

**DESARROLLO DE SUSTRATOS SIN SUELO
PARA CULTIVO EN MACETAS DE PLANTAS
FLORALES**

Lorena Alejandra Barbaro

Tesis de Maestría

Esperanza, Argentina

Agosto 2011

**DESARROLLO DE SUSTRATOS SIN SUELO
PARA CULTIVO EN MACETAS DE PLANTAS
FLORALES**

Lorena Alejandra Barbaro

Director: Silvia Imhoff

Co-Director: Daniel Morisigue



**Maestría en Cultivos Intensivos
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional del Litoral**

Esperanza, Argentina

Agosto 2011

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar mi reconocimiento a Silvia Imhoff y Daniel Morisigue por el valioso apoyo profesional y humano recibido.

Agradezco al Instituto de Floricultura del INTA-Castelar del cual formo parte, por brindarme su apoyo, en especial a Mónica Karlanián, quien desinteresadamente acompañó en cada momento durante el desarrollo de mi trabajo.

Quiero agradecer también, toda la colaboración recibida por parte de las empresas Terrafértil S.A., Bertinat y Jardín Florido por facilitarme las muestras de los materiales evaluados y a la Universidad Nacional del Litoral, donde realicé mis estudios de posgrado.

Finalmente, agradezco el constante apoyo de mis padres, hermanos y de Lucas, quienes estuvieron conmigo en cada momento.

A todos, muchas gracias!!!

Lorena

INDICE

AGRADECIMIENTOS	II
INDICE GENERAL	III
INDICE DE CUADROS	VI
INDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. OBJETIVOS	13
3.1. Objetivo general.....	13
3.2. Objetivos específicos.....	13
4. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1. Materiales disponibles para formular sustratos.....	14
4.1.1. Muestreo de materiales disponibles para formular sustratos.....	14
4.1.2. Forma de muestreo.....	16
4.2. Sustratos utilizados en los ensayos con plantas florales.....	17
4.2.1 Sustratos formulados a partir de materiales disponibles analizados.....	17
4.2.1.1 Corrección de las mezclas.....	10
4.2.2. Sustrato local.....	18
4.2.3. Sustrato comercial.....	19
4.3. Análisis físicos, químicos y biológicos.....	19
4.3.1. Realizados a los materiales disponibles y a los sustratos propuestos.....	19
4.3.2. Análisis adicionales realizados únicamente a los sustratos.....	20
4.4. Ensayos con plantas florales.....	21
4.4. 1. Ensayo con pensamiento (<i>Viola tricolor var. yellow</i>).....	22

4.4.2. Ensayo con petunia (<i>Petunia hybrida</i>).....	24
4.4.3. Ensayo con coral (<i>Salvia splendens</i>).....	25
4.5. Análisis estadísticos.....	26
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
5.1. Análisis de las muestras de turba subtropical, pinocha y corteza de pino compostada	28
5.1.1. Caracterización de las muestras de resaca.....	28
5.1.2. Caracterización de las muestras de pinocha	38
5.1.3. Caracterización de las muestras de corteza compostada.....	47
5.2. Variación anual de las principales variables analizadas a la pinocha, turba subtropical y compost de corteza de pino de las tres empresas.....	50
5.2.1. Turba subtropical.....	50
5.2.2. Pinocha.....	56
5.2.3. Corteza compostada.....	62
5.3. Caracterización de sustratos disponibles y propuestos.....	64
5.3.1. Caracterización de los sustratos propuestos.....	64
5.3.1.1. Caracterización de los materiales elegidos para la elaboración de los sustratos.....	64
5.3.1.2. Formulación de las mezclas de materiales elegidos.....	69
5.3.1.3 Caracterización de los sustratos formulados.....	73
5.3.2. Caracterización de un sustrato local y un sustrato comercial.....	80
5.4. Evaluación de las mezclas formuladas con plantas florales.....	84
5.4.1. Ensayo con pensamiento (<i>Viola tricolor var. yellow</i>).....	84
5.4.2. Ensayo con petunia (<i>Petunia hybrida</i>).....	88
5.4.3. Ensayo con coral (<i>Salvia splendens</i>).....	91
5.5. Selección y propuestas de sustratos.....	94

6. CONCLUSIONES	99
7. BIBLIOGRAFIA	100
ANEXO	108

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Límite inferior y superior de cada variable y el porcentaje de casos del intervalo predominante con su límite inferior y superior respectivamente en muestras de turba subtropical.....	29
Cuadro 2. Autovalores y autovectores reportados por el análisis de componentes principales realizado con todas las variables evaluadas a las muestras de turba subtropical.....	31
Cuadro 3. Autovalores y autovectores reportados por el análisis de componentes principales realizado con las variables porcentaje de partículas > 3,35 mm (T1), pH, Mg (magnesio), Na (sodio), materia orgánica (MO) y densidad aparente (Dap) de las muestras de turba subtropical.....	33
Cuadro 4. Límite inferior y superior de cada variable y el porcentaje de casos del intervalo predominante con su límite inferior y superior respectivamente en muestras de pinocha.....	39
Cuadro 5. Autovalores y autovectores reportados por el análisis de componentes principales realizado con todas las variables evaluadas a las muestras de pinocha.....	41
Cuadro 6. Autovalores y autovectores reportados por el análisis de componentes principales realizado con las variables pH, nitratos, potasio, densidad del sustrato (Dsust), materia orgánica (MO) y capacidad de retención de agua (CRA) evaluadas a las muestras de turba subtropical.....	43
Cuadro 7. Límite inferior y superior de las muestras de corteza de pino compostada (corteza fina y corteza gruesa) por variable analizada en muestras de corteza.....	48
Cuadro 8. Coeficientes de variación (C.V.), medias, mínimos y máximos del pH, conductividad eléctrica (C.E.), densidad aparente (Dap.), poros con aire (PA), capacidad de retención de agua (CRA) y espacio poroso total (EPT) del muestreo anual de la corteza de pino comportada fina y gruesa.....	63

Cuadro 9. Densidad del sustrato (dsust), densidad aparente (dap), densidad real (dreal), humedad (Hum.) y materia orgánica (MO) de la corteza de pino, pinocha y turba subtropical utilizada en la formulación de las mezclas.....	66
Cuadro 10. Espacio poroso total (EPT) y fracciones granulométricas mayores a 3,35 mm, de 3,35 a 1mm y menor a 1mm de la corteza de pino, pinocha y turba subtropical utilizada en la formulación de las mezclas.....	68
Cuadro 11. pH, conductividad eléctrica (CE) y contenido de nitrato, calcio, magnesio, potasio y sodio de la corteza de pino, pinocha y turba subtropical utilizada en la formulación de las mezclas.....	69
Cuadro 12. Relación en partes o porcentajes de las proporciones de corteza de pino, pinocha y resaca de cada mezcla formulada.....	70
Cuadro 13. pH y conductividad eléctrica (CE) inicial de las 7 mezclas y sus correspondientes pH y conductividades eléctricas (CE) finales una vez corregidas.....	72
Cuadro 14. Densidad del sustrato (dsust), densidad aparente (dap), densidad real (dreal), humedad (Hum.) y materia orgánica (MO) de las 7 mezclas.....	74
Cuadro 15. Espacio poroso total (EPT) y fracciones granulométricas mayores a 3,35 mm, de 3,35 a 1mm y menor a 1mm de las 7 mezclas.....	77
Cuadro 16. pH, conductividad eléctrica (CE) y contenido de nitrato, calcio, magnesio, potasio y sodio de las 7 mezclas.....	77
Cuadro 17. Porcentaje de germinación relativo (PGR), crecimiento radicular relativo (CRR) e índice germinativo (IG) de las 7 mezclas.....	80
Cuadro 18. Densidad del sustrato (dsust), densidad aparente (dap), densidad real (dreal) y materia orgánica (MO) del sustrato local y comercial.....	82
Cuadro 19. pH, conductividad eléctrica (CE) y contenido de nitrato, calcio, magnesio, potasio y sodio del sustrato local y comercial.....	84
Cuadro 20. Porcentaje de germinación relativo (PGR), crecimiento radicular relativo	

(CRR) e índice germinativo (IG) del sustrato local y comercial.....	84
Cuadro 21. Promedio de la longitud del tallo de los pensamientos de cada tratamiento desde el trasplante a hasta finalizar el ensayo.....	85
Cuadro 22. Promedio de la tasa de crecimiento de la longitud del tallo de los pensamientos de cada tratamiento desde el trasplante a hasta finalizar el ensayo.....	86
Cuadro 23. Promedio del número de pimpollos y flores de los pensamientos de cada tratamiento al finalizar el ensayo.....	86
Cuadro 24. Promedio del peso fresco aéreo (PHA) y radicular (PHR) y peso seco aéreo (PSA) y radicular (PSR) de los pensamientos de cada tratamiento al finalizar el ensayo.....	87
Cuadro 25. Promedio del peso fresco aéreo (PHA) y radicular (PHR) y peso seco aéreo (PSA) y radicular (PSR) de las petunias de cada tratamiento al finalizar el ensayo.....	89
Cuadro 26. Promedio del número de pimpollos y flores de las petunias de cada tratamiento al finalizar el ensayo.....	90
Cuadro 27. Promedio de la longitud del tallo de las plantas de coral de cada tratamiento desde el trasplante a hasta finalizar el ensayo.....	91
Cuadro 28. Promedio de la tasa de crecimiento de la altura del tallo de las plantas de coral de cada tratamiento desde el trasplante a hasta finalizar el ensayo.....	92
Cuadro 29. Promedio del diámetro del tallo de las plantas de coral de cada tratamiento desde el trasplante a hasta finalizar el ensayo.....	92
Cuadro 30. Promedio del peso fresco aéreo (PHA) y radicular (PHR) y peso seco aéreo (PSA) y radicular (PSR) de las plantas de coral de cada tratamiento al finalizar el ensayo.....	93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Materiales para la formulación de sustratos: a) Turba subtropical con proceso b) Turba subtropical sin proceso c) Pinocha con proceso d) Pinocha sin proceso e) Corteza de pino fina f) Corteza de pino gruesa	15
Figura 2. Muestreo de una pila de pinocha sin proceso en una de las empresas evaluadas.....	17
Figura 3. Forma de muestreo de los materiales disponibles para formular sustratos...	17
Figura 4. Sustrato local.....	19
Figura 5. Sustrato comercial.....	19
Figura 6. Ubicación de las macetas en los ensayos con plantas.....	22
Figura 7. Instalación de los ensayos con plantas. a) Ensayo con pensamiento b) Ensayo con petunia c) Ensayo con coral.....	22
Figura 8. Temperaturas máximas, mínimas y medias en el invernáculo desde el trasplante hasta finalizar el ensayo de pensamientos.....	23
Figura 9. Temperaturas máxima, mínimas y medias en el invernáculo desde el trasplante hasta finalizar el ensayo de petunias.....	25
Figura 10. Temperaturas máximas, mínimas y medias en el invernáculo desde el trasplante hasta finalizar el ensayo de las plantas de coral.....	26
Figura 11. Biplot conformado por dos componentes (CP1 y CP2) generadas por la combinación lineal de todas las variables de las muestras de turba subtropical.....	30
Figura 12. Biplot conformado por dos componentes (CP1 y CP2) generadas por la combinación lineal de las variables porcentaje de partículas > 3,35 mm (T1), pH, Mg (magnesio), Na (sodio), materia orgánica (MO) y densidad aparente (Dap) de las muestras de turba subtropical.....	32
Figura 13. Ubicación del Municipio de Villa Paranacito, lugar en el que se extrae la turba subtropical de las empresas evaluadas.....	34

