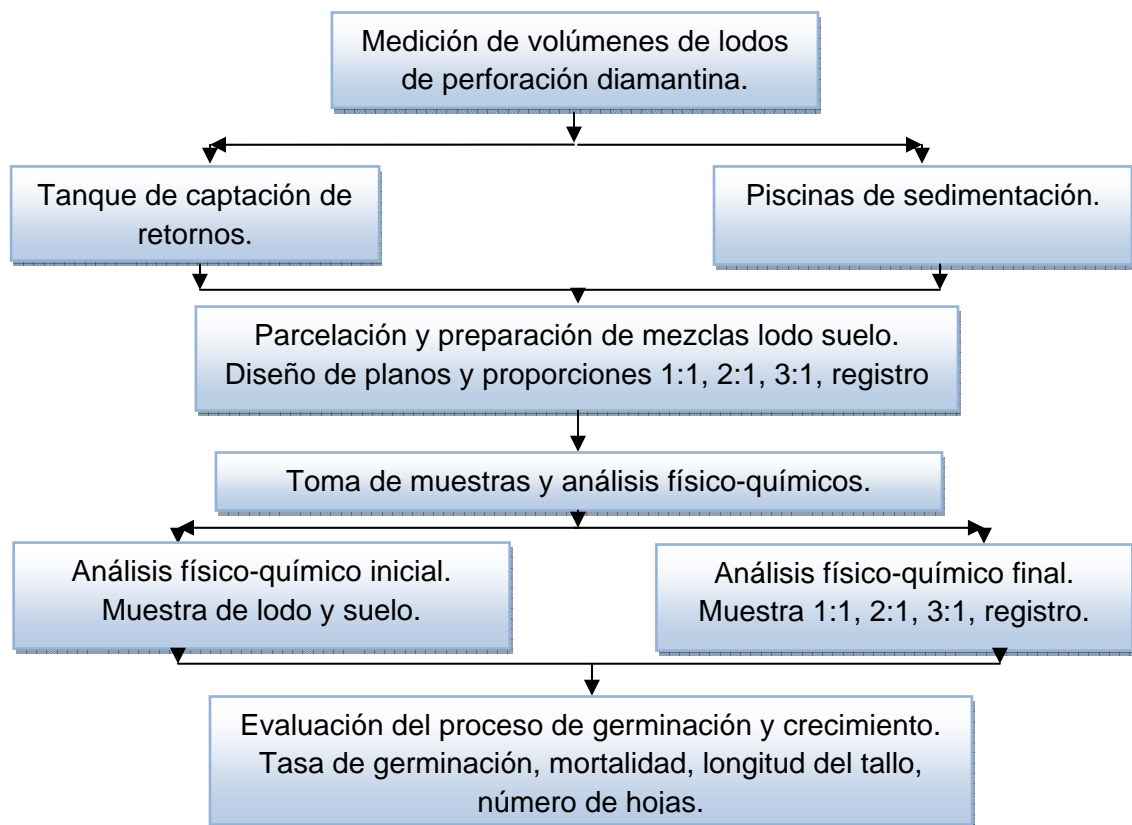
- **Riego.** La cantidad de agua aplicada depende de la capacidad de retención del suelo, de la deficiencia del sistema de riego y de la profundidad de las raíces.

La alfalfa requiere la administración hídrica de forma fraccionada, ya que sus necesidades varían a lo largo del ciclo productivo. Si el aporte de agua está por encima de las necesidades de la planta, está disminuye la eficiencia de la utilización de agua disponible.

### 3. METODOLOGÍA

La fase experimental se desarrolló en el área rural del municipio de California Santander, a 54 Km, al NE de Bucaramanga, sobre una altura de 2800 mts sobre el nivel del mar; en el proyecto La Bodega, donde la empresa CVS Explorations Ltda., lleva a cabo sus actividades de exploración minera. La figura 7, que se muestra a continuación presenta las etapas que se llevarán a cabo en la realización del proyecto.

**Figura 7,** Etapas del proceso del proyecto alternativa de aprovechamiento de lodos de exploración minera por parte de la Compañía CVS Explorations Ltda.



**Fuente:** El autor.

### **3.1 MEDICIÓN DEL VOLUMEN DE LODOS DE PERFORACIÓN DIAMANTINA**

La medición de volúmenes de lodos de perforación diamantina, se realizó en los tanques de captación de efluentes (retorno), ubicados sobre las plataformas de perforación y en las piscinas de sedimentación diseñadas por el departamento ambiental de la compañía, para captar y tratar los efluentes provenientes de cada una de las plataformas donde se lleva a cabo el proceso de perforación a través de procesos de coagulación-floculación.

Para la realización del proceso de medición en las piscinas de sedimentación, se tomaron las dimensiones con base a la longitud de 7.70 m, 2.22 m de ancho y 0.85 m de profundidad, donde esta última medida dependía de la altura que alcanzaba los lodos de perforación diamantina antes de ser desocupada cada una de las piscinas.

De igual forma, se tomaron las dimensiones de los tanques de captación de retornos ubicados en cada una de las plataformas de perforación, con base al diámetro interno de 0.92 mts y la altura alcanzada por los lodos de perforación, antes de ser desocupados cada uno estos receptores de agua residual. Cada uno de los tanques tenía una capacidad de almacenamiento de 500 a 1000 litros de agua.

Cada una de las mediciones del volumen de lodos, se realizó mensualmente, una vez que iban a ser desalojados los sedimentos de cada una de estas estructuras instaladas por la compañía. Donde el monitoreo abarco un periodo de seis meses tiempo en el cual se llevó a cabo el estudio del proyecto.

### **3.2 PARCELACIÓN Y PREPARACIÓN DE MEZCLAS LODO-SUELO Y REGISTRO**

Para la realización de esta etapa del proceso se comprendieron los siguientes pasos:

**3.2.1 Diseño y construcción de las parcelas.** Se diseñaron y construyeron tres parcelas de siembra, para cada una de las mezclas lodo-suelo estudiadas. Además, se construyó una parcela de registro o control.

El tamaño de las parcelas fue determinado por el área disponible asignada por el Departamento Ambiental de la compañía y ubicadas mediante plano topográfico del proyecto La Bodega, municipio de California Santander. El plano topográfico de la ubicación de las parcelas se observa en el **Anexo B**.



**3.2.2 Preparación de mezclas lodo-suelo.** Se prepararon tres sustratos correspondientes a una mezcla de lodo-suelo en proporciones diferentes, donde se incrementó la proporción de lodo y se dejó constante la proporción de suelo. Las proporciones trabajadas fueron de 1:1. 2:1 y 3:1

La preparación de cada una de las proporciones de mezcla fue trabajada con lodo proveniente de los tanques de captación de retorno y piscinas de sedimentación, el cual había tenido un tiempo de estabilización y secado de un mes. De igual manera, se recolectó suelo de un punto específico de la zona del proyecto, con el propósito de realizar cada una de las concentraciones.

Una vez obtenidos los dos sustratos a trabajar en el estudio, se calculó la cantidad de lodo y suelo a mezclar, teniendo en cuenta las proporciones establecidas de lodo-suelo y las dimensiones de cada una de las parcelas. Además, para la parcela de control o de registro se trabajó con suelo con el que se hicieron las proporciones de mezcla, previamente realizados los cálculos de volumen de suelo utilizado.

De acuerdo a cada una de las proporciones definidas, mediante la realización de los cálculos posteriores, se mezclaron los sustratos con ayuda de la retroexcavadora; con el propósito de homogenizarlos, como se muestra en la figura 8.

Finalmente, se adicionaron los sustratos en cada una de las parcelas construidas y se realizaron volteos cada dos días, con el propósito de lograr una adecuada textura y una óptima estabilización durante el transcurso de un mes, como se observa en la figura 9.

**Figura 8.** Proceso de mezcla de cada una de las proporciones lodo-suelo.



**Fuente.** El autor.

**Figura 9.** Adición de cada uno de los sustratos a las parcelas diseñadas.



**Fuente.** El autor.

### **3.3 TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS**

Se realizó un análisis fisicoquímico al lodo y al suelo. Cada una de la toma de muestras, se realizó por medio del método de cuarteo de muestras superficiales (Norma EPA QA/G-5S Guía para la selección de un diseño de muestreo para la captura de datos ambientales), la cual comprendía las siguientes etapas:

**3.3.1 Muestra de lodo y suelo.** La toma de muestras de lodo y suelo comprendió los siguientes pasos:

- Se mezclaron los lodos que previamente habían sido recolectados en costales y dispuestos al lado de las piscinas de sedimentación por un periodo de un mes, con el fin de lograr una estabilización y secado.
- Se homogenizó el sustrato de suelo que se tomó en campo en costales dos días previos a la preparación de cada una de las proporciones.
- Se vertió el sustrato de lodo y suelo, cada uno por separado formando un rectángulo.
- Se identificaron seis puntos representativos al interior de cada uno de los rectángulos. Los puntos correspondieron a los cuatro vértices y dos puntos centrales, para cada una de los sustratos.
- Se tomaron las muestras de lodo y suelo en cada uno de los puntos identificados, con ayuda de una pala. La muestra tomada en cada uno de los sustratos era almacenada por separado en una bolsa hermética marcada previamente con el tipo de muestra que contenía.
- La cantidad tomada tanto del sustrato de lodo y suelo fue aproximadamente de 800 gr.
- Las muestras tomadas fueron almacenadas en una bolsa y enviadas al laboratorio para ser analizadas.

**3.3.2 Muestras de mezcla lodo-suelo y registro.** La toma de muestras de cada una de las proporciones de mezcla y suelo se basó en las siguientes etapas:

- Se ubicaron ocho puntos representativos; cuatro vértices y cuatro centrales al interior de cada una de las parcelas de proporciones de mezcla como la de registro.

- Ubicados los puntos representativos, se procedió a tomar las muestras de cada uno de los puntos por medio de una pala.
- Cada una de las muestras tomadas en cada parcela eran almacenadas en bolsas herméticas, las cuales eran marcadas previamente antes de realizar el procedimiento.
- La cantidad de muestra tomada de cada una de las parcelas fue de aproximadamente de 800 grs.
- Las muestras fueron almacenadas en una bolsa y enviadas al laboratorio para proceder a realizar los posteriores análisis.

**3.3.3 Análisis físico-químicos.** Los parámetros físico-químicos analizados para cada una de las muestras de lodo, suelo, y las tres concentraciones lodo-suelo; fueron los siguientes:

- **Análisis físicos.** La textura de suelos fue el parámetro físico a medir en cada una de las muestras de lodo, suelo y proporciones de mezcla tomadas en campo, como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6.** Parámetros físicos a medir a cada una de las muestras de mezcla lodo-suelo y suelo tomados en campo.

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>
Textura de suelos	Bouyucos.

**Fuente.** Laboratorio de análisis químico de aguas residuales de la Universidad Pontificia Bolivariana.

- **Análisis químico de macronutrientes de la muestra de lodo, suelo y proporciones de mezcla.** Los parámetros químicos representativos a medir en la muestra de lodo, suelo y proporciones de mezcla; se realizaron en el laboratorio de análisis químico de la Universidad Pontificia Bolivariana, siguiendo la metodología descrita en las técnicas analíticas establecidas en los métodos estandarizados para el análisis de aguas potables y residuales. (APHA –AWWA – WPCF), y se resumen en la tabla 7.

**Tabla 7.** Parámetros químicos de macronutrientes a medir a cada una de las muestras de lodo, suelo y proporciones tomadas en campo.

Parámetro	Método
DQO	5220-B
pH	4500 H+B
Fosforo	4500-P-E
Nitrógeno total	4500-N <sub>org</sub> -D

**Fuente.** Laboratorio de análisis químico de aguas residuales de la Universidad Pontificia Bolivariana.

- **Análisis químicos de micronutrientes de lodo y proporciones de mezcla.** Los parámetros químicos secundarios a medir en la muestra de lodo y cada una de las concentraciones de mezcla, se realizarán en el laboratorio de análisis químico de la Universidad Pontificia Bolivariana, siguiendo la metodología descrita en las técnicas analíticas establecidas en los métodos estandarizados para el análisis de agua potable y residual. (APHA –AWWA –WPCF), y se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8.** Parámetros químicos de micronutrientes a medir en la muestra inicial de lodo y proporciones de mezcla al final del estudio.

Parámetro	Método
Aluminio	3500-Al
Cobre	3500-Cu
Hierro	3500-Fe
Magnesio	3500-Mg
Sodio	3500-Na
Sulfatos	4500-SO <sub>4</sub> -E

**Fuente.** Laboratorio de análisis químico de aguas residuales de la Universidad Pontificia Bolivariana.

### 3.4 EVALUACIÓN DEL PROCESO DE GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO

La evaluación del proceso de germinación y crecimiento realizado a cada una de las parcelas del proyecto, se efectuó una vez sembrada la especie vegetal Alfalfa (*Medicago bijuga*), a través de las siguientes etapas:

**3.4.1 Método de siembra.** El método de siembra empleado para la especie vegetal Alfalfa (*Medicago bijuga*) consta de las siguientes etapas:

- Medición de las dimensiones de cada una de las parcelas, con base al largo y ancho.
- Separación de semillas por punto de 30 cm.

- Elaboración de una cuadrícula por parcela, de acuerdo a las especificaciones anteriores.
- Número de semillas sembradas por punto 3.

El número de filas que comprendía la cuadrícula de las parcelas de concentración era de 17, y de 7 filas para la parcela de registro. A su vez, el número de columnas para cada una de las concentraciones fue de 5 y de 4 para el registro.

No obstante, el número de semillas sembradas en cada una de las parcelas mezcla fue de 255 y de 84 para el registro. Donde seguidamente a esta etapa de siembra se comenzaron a monitorear los siguientes parámetros.

- Tasa de germinación.
- Tasa de mortalidad.
- Longitud del tallo
- Número de hojas por planta.

**3.4.2 Germinación y crecimiento de las semillas.** Se realizaron seguimientos semanales a cada una de las parcelas, una vez que transcurrió el proceso de siembra de las semillas de Alfalfa (*Medicago bijuga*), con la finalidad de conocer la evolución de esta especie vegetal en cada uno de los sustratos trabajados en el proyecto.

Inicialmente se evaluaron los parámetros de tasa de germinación y tasa de mortalidad, con el propósito de conocer el desarrollo que presentaba la planta en función de cada uno de los sustratos; y con el transcurso de las semanas se comenzó el monitoreo de la longitud de tallo y número de hojas por planta; donde todo el proceso de monitoreo tuvo una duración de ocho semanas a partir de la siembra de las semillas. Los parámetros de tasa de germinación, tasa de mortalidad, número de hojas por planta y longitud de tallo se basaron en la Metodología para el Estudio de la Vegetación de la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, dentro del Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 MEDICIÓN DE VOLÚMEN DE LODOS

El monitoreo del volúmen de lodos producidos en cada una de las plataformas de perforación tuvo una duración de seis meses, comenzando a partir del mes de enero y culminando en el mes de junio. Donde los resultados de estos monitoreos son dados en m<sup>3</sup>, producto de la sumatoria del volúmen generado en los tanques de captación y piscinas de sedimentación por meses, como se observa en la tabla 9.

**Tabla 9.** Monitoreo del volumen de lodos de exploración diamantina durante el primer semestre del 2008.

Mes	Volumen (m <sup>3</sup> )
Enero	38,17
Febrero	29,05
Marzo	32,51
Abril	56,15
Mayo	41,31
Junio	15,87
<b>Total</b>	<b>213.067</b>

Fuente. El autor.

La variación de los datos del volumen de lodos producidos durante el primer semestre del 2008; se adapta a las actividades de perforación llevadas a cabo por las empresas de perforación diamantina, de acuerdo al número de máquinas en campo, el tiempo transcurrido en el traslado de la maquina a otra plataforma de perforación, mantenimiento de maquinas, y perdidas del retorno por áreas con presencia de fracturas de roca.

Los altos valores obtenidos en los meses de enero, abril y mayo; representan que las tasas de volumen de lodos están relacionadas con la productividad de las empresas de perforación contratistas para la compañía, y a su vez la estabilidad de las zonas geológicas exploradas.

## 4.2 PARCELACIÓN Y PREPARACIÓN DE MEZCLAS LODO-SUELO Y REGISTRO

**4.2.1 Diseño y construcción de las parcelas.** Con base en el área disponible asignada por el departamento ambiental de la compañía las tres parcelas de estudio lodo-suelo, comprendieron un área cada una de 1.50 m de ancho, 5.50 m de largo y 0.40 m de profundidad.

La parcela de registro tenía un área de 2.20 m de largo, 1.20 m de ancho y 0.40 m de profundidad. Ajustándose estas dimensiones a la deficiencia de espacio para la construcción. Los planos de planta y perfil diseñados para la construcción de las parcelas, se pueden observar en el **Anexo C**. De igual forma, la figura 10 muestra la construcción de las parcelas en función del área asignada.

**Figura 10.** Construcción de las parcelas de estudio para cada uno de los sustratos.



Fuente. El autor.



**4.2.2 Preparación de las mezclas lodo-suelo.** Los cálculos para la preparación de cada una de las concentraciones lodo-suelo se basaron en cada una de las áreas establecidas para cada parcela y se presentan a continuación:

- **Parcela No 1. Concentración 1:1**

$$\begin{aligned} V &= L \cdot A \cdot H && \rightarrow && V = 5.50 \cdot 1.50 \cdot 0,20 = 1.65 \text{ m}^3. \\ V &= \text{Lodo} \cdot \text{Mat Orgánica} && \rightarrow && V = 1.65/2 = 0.825 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

**Mat Orgánica= 0.825 m<sup>3</sup>.**

**Lodos= 0.825 m<sup>3</sup>.**

- **Parcela No 2. Concentración 2:1**

$$V = \text{Lodo} \cdot \text{Mat Orgánica} \quad \rightarrow \quad V = 1.65/3 = 0,55 \text{ m}^3.$$

**Mat Orgánica= 0.55 m<sup>3</sup>.**

**Lodos= 0.55\*2= 1.1 m<sup>3</sup>.**

- **Parcela No 3. Concentración 3:1**

$$V = \text{Lodo} \cdot \text{Mat Orgánica} \quad \rightarrow \quad V = 1.65/4 = 0.412 \text{ m}^3.$$

**Mat Orgánica= 0.412 m<sup>3</sup>.**

**Lodo= 0.412\*3= 1.23 m<sup>3</sup>.**

- **Parcela No 4. Registro.**

$$V = 2,20 \cdot 1.20 \cdot 0.20 = 0.528 \text{ m}^3.$$

**Materia orgánica: 0.528 m<sup>3</sup>**

Las figuras 11 y 12, muestran la etapa inicial y final del proceso de mezcla lodo-suelo, a partir de los cálculos desarrollados para cada una de las proporciones de mezcla 1:1, 2:1 y 3:1, antes de realizar la fase de siembra en cada una de las parcelas de estudio.

**Figura 11.** Etapa inicial del proceso de mezcla lodo-suelo.



**Fuente.** El autor.

**Figura 12.** Etapa final del proceso de mezcla lodo-suelo después de haber transcurrido un mes.



**Fuente.** El autor.

La textura del suelo inicial de cada uno de los sustratos de mezcla 1:1, 2:1 y 3:1, al inicio del proceso de homogenización, presento un alto grado de compactación de sus partículas, debido a la humedad que aún se conservaba en lodo y la estructura gelatinosa que siempre caracterizo a este residuo sólido al final del proceso de secado y estabilización.

La textura fina lograda por cada uno de los sustratos de mezcla, se obtuvo a partir de la aspersión uniforme de pequeñas cantidades de agua y los volteos realizados periódicamente cada dos días, en cada una de las parcelas durante el transcurso de un mes.

El cambio de coloración grisácea presentada al inicio del proceso de mezcla a una coloración marrón oscura, después de haber transcurrido un mes de volteos simultáneos; se debe a la oxidación del hierro presentado en cada uno de los sustratos, debido a la exposición al oxígeno presente en la atmósfera.

### 4.3 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

**4.3.1 Análisis Iniciales.** Los resultados de los análisis físico-químicos iniciales de la muestra de lodo y suelo tomadas en campo se muestran en el **Anexo D**. La tabla 10 muestra los resultados de pH, C y relación C: N, calculados a partir de los resultados físico- químicos iniciales.