Figura 14. Turba subtropical extraída en forma manual. a) Turba subtropical sobre el arroyo b) Se llega a la turba con canoas c) Se corta con serruchos y se lleva flotando hasta la costa d) Bloques de turba subtropical.....	35
Figura 15. Turba subtropical extraída en forma mecánica. a) y b) Turba subtropical depositada sobre el suelo del el arroyo c) Palas mecánicas sacando los sedimentos que se encontraba debajo de la turba. La turba ya fue extraída.....	36
Figura 16. Biplot conformado por dos componentes (CP1 y CP2) generadas por la combinación lineal de todas las variables analizadas a las muestras de pinocha.....	40
Figura 17. Biplot conformado por dos componentes (CP1 y CP2) generadas por la combinación lineal de las variables pH, Mg (magnesio), materia orgánica (MO) y densidad del sustrato (Dsust) analizadas a las muestras de pinocha.....	42
Figura 18. Mantillo vegetal o pinocha, acículas de pino caídas sobre el suelo.....	44
Figura 19. Porcentaje de partículas > 3,35 mm, entre 3,35 a 1mm y < 1 mm de las muestras de corteza de pino fina.....	49
Figura 20. Porcentaje de partículas > 3,35 mm, entre 3,35 a 1mm y < 1 mm de las muestras de corteza de pino gruesa.....	49
Figura 21. Valores de pH y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la turba subtropical sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.....	51
Figura 22. Valores de conductividad eléctrica (CE) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la turba subtropical sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.....	52
Figura 23. Valores de densidad aparente (Dap) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la turba subtropical sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.....	53
Figura 24. Valores de porcentaje de poros con aire (PA) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la turba subtropical sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.....	54

Figura 25. Valores de porcentaje de capacidad de retención de agua (CRA) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la turba subtropical sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.....	55
Figura 26. Valores de porcentaje de espacio poroso total (EPT) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la turba subtropical sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.....	56
Figura 27. Valores de pH y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la pinocha sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.....	57
Figura 28. Valores de conductividad eléctrica (CE) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la pinocha sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.....	58
Figura 29. Valores de densidad aparente (Dap) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la pinocha sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.....	59
Figura 30. Valores de porcentaje de poros con aire (PA) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la pinocha sin (a) y con (b) proceso de cada empresa....	60
Figura 31. Valores de porcentaje de capacidad de retención de agua (CRA) y coeficientes de variación (C.V) del muestreo anual de la pinocha sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.....	61
Figura 32. Valores de espacio poroso total (EPT) y coeficientes de variación (C.V) del muestreo anual de la pinocha sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.....	62
Figura 33. Porcentaje de poros con aire (PA) y capacidad de retención de agua (CRA) de la corteza de pino, turba subtropical y pinocha utilizada en la formulación de las mezclas.....	67
Figura 34. Valores de pH de cada mezcla desde la incorporación de dolomita hasta su estabilización.....	72
Figura 35. Diagrama de dispersión de la conductividad eléctrica (CE) con respecto a la concentración de calcio (izquierda) y magnesio (derecha).....	73

Figura 36. Porcentaje de poros con aire (PA) y capacidad de retención de agua (CRA) de las 7 mezclas.....	75
Figura 37. Porcentaje de poros con aire (PA), capacidad de retención de agua (CRA) y sólidos del sustrato comercial y local.....	82
Figura 38. Porcentajes de las fracciones granulométricas mayores a >3,35 mm, de 3,35 a 1 mm y menor a 1 mm del sustrato comercial y local.....	83
Figura 39. Finalización de los ensayos con plantas. a) Cinco plantas por tratamiento del ensayo con pensamiento b) Cinco plantas por tratamiento del ensayo con petunia c) Cinco plantas por tratamiento del ensayo con coral.....	94
Figura 40. Biplot conformado por dos componentes (CP1 y CP2) generadas por la combinación lineal de las variables porcentaje de partículas > 3,35 mm (T1), entre 3,35 - 1mm (T2), <1mm(T3), densidad aparente (Dap), espacio poroso total (EPT), porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de agua (CRA) de las mezclas 1,2,3,4,5,6 y 7 evaluadas en los ensayos con plantas.....	96

RESUMEN

El sustrato es un insumo para el sector florícola de gran interés en el Área metropolitana bonaerense (AMBA) y el suelo mineral es uno de los materiales más utilizado como componente. Sin embargo, por ser un recurso limitado y de variable calidad, es necesario buscar alternativas para disminuir su uso. Por este motivo esta tesis tiene como objetivo verificar la calidad de materiales disponibles en el AMBA (turba subtropical, pinocha y corteza de pino compostada) para desarrollar sustratos sin suelo para el cultivo en maceta de plantas florales. Muestras de turba subtropical, pinocha y corteza de pino compostada, obtenidas mensualmente durante un año en tres empresas de la zona, fueron analizadas física y químicamente para determinar la variabilidad temporal de las propiedades. Se seleccionaron los materiales de menor variabilidad para formular siete sustratos que fueron analizados física, química y biológicamente, y comparados con un sustrato comercial y local. Posteriormente, fueron evaluados mediante el cultivo en maceta de plantas florales. Los resultados indicaron que la turba subtropical, la pinocha y la corteza de pino compostada son materiales viables para ser utilizados como componente de sustratos. La variación temporal de cada material fue disminuida cuando fueron procesados (eliminación de materiales no deseados, tamizado y molido). La conductividad eléctrica fue una de las propiedades más variables, por lo que se deberá determinar su valor antes de utilizar estos materiales. Todos los sustratos formulados produjeron plantines florales de calidad, pero se destacaron las mezclas con las siguientes proporciones de corteza de pino compostada, pinocha y turba subtropical: 1:1:1, 1:2:1, 1:2:2, 2:1:2 y 2:2:1. Estos sustratos se caracterizaron por tener una capacidad de retención de agua superior a 50% y una porosidad de aireación menor a 35%, lo que demuestra la gran importancia de la relación agua/aire al elaborar un sustrato.

PALABRAS CLAVE: Sustrato, floricultura, turba subtropical, pinocha, corteza de pino compostada.

ABSTRACT

The substrate is an input of great interest for the floriculture sector in the Buenos Aires Metropolitan Area (AMBA). However, the mineral soil is the most widely used component of the substrates. However, since the soil is a limited resource, it is necessary to find other alternatives for making substrates. For this reason, the aim of this study was to verify the potential of available materials in the AMBA (subtropical peat, pine acicules and composted pine bark) for producing soilless substrates to grow potted flowering plants. Subtropical peat samples, pine acicules and composted pine bark, were obtained monthly during one year from three companies, and were physically and chemically analyzed to determine the temporal variability of their properties. The materials that showed the lower variability were selected for making seven substrates. They were analyzed physically, chemically and biologically, and compared with a local and with a commercial substrate. Then, they were evaluated by growing potted flowering plants. The results showed that subtropical peat, pine acicules and composted pine bark are viable materials to be used as substrates components. Temporal variation of each material was decreased when they were processed (removal of unwanted materials, screening and grinding). Electrical conductivity was one of the more variable properties, so its value should be determined before using these materials. All formulated substrates produced seedlings flowers of good quality, but five mixtures were considered to be better. These substrates had a water holding capacity greater than 50% and aeration porosity smaller than 35%, demonstrating the great importance of the water/air relationship when producing substrates.

KEY WORDS: Substrate, floriculture, subtropical peat, pine acicules, pine bark.

1. INTRODUCCIÓN

Inicialmente el cultivo de plantas en macetas o contenedores se desarrolló sobre suelo mineral. Pero como las condiciones eran diferentes de aquellas que se dan en el suelo in situ, además de la proliferación de patógenos y el agotamiento de un recurso no renovable, se generó la necesidad de encontrar alternativas para su reemplazo mediante la elaboración de diferentes tipos de sustratos.

A través de los años se vienen probando diferentes materiales y mezclas, para lograr desarrollar un sustrato que posea las características apropiadas. Entre los materiales más usados se encuentran las turbas, lana de roca, perlita, arenas y otros.

En Europa y Estados Unidos el uso y desarrollo de sustratos comenzó hace 60 años pero en Argentina es muy incipiente.

El sustrato es un insumo que cada vez tiene mayor protagonismo en las producciones intensivas, siendo la floricultura un sector que lo emplea hace varias décadas. En Argentina en el 44,4 % del sector florícola se producen plantas en maceta y en el Área Metropolitana Bonaerense (AMBA) se encuentra el mayor porcentaje de producción. Es decir, que la producción de plantas en maceta es un rubro importante en el sector y el sustrato, al ser uno de los principales insumos, es de gran interés. En el AMBA uno de los materiales más utilizado como componente de sustratos es el suelo mineral. Hoy existe la necesidad de buscar alternativas para disminuir el uso del suelo por razones ambientales, sanitarias, legales y por no aportar las características apropiadas para ser un sustrato.

La elección de un material para usarlo solo o como parte del sustrato es condicionada principalmente por su disponibilidad, homogeneidad y costo. Además de tener adecuadas propiedades físicas y químicas.

Las principales propiedades físicas que requiere un sustrato son baja densidad para facilitar su manejo, buena distribución de las partículas, ya que de esta propiedad dependerá la distribución de tamaño de los poros y la relación aire y agua.

Entre las principales propiedades químicas se destacan el pH y la conductividad eléctrica. Es recomendable que el sustrato posea un pH ligeramente ácido, para que los nutrientes se encuentren disponibles, y una baja conductividad eléctrica, para que no existan problemas de toxicidad por sales.

Una vez elaborado un sustrato y luego de analizar sus propiedades se debería corregir los valores que se desvían de los rangos estándares u óptimos. También es conveniente evaluar si hay presencia de fitotoxinas, mediante el test de germinación para evitar efectos negativos en las plantas.

Cumplidas estas etapas se puede considerar que el sustrato está en condiciones de ser utilizado. Por lo tanto debería pasar a una segunda etapa de evaluación para confirmar su capacidad de producir plantas mediante ensayos de crecimiento vegetal con diversas especies.

Algunos de los materiales potencialmente interesantes para formular sustratos con propiedades adecuadas en el AMBA son el compost de corteza de pino, la pinocha y la turba subtropical. El compost de corteza de pino es el producto final del compostado de cortezas provenientes de aserraderos y descortezadoras de madera. La pinocha está constituida por las hojas o acículas de los pinos que caen en la superficie del suelo de los bosques forestales. La turba subtropical son restos vegetales (principalmente juncos) sin descomponer debido a condiciones anaeróbicas.

Estas tres posibles alternativas fueron evaluadas como componentes de sustratos por diferentes autores, pero en Argentina aún falta investigar en mayor detalle sus propiedades más relevantes, el uso de los tres en formulaciones de sustratos para reemplazar totalmente el suelo y si cumplen con los requisitos de disponibilidad y homogeneidad.

2. ANTECEDENTES

La práctica de cultivar plantas en macetas o contenedores tiene un origen muy antiguo; los babilónicos ya utilizaban estos sistemas de producción, siendo unos de los precursores de los cultivos sin suelo (Lemaire *et al.*, 2005). Sin embargo, el auge del desarrollo de las técnicas de cultivo de plantas en macetas y sus medios de cultivo o sustratos ha ocurrido en los últimos años. Después de la segunda guerra mundial hubo una mejora generalizada de la calidad de vida en los países más desarrollados, que comenzaron a demandar plantas ornamentales y florales, estimulando así su producción en macetas (Burés, 1997).

Esta producción inicialmente se desarrolló sobre suelo (Abad *et al.*, 2004) pero el agotamiento de los recursos no renovables y, como consecuencia, el deterioro medioambiental ha generado la necesidad de encontrar alternativas para el reemplazo total o parcial del suelo, lo que llevó a producir gran variedad de sustratos (Ansorena Miner, 1994).

Inicialmente, cuando se empleaba suelo mineral en las macetas, se encontró que esta práctica daba lugar a problemas en el cultivo porque las condiciones eran diferentes de aquellas que se dan en el suelo *in situ*, no restringido a un contenedor (Landis *et al.*, 2000). Una de las principales causas de la disminución parcial o total del uso del suelo en los países desarrollados fue la proliferación de patógenos que se encontraban en el suelo (Ravid & Lieth, 2008), provocando importantes daños en los cultivos bajo cubierta.

En general se verifica que los sustratos sin suelo tienen resultados superiores que el suelo mineral en un contenedor debido a que presentan mejores características físicas e hidráulicas (Ansorena Miner, 1994; Ravid & Lieth, 2008).

Por estos motivos, a través de los años se vienen probando diferentes materiales y mezclas, para lograr desarrollar un sustrato que posea las características apropiadas para el cultivo de las plantas en macetas.

Entre esos materiales se encuentran las turbas, lana de roca, perlita, arenas y otros (Burés, 1997; Ravid & Lieth, 2008). La turba es la forma disgregada de la vegetación descompuesta de modo incompleto por exceso de agua y falta de oxígeno, la cual se va depositando con el transcurso del tiempo (Ballester Olmos, 1993). Es el material tradicional y más utilizado en la producción de plantas ornamentales en maceta, pero los altos costos y la cuestionable disponibilidad de turba en un futuro cercano por motivos ecológicos ha determinado que también se comience a buscar sustitutos (Abad *et al.*, 2001). La lana roca es un mineral (silicato de aluminio) transformado industrialmente por temperaturas elevadas. Es un sustrato sin poder tampón que exige un manejo riguroso de la nutrición hídrica y mineral. Además, por su baja estabilidad, tiene una duración limitada causando problemas para su eliminación una vez que se ha utilizado y finalizado su vida útil (Abad *et al.*, 2004). La perlita es procedente de rocas volcánicas vítreas y para su uso también debe pasar por un tratamiento industrial. Es ampliamente utilizada como componente de sustratos, aportando aireación (Abad *et al.*, 2004), pero tiene un costo elevado. Las arenas poseen una gran resistencia mecánica y son sustratos prácticamente permanentes. Si bien actualmente existe disponibilidad a corto plazo, el impacto ambiental que provoca su extracción y los problemas derivados del uso de arenas de baja calidad genera la necesidad de encontrar materiales alternativos (Burés, 1997; Abad *et al.*, 2004).

Por otro lado, con el aumento poblacional mundial ha surgido el grave problema de que hacer con los residuos y subproductos que se generan en las empresas para evitar el deterioro del ambiente. Esta situación ha impulsado, especialmente en países desarrollados, investigaciones tendientes a generar sustratos a partir de residuos o subproductos de explotaciones agrícolas e industriales con un previo proceso para obtener condiciones estables (Burés, 1997), como cortezas de árboles, orujos de uva, restos de poda, estiércoles, fibra de coco, pajas, entre otros.

Si bien en Europa y Estados Unidos el uso y desarrollo de sustratos comenzó hace 60 años, en Argentina es muy incipiente. Según los últimos relevamientos realizados, en Argentina se destinan aproximadamente 2.500 hectáreas a la producción florícola, de las cuales en el 44,4% se producen plantas en maceta. Las principales provincias productoras son Buenos Aires, Santa Fe y Corrientes, seguidas por Formosa, Misiones y Tucumán (INTA-JICA, 2003). En el Gran Buenos Aires (AMBA) se encuentra el 41% de la actividad, con 36,6% de producción de plantas en maceta (Morisigue *et al.*, 2002). Es decir, que la producción de plantas en maceta es un rubro importante en el sector y el sustrato, al ser uno de los principales insumos, es de gran interés.

Los productores de plantas en maceta desarrollan su propio sustrato mediante prueba y error, lo que implica gasto de tiempo y dinero (Valenzuela *et al.*, 2004) y, en muchos casos, mala calidad de sustratos que causan serios perjuicios en sus cultivos.

En general, se buscan materiales de bajo costo y de fácil adquisición, por lo tanto, la mayoría son locales. Entre los materiales más utilizados como sustrato en el AMBA se encuentra principalmente el suelo solo o mezclado con diversas proporciones de uno o varios de los siguientes materiales: pinocha, resaca de río, estiércoles, arenas, cama de corral, cama de stud, residuos del frigorífico, lombricompost, compost, corteza de pino, perlita, vermiculita y turbas nacionales e importadas (Barbaro *et al.*, 2008a).

La elección de un material, para usarlo solo o como parte del sustrato, es condicionada principalmente por su disponibilidad, costo y experiencia local (Bunt, 1988). Por lo tanto, algunos de los materiales potencialmente interesantes por tener estas cualidades en el AMBA son el compost de corteza de pino, la pinocha y la turba subtropical.

El compost de corteza de pino es el producto final del compostado de cortezas provenientes de aserraderos y descortezadoras de madera (Bures, 1997). Corteza es un término genérico que se da a la corteza interna o floema y a la corteza externa o ritidoma más las células suberosas o felema de los árboles (Abad *et al.*, 2004).

En Argentina el mayor porcentaje de especies implantadas son de coníferas, siendo las principales zonas de producción Misiones, Corrientes y Entre Ríos y las especies de pinos de mayor utilización son *Pinus taeda* L. y *Pinus elliotis* L. (SAGPyA, 1998). Las cortezas de estos pinos, también llamadas cortezas de madera blanda, son los materiales que se utilizan para producir el compost (Bunt, 1988).

El compost de corteza de pino es muy aceptado en todo el mundo (Bunt, 1988); se lo utiliza solo o como parte de la mezcla del sustrato en diferentes tamaños de contenedores, sistemas de cultivo y tipo de producción. Generalmente tiene pH ácido a neutro, baja conductividad eléctrica (0,1 – 0,6 mS/cm) y sus propiedades físicas varían según el tamaño de partícula, aportando elevada porosidad (Bures, 1997; Villa Castillo, 2004). También es un material empleado por actuar como supresor de algunos patógenos como *Phytophthora*, *Rhizoctonia* entre otros (Spencer & Benson, 1982; Nelson & Hoitink, 1982; Benson 1984).

La pinocha está constituida por las hojas o acículas de los pinos que caen en la superficie del suelo de los bosques forestales. Es utilizada en diversos países como enmienda, mulching o componente del sustrato (Bures, 1997), su pH es generalmente ácido a neutro, densidad aparente baja y con elevada porosidad. En un relevamiento realizado en el AMBA los valores de conductividad eléctrica se encontraron entre 0,14 a 0,79 mS/cm con mucha variabilidad entre las muestras en la concentración de cada nutriente (Karlarian *et al.*, 2008).

Rebottaro *et al.* (2003) clasificaron al mantillo del piso forestal o pinocha en dos estratos, el horizonte orgánico superior y el horizonte orgánico inferior. El primero formado con residuos vegetales cuyos componentes conservan la estructura original; el segundo, con residuos vegetales con cierto nivel de descomposición, no pudiéndose diferenciar los elementos vegetales que lo componen. Los valores promedios del volumen de mantillo encontrados en diferentes plantaciones de pino son variables, 17-50 t/ha según el tipo de plantación (Rebottaro *et al.*, 2003), 0,4 a 17 t/ha de una misma plantación según la edad, a mayor edad mayor volumen (Schlatter, 1997) o 16 t/ha en plantaciones de *Pinus taeda* de 20

años (Perez *et al.*, 2006). La variaciones dependen del manejo de la plantación, especie, si el bosque forestal es implantado o natural y época del año entre otros factores.

Al sur de la región del Delta del Río Paraná se encuentra una zona llamada, según Malvárez (1999), “Pajonales y bosques del bajo Delta” que tiene un régimen hídrico bidireccional diferenciado, determinando condiciones de mayor humedad y permanencia de agua en los suelos. En esta zona hay partes en las que la saturación permanente de los suelos en áreas deprimidas y la fluctuación diaria de la napa cercana a la superficie determinan condiciones anaeróbicas (Malvárez, 1999). Esto conlleva a una predominancia de acumulación de materia orgánica compuesta por restos vegetales sin descomponer y suelos ácidos. Los restos de vegetales sin descomponer conforman la turba subtropical o también llamada resaca (Valenzuela *et al.*, 2004; Gallardo *et al.*, 2006). Estos restos vegetales son principalmente juncales con predominio de *Schoenoplectus californicus* L., *Scirpus giganteus* Kunth, *Salvinia auriculata* Aubl., *Azolla filiculoides* Lam. y *Cyperus eragrostis* Lam. entre otros (Kandus *et al.*, 2003). Las características principales de la turba subtropical son similares a las de la turba rubia (Gallardo, 2006) y, según Di Benedetto *et al.* (2000), es un material potencialmente adecuado para reemplazar a la turba y al suelo mineral. Los valores de pH encontrados en muestras del AMBA variaron entre 4,20 a 6,10 y los de conductividad eléctrica entre 0,14 mS/cm a 1,23 mS/cm, con gran variabilidad en la concentración de cada nutriente (Barbaro *et al.*, 2008b).

Los tres materiales mencionados (compost de corteza de pino, pinocha y turba subtropical) debido a sus características individuales presentan condiciones adecuadas para formular un sustrato con bajos porcentajes de suelo o sin la presencia del mismo, pero con buenas propiedades físicas y químicas.

En este sentido, las principales propiedades físicas que requiere un buen sustrato son densidad adecuada, para que resulte fácil su manejo, transporte y para permitir el anclaje de la planta (Fonteno, 1999), y una buena distribución de las partículas, ya que de esta

propiedad dependerá la distribución de tamaño de los poros y, como consecuencia, el porcentaje que contendrá aire y agua (Raviv & Lieth, 2008). Una correcta aireación aportará oxígeno al sistema radicular y permitirá la evacuación del gas carbónico producido por las raíces y microorganismos (Lemaire *et al.*, 2005). Por otro lado, la adecuada proporción de poros con capacidad para retener agua permitirá a la planta obtener el agua y nutrientes necesarios para su desarrollo.

Entre las principales propiedades químicas responsables de la calidad del sustrato se mencionan al pH y la conductividad eléctrica (Handreck & Black, 2002). Es recomendable que el sustrato posea un pH ligeramente ácido, para que los nutrientes se encuentren disponibles, y una baja conductividad eléctrica, para que no existan problemas de toxicidad por sales. Un sustrato con estas características permite que el productor pueda manejar las concentraciones de nutrientes minerales según los requerimientos del cultivo mediante la fertilización (Landis *et al.*, 2000).

Un requisito importante que debe cumplir un buen sustrato es la homogeneidad del o los materiales que se utilizan para formularlo (Abad *et al.*, 2004). Los compost, base de muchos sustratos, se elaboran frecuentemente con materias primas que suelen ser diferentes de un lote a otro y, como consecuencia, puede variar el sustrato final formulado. Mastalerz (1977) recomienda la estandarización del sustrato y de sus componentes, para asegurar que los lotes tengan las mismas propiedades físicas, químicas y biológicas. De lo contrario se podrían originar problemas con el riego, fertilización y otras prácticas culturales.

Una vez producido un sustrato y luego de analizar sus propiedades físicas y químicas se debería corregir los valores que se desvían de los rangos estándares u óptimos, por ejemplo, mediante compostaje, lixiviación, corrección de pH o incorporación de otro componente a la mezcla. También es conveniente evaluar si hay presencia de fitotoxinas, mediante el test de germinación para evitar efectos negativos en las plantas (Varnero *et al.*, 2007). Los bioensayos o ensayos biológicos de germinación, son evaluaciones de gran

utilidad (Abad *et al.*, 2004), son simples, rápidos y de fácil equipamiento (WRAP ADAS Consulting Limited, 2005). Su principio se basa en que existen sustratos cuyas propiedades fisicoquímicas o químicas son desfavorables para el desarrollo vegetal, inhibiendo la germinación de las semillas y produciendo una reducción del tamaño de la radícula (Torres Rodríguez, 2003; Abad *et al.*, 2004). Algunas de esas propiedades podrían ser la elevada conductividad eléctrica, presencia de ácidos alifáticos de cadena corta, amoníaco y fenoles. De las metodologías utilizadas, la más conocida es con berro de agua (*Lepidium sativum* L.) en extractos propuestos por Zucconi *et al.* (1981). Esta metodología ha sido modificada en varias ocasiones con nuevos extractos y especies indicadoras. Según Torres Rodríguez (2003) una de las semillas más utilizadas es la de lechuga (*Lactuca sativa* L.).

Cumplidas estas etapas se puede considerar que el sustrato está en condiciones de ser utilizado. Por lo tanto debería pasar a una segunda etapa de evaluación para confirmar su capacidad de producir plantas en condiciones óptimas. Para esto se recomienda realizar ensayos de crecimiento vegetal con diversas especies (Abad *et al.*, 1993).