**Tabla 10.** Valores de pH, porcentaje en peso de carbono y relación C/N de la muestra inicial de lodo y suelo.

Parámetro	Unidades	Muestra de lodo	Muestra de suelo
pH	Unidades de pH	6.7	5
Carbono	% en peso de C	35.58	22.91
Relación C/N	Moles	3:1	2:1

**Fuente.** Laboratorio de análisis químico de aguas residuales de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Los resultados de los análisis químicos iniciales muestran un aporte representativo del lodo entorno a nutrientes como Nitrógeno con un 4.34 mg Norg/ kg, Carbono con un 35.58% en peso de carbono, obtenido este último valor a partir de la concentración de DQO en mg O<sub>2</sub>/Kg de cada una de las muestras.

Los aportes del suelo en macronutrientes como Nitrógeno con un 0.588 mg Norg/ kg, carbono con un 22.91 % en peso de C, y fósforo con un valor menor a 0.2 mg PO<sub>4</sub>/Kg, disponibles para la asimilación de la planta, son muy inferiores a los valores obtenidos de la muestra de lodo.

El lodo en relación al suelo, es el sustrato que aporta mayor cantidad de N, C a la planta, pero a su vez ambos constituyentes de cada una de las concentraciones presentan una contribución baja de P, producto de la deficiencia de este mineral tanto en el lodo como en suelo.

La textura franco-arenosa de cada una de las proporciones de lodo-suelo para cada una de las parcelas, proveen excelentes características físicas para la siembra y crecimiento de la especie vegetal Alfalfa; ya que su composición granulométrica brinda la retención de nutrientes y humedad a la planta.

La textura arenosa obtenida en la parcela de registro, la cual se compone de suelo proveniente de la zona del proyecto, establece la noción de un suelo bajo en nutrientes y retención de humedad, debido al lavado que se presenta por acción de las lluvias de acuerdo al espacio de sus partículas.

**4.3.2 Análisis finales.** Los resultados de los análisis físico-químicos finales de las proporciones de mezcla 1:1, 2:1, 3:1 y registro tomadas en campo se muestran en el **Anexo E**. En la tabla 11 muestra los valores de C y la relación C: N para cada una de las concentraciones.

**Tabla 11.** Valores de porcentaje en peso de carbono y relación C/N, de cada una de las proporciones de mezcla y registro.

Parámetro	Unidades	1:1	2:1	3:1	Registro
Carbono	% en peso de C	29.81	33.33	38.02	25.05
Relación C/N	Moles	2:1	3:1	3:1	2:1

**Fuente.** Laboratorio de análisis químico de aguas residuales de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Los valores de carbono en % en peso obtenidos a partir del resultado final de DQO, muestran que a medida que aumenta cada una de las concentraciones de mezcla en las parcelas de estudio, sube la presencia de C para cada una de estas; mostrando que el carbono esta siendo aportado por el lodo y no por el suelo recolectado de la zona.

Los valores de nitrógeno obtenidos en las concentraciones 1:1 de 2.46 mg Norg/ Kg y 3:1 de 3.22 mg Norg/ Kg, representan un aumento de este nutriente en función de la concentración, pero disminuyendo en la concentración 2:1 con 2.24 mg Norg/ Kg, debido a la lixiviación producida por acción de las lluvia en la zona durante el periodo de estudio.

El suelo recolectado de la zona para la realización de cada una las concentraciones, presenta un aporte bajo en C, N, Y P como se puede observar en los resultados químicos finales, siendo el fosforo el mineral que mayor deficiencia presenta en el lodo y suelo.

Los resultados de los análisis químicos finales de micronutrientes obtenidos de cada una de las proporciones de mezcla, representan aportes significativos del

lodo en relación al hierro, aluminio y magnesio, demostrando que el aporte del suelo para estos minerales esenciales para el desarrollo de la planta se da pero en muy baja proporción.

La variación que presenta el sodio en cada una de las concentraciones de mezcla y el registro, se pudo originar de las trazas que presenta la cal entorno a este mineral, para la estabilización del pH entre 6.5-7.5 de cada una de las parcelas, en función del óptimo desarrollo de la alfalfa; y a su vez la presencia de sodio también se debe a la adición de cal en los procesos de coagulación-floculación en las piscinas de sedimentación.

Los valores ascendentes de sulfatos de cada una de las parcelas de concentración, se debe a la presencia de este compuesto en el lodo, como producto de la adición de sulfato de aluminio para la realización de los procesos de coagulación-floculación para el tratamiento de las aguas residuales.

La variación de los valores de cobre obtenidos en las parcelas de concentración y registro, se pudo originar a partir de la lixiviación de este mineral por acción de las lluvias generadas durante el tiempo que se llevo a cabo el estudio.

La textura franco-arenosa obtenida de las concentraciones 1:1 y 2:1 y franco arcillo-arenosa de la concentración 3:1, representan un suelo con características propicias para la retención de nutrientes y humedad, óptima aireación, los cuales son factores indispensables para el crecimiento y desarrollo de la planta.

#### **4.4 GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE LAS SEMILLAS**

##### **4.4.1 Tasa de Germinación.**

- **Parcela No 1.** Las tablas de monitoreo en campo y cálculos de tasa de germinación de la concentración 1:1, se pueden observar en el **Anexo F**. La figura 13 representa el porcentaje de germinación de la concentración 1:1 y la figura 14 muestra la imagen del proceso de germinación para la parcela 1.

**Figura 13.** Gráfica estadística en porcentaje de semillas germinadas de la concentración 1:1.



Fuente. El autor.

**Figura 14.** Imagen del proceso de germinación de la parcela de concentración 1:1.



Fuente. El autor.

- **Parcela No 2.** las tablas de monitoreo en campo y cálculos de tasa de germinación de la concentración 2:1, se pueden observar en el **Anexo F**. La figura 15 representa el porcentaje de germinación de la concentración 2:1 y la figura 16 muestra la imagen del proceso de germinación para la parcela 2.

**Figura 15.** Grafica estadística en porcentaje de semillas germinadas de la concentración 2:1.



Fuente. El autor.

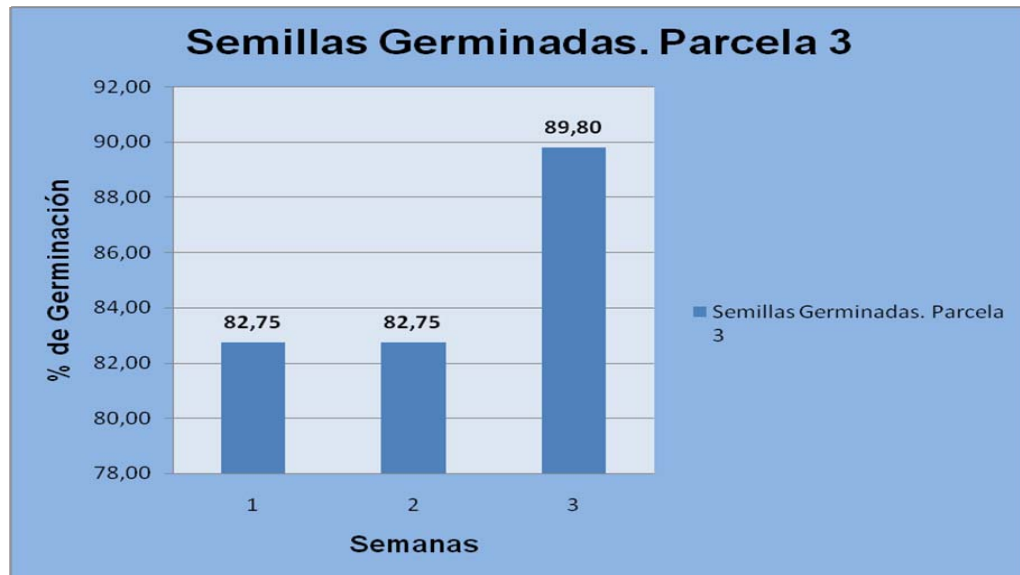
**Figura 16.** Imagen del proceso de germinación de la parcela de concentración 2:1.



Fuente. El autor.

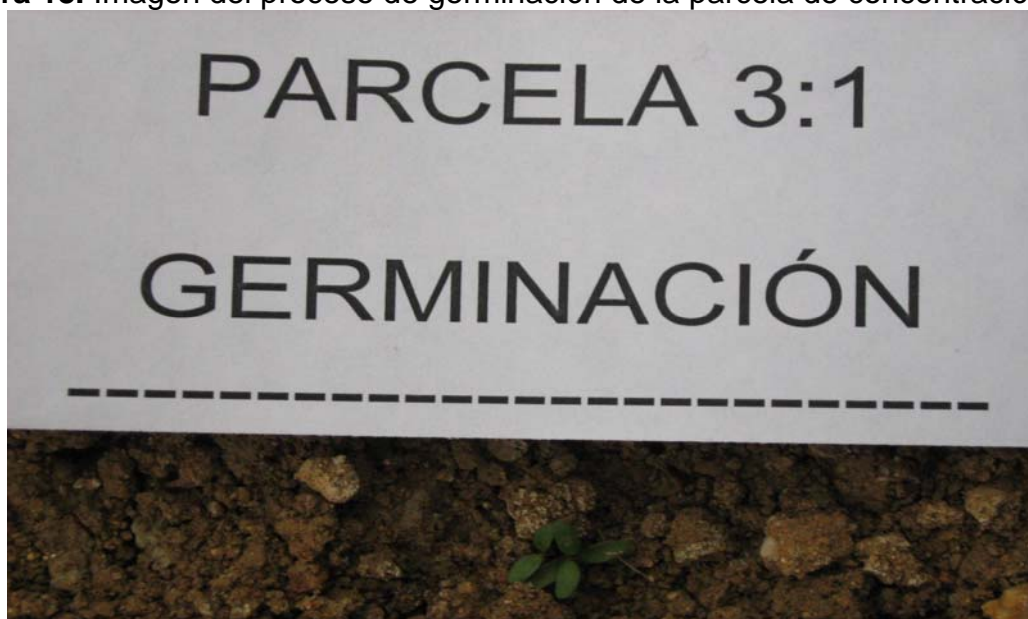
- **Parcela No 3.** Las tablas de monitoreo en campo y cálculos de tasa de germinación de la concentración 3:1, se pueden observar en el **Anexo F**. La figura 17 representa el porcentaje de germinación de la concentración 3:1 y la figura 18 muestra la imagen del proceso de germinación para la parcela 3.

**Figura 17.** Grafica estadística en porcentaje de semillas germinadas de la concentración 3:1.



Fuente. El autor.

**Figura 18.** Imagen del proceso de germinación de la parcela de concentración 3:1.



Fuente. El autor.

- **Parcela de Registro.** Las tablas de monitoreo en campo y cálculos de tasa de germinación de la parcela de registro, se pueden observar en el **Anexo F**. La figura 19 representa el porcentaje de germinación de la parcela de registro y la



figura 20 muestra la imagen del proceso de germinación para la parcela de registro.

**Figura 19.** Grafica estadística en porcentaje de semillas germinadas de la parcela de registro.



**Fuente.** El autor.

**Figura 20.** Imagen del proceso de germinación para la parcela de registro.



**Fuente.** El autor.

Los porcentajes de germinación más altos obtenidos en diferentes periodos de tiempo, fueron los observados en la parcela de concentración 3:1 con un 89.80% y la parcela de registro con un 96.43%; que relacionados con la ficha técnica de la

especie vegetal Alfalfa (*Medicago Bijuga*), expresa un porcentaje de germinación de sus semillas del 85%; demostrando así que estas dos parcelas excedieron los porcentajes de germinación esperados a través de la ficha técnica de la planta.

Los porcentajes de germinación más bajos del monitoreo, están asociados a la concentración 1:1 con un 67.06% y La concentración 2:1 con un 65.88%, que relacionados a la ficha técnica de la especie vegetal Alfalfa (*Medicago bijuga*), expresa el porcentaje de germinación más bajo de alrededor del 65% para estas semillas, indicando así de esta manera que estas dos parcelas presentaron comportamientos de desarrollo similares, no muy lejos de los datos de germinación mencionados en la ficha técnica.

Las tasas de germinación y tiempos de germinación de las semillas de Alfalfa, están directamente asociados con el tipo de concentración lodo-suelo y suelo en cada una de las parcelas, la textura del suelo en función de la retención de humedad necesaria para la germinación de las semillas, incidencia de la radiación solar, precipitaciones y el lugar donde se llevo a cabo el proyecto el cual presentaba un nivel freático alto acompañado del descenso de corrientes frías que bañaban las parcelas de concentración.

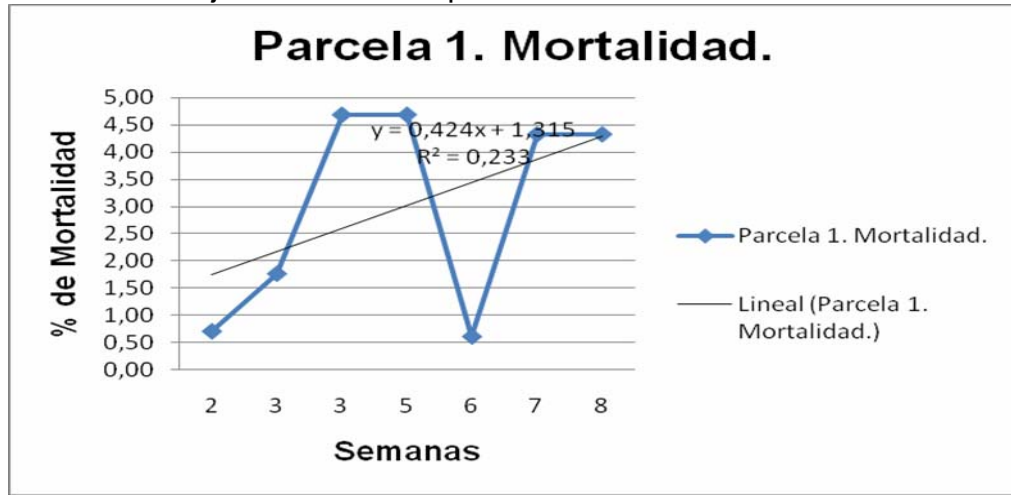
El porcentaje de germinación más alto presentado en la parcela de registro, se debe a la incidencia directa de los rayos solares que permitían mantener un microclima ideal para el crecimiento de las semillas, el optimo drenaje que presentaba este sustrato para el mantenimiento de la humedad del suelo, debido a la época de lluvias que se presentó durante el transcurso del estudio.

La concentración 3:1 que relaciona un porcentaje de germinación muy similar al registro, contaba también con unas condiciones ambientales optimas para el desarrollo de las semillas en términos de incidencia de luz solar y humedad de su sustrato; pero a diferencia del registro se encontraba influenciada junto con las concentraciones 2:1 y 1:1 por el descenso de corrientes frías provenientes de la quebrada aledaña y la cercanía a una pareja de robles que generaban un microclima frío, que en cierta forma también afectaban la incidencia de los rayos solares sobre las concentraciones 1:1 y 2:1 esenciales para proporcionar una humedad adecuada a las semillas, como resultado de la época de invierno por la que se atravesaba en ese momento.

#### **4.4.2 Tasa de mortalidad.**

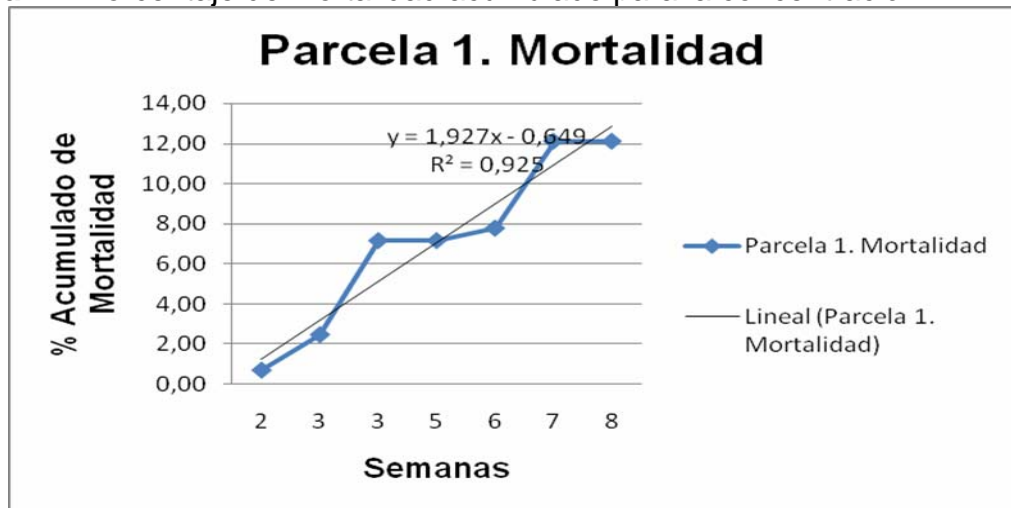
- **Parcela 1.** Las tablas de mortalidad del monitoreo en campo y los cálculos de porcentaje de mortalidad y mortalidad acumulada para la concentración 1:1, se pueden observar en el **Anexo G**. La figura 21 y 22 que se presentan, representan los valores estadísticos del % de mortalidad y % de mortalidad acumulado para la concentración 1:1.

**Figura 21.** Porcentaje de mortalidad para la concentración 1:1.



Fuente. El autor.

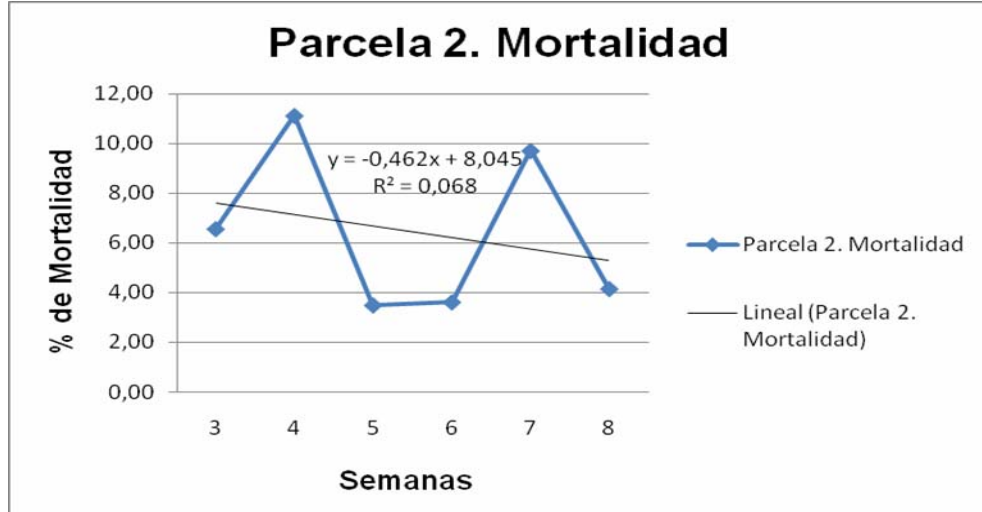
**Figura 22.** Porcentaje de mortalidad acumulado para la concentración 1:1.



Fuente. El autor.

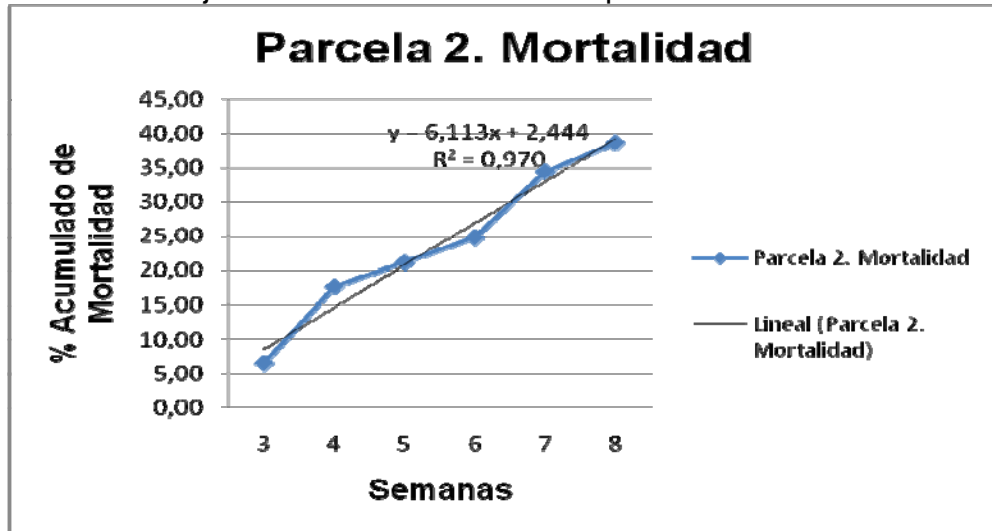
- Parcela 2.** Las tablas de mortalidad del monitoreo en campo y los cálculos de porcentaje de mortalidad y mortalidad acumulada para la concentración 2:1, se pueden observar en el **Anexo G**. La figura 23 y 24 que se presentan, representa los valores estadísticos del % de mortalidad y % de mortalidad acumulado para la concentración 2:1.