En estos ensayos se deben asegurar las mismas condiciones de exposición a los factores climáticos y la utilización de materiales vegetales homogéneos, además de tener en cuenta cuales son los parámetros más adecuados para estimar la respuesta vegetal (Abad *et al.*, 1993), que variarán según la parte del vegetal considerada de importancia comercial. Así, Arenas *et al.* (2002), al evaluar sustratos en base a fibra de coco, utilizaron plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y los parámetros analizados fueron porcentaje de germinación, peso seco y fresco de la parte aérea y radicular, área foliar y concentración de clorofila de la segunda hoja entre otros. Kämpf & Jung (1991), al evaluar la cáscara de arroz carbonizada midieron en plantas de copetes (*Tagetes erecta* L.) y pensamientos (*Viola x wittrockiana* Gams.), además de los parámetros mencionados, el número de hojas verdaderas. Burger *et al.* (1997), al evaluar sustratos con compost de restos de poda, también midieron el peso fresco de las flores de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ram.).

Entre las especies florales más utilizadas para evaluar sustratos se encuentran el pensamiento (*Viola tricolor* L.), la petunia (*Petunia hybrida*) y el coral (*Salvia splendens* L.). El pensamiento y la petunia, considerando la producción de plantas florales en maceta, son las especies de temporada más cultivadas. En España se encuentran entre las nueve especies de mayor producción (Valero, 1997), en Estados Unidos existen más de 300 variedades de pensamientos por tener gran aceptación durante los meses de menor temperatura (Wade & Thomas, 2009), en Argentina además del ciclamen (*Cyclamen persicum* L.) y la alegría del hogar (*Impatiens sp.*), ocupan un alto porcentaje de la superficie utilizada para la producción de plantines florales en maceta (Carluccio *et al.*, 2002). Ambas especies fueron utilizadas para evaluar diversos materiales para usarlos como componentes de sustratos, por ejemplo el compost de restos de poda (Burger *et al.*, 1997), cascarilla de arroz carbonizado (Kämpf & Jung, 1991), resaca y turba de carex (Chavez *et al.*, 2008), cascarilla fresca de arroz parborizado (Evens & Gachukia, 2004), polvo de coco (Ayala-Sierra & Valdez-Aguilar, 2008) y cenizas (Menzies & Aitken, 1996) entre otros.

El pensamiento es una especie herbácea de ciclo perenne, pero es cultivada como anual. Generalmente se produce en macetas bajo cubierta, en otoño/invierno, ya que es una especie que con el incremento de la temperatura de 10 a 25°C decrece su calidad (Adams *et al.*, 1997).

La petunia es una especie cultivada durante primavera/verano. En climas cálidos es perenne pero generalmente se la cultiva como anual. Las especies híbridas se clasifican en seis tipos: grandiflora doble, grandiflora simple, multiflora doble, multiflora simple, gigante de California, floribunda simple y miniflora (Dole & Wilkins, 1999). Las más populares en el mercado son las semillas híbridas de grandiflora. Se propagan mediante semillas, entre 5 a 6 semanas están listas para su trasplante (Blanchette & La Scola, 1999; Dole & Wilkins, 1999). Una vez trasplantadas son de desarrollo rápido y si las temperaturas se encuentran

entre 21° a 26° florece más rápidamente que si se encuentran entre 10° a 15°C (Dole & Wilkins, 1999).

Las plantas de coral son herbáceas perennes, con inflorescencias muy vistosas, cultivada en primavera/verano como anual o bianual (Lorenzi & Moreira de Souza, 2001). Se multiplican principalmente por semillas, las cuales germinan con 21°C aproximadamente (Still, 1994). El uso de esta especie en los ensayos es porque las plantas tienden a mostrar síntomas ante un determinado factor en corto plazo. Esta característica se observó en diferentes ensayos, entre ellos, Menezes *et al.* (2004) confirmaron que temperaturas de 15, 20 y 25°C afectan su velocidad de germinación y que a 15°C retarda su proceso germinativo. Kimberly (2001) concluyó que la planta de salvia incrementa su peso seco radicular en mezclas con hasta un 60% de compost de biosólidos y luego comienza a disminuir, debido a los elevados niveles salinos aportados por el compost. Kang & Van Iersel (2004) demostraron que fertilizaciones con dosis mayores a 210 mg/l de nitrógeno afecta a las hojas de salvia disminuyendo su actividad fotosintética y en consecuencia el desarrollo de la planta. Van Iersel (1997) observó que a mayor volumen de contenedor la planta de salvia logra mayor altura y número de brotes laterales, mejorando su calidad.

Las tres especies mencionadas requieren sustratos con pH entre 5,2 a 6,8 aproximadamente, baja conductividad eléctrica para favorecer el control de la fertilización y condiciones físicas que permitan el buen drenaje (Blanchette & La Scola, 1999).

El AMBA es una zona con una importante producción de plantas en macetas, incluyendo las especies mencionadas, y uno de los materiales más utilizado como componente de sustratos es el suelo mineral. Hoy existe la necesidad de buscar alternativas para disminuir el uso del mismo por razones ambientales, sanitarias, legales y por no aportar las características apropiadas para ser un sustrato. El o los materiales alternativos elegidos además de poseer las propiedades físicas, químicas y biológicas deseadas, deberían ser de bajo costo, disponibles y homogéneos (Abad *et al.*, 2004). Algunos productores obtienen los

materiales para elaborar sus sustratos de diferentes empresas conocidas en el sector. Algunos de los materiales que ofrecen estas empresas son la pinocha, turba subtropical y compost de corteza de pino. Estas tres posibles alternativas fueron evaluadas como componentes de sustratos por diferentes autores, pero en Argentina aún falta investigar en mayor detalle sus propiedades más relevantes, el uso de los tres en formulaciones de sustratos para reemplazar totalmente el suelo y conocer si cumplen con los requisitos de disponibilidad y homogeneidad.

Con base en lo mencionado se estableció la hipótesis de que a partir de materiales zonales, específicamente turba subtropical, pinocha y compost de corteza de pino, es posible formular sustratos de calidad adecuada para la producción de plantas en macetas y que reemplacen totalmente el uso del recurso suelo.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- ✓ Evaluar la calidad de diferentes materiales disponibles en la zona del AMBA y verificar la posibilidad de elaborar sustratos a partir de ellos, factibles de estandarizar para el cultivo en macetas de plantas florales.

3.2. Objetivos específicos

- ✓ Evaluar la variabilidad temporal de las propiedades físicas y químicas de diversos materiales disponibles para el desarrollo de sustratos en la zona del AMBA.
- ✓ Formular y analizar diferentes mezclas a partir de los materiales seleccionados, de forma de obtener diversos sustratos sin suelo.
- ✓ Seleccionar los formulados considerados más adecuados como sustratos y evaluar su comportamiento mediante el crecimiento de plantas de pensamiento (*Viola tricolor.*), petunia (*Petunia hybrida*) y coral (*Salvia splendens*).
- ✓ Proponer un sustrato sin suelo de calidad estándar.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales disponibles para formular sustratos

4.1.1. Muestreo de materiales disponibles para formular sustratos

En la zona del AMBA se seleccionaron tres empresas proveedoras de materiales que se utilizan comúnmente en la formulación de sustratos.

La selección de las empresas se realizó en base a la mayor difusión que tienen entre los productores y por ser distintas entre sí, debido a su volumen de producción, infraestructura y finalidad de los sustratos que producen.

En estas empresas se tomaron muestras mensuales de las pilas de turba subtropical, compost de corteza de pino y pinocha que estaban listas para la venta desde Abril del año 2008 a Marzo del año 2009. En dos empresas (Empresa 2 y 3) se colectaron materiales procesados y no procesados, en la restante (Empresa 1), solo materiales no procesados (*Figura 1*). Los materiales procesados (pinocha y turba subtropical procesada) son todos aquellos que pasan por un proceso de eliminación de ramas, piñas, piedras u otros residuos, pasando el material por un tamiz, y molienda para obtener un producto más fino y homogéneo. Los materiales no procesados permanecen como llegan a la empresa. Estos materiales fueron transportados en camión desde su lugar de origen.



Figura 1. Materiales para la formulación de sustratos: a) Turba subtropical con proceso b) turba subtropical sin proceso c) Pinocha con proceso d) Pinocha sin proceso e) Corteza fina f) Corteza gruesa.

Empresa 1: Ubicada en la localidad de Pontevedra, Merlo, provincia de Buenos Aires. En esta empresa se tomaron 12 muestras de pinocha y 11 muestras de turba subtropical sin procesar. La turba subtropical se extrae de diferentes zonas del Delta del río Paraná y la pinocha del noreste de Argentina.

Empresa 2: Ubicada la localidad de Moreno, provincia de Buenos Aires. En esta empresa se tomaron 5 muestras de pinocha procesada, 11 muestras de pinocha sin procesar, 9 muestras de turba subtropical procesada, 10 muestras de turba subtropical sin procesar, 11 muestras de compost de corteza de pino de partículas finas y 5 muestras de corteza de pino de partículas gruesas.

La turba subtropical se extrae en Villa Paranacito en el Delta del río Paraná y la pinocha proviene del noreste o sur de Argentina. Las muestras de corteza compostada se tomaron solo a la empresa 2. La empresa adquiere la corteza de pino proveniente de aserraderos, la misma pasa por un proceso de compostaje obteniendo como producto final un compost. Este compost es tamizado por una malla de 14 mm y otra de 8 mm separando dos tipos de materiales, el producto obtenido entre 14 y 8 mm, es el compost de corteza gruesa y menor a 8 mm es el compost de corteza fina.

Empresa 3: Ubicada en la localidad de Bella Vista, San Miguel, provincia de Buenos Aires. En esta empresa se tomaron 12 muestras de pinocha procesada, 12 muestras de pinocha sin procesar, 12 muestras de turba subtropical procesada y 12 muestras de turba subtropical sin procesar. La turba subtropical se extrae en panes o bloques manualmente en Villa Paranacito en el Delta del río Paraná y la pinocha del noreste de Argentina.

4.1.2. Forma de muestreo

Los materiales son en general depositados en pilas (cúmulo) de diferentes volúmenes según la empresa y material.

En cada situación se colectó 5 litros del material en 10 puntos diferentes de la pila. Una vez totalizados los 50 litros, el material se mezcló y se dividió en 4 partes de 12,5 litros cada uno y de cada parte se tomaron 3 litros. De esta forma se conformó una muestra compuesta de 12 litros que se llevó al laboratorio para realizar los correspondientes análisis físicos y químicos (*Figuras 2 y 3*).

Las muestras tomadas por material en cada empresa fueron enumeradas en forma creciente hasta la última recolección de muestras y mantuvieron su número para la realización de los análisis estadísticos.



Figura 2. Muestreo de una pila de pinocha sin proceso en una de las empresas evaluadas.

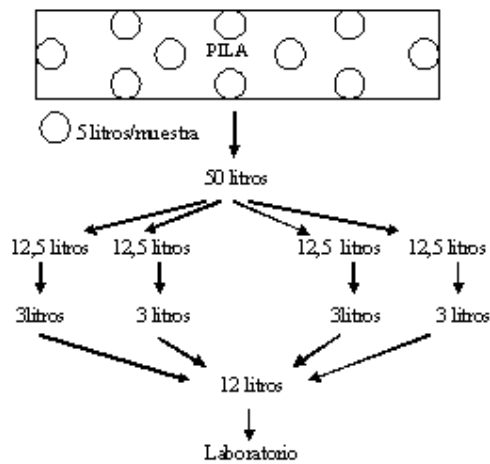


Figura 3. Forma de muestreo de los materiales disponibles para formular sustratos

4.2. Sustratos utilizados en los ensayos con plantas florales

4.2.1 Sustratos formulados a partir de materiales disponibles analizados

Para la formulación de las mezclas se plantearon diferentes combinaciones posibles de los tres materiales seleccionados, luego se eligieron las formulaciones bajo el

supuesto de que las combinaciones eran suficientemente diferentes en las proporciones de cada material o componente.

Se realizaron 7 mezclas con pinocha procesada y compost de corteza de pino fino, de la empresa 2 y turba subtropical procesada de la empresa 3. Estos materiales fueron elegidos en base a los resultados del muestreo mensual realizado desde Abril del año 2008 a Marzo del año 2009. Las mezclas se numeraron de 1 a 7, siendo las relaciones de corteza de pino, pinocha y turba subtropical de cada mezcla la siguiente: mezcla 1, relación 1:1:1; mezcla 2, relación 2:1:1; mezcla 3, relación 1:2:2; mezcla 4, relación 2:1:2, mezcla 5, relación 2:2:1, mezcla 6, 1:4:2 y mezcla 7, relación 2:4:1.

4.2.1.1 Corrección de las mezclas

Como los valores de pH de cada mezcla no se encontraron en el rango óptimo, se debió hacer una corrección del pH a todas las mezclas. Antes de corregir las mezclas, se realizó un ensayo previo cuyo objetivo fue determinar el tiempo necesario para que la mezcla se estabilice y confirmar que con 2g de dolomita por litro de sustrato alcanzaría para llegar al pH óptimo.

En este ensayo previo se llenaron 10 litros de cada mezcla por bolsa de polietileno negro y se incorporó 2 g de dolomita por litro de sustrato, y luego se mezcló para homogeneizar. Se realizó un análisis de pH a cada mezcla antes de incorporar la dolomita y luego, cada siete días hasta que se estabilizaron. Una vez estabilizadas se realizó un análisis de conductividad eléctrica y contenido de calcio, magnesio, potasio, sodio y nitratos. Las metodologías utilizadas en los análisis son las mismas que se detallan a continuación.

4.2.2 Sustrato local

Es el utilizado en el Instituto de Floricultura y es un sustrato similar al que usualmente utilizan los productores en la zona, ya que contiene un porcentaje de suelo mineral. Estaba formulado con 6 partes de pinocha procesada, 3 partes de turba subtropical sin procesar y una parte de suelo mineral (*Figura 4*).



Figura 4. Sustrato local.

4.2.3 Sustrato comercial

Se utilizó un sustrato de marca Dynamics, sustrato 3, formulado con turba rubia, turba negra, perlita, vermiculita y 1,5 mg/litro de NPK y micronutrientes (*Figura 5*).



Figura 5. Sustrato comercial.

4.3. Análisis físicos, químicos y biológicos

4.3.1. Realizados a los materiales disponibles y a los sustratos propuestos

Los análisis físicos y químicos se realizaron en el Laboratorio de Sustratos y Aguas del Instituto de Floricultura del INTA. Las variables evaluadas fueron:

Humedad: por diferencia de peso, mediante estufa a 105C° (Ansorena Miner, 1994).

Materia orgánica: Método de la mufla (Ansorena Miner, 1994).

Densidad real: Con la fórmula $Dr = 100 / (((100 - \%Cenizas) / 1,5) + (\%Cenizas / 2,65))$ (Ansorena Miner, 1994).

Densidad del sustrato y aparente: Método Hofmann (Fermino, 2003).

Espacio poroso total, capacidad de retención de agua y poros con aire: Método de De Boodt mediante los lechos de arena (De Boodt *et al.*, 1974).

Granulometría: Mediante una tamizadora con tamices de 5,56 mm, 4,75 mm, 3,35 mm, 2 mm, 1,4 mm, 1 mm y 0,5 mm (Ansorena Miner, 1994).

pH y Conductividad eléctrica (CE): 1+5 volumen/volumen, en un frasco de 250 ml se coloca 135 ml de agua destilada y luego se lleva a 162 ml con el agregado de sustrato equivalente a 1+5 en volumen, se agita durante 10 minutos y se deja reposar 15 minutos, luego se realiza las mediciones en la solución (Metodología desarrollada en 1995 por ex técnicos del CETEFFHO-JICA, actual Instituto de Floricultura, datos sin publicar).

Cationes: En el filtrado de la solución 1+5 v/v, se analizó el contenido de calcio, magnesio, potasio y sodio con el espectrofotómetro de absorción atómica, Marca Varian modelo 220 A

Aniones: En el filtrado de la solución 1+5 v/v, se analizó el contenido de nitratos con el electrodo ión selectivo Marca Orion modelo 920 A.

4.3.2. Análisis adicionales realizados únicamente a los sustratos

Índice de germinación: En tres cajas de petri con papel de filtro en la base, se colocó 1 ml de la solución filtrada 1+5 v/v del sustrato a evaluar. Sobre el papel de filtro embebido por la solución se colocaron 10 semillas de lechuga (*Lactuca sativa var. gran rapid*). De la misma manera se preparó el control utilizando agua destilada. Una vez preparadas y tapadas todas las cajas de petri, se llevaron a un fitotrón Marca Sanyo (cámara de cultivo con control de humedad y luz) a 20C° de temperatura máxima y 15C° de temperatura mínima con 12 hs de fotoperíodo, durante 48 hs. Al retirar las cajas se midió la longitud de la radícula y el número de semillas germinadas de cada caja de petri. Con los valores promedios de ambas variables se calculó: *porcentaje de germinación relativo*, dividiendo el número de semillas germinadas en el filtrado del sustrato por el número de semillas germinadas en el control, multiplicado por 100; *crecimiento de radícula relativo*,

dividiendo la longitud de la radícula en el filtrado del sustrato por la longitud de la radícula en el control, multiplicado por 100; *índice de germinación*, multiplicando el porcentaje de germinación relativo por el crecimiento de radícula relativo dividido 100.

Si los valores de índice de germinación (IG) son $\geq 80\%$, se considera que no hay sustancias fitotóxicas o que están en muy baja concentración; si son $\leq 50\%$, hay una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas y si el valor de IG se encuentra entre 50% y 80% hay una presencia moderada de estas sustancias (Zuconi *et al.*, 1981; Varnero *et al.*, 2007).

4.4. Ensayos con plantas florales

Los ensayos se realizaron en instalaciones del Instituto de Floricultura del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Hurlingham, provincia de Buenos Aires, República Argentina (34° 36' latitud sur, 58° 40' longitud oeste). Se realizaron tres ensayos con las siguientes especies: Pensamiento (*Viola tricolor*), petunia (*Petunia hybrida*) y coral (*Salvia splendens*).

En todos los casos, cada ensayo estuvo conformado por 9 tratamientos (7 sustratos formulados, sustrato local y sustrato comercial) y 10 repeticiones por tratamiento.

En los tres ensayos se prepararon 10 macetas por cada tratamiento, eligiendo al azar 5 macetas en el día de instalación del ensayo, para realizar las mediciones de los parámetros fenológicos. En total cada ensayo estuvo formado por 90 macetas con sus respectivos sustratos y plantines, y alrededor de estas se colocaron 50 macetas más para eliminar el efecto borde, estas macetas se llenaron con el sustrato local (*Figuras 6 y 7*).

Las macetas empleadas en los ensayos fueron las termoformadas bicolor, de 13cm de diámetro con un volumen de 730cm³. Una vez rellenas con el sustrato de cada tratamiento y con los plantines trasplantados se colocaron sobre una mesada de 1m de altura en un invernáculo.

En cada ensayo, se tomaron los datos diarios de la temperatura mínima, máxima y media del invernáculo en el que se encontraba el ensayo.

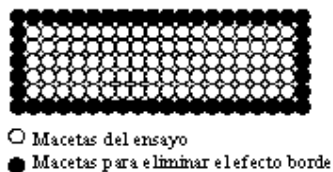


Figura 6. Ubicación de las macetas en los ensayos con plantas



Figura 7. Instalación de los ensayos con plantas. a) Ensayo con pensamiento b) Ensayo con petunia c) Ensayo con coral.

4.4. 1. Ensayo con pensamiento (*Viola tricolor var. yellow*)

Plantines: Los plantines fueron de *Viola tricolor var. yellow*, F1. La altura promedio de los plantines previo al transplante desde el cuello al ápice fue de 4,5 mm. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p= 0,6019$), es decir que todos los plantines fueron homogéneos.

Riego: Se realizó diariamente con agua de pozo, con un pH de 7,7; CE, 0,75 mS/cm; nitratos, 17,4 ppm; calcio, 6,5 ppm; magnesio, 5,78 ppm; potasio, 8,02 ppm; sodio, 109 ppm y bicarbonatos, 366ppm. Las características de la misma fueron similares a la que utilizan los productores en la zona.

Fertilización: Se utilizó un fertilizante compuesto 18-18-18 (NPK) con microelementos quelatados, marca Hakaphos. Los porcentajes de cada nutrientes fueron de 9,9% de nitratos; 8,1% de amonio; 18% de anhídrido fosfórico; 18% de óxido potásico; 1%

de óxido de magnesio; 2% de anhídrido sulfúrico; 0,01% de boro; 0,02% de cobre; 0,05% de hierro; 0,05% de manganeso; 0,001% de molibdeno y 0,02% de zinc. La dosis de fertilización fue de 50ppm de NPK en la primer semana, 100ppm de NPK en la segunda y tercer semana y 150ppm de NPK en las restantes semanas hasta finalizar el ensayo.

Temperaturas: Las temperaturas máximas, mínimas y medias en el invernáculo durante el ensayo fueron entre 17 a 30C°, 7C° a 20C° y 17C° a 27C° respectivamente (Figura 8).

Duración del ensayo: El ensayo finalizó cuando el 50% de las plantas abrieron su primera flor. Su duración fue desde el 5/06/09 al 29/07/09, es decir, 56 días.

Variables fenológicas medidas: Desde el trasplante hasta finalizar el ensayo, cada 7 días se midió la longitud del tallo desde el cuello al ápice, obteniendo la tasa de crecimiento en cm/día. Al finalizar el ensayo se tomaron 5 plantas de cada tratamiento, se contabilizaron el número de pimpollos con color, sin color y flores abiertas. Luego se lavaron sus raíces y se midió el peso fresco de la parte aérea y radicular, se llevó a estufa a 60°C hasta peso constante y se midió el peso seco aéreo y radicular.

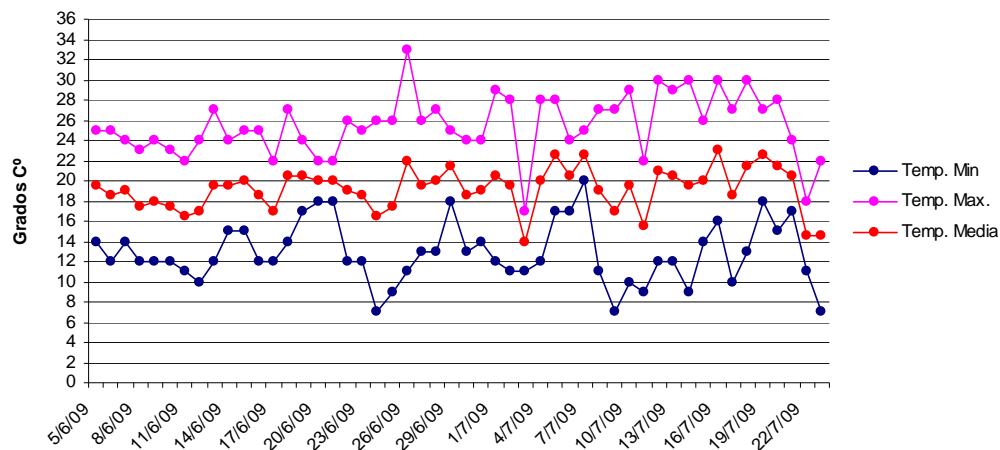


Figura 8. Temperaturas máximas, mínimas y medias en el invernáculo desde el trasplante hasta finalizar el ensayo de pensamientos.

4.4.2. Ensayo con *petunia* (*Petunia hybrida*)

Plantines: Los plantines fueron de *Petunia hybrida* var. *white*. El peso húmedo y seco promedio de 15 plantines tomados al azar de la bandeja alveolada en que se encontraban todos los plantines para ser trasplantados, fue de 1,67 g y 0,14 g respectivamente. El coeficiente de variación fue de 4% y 5%, y el desvió estándar de 0,07 y 0,01 respectivamente, es decir que los plantines utilizados fueron homogéneos.