**Figura 23.** Porcentaje de mortalidad para la concentración 2:1.



Fuente. El autor.

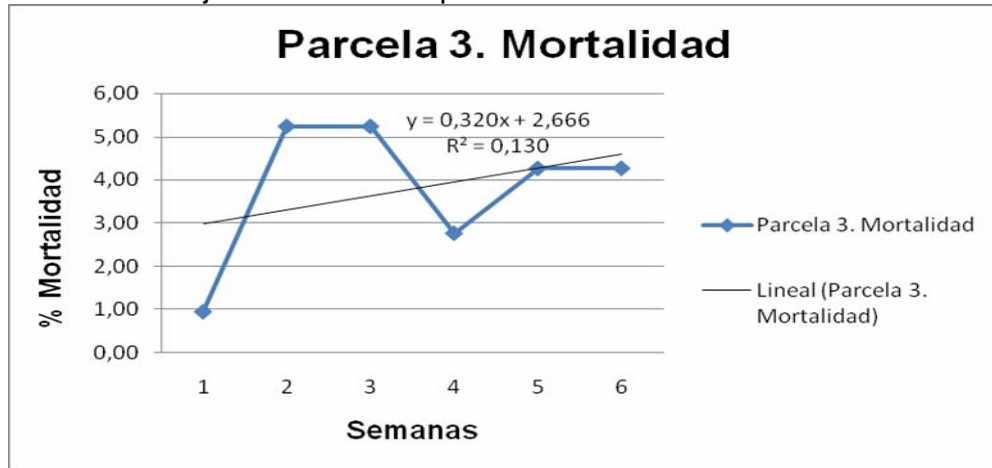
**Figura 24.** Porcentaje de mortalidad acumulado para la concentración 2:1.



Fuente. El autor.

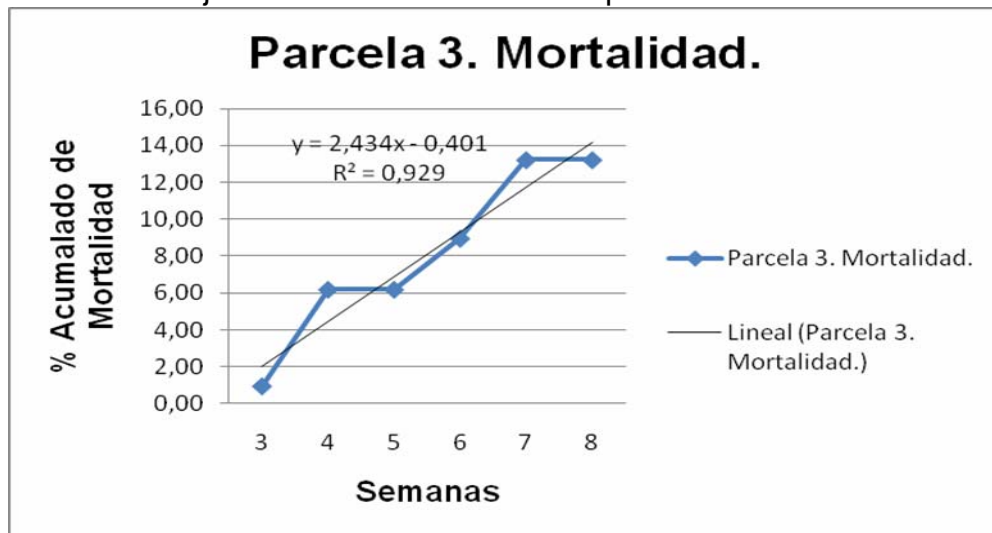
- Parcela No 3.** Las tablas de mortalidad del monitoreo en campo y los cálculos de porcentaje de mortalidad y mortalidad acumulada para la concentración 3:1, se pueden observar en el **Anexo G**. La figura 25 y 26 que se presentan, representa los valores estadísticos del % de mortalidad y % de mortalidad acumulado para la concentración 3:1.

**Figura 25.** Porcentaje de mortalidad para la concentración 3:1.



Fuente. El autor.

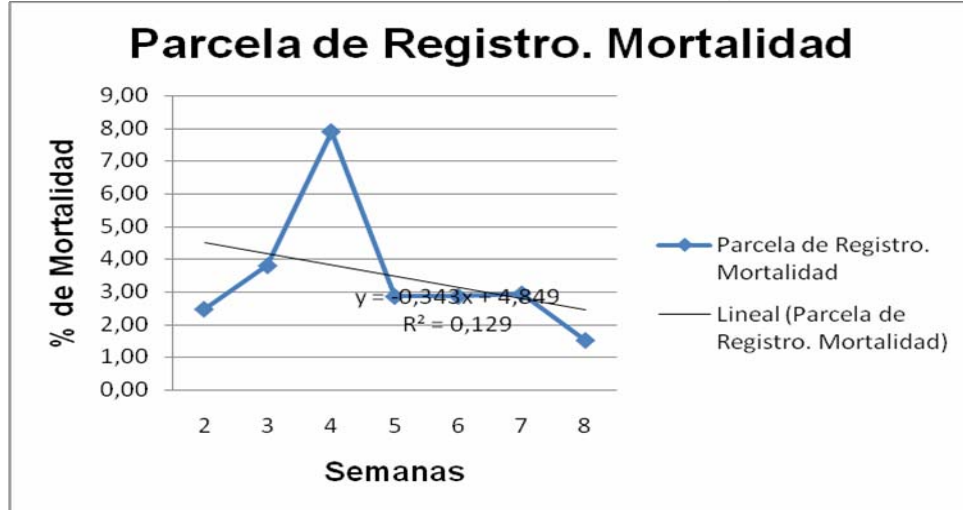
**Figura 26.** Porcentaje de mortalidad acumulada para la concentración 3:1.



Fuente. El autor.

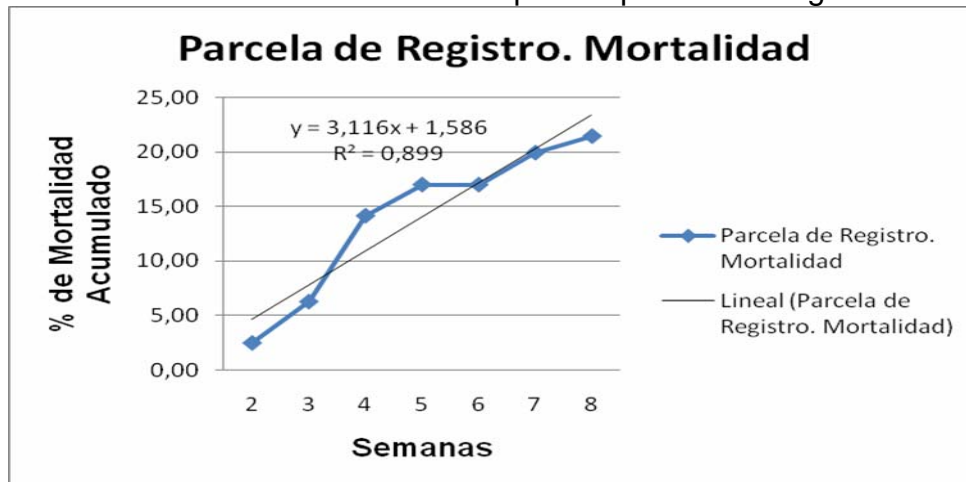
- Parcela de registro.** Las tablas de mortalidad del monitoreo en campo y los cálculos de porcentaje de mortalidad y mortalidad acumulada para la parcela de registro, se pueden observar en el **Anexo G**. La figura 27 y 28 que se presentan, representa los valores estadísticos del % de mortalidad y % de mortalidad acumulado para la parcela de registro.

**Figura 27.** Porcentaje de mortalidad para la parcela de registro.



Fuente. El autor.

**Figura 28.** Tasa de mortalidad acumulada para la parcela de registro.



Fuente. El autor.

Los porcentajes de mortalidad acumulada obtenidos en la concentración 1:1 con un 12.09% y la concentración 3:1 con un 13.22%, son resultados representativamente inferiores a los obtenidos en la concentración 2:1 con un 38.56%, presentándose este valor como el más alto entre las parcelas de mezcla y registro que presentó un valor de mortalidad acumulada del 21.47%.

La parcela de registro (seguimiento) que presentó la segunda tasa de mortalidad acumulada más alta, del estudio realizado a cada una de las parcelas con un 21.47%, encuentra asociado este valor a los factores climatológicos reinantes de la zona como precipitaciones, temperatura, entre otros; factores biológicos como la presencia de insectos que se alimentaban de las plantas y la compactación de la

textura del suelo después de haber transcurrido las lluvias que de igual manera estas también por arrastres de partículas, enterraron algunas plantas.

La tasa de mortalidad acumulada presentada en función de la tendencia que se muestra en la grafica para la parcela No 2; connota los factores adversos presentados allí, entorno a los procesos de lixiviación y arrastre de partículas donde quedaban gravemente afectadas las plantas, por compactación y agrietamiento del sustrato debido a la acción de las lluvias, La descarga de agua que ocasionaba el poli sombra sobre esta parcela cuando se saturaba de liquido por acción de las precipitaciones, entre otros factores significativos que afectaron con mayor incidencia a esta parcela que a las otras dos parcelas del estudio de lodo-suelo.

La tendencia que presenta las graficas de mortalidad acumulada de las concentraciones 1:1 y 3:1 con la parcela de registro, muestra la correlación existente, entre estas tres parcelas en función de los datos de la pendiente que se representan en cada grafica estadística; a pesar de que cada una se encontraba trabajando bajo condiciones de sustrato diferentes, y de igual manera estaban siendo afectadas en mayor o menor proporción por factores climatológicos, factores biológicos.

Las parcelas de concentración 1:1 y 3:1 representan valores inferiores de porcentaje de mortalidad acumulada, en relación a la concentración 2:1 y registro, debido a la menor incidencia que ocasionaron las lluvias en el arrastre de partículas que producían el sepultamiento y a veces muerte de las plantas a raíz de este efecto, menores áreas de agrietamiento del sustrato que generaban la exposición de las raíces al medio, interfiriendo en funciones esenciales de la planta como sostenimiento, absorción de nutrientes y agua.

Las figuras 29, 30, 31, 32 muestran la incidencia que tuvieron los factores anteriormente mencionados en los resultados de la tasa de mortalidad y mortalidad acumulada en cada una de las parcelas de estudio.

**Figura 29.** Factores que influenciaron la tasa de mortalidad.



**Fuente.** El autor.

**Figura 30.** Factores que influenciaron la tasa de mortalidad.



**Fuente.** El autor.



**Figura 31.** Factores que influenciaron la tasa de mortalidad.



**Fuente.** El autor.

**Figura 32.** Factores que influenciaron la tasa de mortalidad .



**Fuente.** El autor.

#### 4.4.3 Relación tallo-hojas.

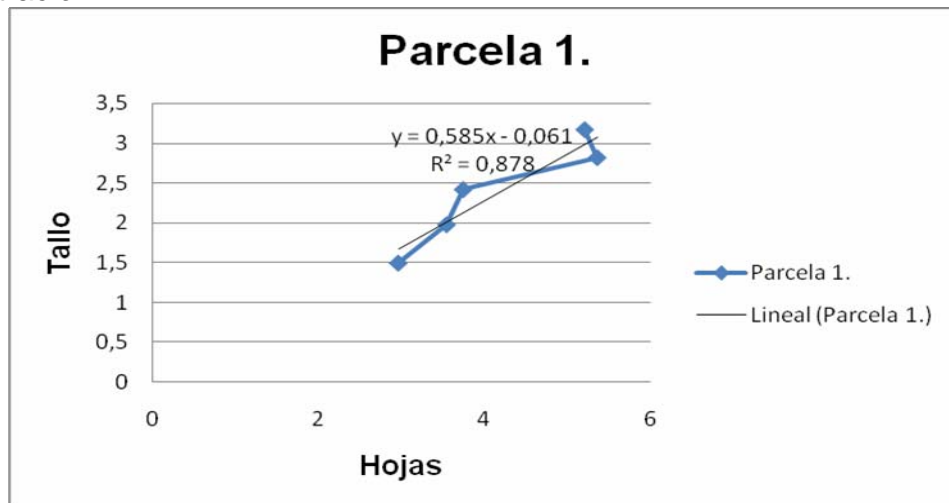
- **Parcela 1.** Las tablas del monitoreo de hojas y tallo tomados en campo y los cálculos de los mismos para la concentración 1:1, se pueden observar en el **Anexo H**. La tabla 12 y la figura 33, representa un promedio de la relación entre el tallo y hojas en un periodo de cinco semanas.

**Tabla 12.** Promedio general de hojas y tallo por semanas para la concentración 1:1.

Fecha	Hojas	Tallo
15/05/2008	2,97	1,5
23/05/2008	3,55	1,98
29/05/2008	3,75	2,42
12/06/2008	5,36	2,82
20/06/2008	5,21	3,17

Fuente. El autor.

**Figura 33.** Grafica estadística de la relación entre tallo y hojas para la concentración 1:1.



Fuente. El autor.

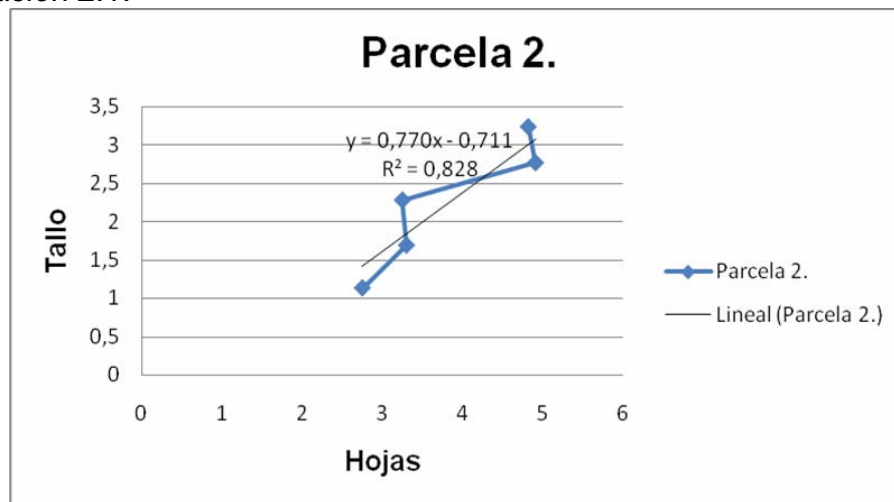
- **Parcela 2.** Las tablas del monitoreo de hojas y tallo tomados en campo y los cálculos de los mismos de la concentración 2:1, se pueden observar en el **Anexo H**. La tabla 13 y la figura 34, representa un promedio de la relación entre el tallo y las hojas en un periodo de cinco semanas.

**Tabla 13.** Promedio general de hojas y tallo por semanas para la concentración 2:1.

Fecha	Hojas	Tallo
15/05/2008	2,75	1,13
23/05/2008	3,3	1,69
29/05/2008	3,25	2,28
12/06/2008	4,91	2,77
20/06/2008	4,82	3,24

Fuente. El autor.

**Figura 34.** Grafica estadística de la relación entre tallo y hojas para la concentración 2:1.



Fuente. El autor.

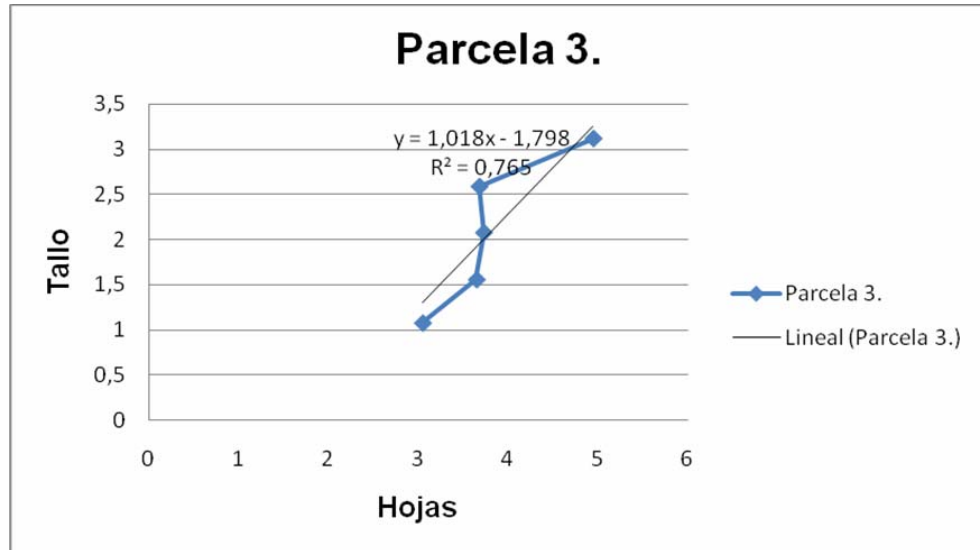
- **Parcela 3.** Las tablas del monitoreo de hojas y tallo tomados en campo y los cálculos de los mismos de la concentración 3:1, se pueden observar en el **Anexo H**. La tabla 14 y la figura 35, representa un promedio de la relación entre el tallo y las hojas en un periodo de cinco semanas.

**Tabla 14.** Promedio general de hojas y tallo por semana para la concentración 3:1.

Fecha	Hojas	Tallo
15/05/2008	3,05	1,08
23/05/2008	3,65	1,56
29/05/2008	3,73	2,08
12/06/2008	3,68	2,59
20/06/2008	4,95	3,12

Fuente. El autor.

**Figura 35.** Grafica estadística de la relación entre tallo y hojas para la concentración 3:1.



**Fuente.** El autor.

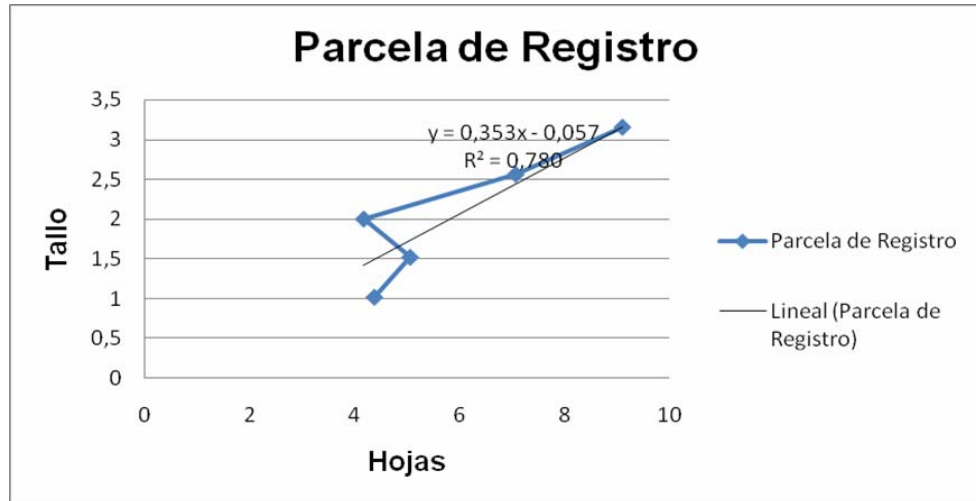
- **Parcela de registro.** Las tablas del monitoreo de hojas y tallo tomados en campo y los cálculos de los mismos de la parcela de registro, se pueden observar en el **Anexo H**. La tabla 15 y la figura 36, representa un promedio de la relación entre el tallo y las hojas en un periodo de cinco semanas.