Riego: Se realizó diariamente con agua de pozo, con un pH de 7,18; CE, 0,79 mS/cm; nitratos, 7,65 ppm; calcio, 10,27 ppm; magnesio, 7,45 ppm; potasio, 12,08 ppm; sodio, 144,6 ppm; cloruros, 24,31 ppm y bicarbonatos, 427ppm. Las características de la misma fueron similares a la que utilizan los productores en la zona.

Fertilización: Se utilizó el mismo fertilizante compuesto que en el ensayo de Pensamientos (18-18-18 Hakaphos). Se fertilizó dos veces por semana con 100 ppm de NPK en la primera semana y 150 ppm de NPK en las restantes semanas hasta finalizar el ensayo.

Temperaturas: Las temperaturas máximas, mínimas y medias en el invernáculo durante el ensayo, fueron entre 18 a 36C°, 5C° a 12C° y 17C° a 27C° respectivamente (*Figura 9*).

Duración del ensayo: El ensayo finalizó cuando más del 50% de los plantines tenían una flor abierta. Su duración fue desde el 19/08/09 al 17/09/09, es decir, 28 días.

Variables fenológicas medidas: Al finalizar el ensayo se tomaron 5 plantas de cada tratamiento, se contabilizaron el número de pimpollos y flores abiertas. Luego se lavaron sus raíces y se midió el peso fresco de la parte aérea y radicular, se llevó a estufa a 60°C hasta peso constante y se midió el peso seco aéreo y radicular.

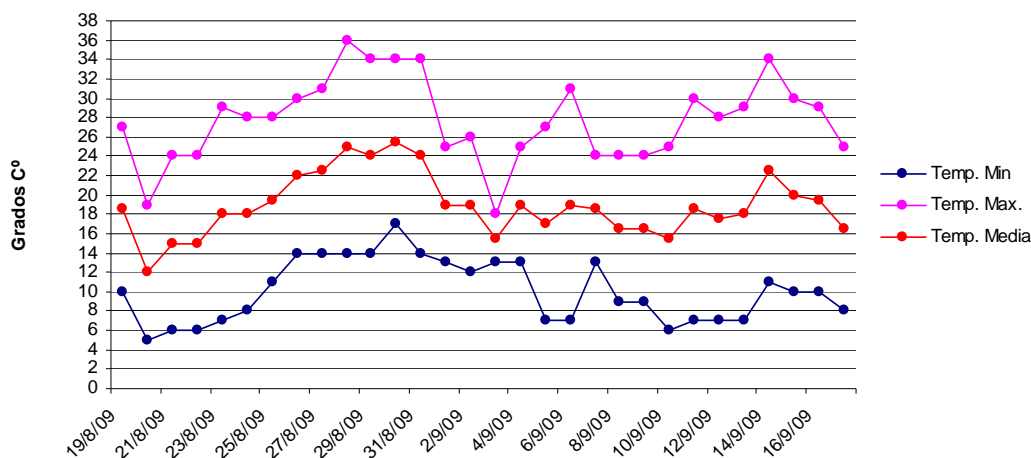


Figura 9. Temperaturas máxima, mínimas y medias en el invernáculo desde el trasplante hasta finalizar el ensayo de petunias.

4.4.3. Ensayo con Coral (*Salvia splendens*)

Plantines: Los plantines fueron de *Salvia splendens* var. rojo. La altura promedio de los plantines desde el cuello al ápice fue de 3 cm y el diámetro de 1,48 cm. Ambas variables, no tuvieron diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,617$ y $p=0,2599$ respectivamente), es decir que todos los plantines fueron homogéneos.

Riego: Se realizó diariamente con agua de pozo, con un pH de 7,18; CE, 0,79 mS/cm; nitratos, 7,65 ppm; calcio, 10,27 ppm; magnesio, 7,45 ppm; potasio, 12,08 ppm; sodio, 144,6 ppm; cloruros, 24,31 ppm y bicarbonatos, 427ppm. Las características de la misma fueron similares a la que utilizan los productores en la zona.

Fertilización: Se utilizó el mismo fertilizante compuesto que en el ensayo de Pensamientos (18-18-18 Hakaphos). La dosis de fertilización fue de 100ppm de NPK en la primer semana, 150ppm de NPK en la segunda y tercer semana y 200ppm de NPK en las restantes semanas hasta finalizar el ensayo.

Temperaturas: Las temperaturas máximas, mínimas y medias en el invernáculo fueron entre 14 a 36C°, 6C° a 17C° y 10C° a 27C° respectivamente (Figura 10).

Duración del ensayo: El ensayo finalizó cuando todos los plantines tenían formada la inflorescencia terminal y las flores inferiores comenzaban a abrirse. La duración fue desde el 26/08/09 al 21/09/09, es decir, 55 días.

Variables fenológicas medidas: Desde el trasplante hasta finalizar el ensayo, cada 7 días se midió la longitud del tallo desde el cuello al ápice y el diámetro del tallo obteniendo la tasa de crecimiento en cm/día. Al finalizar el ensayo se tomaron 5 plantas de cada tratamiento, se contabilizaron el número de inflorescencias. Luego se lavaron sus raíces y se midió el peso fresco de la parte aérea y radicular, se llevó a estufa a 60°C hasta peso constante y se midió el peso seco aéreo y radicular.

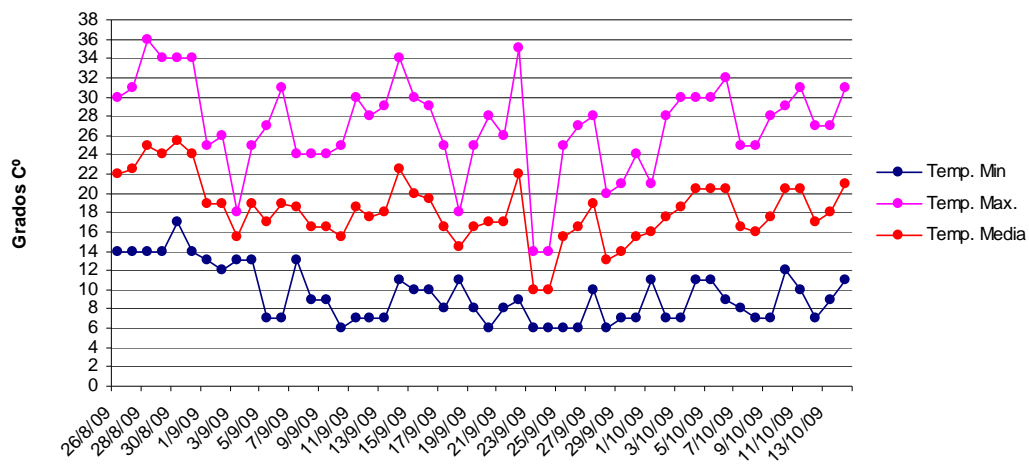


Figura 10. Temperaturas máximas, mínimas y medias en el invernáculo desde el trasplante hasta finalizar el ensayo de las plantas de coral.

4.5. Análisis estadístico

- Para realizar un análisis conjunto y poder efectuar una caracterización general de los datos de las muestras de turba subtropical, pinocha y corteza de pino compostada se realizaron tablas de frecuencia y análisis de componentes principales.

- Para evaluar la variación anual de las principales variables analizadas a la pinocha, turba subtropical y compost de corteza de pino de las tres empresas se realizaron gráficos de líneas y se calculó el coeficiente de variación anual por material por empresa.
- En la caracterización de sustratos disponibles y propuestos se realizaron análisis de varianza y Test de Tukey para comparación de medias; análisis de correlación (Pearson) y diagrama de dispersión; gráficos de líneas y de barras 100% apiladas.
- En la evaluación de las mezclas formuladas con plantas florales se trabajó con diseño en parcelas completamente aleatorizadas y sobre las variables fenológicas medidas, se realizaron análisis de varianza y Test de Duncan para comparación de medias, y gráficos de barras verticales.
- Para la elección de los sustratos a proponer se utilizó análisis de componentes principales.

El software estadístico utilizado fue el programa InfoStat versión 2009.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Calidad de las muestras de turba subtropical, pinocha y corteza de pino compostada

5.1.1. Caracterización de las muestras de turba subtropical

5.1.1.1. Tabla de frecuencia

El análisis de frecuencia de todas las muestras de turba subtropical (*Cuadro 1*) muestra los valores límites inferiores y superiores de cada variable y el porcentaje de casos del intervalo predominante con su límite inferior y superior respectivamente.

Analizando los rangos obtenidos de las principales variables y evaluando la posibilidad de utilizar la turba subtropical como componente de un sustrato se observa que los valores de pH fueron ácidos. Pero como los sustratos requieren rangos de pH entre 5,5 y 6,3 (Handreck & Black, 2002) los cuales se adapta la mayoría de las plantas, en general se aconseja corregir el pH mediante la adición de dolomita o mezclar con materiales de pH más altos.

La conductividad eléctrica fue baja, siendo una característica favorable (Abad *et al.*, 1993), valores mayores a 1 mS/cm (v/v) no serían recomendables. En cuanto al contenido de nutrientes, según las referencias del Instituto de Floricultura, los valores fueron bajos, es decir, que no habría problemas de toxicidad. Pero se debería tener en cuenta que posiblemente se requiera fertilización, la cual se debería realizar según la mezcla final, cultivo y sistema de cultivo elegido.

La densidad aparente se encontró en un rango bajo, coincidiendo con los valores recomendables, menor a 0,4 g/cm³ (Bunt, 1988). El espacio poroso total debería superar el 80% (Ansorena Miner, 1994; Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2001) y la turba subtropical cumple con este requisito. Los valores óptimos de poros con aire se considera entre 20 a 30 % y de capacidad de retención de agua entre 24 a 40 % (Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2004). Los rangos encontrados son muy amplios, por lo tanto, al realizar las mezclas se debería evaluar que

materiales utilizar para las mezclas para así lograr un buen equilibrio entre los poros con aire y agua.

Cuadro 1. Límite inferior y superior de cada variable y el porcentaje de casos del intervalo predominante con su límite inferior y superior respectivamente en muestras de turba subtropical.

Variable	Límites predominantes				% de muestras
	LI	LS	LI	LS	
pH	4,14	5,78	4,47	5,45	85
CE (mS/cm) ^a	0,11	1,04	0,11	1,04	100
Nitratos (mg/l)	0	2262	0	905	94
Calcio (mg/l)	10	770	10	466	88
Magnesio (mg/l)	8	471	8	471	100
Potasio (mg/l)	102	906	102	584	92
Sodio (mg/l)	131	990	131	646	85
Dsust (g/cm ³) ^b	0,24	0,55	0,24	0,43	81
Dap (g/cm ³) ^c	0,06	0,29	0,06	0,24	92
PA (%) ^d	8	77	8	63	88
CRA (%) ^e	19	79	19	67	87
EPT (%) ^f	80	98	84	98	94
T1 (%) ^g	1	63	1	39	88
T2 (%) ^h	17	53	17	46	94
T3 (%) ⁱ	10	74	23	74	98
MO (%) ^j	34	93	34	69	87

^a Conductividad eléctrica, ^b densidad del sustrato, ^c densidad aparente, ^d poros con aire, ^e capacidad de retención de agua, ^f espacio poroso total, ^j materia orgánica, ^g porcentaje de partículas >3,35 mm, ^h 3,35 a 1mm y ⁱ <1mm. N= 54

5.1.1.2. Análisis de componentes principales

Al analizar las muestras de turba subtropical con todas sus variables (*Anexo, Cuadro 1*) se obtuvo un gráfico biplot conformado por cuatro componentes, de las cuales se muestran la uno y la dos en la Figura 11, las restantes se encuentran en el Anexo I, Figura 1. La CP1 (componente principal 1) explicó la variabilidad de los datos en un 39%, la CP2 (componente principal 2) en un 18%, la CP3 (componente principal 3) en un 8% y la CP4

(componente principal 4) en un 8%. Por lo tanto, las cuatro componentes con todas las variables explicaron el 74% de la variabilidad de los datos (*Cuadro 2*). En el Cuadro 2 se observan los autovectores de las variables con los mayores coeficientes que fueron ponderados para conformar las componentes. Para la construcción de la CP1 la variable materia orgánica (MO) tuvo el coeficiente negativo más alto y la densidad aparente (Dap) el coeficiente positivo más alto. Para la construcción de la CP2, el pH fue la variable con el coeficiente negativo más alto y el Mg la variable con el coeficiente positivo más alto. Para la construcción de la CP3, el porcentaje de partículas mayores a 3,35 mm (T1) fue la variable con el coeficiente negativo más alto y el calcio la variable con el coeficiente positivo más alto. Para la construcción de la CP4, el calcio fue la variable con el coeficiente negativo más alto y el sodio la variable con el coeficiente positivo más alto.

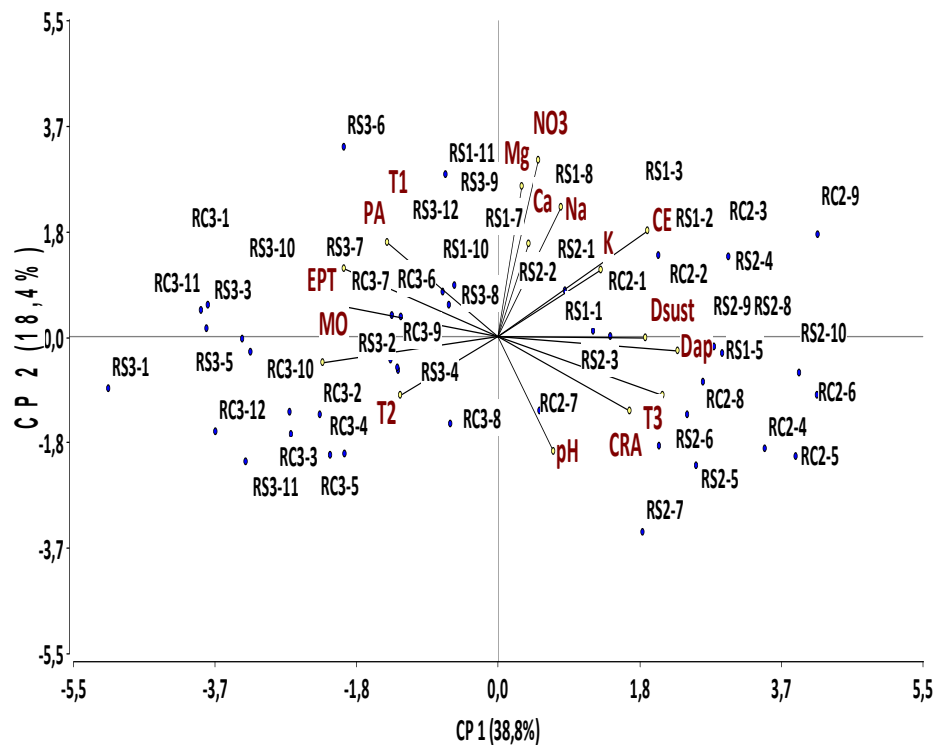


Figura 11. Biplot conformado por dos componentes (CP1 y CP2) generadas por la combinación lineal de todas las variables de las muestras de turba subtropical.

*Turba subtropical sin procesar de la empresa 1 (RS1), Turba subtropical sin procesar empresa 2 (RS2) Turba subtropical con proceso empresa 2 (RC2) Turba subtropical sin procesar de la empresa 3 (RS3) Turba subtropical con proceso de la empresa 3 (RC3). Conductividad eléctrica (CE), densidad del sustrato (Dsust), densidad aparente (Dap), poros con aire (PA), espacio poroso total (EPT), capacidad de retención de agua (CRA), materia orgánica (MO), porcentaje de partículas >3,35 mm (T1), 3,35 a 1mm (T2) y <1mm (T3). N= 54

Cuadro 2. Autovalores y autovectores reportados por el análisis de componentes principales realizado con todas las variables evaluadas a las muestras de turba subtropical.

Autovalores				Autovectores				
Lambda	Valor	Proporción	Prop. Acum.	Variables	CP1	CP2	CP3	CP4
1	6,21	0,39	0,39	T1 (%) ^g	-0,22	0,26	-0,38	0,03
2	2,94	0,18	0,57	T2 (%) ^h	-0,20	-0,16	0,40	0,15
3	1,36	0,08	0,66	T3 (%) ⁱ	0,33	-0,16	-0,03	-0,10
4	1,30	0,08	0,74	pH	0,11	-0,31	0,35	0,40
5	1,01	0,06	0,80	CE (mS/cm) ^a	0,30	0,29	-0,02	0,21
6	1,00	0,06	0,86	Nitratos (mg/l)	0,05	0,41	-0,20	0,08
7	0,76	0,05	0,91	Calcio (mg/l)	0,13	0,35	0,43	-0,39
8	0,53	0,03	0,94	Magnesio (mg/l)	0,08	0,48	0,25	-0,26
9	0,30	0,02	0,96	Potasio (mg/l)	0,21	0,18	0,06	0,43
10	0,21	0,01	0,98	Sodio (mg/l)	0,06	0,25	-0,24	0,44
11	0,15	0,01	0,99	Dsust (g/cm3) ^b	0,30	0,00	0,08	0,14
12	0,10	0,01	0,99	Dap (g/cm3) ^c	0,36	-0,04	-0,11	0,00
13	0,06	0,00	1,00	MO (%) ^j	-0,35	-0,07	-0,23	-0,14
14	0,04	0,00	1,00	PA (%) ^d	-0,31	0,19	0,26	0,20
15	0,03	0,00	1,00	CRA (%) ^e	0,26	-0,20	-0,30	-0,17
16	0,00	0,00	1,00	EPT (%) ^f	-0,34	0,09	0,00	0,22

^a Conductividad eléctrica, ^b densidad del sustrato, ^c densidad aparente, ^d poros con aire, ^e capacidad de retención de agua, ^f espacio poroso total, ^j materia orgánica, ^g porcentaje de partículas >3,35 mm, ^h 3,35 a 1mm y ⁱ <1mm. N= 54

Teniendo en cuenta las variables que tuvieron una mayor contribución en la formación de las componentes y realizando otro análisis de componentes principales solo con dichas variables, se obtuvo otro gráfico biplot (Figura 12) con dos componentes. Ambas componentes explicaron el 65% de la variabilidad de los datos (Cuadro 3). Por lo tanto, en el segundo análisis de componentes principales y utilizando las siete variables de mayor peso, se logró explicar con dos componentes el 88% del 74% encontrado en el análisis anterior con 4 componentes. En este nuevo gráfico, la CP1 conformada por las variables densidad aparente

(Dap) con el coeficiente negativo más alto y la materia orgánica (MO) con el coeficiente positivo más alto, explicó el 36% de la variabilidad y la CP2 conformada por la variable pH con el coeficiente negativo más alto y la variable Mg con el coeficiente positivo más alto explicó el 29% de la variabilidad (Cuadro 3).

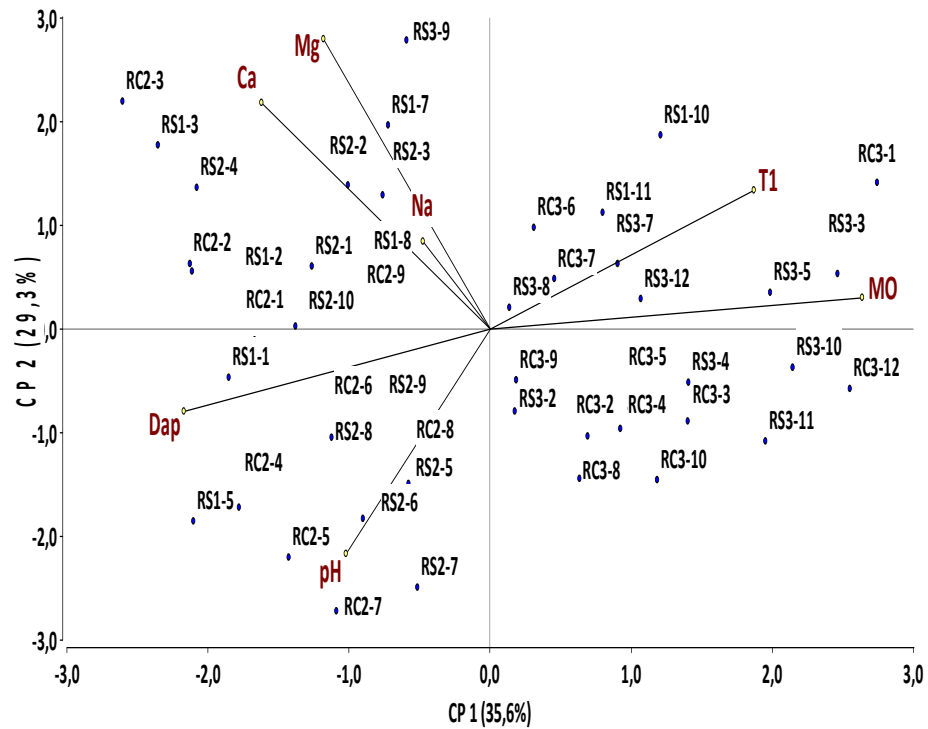


Figura 12. Biplot conformado por dos componentes (CP1 y CP2) generadas por la combinación lineal de las variables porcentaje de partículas $> 3,35$ mm (T1), pH, Mg (magnesio), Na (sodio), materia orgánica (MO) y densidad aparente (Dap) de las muestras de turba subtropical.

*Turba subtropical sin procesar de la empresa 1 (RS1), Turba subtropical sin procesar empresa 2 (RS2) Turba subtropical con proceso empresa 2 (RC2) Turba subtropical sin procesar de la empresa 3 (RS3) Turba subtropical con proceso de la empresa 3 (RC3). Densidad aparente (Dap), materia orgánica (MO), porcentaje de partículas $>3,35$ mm (T1). N= 54

Cuadro 3. Autovalores y autovectores reportados por el análisis de componentes principales realizado con las variables porcentaje de partículas > 3,35 mm (T1), pH, calcio, magnesio, sodio, materia orgánica (MO) y densidad aparente (Dap) de las muestras de turba subtropical.

Autovalores				Autovectores		
Lambda	Valor	Proporción	Prop. Acum.	Variables	CP1	CP2
1	2,49	0,36	0,36	T1 (%)	0,41	0,29
2	2,05	0,29	0,65	pH	-0,23	-0,48
3	1,00	0,14	0,79	Calcio (mg/l)	-0,36	0,48
4	0,69	0,10	0,89	Magnesio (mg/l)	-0,26	0,62
5	0,51	0,07	0,96	Sodio (mg/l)	-0,11	0,19
6	0,19	0,03	0,99	Dap (g/cm ³)	-0,48	-0,18
7	0,06	0,01	1,00	MO (%)	0,58	0,07

Ambos gráficos (*Figuras 11 y 12*) presentan resultados similares con respecto al comportamiento de las muestras. Se presenta el análisis del gráfico biplot (*Figura 12*) cuyas componentes fueron conformadas por las siete variables de mayor coeficiente.

La CP1 separó dos grupos de muestras de turba subtropical, por un lado, las que contenían mayor porcentaje de materia orgánica, y por el otro, las que contenían mayor densidad aparente. Todas las muestras con y sin proceso de la empresa 3, las muestras sin proceso 2 y 3 de la empresa 2 y la mitad de las muestras de la empresa 1, es decir, las muestras 7, 9, 10 y 11 tuvieron mayor porcentaje de materia orgánica. En cambio, todas las muestras con y sin proceso de la empresa 2, excepto las muestras sin proceso 2 y 3, y la otra mitad de muestras de la empresa 1, es decir, las muestras 1, 2, 3, 5 y 8 fueron las de mayor densidad aparente. Las muestras sin proceso 1, 3, 10, 11 y con proceso 1, 11 y 12 de la empresa 3 fueron las de mayor valor absoluto dentro del grupo de muestras con mayor porcentaje de materia orgánica. Las muestras sin proceso 6, 7, 8, 9, 10 y con proceso 3, 4, 5, 6, 7, 9 de la empresa 2 fueron las de mayor valor absoluto dentro del grupo con mayor densidad aparente.