**Tabla 15.** Promedio general de hojas y tallo por semana para la parcela de registro.

Fecha	Hojas	Tallo
15/05/2008	4,38	1,02
23/05/2008	5,06	1,52
29/05/2008	4,18	2
12/06/2008	7,07	2,56
20/06/2008	9,1	3,15

**Fuente.** El autor.

**Figura 36.** Grafica estadística de la relación entre tallo y hojas para la parcela de registro.



**Fuente.** El autor.

La relación entre tallo y hojas para cada una de las parcelas de lodo-suelo, como a su vez la de registro, presentan un crecimiento proporcional en el tiempo del monitoreo de cada uno de estos parámetros medidos en campo; estableciendo que a medida que aumenta el número de hojas en cada una de las parcelas también se presenta un incremento en la longitud de su tallo.

La tendencia que presenta la pendiente para las graficas de la parcela 1 de  $R^2=0.878$  y parcela 2 de  $R^2=0.828$ ; marca una correlación similar entre el crecimiento de hojas y tallo para estas concentraciones; como de la misma forma se da una relación similar entre la parcela 3 con  $R^2=0.765$  y la parcela de registro con  $R^2=0.780$ .

La diferencia significativa presentada entre el promedio general de hojas de la parcela de registro con las parcelas de concentración uno, dos y tres; se dio a partir de las condiciones climáticas ostentadas en la zona, basadas en las corrientes de aire frío y seco que pasaba por la rivera de la quebrada que tocaba fuertemente a las tres parcelas de mezcla, lo que ocasionaba una coloración amarilla o marchitamiento de la hojas, asociados también a este factor ambiental las fuertes precipitaciones que producían un arrastre de partículas que derivaba en un sepultamiento de la planta, la baja radiación solar presentada en algunos momentos por los árboles cercanos a las parcelas de estudio; y por último la condiciones biológicas asociadas a la presencia insectos sobre la hojas que provocaba una perdida u orificios sobre estas.

El promedio general obtenido en cada una de las parcelas en relación al desarrollo del tallo, muestra que no se observan diferencias significativas de crecimiento de este entre cada una de las concentraciones y el registro, debido a que las cuatro parcelas de siembra presentan resultados muy similares de crecimiento; lo que hace preveer que la planta pueden presentar un desarrollo óptimo en sustrato natural con en un sustrato de mezcla lodo-suelo.

Las figuras 37, 38, 39, 40 muestran el crecimiento que presentaron las plántulas en cada una de las parcelas, donde a través de estas imágenes se puede observar la relación entre el tallo y hojas de cada una.

**Figura 37.** Crecimiento de la planta en función de la relación tallo-hojas para la parcela de registro.



**Fuente.** El autor.

**Figura 38.** Crecimiento de la planta en función de la relación tallo-hojas para la concentración 1:1.



**Fuente.** El autor.

**Figura 39.** Crecimiento de la planta en función de la relación tallo-hojas para la concentración 2:1.



**Fuente.** El autor.

**Figura 40.** Crecimiento de la planta en función de la relación tallo-hojas para la concentración 3:1.



Fuente. El autor.

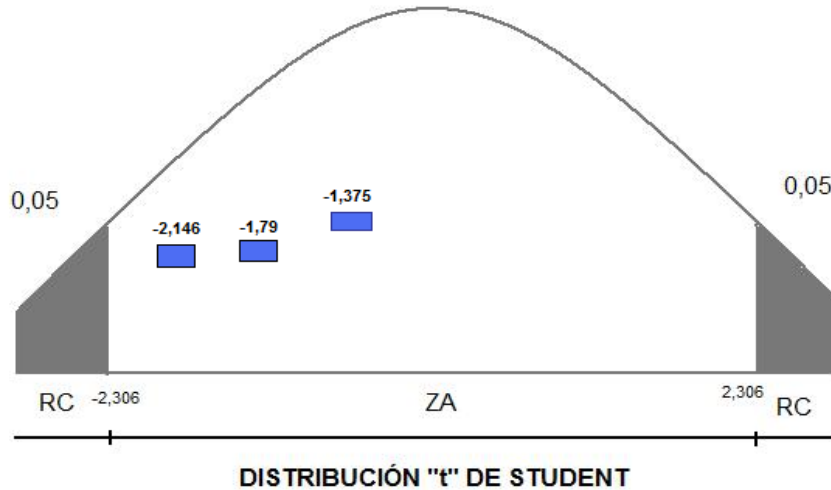
#### **4.5 HIPOTESIS ESTADISTICA “Distribución t Student” ENTRE LA RELACIÓN DE HOJAS DE LA PARCELA DE REGISTRO CON LAS DIFERENTES PARCELAS DE PROPORCIONES 1:1, 2:1, 3:1**

**4.5.1 Hipótesis estadística.** Existe una relación significativa entre el número de hojas de las plantas sembradas en la parcela de sustrato natural (suelo), con el número de hojas de las plantas sembradas en los sustratos lodo-suelo de proporciones de mezcla 1:1, 2:1, 3:1. Las tablas de los cálculos de referencia de las tres hipótesis planteadas entre la parcela de registro y cada una de las concentraciones de mezcla, se pueden observar en el **Anexo I**. De igual forma la figura 41 representa el resultado obtenido a partir de las tres hipótesis planteadas entre el registro con cada una de las proporciones de mezcla.



**Figura 41.** Grafica estadística representativa de cada una de las tres hipótesis planteadas entre la parcela de registro con las proporciones de mezcla.

Docima Bilateral con un nivel de significación de 0.05



Concentración 1:1 y registro: -1,79  
 Concentración 2:1 y registro: -1,375  
 Concentración 3:1 y registro: -2,146

Fuente. El autor.

La relación entre el crecimiento del número de hojas de la parcela de registro con cada uno de los tres sustratos de concentración trabajados en el proyecto, permite establecer que hay una relación directa entre el desarrollo de las plantas entorno a sus hojas en un sustrato natural como en un sustrato lodo-suelo a diferentes concentraciones.

La incidencia de los factores climatológicos de la zona, el sitio de construcción de las tres parcelas de concentración que presentaba un nivel freático muy alto y la influencia de factores biológicos asociados a la presencia de insectos que se alimentaban de las hojas de la planta, fueron algunas de las causas que alteraron el crecimiento las hojas durante el período del monitoreo de cada una de las proporciones de mezcla, que llevaron a pensar que no había una relación directa entre el registro y las tres parcelas de estudio.

El resultado obtenido de la relación entre la parcela de registro con cada una de las parcelas de mezcla, marca la pauta para afirmar que las tres concentraciones son óptimas para el desarrollo de la planta.

## 5. CONCLUSIONES

La alternativa de aprovechamiento de lodos generados en las actividades de exploración minera por parte de la compañía CVS Explorations Ltda., es una opción viable para responder a la problemática de lodos de perforación diamantina que se presenta en las compañías y empresas de exploración nacionales y extranjeras.

Las características químicas presentadas en lodo de perforación diamantina a partir de los análisis de laboratorio realizados, permitió conocer los aportes nutricionales de macronutrientes y micronutrientes esenciales para el desarrollo de la planta, en C, N, Fe, Al, Mg; a diferencia de las características del sustrato natural del suelo de la zona que dejó proveer un suelo bajo en nutrientes.

Las características físicas presentadas en cada una de las concentraciones 1:1, 2:1 y 3:1, a partir de los análisis realizados en laboratorio, muestran que el lodo al ser mezclado con un sustrato natural puede actuar como un acondicionador de suelos, al poseer condiciones esenciales para la retención de nutrientes y humedad, como proporcionar una óptima aireación, los cuales son factores indispensables para el desarrollo de la planta.

El diseño y construcción de las parcelas de experimentación, para la realización de las diferentes concentraciones de mezcla y siembra, logró llevar a cabo el proceso de estabilización necesario en cada uno de los sustratos para desarrollar el cultivo de la especie vegetal Alfalfa (*Medicago bijuga*), al observar en el transcurso de un mes los cambios físicos de textura y químicos basados en la oxidación que se originaba de acuerdo a los volteos realizados en cada parcela.

El monitoreo de la especie vegetal Alfalfa en cada una de las parcelas de concentración 1:1, 2:1, 3:1 y registro construidas, para la evaluación de los parámetros de tasa de germinación, tasa de mortalidad, crecimiento del tallo y hojas; presentó un crecimiento óptimo como se observó durante el seguimiento en campo y los cálculos y análisis de resultados obtenidos en el estudio, en base a los parámetros mencionados. Donde solamente los factores ambientales (climatológicos) y biológicos asociados en la zona a medida que se desarrollaba el proyecto opacaron el desarrollo de la planta.

Se determinó que las concentraciones de mezcla lodo-suelo 1:1, 2:1 y 3:1, reflejaron comportamientos similares en relación a los parámetros evaluados entre sí y los de la parcela de registro; por lo que es de resaltar que cualquier concentración de las trabajadas en campo proporciona los nutrientes y la textura óptima para la germinación y crecimiento de la especie vegetal Alfalfa (*Medicago bijuga*). A su vez, Las proporciones de mezcla lodo-suelo, pueden ser utilizadas a

futuro para tratar la recuperación de zonas afectadas ambientalmente por las actividades de exploración minera.

## 6. RECOMENDACIONES

La obtención de buenos resultados para cada una de las proporciones de mezcla trabajadas durante el estudio, hace preveer que una concentración más alta, puede llegar a presentar óptimos resultados, de acuerdo a los parámetros físico-químicos plasmados en cada una de las proporciones dadas anteriormente, por lo tanto se recomienda continuar trabajos de investigación para evaluar mayores concentraciones.

La alternativa de aprovechamiento de lodos de perforación minera durante el desarrollo de las actividades de exploración, no es la única opción que se puede llegar a manejar; ya que observando los resultados obtenidos en campo, se pueden aplicar otras ideas para lograr tratar los lodos de perforación diamantina.

Las condiciones climatológicas y topográficas bajo las cuales se realizó el estudio, dan a conocer que si a partir de estas se lograron obtener óptimos resultados de desarrollo y crecimiento de la planta, se puede plantear el traslado del estudio a una zona diferente a los 2700 mts sobre el nivel del mar.

## BIBLIOGRAFIA

- BERNSTEIN, Ruth y Stephen. Biología: Nutrientes del suelo. Mc Graw Hill, 2004.
- DOMÉNECH, Xavier. Química del suelo: El impacto de los contaminantes. 2ª edición. Madrid: Miraguano ediciones, 1997.
- Fundación de Hogares Juveniles Campesinos. Manual Agropecuario / Tecnologías Orgánicas de la Granja Autosuficiente. Vol. I, Tomo 1. 2 p.
- JIMENEZ SALAS, Jose A. Mecánica de suelos y sus aplicaciones a la ingeniería: Tipos de suelos. Madrid, 1954.
- KEHDI, Noucetta. Comida para las plantas. Parte primera: Descripción general. Available from Internet:  
<URL:<http://www.amigosdemaria.com/pdf/comida%20para%20plantas.pdf>>.
- Mi HDD, Mining & Waterwell. Catalogo de polímeros de perforación, 2004.
- SEÓANEZ CALVO, Mariano. La contaminación del medio natural continental: procesos naturales de descomposición de los residuos orgánicos. Ingeniería del medio ambiente aplicada al medio natural continental, 1996.
- ,-----, Suelos. Ingeniería del medio ambiente aplicada al medio natural continental, 1996.
- ,-----, El suelo como depurador. Ingeniería del medio ambiente aplicada al medio natural continental, 1996.
- SUAREZ DÍAZ, Jaime. Vegetación y bioingeniería. Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales, 1998.
- MATTEUCCI, Silvia y COLMA, Aída. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaria general de la organización de los estados americanos. Programa regional de desarrollo científico y tecnológico. Washington, D.C., 1982.

# **ANEXOS**

## **ANEXO A. FICHA TECNICA DE LODOS DE PERFORACIÓN**

## FICHA TECNICA DE PRODUCTOS QUÍMICOS.

### Sección I. Identificación del producto.

1. Nombre comercial: Max-Gel.
2. Nombre Químico: Bentonita de Sodio.
3. Formula Química:  $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ .
4. Familia Química: Arcilla
5. Tipo de empaque: Sacos resistentes al agua de 50 Lb de peso.
6. Uso del producto: En la preparación de lodos de perforación.
7. Usuario: TERRAMUNDO DRILLING INC
8. Nombre del fabricante: M-I OVERSEAS.
9. Dirección: P.O.BOX 42842 HOUSTON – TEXAS 242-2842
10. Teléfono: (281) 561-1600

### Sección II. Datos químicos y físicos.

1. Punto de ebullición/Fusión: No aplica
2. Presión de vapor: No aplica
3. Gravedad especifica: 2.4
4. Volatilidad por volumen: No disponible
5. Punto de inflamación: No aplica
6. Estado físico: Solido.
7. Color: Veis.



8. Solubilidad en el agua: Despreciable
9. Reactividad con agua: Estable e Inerte.

**Sección III. Datos de riesgo.**

10. Inocua

**Sección IV. Tipo de riesgo.**

11. Relativamente sin riesgo.

**Sección V. Medidas preventivas.**

12. Almacenamiento: Almacenar en sitios frescos y secos
13. Incompatibilidad en el almacenaje: Agua.
14. Protección personal requerida: Mascara para polvo y gafas de seguridad.
15. Procedimiento en caso de fugas y derrames: Recoger en un recipiente para desechos y luego lavar con agua.
16. Método de disposición final: Como lo estipulen las regulaciones ambientales vigentes en el lugar donde se llevan a cabo los trabajos.
17. Primeros auxilios: Contacto con los ojos: Lavar con agua. Contacto con la piel: Lavar la parte afectada con agua y jabón. Si se ha inhalado movilizar a un área ventilada.

**Sección I. Identificación del producto.**

1. Nombre comercial: Polyplus RD.

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| 2. Nombre Químico:        | Poliacrilamida aniónica en emulsión de agua solvente                                   |
| 3. Formula Química:       | (C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> NO, C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> , Na)X |
| 4. Familia Química:       | Poliacrilato   |
| 5. Tipo de empaque:       | Baldes plásticos de 5 galones.   |
| 6. Uso del producto:      | En la preparación de lodos de perforación.   |
| 7. Usuario:               | TERRAMUNDO DRILLING INC  |
| 8. Nombre del fabricante: | M-I OVERSEAS.  |
| 9. Dirección:             | P.O.BOX 42842 HOUSTON – TEXAS 242-2842   |
| 10. Teléfono:             | (281) 561-1600   |

## **Sección II. Datos químicos y físicos.**

- |                                 |                                     |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 11. Punto de ebullición/Fusión: | No aplica                           |
| 12. Presión de vapor:           | No aplica                           |
| 13. Gravedad específica:        | 0.98                                |
| 14. Volatilidad por volumen:    | No disponible                       |
| 15. Punto de inflamación:       | No aplica                           |
| 16. Estado físico:              | Sólido.                             |
| 17. Color:                      | Blanco.                             |
| 18. Solubilidad en el agua:     | Despreciable                        |
| 19. Reactividad con agua:       | Estable e Inerte.                   |
| 20. Otros:                      | PH 7.0-9.0 (0.6% En agua destilada) |

### **Sección III. Datos de riesgo.**

21. Inocua

### **Sección IV. Tipo de riesgo.**

22. Relativamente sin riesgo.

### **Sección V. Medidas preventivas.**

23. Almacenamiento: Mantener en recipientes bien sellados, se puede almacenar en bodegas.

24. Incompatibilidad en el almacenaje: No almacenar con materiales altamente oxidantes ni reductores.

25. Protección personal requerida: Gafas de seguridad, mascara para la cara, se debe usar guantes.

26. Procedimiento en caso de fugas y derrames: Recoger con un material absorbente y limpiar con un solvente adecuado.

27. Método de disposición final: Como lo estipulen las regulaciones ambientales vigentes en el lugar donde se llevan a cabo los trabajos.

28. Primeros auxilios: Contacto con los ojos: Lavar con agua. Contacto con la piel: Lavar la parte afectada con agua y jabón.

**ANEXO B. MAPA DE LA UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL ESTUDIO  
AMBIENTAL LLEVADO A CABO EN LA COMPAÑÍA CVS EXPLORATIONS  
LTDA.**



**ANEXO C. DISEÑO DE PLANTA Y PERFIL DE LAS PARCELAS DEL ESTUDIO  
DE APROVECHAMIENTO DE LODOS DE EXPLORACIÓN MINERA POR  
PARTE DE LA COMPAÑÍA CVS EXPLORATIONS LTDA.**



**ANEXO D. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO INICIAL DE LA MUESTRA DE LODO Y  
SUELO TOMADAS EN CAMPO**



<b>LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO DE AGUA S RESIDUALES</b>
<b>REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO F-5.10-01</b>

<b>DESCRIPCION DE LA MUESTRA</b>
----------------------------------

CLIENTE: CVS EXPLORATIONS LTDA	CLIENTE: CVS EXPLORATION S LTDA
CODIGO: 89	CODIGO: 95
FUENTE: LODO	FUENTE: SUELO
FECHA DE RECEPCION: 11-03-08	FECHA DE RECEPCION: 26-03-08
FECHA DE REPORTE: 07-05-08	FECHA DE REPORTE: 07-05-08
COPIA 1: 21-08-08	COPIA 1: 21-08-08

ANALISIS	UNIDADES	VALOR			METODO
		89	95	Incertidumbre	
DQO	mg O <sub>2</sub> / Kg	94.9	61.1	---	5220-B
pH y Temperatura	Unidades de pH/°C	6.70/23.2	---	---	4500 H+-B
Fosforo	mgPO <sub>4</sub> / Kg	< 0.2	< 0.2	---	4500-P-E
Sulfatos	Mg SO <sub>4</sub> / Kg	0.02	---	---	4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E
Nitrogeno total	Mg N Org/ Kg	4.34	0.588	---	4500-Norg-D
Aluminio	% Al	19.428	---	---	3500-Al
Magnesio	% Mg	0.645	---	---	3500-Mg
Sodio	% Na	0.180	---	---	3500-Na
Hierro	% Fe	4.968	---	---	3500-Fe
Cobre	% Cu	0.034	---	---	3500-Cu
Textura 1:1	FRANCO-ARENOSA	F.A	---	---	BOUYUCOS
Textura 2:1	FRANCO-ARENOSA	F.A	---	---	BOUYUCOS
Textura 3:1	FRANCO-ARENOSA	F.A.	---	---	BOUYUCOS
Textura	ARENOSA	---	A	---	BOUYUCOS

  
**CLAUDIA SOFIA QUINTERO DUQUE**  
 Coordinadora Laboratorio de Aguas Residuales

“Los resultados reportados corresponden unicamente a las muestras analizadas “  
 “ El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Aguas Residuales”.

**ANEXO E. ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO FINAL DE LAS MUESTRAS DE CADA  
UNA DE LAS CONCENTRACIONES Y REGISTRO**



<b>LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO DE AGUA S RESIDUALES</b>
<b>REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO F-5.10-01</b>

<b>DESCRIPCION DE LA MUESTRA</b>
----------------------------------

<b>CLIENTE: CVS EXPLORATIONS LTDA</b>			
<b>CODIGO: 238</b>	<b>CODIGO: 239</b>	<b>CODIGO: 240</b>	<b>CODIGO: 241</b>
<b>FUENTE: PARCELA 1:1</b>	<b>FUENTE: PARCELA 2:1</b>	<b>FUENTE: PARCELA 3:1</b>	<b>FUENTE: PARCELA DE REGISTRO</b>
<b>FECHA DE RECEPCION: 05-06-08</b>	<b>FECHA DE RECEPCION: 05-06-08</b>	<b>FECHA DE RECEPCION: 05-06-08</b>	<b>FECHA DE RECEPCION: 05-06-08</b>
<b>FECHA DE REPORTE: 12-08-08</b>	<b>FECHA DE REPORTE: 12-08-08</b>	<b>FECHA DE REPORTE: 12-08-08</b>	<b>FECHA DE REPORTE: 12-08-08</b>
<b>FECHA SEGUNDO REPORTE: 22-08-08</b>	<b>FECHA SEGUNDO REPORTE: 22-08-08</b>	<b>FECHA SEGUNDO REPORTE: 22-08-08</b>	<b>FECHA SEGUNDO REPORTE: 22-08-08</b>

ANALISIS	UNIDADES	VALOR				INCERTIDUMBRE	METODO
		238	239	240	241		
DQO	mg O <sub>2</sub> / Kg	79.5	88.9	101.4	66.8	----	5220-B
pH	Unidades de pH	6.68	6.76	6.59	6.50	----	4500 H+-B
Fosforo	mgPO <sub>4</sub> / Kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	----	4500-P-E
Sulfatos	Mg SO <sub>4</sub> / Kg	0.008	0.015	0.017	0.005	----	4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -E
Nitrogeno total	Mg N Org/ Kg	2.46	2.24	3.22	1.71	----	4500-Norg-D
Aluminio*	% Al	20.423	21.408	21.466	24.264	----	3500-Al
Magnesio*	% Mg	0.411	0.750	0.945	0.994	----	3500-Mg
Sodio*	% Na	0.010	0.015	0.009	0.018	----	3500-Na
Hierro *	% Fe	4.429	4.741	4.752	5.301	----	3500-Fe
Cobre*	% Cu	0.003	0.007	0.003	ND	----	3500-Cu
Textura 1:1	FRANCO-ARENOSA	FA	---	---	---	----	BOUYUCOS
Textura 2:1	FRANCO-ARENOSA	---	FA	---	---	----	BOUYUCOS
Textura 3:1	FRANCO-ARCILLO-ARENOSA	---	---	FARA	---	----	BOUYUCOS
Textura	ARENOSA	---	---	---	A	----	BOUYUCOS

ND: NO DETECTABLE \*ENSAYOS SUBCONTRATADOS.

  
**CLAUDIA SOFIA QUINTERO DUQUE**  
 Coordinadora Laboratorio de Aguas Residuales



"Los resultados reportados corresponden unicamente a las muestras analizadas "  
 " El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Aguas Residuales".

**ANEXO F. TABLAS DEL MONITOREO EN CAMPO Y CALCULOS DE LA TASA  
DE GERMINACIÓN PARA CADA UNA DE LAS CONCENTRACIONES Y  
REGISTRO.**

Monitoreo en campo de la tasa de germinación para la proporción 1:1.

Fila	Tasa de Germinación. 17 /04/2008.	Tasa de Germinación 23/04/2008	Tasa de Germinación 1/05/2008.	Tasa de Germinación 14/05/2008	Tasa de Germinación 23/05/2008	Tasa de Germinación 29/05/2008	Tasa de Germinación 12/06/2008
1	8	9	9	9	9	9	9
2	10	12	12	11	11	11	11
3	6	8	8	8	8	8	8
4	9	13	12	12	12	12	12
5	7	10	9	9	9	9	9
6	8	11	10	10	10	10	10
7	10	9	9	8	8	7	6
8	8	8	9	9	9	9	8
9	8	9	9	8	8	8	7
10	9	12	13	11	11	11	10
11	8	10	10	10	10	10	9
12	9	10	10	10	10	10	10
13	8	12	12	10	10	10	10
14	6	9	10	9	9	9	9
15	10	10	10	10	10	10	9
16	7	8	8	8	8	8	8
17	10	10	11	11	11	11	10
<b>Total</b>	<b>141</b>	<b>170</b>	<b>171</b>	<b>163</b>	<b>163</b>	<b>162</b>	<b>155</b>
<b>% Germinación</b>	<b>55,29</b>	<b>66,67</b>	<b>67,06</b>	<b>63,92</b>	<b>63,92</b>	<b>63,53</b>	<b>60,78</b>

Fuente. El autor.

Porcentaje de germinación por semana en la concentración 1:1.

<b>Fila</b>	<b>Semillas Germinadas. 17 /04/2008.</b>	<b>Semillas Germinadas. 23/04/2008</b>	<b>Semillas Germinadas. 1/05/2008.</b>
<b>1</b>	8	9	9
<b>2</b>	10	12	12
<b>3</b>	6	8	8
<b>4</b>	9	13	12
<b>5</b>	7	10	9
<b>6</b>	8	11	10
<b>7</b>	10	9	9
<b>8</b>	8	8	9
<b>9</b>	8	9	9
<b>10</b>	9	12	13
<b>11</b>	8	10	10
<b>12</b>	9	10	10
<b>13</b>	8	12	12
<b>14</b>	6	9	10
<b>15</b>	10	10	10
<b>16</b>	7	8	8
<b>17</b>	10	10	11
<b>Total</b>	<b>141</b>	<b>170</b>	<b>171</b>
<b>% de Germinación</b>	<b>55,29</b>	<b>66,67</b>	<b>67,06</b>

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la tasa de germinación para la proporción 2:1.

Fila	Tasa de Germinación 17/04/2008.	Tasa de Germinación 23/04/2008.	Tasa de Germinación 1/05/2008.	Tasa de Germinación 14/05/2008	Tasa de Germinación 23/05/2008	Tasa de Germinación 29/05/2008	Tasa de Germinación 12/06/2008	Tasa de Germinación 20/06/2008
1	10	11	11	9	9	9	7	7
2	8	12	10	9	8	8	4	3
3	11	11	10	9	7	6	6	6
4	6	9	10	5	5	5	5	5
5	7	9	8	7	7	7	7	6
6	4	9	8	8	8	8	6	6
7	4	8	8	7	7	7	7	7
8	9	11	12	12	12	11	11	11
9	7	11	12	12	12	11	11	11
10	3	10	6	6	6	6	6	6
11	12	12	11	10	9	9	9	9
12	8	8	8	8	8	8	7	7
13	10	11	11	11	11	10	9	9
14	6	10	11	10	10	10	9	9
15	4	6	7	5	5	4	4	4
16	3	9	8	6	5	5	5	5
17	10	11	11	10	10	10	8	5
<b>Total</b>	<b>122</b>	<b>168</b>	<b>162</b>	<b>144</b>	<b>139</b>	<b>134</b>	<b>121</b>	<b>116</b>
<b>% Germinación</b>	<b>47,84</b>	<b>65,88</b>	<b>63,53</b>	<b>56,47</b>	<b>54,51</b>	<b>52,55</b>	<b>47,45</b>	<b>45,49</b>

Fuente. El autor



Porcentaje de germinación por semana en la concentración 2:1.

<b>Fila</b>	<b>Tasa de Germinación 17/04/2008.</b>	<b>Tasa de Germinación. 23/04/2008.</b>
1	10	11
2	8	12
3	11	11
4	6	9
5	7	9
6	4	9
7	4	8
8	9	11
9	7	11
10	3	10
11	12	12
12	8	8
13	10	11
14	6	10
15	4	6
16	3	9
17	10	11
<b>Total</b>	<b>122</b>	<b>168</b>
<b>% de Germinación.</b>	<b>47,84</b>	<b>65,88</b>

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la tasa de germinación para la proporción 3:1.

Fila	Tasa de Germinación. 17/04/2008	Tasa de Germinación. 17/04/2008	Tasa de Germinación. 1/04/2008.	Tasa de Germinación 14/05/2008	Tasa de Germinación 23/05/2008	Tasa de Germinación 29/05/2008	Tasa de Germinación 12/06/2008	Tasa de Germinación 20/06/2008
1	10	10	14	14	14	12	8	8
2	12	12	14	14	14	12	10	10
3	10	10	13	11	11	10	9	9
4	13	13	14	12	12	12	12	12
5	14	14	15	13	13	13	13	13
6	13	13	15	15	15	14	14	14
7	12	12	14	13	13	13	13	13
8	12	12	11	11	11	11	10	10
9	11	11	11	11	11	11	10	10
10	13	13	15	15	15	15	15	15
11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	14	14	14	14	14	14	14	14
13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	13	13	13	13	13	13
15	14	14	14	13	13	13	13	13
16	13	13	15	13	13	13	13	13
17	11	11	12	10	10	10	10	10
<b>Total</b>	<b>211</b>	<b>211</b>	<b>229</b>	<b>217</b>	<b>217</b>	<b>211</b>	<b>202</b>	<b>202</b>
<b>% Germinación</b>	<b>82,75</b>	<b>82,75</b>	<b>89,80</b>	<b>85,10</b>	<b>85,10</b>	<b>82,75</b>	<b>79,22</b>	<b>79,22</b>

Fuente. El autor.

Porcentaje de germinación por semana en la concentración 3:1.

<b>Fila</b>	<b>Tasa de Germinación. 17/04/2008</b>	<b>Tasa de Germinación. 17/04/2008</b>	<b>Tasa de Germinación. 1/04/2008.</b>
1	10	10	14
2	12	12	14
3	10	10	13
4	13	13	14
5	14	14	15
6	13	13	15
7	12	12	14
8	12	12	11
9	11	11	11
10	13	13	15
11	12	12	12
12	14	14	14
13	13	13	13
14	14	14	13
15	14	14	14
16	13	13	15
17	11	11	12
<b>Total</b>	<b>211</b>	<b>211</b>	<b>229</b>
<b>% de Germinación.</b>	<b>82,75</b>	<b>82,75</b>	<b>89,80</b>

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la tasa de germinación para la parcela de registro.

Fila	Tasa de Germinación. 17/04/2008	Tasa de Germinación 23/04/2008	Tasa de Germinación. 1/04/2008.	Tasa de Germinación 14/05/2008	Tasa de Germinación 24/05/2008	Tasa de Germinación 29/05/2008	Tasa de Germinación 12/06/2008	Tasa de Germinación 20/06/2008
1	12	11	11	11	10	10	9	8
2	12	12	11	11	11	11	10	10
3	11	11	10	8	8	8	8	8
4	11	11	11	8	8	8	8	8
5	12	12	11	10	10	10	10	10
6	11	11	11	11	10	10	10	10
7	12	11	11	11	11	11	11	11
<b>Total</b>	<b>81</b>	<b>79</b>	<b>76</b>	<b>70</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>66</b>	<b>65</b>
<b>% Germinación</b>	<b>96,43</b>	<b>94,05</b>	<b>90,48</b>	<b>83,33</b>	<b>80,95</b>	<b>80,95</b>	<b>78,57</b>	<b>77,38</b>

Fuente. El autor.

Porcentaje de germinación por semana en la parcela de registro.

<b>Fila</b>	<b>Tasa de Germinación. 17/04/2008</b>
1	12
2	12
3	11
4	11
5	12
6	11
7	12
<b>Total</b>	<b>81</b>
<b>% de Germinación</b>	<b>96,43</b>

Fuente. El autor.

**ANEXO G. TABLAS DE CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE  
MORTALIDAD Y MORTALIDAD ACUMULADA**

Cálculos del porcentaje de mortalidad y mortalidad acumulado para la concentración 1:1.

<b>Semana</b>	<b>Tasa de Germinación</b>	<b>Tasa de Mortalidad</b>	<b>% de Mortalidad</b>	<b>% de Mortalidad Acumulado</b>
<b>17/04/2008</b>	141	0	0	0
<b>23/04/2008</b>	170	1	0,71	0,71
<b>01/05/2008</b>	171	3	1,76	2,47
<b>14/05/2008</b>	163	8	4,68	7,15
<b>23/05/2008</b>	163	0	0,00	7,15
<b>29/05/2008</b>	162	1	0,61	7,77
<b>12/06/2008</b>	155	7	4,32	12,09
<b>20/06/2008</b>	155	0	0,00	12,09

Fuente. El autor.

Cálculos del porcentaje de mortalidad y mortalidad acumulado para la concentración 2:1.

<b>Semana</b>	<b>Tasa de Germinación</b>	<b>Tasa de Mortalidad</b>	<b>% de Mortalidad</b>	<b>% de Mortalidad Acumulado</b>
17/04/2008	122	0	0	0
23/04/2008	168	0	0	0
01/05/2008	162	11	6,55	6,55
14/05/2008	144	18	11,11	17,66
23/05/2008	139	5	3,47	21,13
29/05/2008	134	5	3,60	24,73
12/06/2008	121	13	9,70	34,43
20/06/2008	116	5	4,13	38,56

Fuente. El autor.

Cálculos del porcentaje de mortalidad y mortalidad acumulado para la concentración 3:1.

<b>Semana</b>	<b>Tasa de Germinación</b>	<b>Tasa de Mortalidad</b>	<b>% de Mortalidad</b>	<b>% de Mortalidad Acumulado</b>
17/04/2008	211	0	0	0
23/04/2008	211	0	0,00	0,00
01/05/2008	229	2	0,95	0,95
14/05/2008	217	12	5,24	6,19
23/05/2008	217	0	0,00	6,19
29/05/2008	211	6	2,76	8,95
12/06/2008	202	9	4,27	13,22
20/06/2008	202	0	0,00	13,22

**Fuente.** El autor.

Cálculos del porcentaje de mortalidad y mortalidad acumulado para la parcela de registro.

<b>Semana</b>	<b>Tasa de Germinación</b>	<b>Tasa de Mortalidad</b>	<b>% de Mortalidad</b>	<b>% de Mortalidad Acumulado</b>
17/04/2008	81	0	0	0
23/04/2008	79	2	2,47	2,47
01/05/2008	76	3	3,80	6,27
14/05/2008	70	6	7,89	14,16
23/05/2008	68	2	2,86	17,02
29/05/2008	68	0	0,00	17,02
12/06/2008	66	2	2,94	19,96
20/06/2008	65	1	1,52	21,47

**Fuente.** El autor.



**ANEXO H. TABLAS DE MONITOREO EN CAMPO DEL NUMERO DE  
HOJAS Y LONGITUD DE TALLO PARA CADA UNA DE LAS  
CONCENTRACIONES Y REGISTRO.**

Monitoreo en campo del número de hojas del 1 de mayo del 2008 para la concentración 1:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5			
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	
1	3			3	3	3		2	3			3	3	3		
2	2	3		3	3	2		3	3	3	3		3	3	3	
3	3				3		3	3			3	3	2	3		
4		5	3		3	3	3	2	3	3	3		3	3	3	
5	3	3		2	3			3	3	3			3		3	
6		3	3	3		3	3	3		3		3	3	3		
7	3			3	2	3	2	3		3	3				3	
8	2	3		2		3				3	2	3	2	3		
9		3	3	3			3	2	3				3	2	3	
10	3	3	3		3	3	3	3	2	2	3		3	3	3	
11		2	3	3	3		3	3	3	3		2	3			
12	3	3		3		3	3	3	3		3		3	3		
13	3			3	3		3	3	2	2	2	3	2	3	3	
14		3		3	3	2		3	2	3	3		3		3	
15			3	3	3		3	3		3	3	2	3	3		
16	3	3				3	3	3	3			3			3	
17	3	3	3	3	2	3	3	3		3	3				3	
Promedio	2,82	3,08	3	2,85	2,83	2,82	2,92	2,81	2,73	2,83	2,82	2,75	2,79	2,91	3,00	
Promedio Parcial	2,97			2,83			2,82			2,80			2,90			
Promedio General	2,86															

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 15 de mayo del 2008 para la concentración 1:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5			
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	
1	4			3	3	3		2	3			3	3	3		
2	3	3		4	3	3		3	3	3	3		3		3	
3	4				4		3	4			3	3	4	3		
4		3	3		3	3	3	3	3	3	3		3	3	3	
5	3	3		3	3			3	3	3			3		3	
6		3	3	3		3	3	3		3		3	3	3		
7	3			3	3	4		3		3	3				3	
8	2	3		3		3				3	3	3	3	3		
9		3	3		3		3	3	3				3		3	
10	3	3			3	3	3	4	3	3	3		3		4	
11		3	3	3	3		3	3	3	3		3	1			
12	3	3		3		1	3	3	3		3		3	3		
13	3			3	3		1			3	0	0	3	3	3	
14		3			3	3		3	3	3	4		3		3	
15			3	3	3		3	3		3	3	3	3		3	
16	3	3				3	3	3	3			3			3	
17	3	3	3	3	3	3	3	3		3	3				3	
Promedio	3,09	3,00	3,00	3,09	3,08	2,91	2,82	3,07	3,00	3,00	2,82	2,63	2,93	3,00	3,09	
Promedio Parcial	3,03			3,03			2,96			2,81			3,01			
Promedio General	2,97															

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 23 de mayo del 2008 para la concentración 1:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5			
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	
1	6			5	5	3		4	3			4	3	3		
2	4	3		4	3	4		4	3	2	4		4		5	
3	4				4		4	5			3	4	4	3		
4		4	4		4	4	4	4	3	3	3		3	3	3	
5	4	5		6	4			3	4	4			4		4	
6		4	3	4		4	3	4		4		3	3	3		
7	3			4	4	5		4		3	4				4	
8	3	3		4		4				4	4	2	4	4		
9		3	3		3		4	3	3				4		3	
10	2	4			3	5	3	4	3	3	3		4		4	
11		4	2	4	4		3	4	4	4		3	3			
12	4	4		4		3	4	4	4		4		4	3		
13	4			2	2		1			4	2	1	4	3	3	
14		2			4	4		4	3	4	4		4		4	
15			4	3	3		4	3		3	2	4	4		4	
16	4	4				4	4	3	4			3			3	
17	4	4	4	3	4	4	4	4		4	2				4	
Promedio	3,82	3,67	3,33	3,91	3,62	4,00	3,45	3,80	3,40	3,50	3,18	3,00	3,71	3,14	3,73	
Promedio Parcial	3,61			3,84			3,55			3,23			3,53			
Promedio General	3,55															

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 29 de mayo del 2008 para la concentración 1:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5			
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	
1	7			6	6	3		6	3			4	3	4		
2	4	4		4	4	3		3	3	2	4		4		4	
3	4				6		4	4			4	3	3	3		
4		4	5		4	4	4	4	3	3	3		3	3	4	
5	4	4		4	4			4	4	4			4		4	
6		4	4	4		4	3	3		4		3	3	3		
7	3			5	4	5		4		3	3				5	
8	3	4		6		4				4	4	4	4	3		
9		4	2		4		4	4	3				4		4	
10	4	4			4	4	5	4	4	3	3		4		4	
11		4	2	4	4		5	4	3	4		3	3			
12	4	4		2		1	5	4	4		4		5	4		
13	4			3	2		1			4	2	1	4	3	5	
14		3			5	4		4	3	4	4		5		4	
15			4	4	3		5	3		4	4	4	4		3	
16	4	5				6	4	4	4			4			4	
17	4	4	4	3	3	3	4	4		4	3				4	
Promedio	4,09	4,00	3,50	4,09	4,08	3,73	4,00	3,93	3,40	3,58	3,45	3,25	3,79	3,29	4,09	
Promedio Parcial	3,86			3,97			3,78			3,43			3,72			
Promedio General	3,75															

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 12 de junio del 2008 para concentración 1:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5			
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	
1	9			4	3	4		8	8			11	8	3		
2	8	9		4	6	5		6	5	5	3		9		7	
3	8				9		4	7			8	8	6	4		
4		7	5		6	7	6	4	4	3	3		3	4	5	
5	6	4		8	6			5	5	5			4		5	
6		6	5	5		5	5	3		3		6	6	7		
7	6			6	4			4			4				6	
8	7	6		6		7				3	6		5	7		
9		7	6		3		4	4	1				4		7	
10	7	6			5	4	5		4	3	3		5		6	
11		7	6	6	7		6	4		4		3	7			
12	5	5		4		3	2	3	3		6		6	4		
13	6			5	4		3			4	4	6	6	2	5	
14		4			5	6		5	6	5	9		8		9	
15			9	6	1		9	6		5	4	4	4		5	
16	6	6				6	5	4	6			5			7	
17		6	6	5	6	4	6	5		4	5				4	
Promedio	6,80	6,08	6,17	5,36	5,00	5,10	5,00	4,86	4,67	4,00	5,00	6,14	5,79	4,43	6,00	
Promedio Parcial	6,35			5,15			4,84			5,05			5,40			
Promedio General	5,36															

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 20 de junio del 2008 para la concentración 1:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas
1	12			7	8	9		6	8			4	0	0	
2	8	8		5	4	3		6	4	6	4		5		8
3	9				7		4	9			3	7	10	8	
4		8	6		10	5	4	4	5	3	3		3	4	3
5	9	4		6	6			4	7	6			2		4
6		7	5	4		4	4	3		2		3	3	5	
7	5			6	8	2		7			2				7
8	5	5		8		7				4	0		4	6	
9		8	7		2		4	4					4		7
10	7	4			1	4	7		7	1	2		3		3
11		10	10	4	6		3	3		4		7	7		
12	5	4		3		2	2	4	3		5		6	4	
13	6			5	4		2			4	7	5	8	5	5
14		3			4	7		5	7	7	6		10		7
15			8	6			11	7		4	3	2	4		3
16	5	5				7	5	4	4			4			7
17		6	6	4	7	4	4	5		4	5				4
Promedio	7,10	6,00	7,00	5,27	5,58	4,91	4,55	5,07	5,63	4,09	3,64	4,57	4,93	4,57	5,27
Promedio Parcial	6,70			5,26			5,08			4,10			4,92		
Promedio General	5,21														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 15 de mayo del 2008 para la concentración 1:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo
1	1,8			1,7	1,8	1,6		1,5	1,7			1,3	0,9	0,7	
2	1,5	1,7		1,3	1,8	1,5		1,3	1	1,2	0,8		1,4		1,8
3	1,4				1,7		1,1	0,8			1,7	1,5	1,6	1,3	
4		1,4	1,5		1,9	1,4	1,3	1,7	1,2	1,8	1,3		1,9	1,5	1,7
5	1,4	1,7		1,3	1,9			2	1,8	0,9			1,6		1,3
6		1,4	1,8	1,6		1,1	1,8	2,1		1,4		1,2	1,3	0,9	
7	1,1			1,7	1,2	1,8		1,5		1,6	1,9				1,7
8	1,3	1		1,7		1,4				1,4	1,9	1,5	1,2	1,4	
9		1,3	0,9		1,8		1,7	1,4	1,9				1,6		1,9
10	1	0,9			1,5	1,8	1,7	1,3	2	1,8	1,5		1,7		1,9
11		1,7	1,3	1,8	1,4		1,2	1,9	1,7	1,8		2,1	1,6		
12	1,9	1,7		1,3		1,2	1,5	1,9	1,2		1,7		1,8	1	
13	1,6			1,5	1,9		1,9			2	1,8	1,9	1,7	1,5	1,8
14		1,7			1,1	1,3		1,8	1,5	1,4	1,7		1,9		1,4
15			1,3	1,5	1,4		1,6	1,4		0,9	1,2	1,5	0,9		1,3
16	1,7	1,6				1,4	1,9	1,7	1,4			1,7			1,2
17	1,1	1,8	2	1,7	1,3	1,1	1,9	1,4		0,9	1,7				1,5
Promedio	1,44	1,49	1,47	1,55	1,59	1,42	1,60	1,58	1,54	1,43	1,57	1,59	1,51	1,19	1,59
Promedio Parcial	1,46			1,52			1,57			1,53			1,43		
Promedio General	1,50														

Fuente. El autor.



Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 23 de mayo del 2008 para la concentración 1:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	Altura del tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo
1	2,2			2,2	2,6	2,3		1,9	2,2			1,7	1,2	1,5	
2	1,8	1,9		2,2	2,7	2,5		1,7	1,4	1,7	1,1		1,8		2,2
3	1,6				2		1,6	1,3			2,2	2,3	2	1,8	
4		1,8	1,9		2,3	1,9	2,3	2,1	1,6	1,9	1,7		2,2	1,9	2
5	1,8	2,1		1,9	2,2			2,4	2,3	1,5			2,1		1,8
6		1,9	2,1	2,2		1,8	2,4	2,6		1,8		1,7	2,2	1,7	
7	1,5			2,4	1,6	2,3		2,1		1,9	2,2				2,1
8	1,9	1,6		2		1,8				1,7	2,2	2	1,6	1,9	
9		1,8	1,5		2,2		2,1	2	2,4				2,1		2,2
10	1,7	1,4			2	2,3	2,1	1,8	2,2	2,1	1,9		2,2		2,3
11		2,2	1,8	2,1	1,7		1,6	2,3	2	2,2		2,3	2,1		
12	2,2	2,1		1,7		1,5	2	2,2	1,7		2		2,1	1,6	
13	2			1,9	2,2		2,1			2,6	2,3	2,4	2	1,9	2,1
14		2,3			1,8	1,9		2,3	2,1	1,8	2,2		2,4		2
15			1,7	1,9	1,7		2,1	1,7		1,6	1,8	2	1,7		2,1
16	2,3	2,1				2	2,4	2,1	1,9			2,5			1,9
17	1,7	2,2	2,4	2,3	2	1,9	2,3	2,1		1,5	2,2				1,8
Promedio	1,88	1,95	1,90	2,07	2,08	2,02	2,09	2,04	1,98	1,86	1,98	2,11	1,98	1,76	2,05
Promedio parcial	1,91			2,06			2,04			1,98			1,93		
Promedio General	1,98														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 29 de mayo del 2008 para la concentración 1:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	Altura del tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo
1	2,9			2,8	3	2,9		2,5	2,9			2,4	1,6	1,9	
2	2,1	2,3		2,7	3	2,9		2,2	2	2,6	1,9		2		2,6
3	2				2,4		2,3	2			2,5	2,8	2,8	2,1	
4		2,2	2,3		2,8	2,2	2,8	2,3	2,2	2	2		2,6	2,3	2,2
5	2,1	2,3		2,2	2,4			2,8	2,5	2,1			2,6		2,1
6		2,2	2,4	2,5		2,3	2,7	3		2,6		2,2	2,5	2	
7	2			2,7	2,3	2,6		2,5		2,3	2,6				2,5
8	2,2	2		2,4		2,1				2,1	2,5	2,4	2,2	2,4	
9		2,3	2		2,5		2,7	2,5	2,8				2,6		2,5
10	2,4	1,9			2,6	2,7	2,6	2,3	2,6	2,5	2,4		2,7		2,6
11		2,6	2,4	2,6	2,5		2,2	2,6	2,7	2,7		2,9	2,5		
12	2,5	2,4		2,3		2,1	2,5	2,6	2,1		2,2		2,3	2	
13	2,2			2,3	2,5		2,4			2,8	2,6	2,7	2,6	2,3	2,7
14		2,6			2,3	2,5		2,8	2,6	2,2	2,6		3		2,6
15			2,1	2,2	2,1		2,7	2,2		2	2,2	2,4	2,4		2,7
16	2,6	2,4				2,5	2,7	2,5	2,3			2,7			2,4
17	2,3	2,8	2,9	2,5	2,3	2,3	2,7	2,5		2	2,3				2,4
Promedio	2,30	2,33	2,35	2,47	2,52	2,46	2,57	2,49	2,47	2,33	2,35	2,56	2,46	2,14	2,48
Promedio Parcial	2,33			2,48			2,51			2,41			2,36		
Promedio General	2,42														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 12 de junio del 2008 para la concentración 1:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	Altura del tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo
1	3,2			3,1	3,2	3,2		2,9	3,1			2,9	2,3	2,6	
2	2,5	2,6		3	3,3	3,1		2,7	2,6	3,1	2,4		2,4		3
3	2,5				2,7		2,6	2,4			2,8	3,1	3,2	2,6	
4		2,6	2,7		3,3	2,7	3,1	2,6	2,5	2,4	2,5		3	2,7	2,8
5	2,4	2,6		2,5	2,6			3,1	2,8	2,6			2,9		2,4
6		2,5	2,7	2,8		2,6	3	3,3		3,3		2,7	2,9	2,5	
7	2,4			3	2,8			2,8		2,7					2,8
8	2,5	2,4		2,8		2,5					2,8	2,7	2,6	2,8	
9		2,6	2,5		2,7		3,1		3,2				2,9		2,8
10	2,8	2,5			2,9	3	3	2,8		2,7	2,6		3,2		2,9
11		3	2,9	3,1	3			3,2	3,3	3		3,1	2,8		
12	2,9	2,8		2,7		2,5	2,8	2,9	2,6		2,5		2,7	2,5	
13	2,5			2,6	2,8		2,7			3,1	2,9	3	2,9	2,7	3,2
14		3			2,7	2,9		3,2	3	2,8	3,1		3,2		3
15			2,5		2,6		3	2,8		2,6	2,8	3	2,8		3,1
16	3	2,9				3	3,1	2,9	2,8			3			2,9
17		3,3	3,5	2,9	2,8	2,8	3,1	2,9		2,4	2,8				2,9
Promedio	2,67	2,73	2,80	2,85	2,88	2,83	2,95	2,89	2,88	2,79	2,72	2,94	2,84	2,63	2,89
Promedio Parcial	2,73			2,85			2,91			2,82			2,79		
Promedio General	2,82														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 20 de junio del 2008 para la concentración 1:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo	Altura de tallo
1	3,5			3,4	3,5	3,5		3,3	3,6			3,2	2,8	3,3	
2	3,1	3		3,4	3,7	3,6		3,1	3	3,5	3		2,9		3,4
3	3				3,1		3	2,9			3,2	3,4	3,8	3	
4		2,9	3,1		3,8	3,4	3,4	3	2,9	2,7	2,9		3,3	2,9	3
5	2,7	2,9		2,8	3			3,4	3	3			3,1		2,7
6		2,8	3	3,2		3	3,4	3,5		3,7		3,3	3,2	2,9	
7	2,7			3,3	3			3,1		3,2					3,1
8	3	2,8		3,1		2,7					3,2	2,9	2,9	3	
9		3	2,9		3		3,4		3,8				3,3		3,1
10	3,1	2,9			3,2	3,5	3,3	3,1		3	2,8		3,5		3,1
11		3,3	3,2	3,4	3,2			3,5	3,8	3,3		3,4	3		
12	3,2	3		3		2,9	3	3,2	3		2,9		3,2	2,8	
13	2,7			3	3,1		2,9			3,4	3,1	3,3	3,2	3	3,5
14		3,5			2,9	3,2		3,6	3,4	3,5	3,4		3,6		3,3
15			2,8		3		3,3	3		3	3,1	3,4	3,1		3,3
16	3,3	3,2				3,2	3,5	3,4	3,5			3,3			3,1
17		3,6	3,8	3,6	3,1	3,3	3,4	3,1		2,9	3,2				3,2
Promedio	3,03	3,08	3,13	3,22	3,20	3,23	3,26	3,23	3,33	3,20	3,08	3,28	3,21	2,99	3,16
Promedio Parcial	3,08			3,22			3,27			3,19			3,12		
Promedio General	3,17														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 1 de mayo del 2008 para la concentración 2:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5			
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	
1	3	3	3		3	3	3	2			3	3	3	3		
2	3	3	3	3	2	3			3	3			3	3		
3	3	3				3	3	3	3	3	3	3			3	
4	3	2	3	3	3		3	2		3	3	3				
5	3	3					3	3	3	3	2			3		
6			3	3	3		2					3	3	3	3	
7	3	3						3		3	3	3	2	3		
8	3	3	2	3	3		3	3	2	2	3		3	3		
9	2	3		3		3	3	3	3	3	3		3	3	3	
10				3	2		3	3	3						3	
11			3			3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	
12	3	2		3	3	2				2	3			3		
13	3	3	3			3	3	2	3	3	3	2			3	
14			3	3	3	3	3	3	3			3	3	3	3	
15				3	2		2	3	2	3			3			
16	2	3		3	3				3				3	3	3	
17	3	3	3	3	3	3	2	3		3	3				3	
Promedio	2,83	2,83	2,89	3,00	2,73	2,89	2,77	2,69	2,82	2,83	2,91	2,88	2,90	3,00	3,00	
Promedio Parcial	2,85			2,87			2,76			2,87			2,97			
Promedio General	2,86															

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del numero de hojas del 15 de mayo del 2008 para la concentración 2:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas
1	3	3	3		1	3				1	2		3	3	
2	3	3	3	3	2	2			3	3			1		
3	3	3				0	3	3	3	3	3	3			
4	3	3	3	3	3										
5	3		2				3	3	3	3	3				
6			3	3	3		3					2	3	3	3
7	3	2								3	3	4	3	3	
8	3	3	3	3	3		3	3	3	3	4		3	3	
9	3	3		3		3	3	3	3	3	3		3	3	3
10				3	3		3	3	3						2
11			3			3	3	3	3	3	3	3	3	3	
12	3	3		3	3	2				3	3			3	
13	3	3	1			3	3	3	3	0	0	0			3
14				3	3	1	3	3	3			3	3	3	3
15							3	3	3	3			3		
16	2	3							2				3	3	3
17	3		3	3	1	1	3	3		3	2				3
Promedio	2,92	2,90	2,67	3,00	2,44	2,00	3,00	3,00	2,91	2,58	2,60	2,50	2,80	3,00	2,86
Promedio Parcial	2,83			2,48			2,97			2,56			2,89		
Promedio General	2,75														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 23 de mayo del 2008 para la concentración 2:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas
1	4	3	4		1	1					4	1	3	3	
2	4	4	4	3	3				3	3			3		
3	3	4		3					3	5	3	4			
4	3	4	3	4	3										
5	3		1				5	5	4	3	1				
6			3	3	4		4					4	4	3	2
7	4	2								5	3	4	3	3	
8	4	4	4	3	4		3	5	2	4	4		3	3	
9	4	3		3		4	4	4	2	4	2		4	4	4
10				4	3		4	4	4						2
11			4			3	4	3	3	4	4		4	3	
12	4	4		3	3	3				2	4			4	
13	4	4	2			4	4	4	4	2	1	2			4
14				3	4	1	4	4	4			4	4	3	4
15							4	4	3	4			3		
16	4	3							3				5	4	
17	2		1	2	1	2	2	3		4	3				4
Promedio	3,58	3,50	2,89	3,10	2,89	2,57	3,80	4,00	3,18	3,64	2,90	3,17	3,60	3,33	3,33
Promedio Parcial	3,32			2,85			3,66			3,23			3,42		
Promedio General	3,30														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 29 de mayo del 2008 para la concentración 2:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5			
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	
1	4	4	4		1	0					4	1	3	2		
2	4	4	4	1	1				2	0			2			
3	4	4		2					3	8	2					
4	3	4	3	4	2											
5	4		2				4	4	4	2	1					
6			4	3	4		4					4	4	3	2	
7	4	3								3	4	4	3	4		
8	2	4	4	4	4		4	4	2		6		2	3		
9	4	5		4		4	4	4	3	4			4	4	4	
10				4	5		4	4	4						2	
11			4			3	4	4	3	3	4		4	3		
12	3	4		4	3	4				2	4			4		
13	4	4	3			4		4	3	1	1	1			4	
14				3	4	1	3	3	4			4	2	4	4	
15							4	3	5	4						
16	4	3							3				4	4		
17	2		1	2	2	4	3	2		2	2				4	
Promedio	3,50	3,90	3,22	3,10	2,89	2,86	3,78	3,56	3,27	2,90	3,11	2,80	3,11	3,44	3,33	
Promedio Parcial	3,54			2,95			3,54			2,94			3,30			
Promedio General	3,25															

Fuente. El autor.



Monitoreo en campo del número de hojas del 12 de junio del 2008 para la concentración 2:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5			
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	
1			5	3	3						5	2	6	1		
2	5								5	2			4			
3	7	5		4					3	4	2					
4	4	5	4	4	3											
5	6		0				7	7	9	2	1					
6			5	5	6		5						5	6		
7	8	9								7	5	6	5	3		
8	7	6	4	7	5		9	7	4		6		3	4		
9	9	6		6		7	6	5	7	4			4	5	6	
10				6	7		6	7	4						3	
11			6			6	4	4	4	8	6		5	3		
12	3	5		3	9	4					5			5		
13	7	5	6			6		5		6	7	3			4	
14				6	3	4	7	3	4			5	5	2		
15							10	7	6	5						
16	4	2							4				5	4		
17				5	6	3	7	4		4	0				5	
Promedio	6,00	5,38	4,29	4,90	5,25	5,00	6,78	5,44	5,00	4,67	4,11	4,00	4,67	3,67	4,50	
Promedio Parcial	5,22			5,05			5,74			4,26			4,28			
Promedio General	4,91															

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 20 de junio del 2008 para la concentración 2:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5			
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	
1			2	2	3					5	1	4	5			
2	4								5	2			4			
3	6	5		5					6	4	6					
4	4	5	4	4	3											
5	4	4					7	8	7		1					
6			7	5	5		4						3	4		
7	7	7								7	4	6	4	4		
8	7	4	4	4	7		8	7	4		7		6	4		
9	4	3		5		7	5	4	5	4			7	6	5	
10				4	4		7	8	4						4	
11			4			7	5	7	4	7	7		6	4		
12	4	4		4	6	5					6			6		
13	4	4	6			4		4		2	6	2			0	
14				7	6	4	3	4	5			5	5	4		
15							7	4	11	5						
16	4	2							5				6	5		
17				7	5	7	6			7	7					
Promedio	4,80	4,22	4,50	4,70	4,88	5,67	5,78	5,75	5,60	4,75	5,44	3,50	5,00	4,67	3,00	
Promedio Parcial	4,51			5,08			5,71			4,56			4,22			
Promedio General	4,82															

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 15 de mayo del 2008 para la concentración 2:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo
1	0,8	1,2	1,6		0,9	0,7					0,9	0,8	0,7	0,9	
2	1	1,2	1,1	1,2	1,4	1			1,1	1,2			0,7		
3	1,1	1,4			1		0,8	1,1	1,3	0,7	1	1,1			
4	1,2	1	1,1	0,9	1,1										
5	0,8		1				1,2	1,3	1	1,4	1,2				
6			0,9	1,3	1,5		1,3					0,8	0,8	1,1	0,9
7	1,4	1,2								1,2	1	1,2	1,4	1,2	
8	1,2	1	1	0,9	1,2		1,4	1,1	1,3	1,1	0,9		1,1	1,3	
9	0,9	1,2		1,5		1,3	1,1	1,4	1,6	1,3	1,2		1,2	1	1
10				0,8	1,2		1,4	1,1	1,2						0,8
11			1,3			1,4	1	1,3	1,5	1,1	1,4	1,2	1,5	1,3	
12	1,4	1,1		0,8	1	1,3				0,7	1			1,4	
13	1,1	1,3	0,9			1,2	1,2	1,4	1	0,9	1,1	1,3			1,4
14				0,8	0,6	1,3	1,2	1	1,4			1	0,7	1,2	1,1
15							1,6	1,3	1,2	0,9			0,9		
16	1,4	1,1							1				1,3	1,5	1,1
17	1		1,2	1,5	1,2	1,4	0,9	1,3		0,7	1,1				1,2
Promedio	1,11	1,17	1,12	1,08	1,11	1,20	1,17	1,23	1,24	1,02	1,08	1,06	1,03	1,21	1,07
Promedio Parcial	1,13			1,13			1,21			1,05			1,10		
Promedio General	1,13														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 23 de mayo del 2008 para la concentración 2:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo
1	1,4	1,5	2		1,3	1					1,5	1,3	1,4	1,5	
2	1,4	1,8	1,9	1,5	1,7				1,8	1,6			1,3		
3	1,5	1,9			1,6				1,7	1	1,3	1,5			
4	1,6	1,5	1,8	1,3	1,7										
5	1,1		1,6				1,8	1,9	1,7	1,7	1,5				
6			1,4	1,8	2,1		1,8					1,3	1,1	1,5	1,2
7	1,9	1,8								1,7	1,5	1,9	2	1,8	
8	1,9	1,6	1,5	1,5	1,8		1,9	1,7	1,9	1,8	1,6		1,5	1,7	
9	1,6	1,8		2,1		1,9	1,6	1,8	2	1,8	1,6		2	1,6	1,5
10				1,2	1,9		2	1,6	1,8						1,2
11			1,7			1,9	1,7	1,9	2,1	1,7		1,8	2,3	2	
12	2	1,8		1,3	1,5	2				1,4	1,7			2	
13	1,7	1,9	1,6			1,7	1,9	2,1	1,5	1,6	1,7	2			2,1
14				1,5	1,3	2,1	1,8	1,6	2,2			1,5	1,3	1,8	1,7
15							2,2	1,9	1,8	1,7			1,6		
16	2	1,7							1,7				2	2,2	
17	1,6		2	2,1	1,7	1,9	1,5	1,9		1,4	1,8				1,9
Promedio	1,64	1,73	1,72	1,59	1,66	1,79	1,82	1,82	1,84	1,58	1,58	1,61	1,65	1,79	1,60
Promedio Parcial	1,70			1,68			1,83			1,59			1,68		
Promedio General	1,69														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 29 de mayo del 2008 para la concentración 2:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo
1	2	2,1	2,6		1,7	1,4					2	1,9	2,1	2,2	
2	2	2,4	2,6	1,9	2,2				2,3	2,2			1,9		
3	2,1	2,5			2,2				2,1		1,9	2			
4	2,2	2	2,5	2	2,1										
5	1,5		2,3				2,4	2,6	2,4	2,2	2,1				
6			2,1	2,5	2,7		2,2					2	1,6	2,2	1,8
7	2,6	2,5								2,4	2,2	2,6	2,5	2,4	
8	2,5	2,3	2,1	2	2,4		2,5	2,3	2,6	2,2			2	2,1	
9	2,3	2,6		2,4		2,2	2,1	2,3	2,6		2,1		2,4	2,2	2,1
10				1,9	2,4		2,6	2,2	2,4						1,8
11			2,3			2,4	2,3	2,5	2,7	2,4		2,5	2,8	2,6	
12	2,5	2,2		1,9	2,2	2,6				1,9	2,3			2,4	
13	2,2	2,5	2,1			2,4		2,8	2	2,2	2,3	2,5			2,8
14				2,1	1,8	2,5	2,4	2,2	2,6			2,1	2	2,5	2,3
15							2,8	2,6	2,4	2,4					
16	2,6	2,3							2,3				2,5	2,6	
17	2,3		2,5	2,6	2,3	2,5	2,2	2,5		2,1	2,5				2,4
Promedio	2,23	2,34	2,34	2,14	2,20	2,29	2,39	2,44	2,40	2,22	2,18	2,23	2,20	2,36	2,20
Promedio Parcial	2,31			2,21			2,41			2,21			2,25		
Promedio General	2,28														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 12 de junio del 2008 para la concentración 2:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo
1		2,7			2,2	2					2,4	2,2	2,4	2,5	
2	2,6								2,7	2,5			2,4		
3	2,7	2,9			2,6				2,7		2,2	2,8			
4	2,7	2,5	2,9	2,4	2,5										
5	2,2		2,8				3,1	3,4	3	2,6	2,8				
6			2,5	3,1	3,3		2,5							2,7	2,3
7	3	3,2								2,9	2,7	3,1	2,9	2,7	
8	3	2,9	2,7	2,4	2,6		2,9	2,6	3,1	2,6			2,4	2,6	
9	2,8	3,1		2,9		2,7	2,6	2,8	3,1		2,6		2,8	2,6	2,5
10				2,4	2,8		3,2	2,6	2,8						2,4
11			2,7			2,6	2,8	3,1	3,3	2,8		3,1	3,2	3	
12	2,9	2,7		2,4	2,7	3					2,9			2,8	
13	2,7	2,9	2,6			2,9		3,2		2,7	2,9	3,1			3,3
14				2,9	2,4	3,2	3	2,9	3,3			2,5	2,5	2,8	
15							3,2	3,1	2,9	2,8					
16	3	2,8							2,6				3	3	
17				3,2	2,7	3	2,6	3,1		2,7	3,1				2,9
Promedio	2,76	2,86	2,70	2,71	2,64	2,77	2,88	2,98	2,95	2,70	2,70	2,80	2,70	2,74	2,68
Promedio Parcial	2,77			2,71			2,94			2,73			2,71		
Promedio General	2,77														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 20 de junio del 2008 para la concentración 2:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo
1		3,3			2,9	2,5					2,7	2,5	2,8	2,9	
2	3,3								3,1	2,8			2,9		
3	3,2	3,4			3				3,3		2,7	3,3			
4	3,2	2,9	3,3	2,7	2,9										
5	2,8		3,2				3,9	4,2	3,7	3,1					
6			3	3,6	3,7		2,9							3,2	2,9
7	3,4	3,7								3,4	3,3	3,5	3,2	3,1	
8	3,5	3,4	3,2	2,9	3,1		3,2	3	3,5	3			2,9	3,2	
9	3,2	3,7		3,3		3,2	3	3,2	3,5		3,1		3,1	3	2,9
10				3	3,3		3,6	3,1	3,2						2,9
11			3,1			3	3,3	3,5	3,7	3,2		3,5	3,6	3,4	
12	3,2	3,1		2,9	3,1	3,4					3,3			3,3	
13	3,1	3,2	3			3,4		3,6		3,3	3,4	3,6			3,7
14				3,6	3	3,8	3,5	3,6	3,8			3,1	2,9	3,1	
15							3,7	3,7	3,5	3,4					
16	3,5	3,4							3,1				3,7	3,6	
17				3,6	3,1	3,4		3,5		3,3	3,5				
Promedio	3,24	3,34	3,13	3,20	3,12	3,24	3,39	3,49	3,44	3,19	3,14	3,25	3,14	3,20	3,10
Promedio Parcial	3,24			3,19			3,44			3,19			3,15		
Promedio General	3,24														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 1 de mayo del 2008 para la concentración 3:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas
1	3	3		3	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3	3
2	3	3	3	3	3		3	3	2	3	2	3	3	3	3
3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3			2
4	3	3	2	2	3	3	2	3	3	3	2		2	3	3
5	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3
7	2	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3		3	3	3
8		3	2	3	3	3			3	2	3	3		3	2
9		3	3	2	3	3	3	3	3			3		3	2
10	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
11	3		3		3	3		3	3	3	2	3	2	3	2
12	2	1	3		3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3
13	2	3	2	3	3	3	3	2		2	3		3	3	3
14		3	2		3	1	3	2	3	3	3	3	1	3	2
15	3	2		3	3	2	3	3	2	2	2	3	3	3	3
16	2	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2
17	3	2		3	2	3			2	3	3	2	2	3	2
Promedio	2,64	2,69	2,64	2,86	2,76	2,69	2,79	2,73	2,81	2,69	2,63	2,86	2,64	2,88	2,59
Promedio Parcial	2,66			2,77			2,78			2,72			2,70		
Promedio General	2,73														

Fuente. El autor.



Monitoreo en campo del número de hojas del 14 de mayo del 2008 para la concentración 3:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5			
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	
1	4	3		3	3	3	3	2	3	3	3	3	5	5	3	
2	3	3	3	3	2		3	3	4	3	3	3	1	3	3	
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2					3	
4		3	3	4	2		3	3	3	3	3		1	3	1	
5	3	3	3	3	3	3	3		3	3	3	3	2		2	
6	4	4	3	3	3	3	3	3	4	2	2	3	4	4	4	
7	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3		3	3		
8		3	3	3	3	3			3	3	3	3		3	2	
9		3	3	3	3	3	3	4	3			4		3	3	
10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	
11	3		3		3	3		3	3	3	3	3	4	4	2	
12	4	3	3		3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	
13	3	3	3	3	3	3	3	3		3	3		3	3	4	
14		3	3		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
15	3	3		3	3	3	3	3	1	3	3	3	3		3	
16	3	3	3	3		3	3	3	3	3	3	3	3	3		
17	4			3	4	3				3	3	3	5	3	3	
Promedio	3,31	3,13	3,07	3,07	2,94	3,00	3,07	3,00	3,00	2,94	3,00	3,08	3,07	3,29	2,80	
Promedio Parcial	3,17			3,00			3,02			3,00			3,05			
Promedio General	3,05															

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 23 de mayo del 2008 para la concentración 3:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5			
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	
1	5	0		3	5	3	4	3	4	4	4	4	3	4	5	
2	4	4	4	3	3		4	3	4	4	3	4	4	3	3	
3	3	2	4	4	3	4	4	5	4	2					3	
4		4	4	2	5		4	1	3	4	4		2	1	4	
5	4	4	4	2	3	3	5		4	4	5	3	3		2	
6	4	3	4	4	4	4	4	4		4	2	4	4	4	3	
7	4	3	5	4	4	3	3	4	4	3	4		4	4		
8		2	4	3	5	4			4	3	4	2		3	4	
9		4	4	4	3	4	4	4	4			3		4	4	
10	4	3	3	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	5	
11	3		4		4	4		5	3	3	2	2	4	4	4	
12	4	4	4		4	5	4	5	3	5	1	4	4	5	4	
13	3	4	5	4	2	4	4	4		2	3		4	4	4	
14		3	4		4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	3	
15	4	4		3	3	3	4	4	4	4	4	4	4		4	
16	4	2	4	3		3	4	4	4	4	4	4	4	4		
17	4			4	4	4				3	4	4	4	4	3	
Promedio	3,85	3,07	4,07	3,36	3,75	3,67	3,93	3,86	3,79	3,50	3,47	3,54	3,64	3,64	3,67	
Promedio Parcial	3,66			3,59			3,86			3,50			3,65			
Promedio General	3,65															

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 29 de mayo del 2008 para la concentración 3:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5			
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	
1	4	1				3	5	3	3	4	4	3	4	4	5	
2	4	4	4				4	3	4	4	2	4	4	4	5	
3	3	2	5	5	2		4	4	4	3					4	
4		4	3	2	3		4	4	3	4	4		3	3	4	
5	4	4	3	2	3	4	4		4	4	5	4	3		4	
6	4	3	3	4	4	5	4	5		4	3	5	4	5	5	
7	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4		4	4		
8		3	4	3	4	4			4	6	4	4		2	4	
9		4	4	4	3	4	4	4	4			3		4	4	
10	4	3	4	4	4	3	4	4	3	1	2	1	4	4	4	
11	3		3		4	4		2	2	3	1	2	4	4	4	
12	3	3	4		4	3	4	6	5	3	4	4	4	5	4	
13	4	4	5	4	3	4	6	4		2	4		6	4	5	
14		4	4		4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	
15	4	3		4	4	4	4	4	1	4	4	5	5		4	
16	4	4	3	4		3	4	4	4	4	4	5	4	4		
17	6			3	4	4				3	4	3	3	3	3	
Promedio	3,92	3,27	3,79	3,58	3,57	3,64	4,21	3,93	3,50	3,50	3,53	3,62	3,93	3,79	4,13	
Promedio Parcial	3,66			3,60			3,88			3,55			3,95			
Promedio General	3,73															

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 12 de junio del 2008 para la concentración 3:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5			
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	
1	3					3	4	3		3	3	3	4			
2	4	3	4				2	2		4		4	4	3	4	
3	4	3	3		2		2	4	4	2					3	
4		4	3	4	4		4	4	3	4	4		3	2	3	
5	4	1	2	2	2	3	4		4	4	3	3	5		4	
6	4	4	3	3	3	2	4	5		4	3	5	3	3	5	
7	4	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4		4	4		
8		3	4	1	2	3			5	4	3			3	4	
9		3	4	4	5		4	1	3			3		3	5	
10	3	3	1	3	4	4	2	3	5	7	6	6	3	4	6	
11	3		2		4	3		4	2	4	5	3	4	5	5	
12	3	3	4		3	3	4	3	4	4	5	7	4	5	5	
13	4	3	4	3	3	4	3	3		2	4		7	5	4	
14		4	5		4	3	5	4	4	3	5	4	8	4	5	
15	3	2		5	5	3	5	2	4	5	6	4	7		4	
16	2	3	4	4		4	3	5	4	2	4	5	4	5		
17	3			3	3	5				6	4	3	1	4	5	
Promedio	3,38	3,00	3,36	3,27	3,43	3,31	3,50	3,29	3,83	3,88	4,21	4,17	4,36	3,85	4,43	
Promedio Parcial	3,25			3,34			3,54			4,09			4,21			
Promedio General	3,68															

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 20 de junio del 2008 para la concentración 3:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5			
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	
1	3					3	4	3		5	5	6	7			
2	4	3	2				3	2		4		3	4	3	3	
3	5	2	3		4		5	3	4	2					3	
4		6	5	2	5		5	3	3	4	5		3	2	3	
5	4	6	7	3	3	1	6		6	8	4	5	3		4	
6	4	5	2	4	4	5	5	5		4	6	7	6	7	4	
7	7	4	5	5	3	6	4	7	6	4	4		4	4		
8		5	4	6	5	7			9	7	7			3	4	
9		7	7	3	5		4	4	5			5		4	3	
10	5	4	5	2	4	4	3	4	6	8	7	6	7	8	4	
11	5		4		7	8		7	4	8	5	5	3	6	7	
12	6	6	4		7	7	6	4	5	4	5	4	7	4	7	
13	4	5	4	4	4	7	7	5		4	4		6	4	6	
14		6	4		4	6	6	7	6	4	3	5	8	4	4	
15	6	4		10	11	7	4	6	2	7	4	5	7		8	
16	7	7	7	4		3	4	7	9	7	4	4	6	7		
17	6			5	4	6				6	7	4	7	4	3	
Promedio	5,08	5,00	4,50	4,36	5,00	5,38	4,71	4,79	5,42	5,38	5,00	4,92	5,57	4,62	4,50	
Promedio Parcial	4,86			4,92			4,97			5,10			4,90			
Promedio General	4,95															

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 14 de mayo del 2008 para la concentración 3:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo
1	1,3	1,1		0,9	0,7	1,2	1,2	1,4	0,7	1,1	1,3	1,2	1,3	1,5	1
2	0,9	1,1	1,2	0,4	1,1		0,8	1,2	1,1	1,1	1,3	0,9	0,8	1	1
3	0,8	1,1	1	0,9	1,2	1	1,1	1	1,2	0,5					1,3
4		1,2	1	0,5	0,8		1,3	1,1	0,9	1,2	1		1,2	1,9	1,5
5	1	1,1	1	0,8	1,1	0,7	1,2		1,1	1	1,2	1	1,2		1
6	1,2	1,2	1	1,1	1	1	0,9	1	1	0,8	1	1,1	1,3	1,1	1
7	1	1,1	1	1,2	0,7	0,9	1,4	1,2	1,2	1,1	1		1	1	
8		1,4	1,2	1,1	0,8	1			1,4	1,1	1	1,2		1,1	1,2
9		1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,3	1,1	1,2			0,9		1	1,1
10	1	1,1	1,1	1,2	1	1,1	1,2	1	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1
11	1,2		1,1		1,2	1		1,1	1,3	1,1	0,8	1,3	1,1	1	1,2
12	1,3	1,1	1,2		1,1	1,3	0,8	1	1,2	0,9	1,1	1	1,2	0,9	1,1
13	1,2	1,1	1,1	1,2	0,9	1,1	1,2	1,3		1,1	1,3		1,1	1	1,2
14		1	1,2		0,8	1	1,1	1,2	1,2	1,2	1	1,1	0,9	1,1	1,1
15	1,1	1,2		0,9	1,1	0,7	0,6	0,9	1,2	0,6	1,1	1,2	1,2		0,9
16	1,2	1,1	1	1		0,9	1,1	1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,4	1,3	
17	1			1,1	1	1				1,2	1	1,2	1,1	1,1	1,2
Promedio	1,09	1,16	1,10	0,96	0,98	1,00	1,09	1,11	1,15	1,03	1,09	1,10	1,14	1,16	1,13
Promedio Parcial	1,12			0,98			1,11			1,07			1,14		
Promedio General	1,08														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 23 de mayo del 2008 para la concentración 3:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo
1	1,7	1,5		1,3	1,1	1,7	1,5	1,6	1,1	1,5	1,8	1,7	1,7	2,1	1,6
2	1,3	1,5	1,6	1	1,5		1,3	1,6	1,5	1,6	1,7	1,4	1,3	1,6	1,6
3	1,2	1,6	1,4	1,3	1,7	1,5	1,5	1,6	1,7	0,9					1,7
4		1,6	1,4	1,1	1,2		1,7	1,5	1,3	1,7	1,4		1,6	2,3	2
5	1,4	1,6	1,5	1,1	1,4	1,1	1,7		1,5	1,3	1,6	1,5	1,6		1,4
6	1,7	1,7	1,4	1,8	1,6	1,5	1,4	1,5		1,2	1,5	1,6	1,7	1,5	1,4
7	1,3	1,5	1,4	1,6	1,1	1,5	1,9	1,7	1,7	1,6	1,4		1,5	1,4	
8		1,9	1,7	1,6	1,2	1,5			2,1	1,8	1,4	1,6		1,6	1,7
9		2,1	1,9	1,7	1,7	1,5	1,8	1,5	1,6			1,5		1,3	1,5
10	1,5	1,6	1,5	1,7	1,4	1,6	1,8	1,5	1,9	1,7	1,5	1,5	1,6	1,7	1,5
11	1,8		1,7		1,8	1,6		1,5	1,6	1,7	1,4	1,9	1,6	1,4	1,7
12	1,8	1,5	1,6		1,6	1,8	1,3	1,4	1,7	1,4	1,8	1,6	1,8	1,5	1,7
13	1,9	1,5	1,7	1,6	1,3	1,5	1,8	2		1,6	1,8		1,7	1,5	1,8
14		1,6	1,9		1,5	1,7	1,5	1,7	1,7	1,8	1,4	1,6	1,3	1,6	1,8
15	1,4	1,6		1,4	1,7	1,2	1	1,4	1,6	1,1	1,4	1,6	1,8		1,5
16	1,7	1,6	1,4	1,4		1,3	1,6	1,5	1,8	1,8	1,6	1,7	1,9	1,7	
17	1,6			1,5	1,2	1,4				1,7	1,4	1,6	1,6	1,5	1,7
Promedio	1,56	1,63	1,58	1,44	1,44	1,49	1,56	1,57	1,63	1,53	1,54	1,60	1,62	1,62	1,64
Promedio Parcial	1,59			1,46			1,59			1,56			1,63		
Promedio General	1,56														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 29 de mayo del 2008 para la concentración 3:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo
1	2,3	2				2,3	2	2	1,5	1,9	2,3	2	2,3	2,6	2,1
2	1,7	2	2,1				1,8	2	1,9	2,2	2,1	1,7	1,6	2,2	2,1
3	1,6	2	1,9	1,9		2	1,9	2	2,2	1,3					2
4		2,3	1,9	1,7	1,7		2,2	2,1	1,7	2,1	1,9		2,2	2,5	2,3
5	1,9	2,2	2,1	1,6	2	1,7	2,4		2,2	1,9	2,3	2,2	2,1		1,9
6	2,2	2,1	1,9	2,2	2	1,9	2	2,3		1,8	1,9	2	2,2	2,1	1,8
7	1,8	2,1	2	2,2	1,7	2,1	2,6	2,3	2,4	2,1	1,8		2,1	1,9	
8		2,5	2,2	2,1	1,8	2			2,7	2,2	2	2,1		2	2,2
9		2,6	2,4	2,3	2,2	2	2,3	1,9	2,2			2		1,7	1,9
10	1,8	2	1,9	2,1	1,8	2	2,3	2,1	2,5	2,4	1,9	2,1	2	2,1	1,9
11	2,4		2,2		2,3	2,1		2,1	2,1	2,2	1,9	2,4	2	1,9	2,2
12	2,2	2	2,1		2,1	2,3	1,9	2	2,2	1,8	2,2	2	2,3	1,9	2,2
13	2,4	2	2,2	2,2	1,8	2,1	2,3	2,5		2,1	2,3		2,2	2	2,3
14		2,2	2,5		2,1	2,3	1,9	2,2	2,2	2,2	2	2,1	1,8	2	2,1
15	2	2,2		2	2,2	1,9	1,8	2	2	1,8	1,9	2,2	2,5		2,2
16	2,3	2,1	2	1,9		1,8	2,2	2	2,4	2,4	2,1	2,2	2,3	2,2	
17	2,2			2,1	2	2				2,2	2	2,1	2,1	2	2,2
Promedio	2,06	2,15	2,10	2,03	1,98	2,03	2,11	2,11	2,16	2,04	2,04	2,08	2,12	2,08	2,09
Promedio Parcial	2,10			2,01			2,13			2,05			2,10		
Promedio General	2,08														

Fuente. El autor.



Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 12 de junio del 2008 para la concentración 3:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo
1		2,5				2,7		2,6	2,3	2,4	2,8	2,5	2,9		
2	2,3	2,4	2,6				2,3		2,4	2,6	2,6		2,4	2,7	2,6
3	2,3	2,5	2,4	2,6			2,4	2,6	2,7	1,6					2,4
4		2,5	2,2	2,2	2,3		2,6	2,5	2,3	2,5	2,3		2,5	3,3	2,6
5	2,4	2,6	2,5	2,3	2,5	2,4	3,2		2,8	2,5	2,9	2,8	2,6		2,4
6	2,7	2,6	2,5	2,7	2,6	2,5	2,6	2,8		2,5	2,5	2,9	2,8	2,6	2,3
7	2,2	2,6	2,4	2,6	2,2	2,5	3,3	2,9	3,1	2,6	2,2		2,6	2,3	
8		2,8	2,5	2,5	2,2	2,4			3,1	2,5		2,5		2,6	2,8
9		3	2,9		2,6	2,3	2,9	2,6	2,7			2,4		2	2,2
10	2,3	2,6	2,4	2,6	2,2	2,4	2,7	2,5	2,9	2,8	2,3	2,5	2,5	2,5	2,4
11	2,9		2,6		2,7	2,6		2,8	2,6	2,5	2,3	3,2	2,4	2,2	2,8
12	2,7	2,4	2,5		2,5	2,6	2,4	2,7	2,8	2,4	2,9	2,7	2,7	2,4	2,8
13	3,1	2,6	2,8	2,5	2,3	2,5	2,7	3		2,6	2,7		2,6	2,6	3,1
14		2,7	3		2,5	2,6	2,4	2,6	2,8	2,9	2,4	2,7	2,4	2,8	2,9
15	2,3	2,5		2,7	3,2	2,5	2,4	2,6	2,6	2,5	2,6	2,8	3,1		2,9
16	3,2	2,7	2,5	2,5		2,4	2,7	2,6	3	2,9	2,6	2,8	2,7	2,6	
17	2,7			2,5	2,4	2,4				2,8	2,4	2,6	2,7	2,5	2,9
Promedio	2,59	2,60	2,56	2,52	2,48	2,49	2,66	2,68	2,72	2,54	2,54	2,70	2,65	2,55	2,65
Promedio Parcial	2,58			2,49			2,69			2,59			2,62		
Promedio General	2,59														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 20 de junio del 2008 para la concentración 3:1.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4			Columna 5		
	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo
1		2,9				3,3		3,3	3	3,1	3,4	3,3	3,2		
2	2,9	3	3,2				2,8		2,9	3,2	3,1		3,3	3,4	3,4
3	2,8	3	2,8	3,1			2,8	3	3,2	2,1					2,9
4		2,9	2,7	2,7	2,9		3,2	3	2,9	3	2,8		3,1	4	3,3
5	2,9	3,1	3	2,8	3,1	3	4		3,4	3,1	3,6	3,4	3,4		2,9
6	3,5	3,4	3,1	3,2	3,1	3	3,1	3,6		3	3,2	3,5	3,4	3,1	3
7	2,8	3	2,9	3,2	2,9	3	3,8	3,7	3,8	3	2,8		3	2,7	
8		3,2	3	3,1	2,8	2,9			3,5	2,8		2,9		3	3,5
9		3,4	3,3		3	2,7	3,5	3,2	3,4			2,9		2,7	2,9
10	2,7	3	2,8	3,1	2,8	2,9	3,1	2,9	3,3	3,4	2,8	2,9	3	3	2,8
11	3,3		3		3	2,9		3,2	3	3	2,9	3,8	2,9	2,8	3,4
12	3,2	2,8	3		2,9	3,1	2,8	3	3,2	2,8	3,3	3,3	3,1	3	3,3
13	3,7	3,1	3,4	3,1	2,8	3	3,2	3,5		3,2	3,3		3,3	3,2	3,7
14		3	3,4		2,9	3,1	2,9	3	3,2	3,4	3	3,2	3	3,5	3,5
15	2,8	2,9		3,2	3,9	3	2,9	3	3,1	3	3,1	3,3	3,6		3,5
16	3,9	3,2	3,1	2,9		2,7	3,3	2,9	3,5	3,4	3,2	3,3	3,2	3	
17	3,3			3	2,7	2,9				3,6	2,7	3,3	3,2	2,9	3,4
Promedio	3,15	3,06	3,05	3,04	2,98	2,96	3,18	3,18	3,24	3,07	3,11	3,26	3,19	3,10	3,25
Promedio Parcial	3,09			3,00			3,20			3,14			3,18		
Promedio General	3,12														

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 1 de mayo del 2008 para la parcela de registro.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4		
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas
1	3	2	3	2	2		3	3	2	2	3	3
2	3	2	3	3	3		3	3	3	3	3	3
3	3	3	2	3	4	2	3	2		3	2	
4	3	2		3	3	3	3	3	2	3	3	3
5	3		2	3	3	2	4	2	2	3	3	3
6		3	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3
7	3	4	2	3		2	3	3	3	2	3	2
Promedio	3,00	2,67	2,50	2,71	3,00	2,20	3,14	2,71	2,33	2,71	2,86	2,83
Promedio Parcial	2,72			2,64			2,73			2,80		
Promedio General	2,72											

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 14 de mayo del 2008 para la parcela de registro.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4		
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas
1	3	3	4	3	3		3	3	3	3	3	3
2	3	4	5	3	3		4	3	3	3	3	3
3	3	4		3	2	4	4	4			3	
4				3	5	9	3	4		5	5	4
5	4		5	4	4	7	5	6	5	2	5	
6		3	4	6	7	6	4	2	5	4	8	9
7	3	4	7	6		7	7	7	4	8	5	6
Promedio	3,20	3,60	5,00	4,00	4,00	6,60	4,29	4,14	4,00	4,17	4,57	5,00
Promedio Parcial	3,93			4,87			4,14			4,58		
Promedio General	4,38											

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 24 de mayo del 2008 para la parcela de registro.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4		
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas
1	3	1	7		2		2	0	2	6	5	5
2	8	9	3	4	3		4	4	7	5	4	3
3	8	5		9	4	7	5	5			2	
4				7	5	6	4	1		5	9	6
5	3		4	4	5	7	3	4	6	1	5	
6		3	5	8	9	8	10	10		3	4	3
7	4	5	4	8		7	6	2	8	6	3	7
Promedio	5,20	4,60	4,60	6,67	4,67	7,00	4,86	3,71	5,75	4,33	4,57	4,80
Promedio Parcial	4,80			6,11			4,77			4,57		
Promedio General	5,06											

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 29 de mayo del 2008 para la parcela de registro.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4		
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas
1	4	3	2		1		4	3	3	4	4	3
2	4	5	4	3	3		4	4	3	3	4	3
3	4	3		3	4	4	6	6			3	
4				5	3	8	4	3		5	8	7
5	3		4	3	6	5	3	2	5	5	4	
6		2	3	3	3	8	6	5		2	3	3
7	3	0	4	8		8	8	3	9	5	3	7
Promedio	3,60	2,60	3,40	4,17	3,33	6,60	5,00	3,71	5,00	4,00	4,14	4,60
Promedio Parcial	3,20			4,70			4,57			4,25		
Promedio General	4,18											

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 12 de junio del 2008 para la parcela de registro.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4		
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas
1	8	5	3				9	8	6	8	9	7
2	12	4	11	4	4		8	6	13	9	9	
3	4	3		14	6	7	8	7			8	
4				1	7	7	8	3		10	6	12
5	7		6	6	7	0	12	6	5	7	6	
6		3	3	3	1	8	8	10		9	8	7
7	11	0	7	12		12	7	4	10	7	12	10
Promedio	8,40	3,00	6,00	6,67	5,00	6,80	8,57	6,29	8,50	8,33	8,29	9,00
Promedio Parcial	5,80			6,16			7,79			8,54		
Promedio General	7,07											

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo del número de hojas del 20 de junio del 2008 para la parcela de registro.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4		
	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas	No de Hojas
1	9		3				11	11	12	11	8	4
2	9	9	12	8	6		12	9	11	11	9	
3	1	5		9	12	11	12	10			9	
4				10	10	12	12	6		9	12	12
5	9		6	12	9	6	12	11	5	9	12	
6		8	10	10	12	8	12	10		9	8	9
7	9	3	7	12		10	7	9	10	9	9	12
Promedio	7,40	6,25	7,60	10,17	9,80	9,40	11,14	9,43	9,50	9,67	9,57	9,25
Promedio Parcial	7,08			9,79			10,02			9,50		
Promedio General	9,10											

Fuente. El autor.



Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 14 de mayo del 2008 para la parcela de registro.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4		
	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo
1	0,7	0,5	0,8	1,3	1		0,6	0,9	1,2	0,9	1,2	1
2	0,8	1,2	1	1,1	0,9		0,8	1,2	1,1	1,1	0,9	0,9
3	1	0,8		0,8	0,8	1,2	1,2	0,9			0,8	
4				1,3	1,1	1,4	1	1,1		0,6	0,9	1,1
5	1		0,9	1,3	1	1,5	1,2	1	1,3	0,7	1,1	
6		0,8	1,1	0,9	1,1	1,1	1,3	1	1,3	0,7	1,2	1,4
7	0,7	0,9	0,9	1,4		1,3	0,9	1,5	1	0,8	0,7	1,1
Promedio	0,84	0,84	0,94	1,16	0,98	1,30	1,00	1,09	1,18	0,80	0,97	1,10
Promedio Parcial	0,87			1,15			1,09			0,96		
Promedio General	1,02											

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 24 de mayo del 2008 para la parcela de registro.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4		
	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo
1	1,2	1,1	1,4		1,4		0,9	1,3	1,5	1,2	1,7	1,5
2	1,3	1,6	1,5	1,5	1,3		1,4	1,6	1,6	1,7	1,5	1,4
3	1,5	1,3		1,4	1,3	1,6	1,7	1,5			1,3	
4				1,9	1,7	2	1,5	1,7		1,2	1,4	1,6
5	1,4		1,3	1,8	1,6	2	1,7	1,5	1,8	1,3	1,6	
6		1,4	1,8	1,4	1,7	1,6	1,8		1,9	1,2	1,8	2
7	1,1	1,2	1,4	2		1,8	1,4	2	1,7	1,3	1,1	1,6
Promedio	1,30	1,32	1,48	1,67	1,50	1,80	1,49	1,60	1,70	1,32	1,49	1,62
Promedio Parcial	1,37			1,66			1,60			1,47		
Promedio General	1,52											

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 29 de mayo del 2008 para la parcela de registro.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4		
	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo
1	1,6	1,4	1,7		2,1		1,4	1,7	2	1,6	2	1,9
2	1,8	2,1	1,9	1,9	1,7		1,8	2,1	2	2,2	2	1,9
3	1,9	1,7		2	1,9	2,3	2,1	1,9			1,6	
4				2,4	2,1	2,5	1,9	2,2		1,7	1,8	2,1
5	1,8		1,6	2,2	2	2,4	2,2	1,9	2,4	1,8	2,2	
6		1,9	2,1	1,9	2,3	2,1	2,2		2,5	1,8	2,2	2,5
7	1,6	1,8	2	2,6		2,3	1,9	2,6	2,2	1,7	1,6	2,3
Promedio	1,74	1,78	1,86	2,17	2,02	2,32	1,93	2,07	2,22	1,80	1,91	2,14
Promedio Parcial	1,79			2,17			2,07			1,95		
Promedio General	2,00											

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 12 de junio del 2008 para la parcela de registro.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4		
	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo
1	2	2	2,4				1,9	2,3	2,6	2,2	2,7	2,5
2	2,2	2,6	2,4	2,5	2,3		2,3	2,7	2,4	2,7		2,5
3	2,5	2,2		2,8	2,5	2,9	2,7	2,5			2,1	
4				2,9	2,7	3	2,3	2,6		2,3	2,3	2,5
5	2,5		2,2	2,7	2,5	2,9	2,9	2,5	3	2,5	2,8	
6		2,5	2,7	2,5	2,9	2,7	2,8		3	2,5	2,8	3,1
7	2	2,2	2,5	3		2,8	2,5	3,2	2,9	2,4	2,2	2,9
Promedio	2,24	2,30	2,44	2,73	2,58	2,86	2,49	2,63	2,78	2,43	2,48	2,70
Promedio Parcial	2,33			2,72			2,63			2,54		
Promedio General	2,56											

Fuente. El autor.

Monitoreo en campo de la longitud de tallo del 20 de junio del 2008 para la parcela de registro.

Fila	Columna 1			Columna 2			Columna 3			Columna 4		
	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo	Altura del tallo
1	2,7	2,6					2,4	2,9	3,3	2,8	3,4	3,1
2	2,9	3,2	3	3,2	2,8		2,9	3,5	3	3,3	0	3,2
3	3,2	2,9		3,5	3	4	3,4	3,2			2,8	
4				3,6	3,1	3,5	2,9	3,3		2,7	2,9	3,1
5	3,1		2,8	3,3	3	3,6	3,5	3,1	3,7	3	3,4	
6		2,9	3,2	3,1	3,5	3,3	3,3		3,8	3,1	3,5	3,8
7	2,5	2,8	3,1	3,9		3,5	3	4	3,6	3	2,8	3,5
Promedio	2,88	2,88	3,03	3,43	3,08	3,58	3,06	3,33	3,48	2,98	2,69	3,34
Promedio Parcial.	2,93			3,36			3,29			3,00		
Promedio General	3,15											

Fuente. El autor.

**ANEXO I. TABLAS DE CALCULOS DE LA HIPOETESIS ESTADISTICA  
DISTRIBUCIÓN “t” STUDENT PARA CADA PROPORCIÓN DE MEZCLA EN  
FUNCIÓN DE LA PARCELA DE REGISTRO.**

## DISTRIBUCIÓN “t” DE STUDENT

### HIPOTESIS 1 ENTRE LA PARCELA DE REGISTRO Y LA CONCENTRACIÓN 1:1

La tabla 28, 29 y 30, representan los cálculos estadísticos entre la proporción 1:1 y la parcela de registro, en relación al número de hojas.

Promedio general del número de hojas por semanas para la proporción 1:1

<b>Fecha</b>	<b>Hojas</b>
<b>15/05/2008</b>	2,97
<b>23/05/2008</b>	3,55
<b>29/05/2008</b>	3,75
<b>12/06/2008</b>	5,36
<b>20/06/2008</b>	5,21
<b>Desviación Estándar</b>	<b>1,06</b>
<b>Promedio General</b>	<b>4,168</b>

Fuente. El autor.

Promedio general del numero de hojas por semana para la parcela de registro.

<b>Fecha</b>	<b>Hojas</b>
<b>15/05/2008</b>	4,38
<b>23/05/2008</b>	5,06
<b>29/05/2008</b>	4,18
<b>12/06/2008</b>	7,07
<b>20/06/2008</b>	9,1
<b>Desviación Estándar</b>	<b>2,10</b>
<b>Promedio General</b>	<b>5,96</b>

Fuente. El autor.

Cálculos estadístico “t” de student entre la parcela de registro y la proporción 1:1.

	Parcela 1	Parcela R.				
	X	Y	X-X1	(X-X1) <sup>2</sup>	Y-Y1	(Y-Y1) <sup>2</sup>
	2,97	4,38	-1,198	1,435204	-1,578	2,490084
	3,55	5,06	-0,618	0,381924	-0,898	0,806404
	3,75	4,18	-0,418	0,174724	-1,778	3,161284
	5,36	7,07	1,192	1,420864	1,112	1,236544
	5,21	9,1	1,042	1,085764	3,142	9,872164
<b>Suma Total</b>	<b>20,84</b>	<b>29,79</b>	<b>0</b>	<b>4,49848</b>	<b>0</b>	<b>17,56648</b>
<b>Media</b>	<b>4,168</b>	<b>5,958</b>				
<b>Desviación (J)</b>	<b>6,69</b>					
<b>J(x-y)</b>	<b>1,64</b>					
<b>t</b>	<b>-1,79</b>					
<b>∞</b>	<b>0,05</b>	<b>2,306</b>	<b>-2,306</b>			

Fuente. El autor.



## **HIPOTESIS 2 ENTRE LA PARCELA DE REGISTRO Y LA CONCENTRACIÓN 2:1.**

Las siguientes tablas representan los cálculos estadísticos entre la proporción 2:1 y la parcela de registro, en relación al número de hojas.

Promedio general del número de hojas por semanas para la proporción 2:1.

<b>Fecha</b>	<b>Hojas</b>
<b>15/05/2008</b>	2,75
<b>23/05/2008</b>	3,3
<b>29/05/2008</b>	3,25
<b>12/06/2008</b>	4,91
<b>20/06/2008</b>	4,82
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,99</b>
<b>Promedio General</b>	<b>3,806</b>

Fuente. El autor.

Promedio general del número de hojas por semanas para la parcela de registro.

<b>Fecha</b>	<b>Hojas</b>
<b>15/05/2008</b>	4,38
<b>23/05/2008</b>	5,06
<b>29/05/2008</b>	4,18
<b>12/06/2008</b>	7,07
<b>20/06/2008</b>	9,1
<b>Desviación Estándar</b>	<b>2,10</b>
<b>Promedio General</b>	<b>5,96</b>

Fuente. El autor.

Cálculos estadístico "t" de student entre la parcela de registro y la proporción 2:1.

	Parcela 2	Parcela R.				
	X	Y	X-X1	(X-X1)^2	Y-Y1	(Y-Y1)^2
	2,75	4,38	-1,056	1,115136	-1,578	2,490084
	3,3	5,06	-0,506	0,256036	-0,898	0,806404
	3,25	4,18	-0,556	0,309136	-1,778	3,161284
	4,91	7,07	1,104	1,218816	1,112	1,236544
	4,82	9,1	1,014	1,028196	3,142	9,872164
<b>Suma Total</b>	<b>19,03</b>	<b>29,79</b>	<b>0</b>	<b>3,92732</b>	<b>0</b>	<b>17,56648</b>
<b>Media</b>	<b>3,806</b>	<b>5,958</b>				
<b>Desviación (J)</b>	<b>6,12313</b>					
<b>J(x-y)</b>	<b>1,57</b>					
<b>t</b>	<b>-1,375</b>					
<b>∞</b>	<b>0,05</b>	<b>2,306</b>	<b>-2,306</b>			

Fuente. El autor.

### **HIPOTESIS 3 ENTRE LA PARCELA DE REGISTRO Y LA PROPORCIÓN 3:1.**

Las siguientes tablas representan los cálculos estadísticos entre la proporción 2:1 y la parcela de registro, en relación al número de hojas.

Promedio general del número de hojas por semanas para la proporción 3:1.

<b>Fecha</b>	<b>Hojas</b>
<b>15/05/2008</b>	3,05
<b>23/05/2008</b>	3,65
<b>29/05/2008</b>	3,73
<b>12/06/2008</b>	3,68
<b>20/06/2008</b>	4,95
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,69</b>
<b>Promedio General</b>	<b>3,812</b>

Fuente. El autor.

Promedio general de hojas por semana para la parcela de registro.

<b>Fecha</b>	<b>Hojas</b>
<b>15/05/2008</b>	4,38
<b>23/05/2008</b>	5,06
<b>29/05/2008</b>	4,18
<b>12/06/2008</b>	7,07
<b>20/06/2008</b>	9,1
<b>Desviación Estándar</b>	<b>2,10</b>
<b>Promedio General</b>	<b>5,96</b>

Fuente. El autor.

Cálculos estadístico "t" de student entre la parcela de registro y la proporción 3:1.

	<b>Parcela 3</b>	<b>Parcela R.</b>				
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>X-X1</b>	<b>(X-X1)^2</b>	<b>Y-Y1</b>	<b>(Y-Y1)^2</b>
	3,05	4,38	-0,762	0,5806	-1,578	2,490084
	3,65	5,06	-0,162	0,0262	-0,898	0,806404
	3,73	4,18	-0,082	0,0067	-1,778	3,161284
	3,68	7,07	-0,132	0,0174	1,112	1,236544
	4,95	9,1	1,138	1,2950	3,142	9,872164
<b>Suma Total</b>	<b>19,06</b>	<b>29,79</b>	<b>0</b>	<b>1,92608</b>	<b>0</b>	<b>17,56648</b>
<b>Media</b>	<b>3,812</b>	<b>5,958</b>				
<b>Desviación (J)</b>	<b>4,12189</b>					
<b>J(x-y)</b>	<b>1,28404</b>					
<b>t</b>	<b>-2,146</b>					
<b>∞</b>	<b>0,05</b>	<b>2,306</b>	<b>-2,306</b>			

Fuente. El autor.