A su vez, la CP2 separó dos nuevos grupos, uno con muestras de mayor contenido de magnesio y otro con muestras con mayor pH. Las muestras sin proceso 6, 7, 8, 9, 12 y con proceso 6, 7, 1 de la empresa 3; las muestras sin proceso 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10 y con proceso 1, 2, 3, 6, 9 de la empresa 2; y las muestras 2, 3, 7, 8, 9, 10 y 11 de la empresa 1 fueron las de mayor contenido magnesio. Por otro lado, las muestras sin proceso 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11 y con proceso 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12 de la empresa 3; las muestras sin proceso 5, 7, 6 y con proceso 4, 5, 7, 8 de la empresa 2; y las muestras 1 y 5 de la empresa 1 fueron las de mayor valor de pH.

Estos resultados muestran que no hay diferencias evidentes entre materiales procesados y sin procesar. Para comprender estos resultados es necesario conocer el origen de la turba subtropical analizada. Ambas empresas compraron la turba subtropical en el Municipio de Villa Paranacito, cabecera del Departamento Islas del Ibicuy al sudeste de la provincia de Entre Ríos, en el Delta Entrerriano del río Paraná (*Figura 13*).

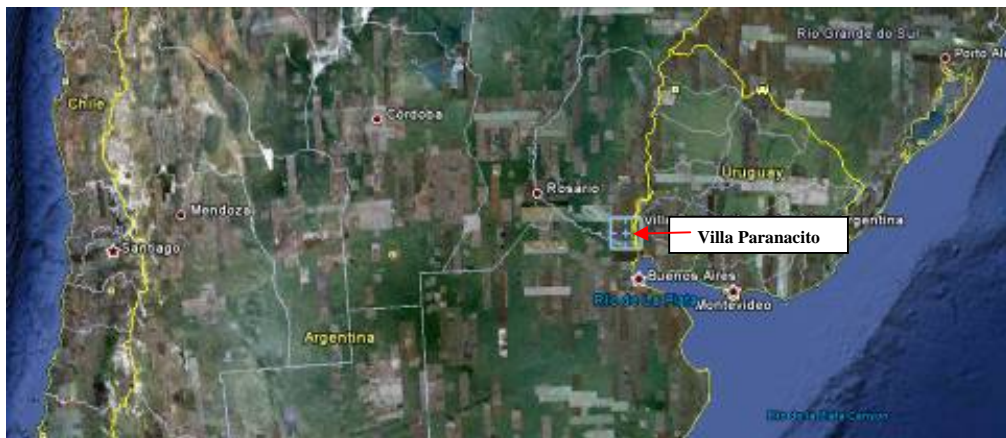


Figura 13. Ubicación del Municipio de Villa Paranacito, lugar en el que se extrae la turba subtropical de las empresas evaluadas.

Cada “resaquero” extrae la turba subtropical en forma diferente, la turba subtropical comprada por la empresa 3, fue extraída de un arroyo con formaciones de hasta dos metros de turba subtropical que se encuentra flotando sobre el agua (*Figura 14, a*). Para

obtener la turba subtropical se ingresa al arroyo con canoas y se corta manualmente con serruchos en bloques (*Figura 14, b*). Estos bloques tienen el largo total de la formación de la turba y aproximadamente 60 cm de ancho (*Figura 14, c, d*).



Figura 14. Turba subtropical extraída en forma manual. a) Turba subtropical sobre el arroyo b) Se llega a la turba con canoas c) Se corta con serruchos y se lleva flotando hasta la costa d) Bloques de turba subtropical.

En cambio, la turba subtropical comprada por la empresa 2 fue extraída en forma diferente. Se draga el agua del sector del arroyo del cual se extraerá la turba y la misma descende sobre el suelo del arroyo (*Figura 15, a, b*). Luego mediante palas mecánicas se extrae la turba, pero como la turba se deposita sobre el suelo del arroyo formado por sedimentos (*Figura 15, c*), en algunos casos se extrae la turba con parte de suelo. La empresa 1 compra la turba subtropical extraída de ambas formas.



Figura 15. Turba subtropical extraída en forma mecánica. a) y b) Turba subtropical depositada sobre el suelo del arroyo c) Palas mecánicas sacando los sedimentos que se encontraba debajo de la turba, la turba ya fue extraída.

En coincidencia, se observa en el análisis realizado que la mayoría de las muestras se agruparon según sus orígenes y forma de extracción. Esto permite inferir que la turba subtropical extraída manualmente fue menos densa, con mayor contenido de materia orgánica y según el 70 % de las muestras tenía mayor pH (aunque igualmente son valores ácidos). Estas características se deben a que la turba subtropical se forma en condiciones anegadas donde el desdoblamiento de la materia orgánica proveniente de restos vegetales (descomposición) se lleva a cabo mucho más lentamente que bajo condiciones de oxidación (Malvárez, 1999). Los restos vegetales están formados principalmente por una comunidad denominada “pajonal”, compuesto por especies graminiformes y equisetoides como *Scirpus giganteus* y *S. californicus* (Malvárez, 1999; Kandus *et al.*, 2003).

La turba subtropical extraída en forma mecánica fue más densa, con menor contenido de materia orgánica y un 63 % de las muestras tuvieron mayores niveles de magnesio. Esto se atribuye a que al extraer la turba subtropical en forma mecánica se toma parte del suelo compuesto por sedimentos y además los sedimentos que se encuentran en el agua se depositan en la turba.

En la carta de suelos del Delta Entrerriano (Ministerio de Agricultura y Ganadería & INTA, 1981), a la formación de turba subtropical en los arroyos se denominó como unidad

cartográfica “aéreas de cegamiento o de relleno de ríos o arroyos” y la serie es Arroyo Ibicuicito. Esta serie corresponde a un suelo aluvial, no sódico ni salino, generalmente anegado bajo la influencia de las mareas naturales. El perfil es una sucesión de capas aluviales caracterizadas por contener alto e irregular contenido de materia orgánica, textura pesada, permeabilidad lenta y variaciones de pH muy fuertemente ácido a extremadamente ácido. Kandus *et al.* (2003) también determinaron que los suelos del bajo Delta en general presentan valores de pH ácidos en un amplio rango de variación. En estos tipos de suelos hidromorfos, se suelen evidenciar condiciones reductoras como consecuencia de la saturación hídrica, generando un prolongado déficit en oxígeno libre (Pereyra *et al.*, 2004). Los microorganismos aerobios consumen el poco oxígeno que haya quedado y se vuelven latentes o mueren, mientras que los anaerobios se multiplican y descomponen la materia orgánica utilizando compuestos oxidados del suelo como aceptores de electrones para su respiración. Como resultado, se producen cambios en el pH, disminución del potencial redox y aumento de la conductividad eléctrica (CIAT, 1981). Por lo tanto, la mezcla de este suelo con la turba subtropical, que se produce por el método de extracción, determina que ese material presente pH más ácidos, densidades más altas y una mayor conductividad eléctrica con respecto a las demás turbas.

En cuanto a los mayores niveles de magnesio encontrados, se corresponde con descripciones de Cagnoni (1999), en la cual expresa que en condiciones anegadas ciertos nutrientes como el hierro y el magnesio están disponibles en concentraciones altas y en sus formas reducidas. Inclusive, en ciertas situaciones pueden llegar a actuar como agentes tóxicos y no como recursos limitantes.

5.1.2. Caracterización de las muestras de pinocha

5.1.2.1. Tabla de frecuencia

El análisis de frecuencia de todas las muestras de pinocha (*Cuadro 4*) muestra los límites inferiores y superiores de cada variable y el porcentaje de casos del intervalo predominante con su límite inferior y superior respectivamente.

Analizando los rangos obtenidos de pH y evaluando a la pinocha como posible componente de un sustrato se observa que posiblemente deba ser corregida con dolomita u otro componente alcalino. Pero si los valores de pH se hallan entre 5,5 a 6,2 se la puede usar sin inconvenientes, ya que se encontraría en el rango deseado para que los nutrientes se encuentren disponibles (Abad *et al.*, 1993; Handreck & Black, 2002). La conductividad eléctrica fue menor a 1 mS/cm (v/v), considerada adecuada, ya que valores bajos favorecen el manejo de la fertilización realizada por el productor (Abad *et al.*, 1993). Si los valores superan 1 mS/cm (v/v) podría haber problemas fisiológicos en las plantas (Lemaire *et al.*, 2005). Según las referencias del Instituto de Floricultura, los valores límites de todos los nutrientes fueron bajos, por lo tanto, se requerirá realizar las fertilizaciones correspondientes según la especie y sistema de cultivo elegido.

La densidad aparente recomendada para sustratos es menor a 0,4 g/cm³ (Bunt, 1988) encontrándose la pinocha por debajo de este límite. El espacio poroso total obtenido supera el 80 %, siendo una característica muy favorable para los sustratos (Ansorena Miner, 1994; Abad *et al.*, 2001; Bunt, 1988). Los valores óptimos de poros con aire se consideran entre 20 a 30 % y de capacidad de retención de agua entre 24 a 40 % (Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2004). El rango de la pinocha para ambas variables es más amplio, pero igualmente son valores satisfactorios. Se deberá mezclar la pinocha con otro material para lograr un equilibrio entre los poros con aire y agua en la mezcla final.

Cuadro 4. Límite inferior y superior de cada variable y el porcentaje de casos del intervalo predominante con su límite inferior y superior respectivamente en muestras de pinocha.

Variable	Límites predominantes				% de muestras
	LI	LS	LI	LS	
pH	4,37	5,81	4,66	5,52	80
CE (mS/cm) _a	0,10	0,70	0,10	0,46	84
Nitratos (mg/l)	0	1103	0	441	90
Calcio (mg/l)	2	192	2	78	94
Magnesio (mg/l)	8	234	8	98	94
Potasio (mg/l)	25	964	25	588	80
Sodio (mg/l)	32	620	32	620	100
Dsust (g/cm ³) _b	0,07	0,49	0,07	0,49	100
Dap (g/cm ³) _c	0,06	0,39	0,06	0,39	100
PA (%) _d	7	81	22	81	94
CRA (%) _e	14	70	14	59	92
EPT (%) _f	77	95	77	95	100
T1 (%) _g	2	25	2	15	88
T2 (%) _h	16	64	16	54	94
T3 (%) _i	11	90	27	75	90
MO (%) _j	77	95	26	93	100

^a Conductividad eléctrica, ^b densidad del sustrato, ^c densidad aparente, ^d poros con aire, ^e capacidad de retención de agua, ^f espacio poroso total, ^g materia orgánica, ^h porcentaje de partículas >3,35 mm, ⁱ 3,35 a 1mm y ^j <1mm. N= 52

5.1.2.2. Análisis de componentes principales

Al analizar las muestras de pinocha con todas sus variables (*Anexo, Cuadro 2*) se obtuvo un gráfico biplot conformado por cuatro componentes, de las cuales se muestran la uno y la dos en la Figura 16, las restantes se encuentran en el Anexo I, Figura 2. La CP1 (componente principal 1) explicó la variabilidad de los datos en un 49%, la CP2 (componente principal 2) en un 17%, la CP3 (componente principal 3) en un 10% y la CP4 (componente principal 4) en un 7%. Por lo tanto, las componentes con todas las variables explicaron el 83% de la variabilidad de los datos (*Cuadro 5*). En el Cuadro 5, se observan los autovectores de las variables con los mayores coeficientes que fueron ponderados para conformar las componentes. Para la construcción de la CP1 la variable materia orgánica (MO) y el porcentaje de partículas entre 3,35 a 1 mm (T2) tuvieron los coeficientes negativos más altos

y la densidad del sustrato (D_{sust}) tuvo el coeficiente positivo más alto. Para la construcción de la CP2, el pH fue la variable con el coeficiente negativos más alto y la conductividad eléctrica (CE) la variable con el coeficiente positivo más alto. Para la construcción de la CP3, el porcentaje de capacidad de retención de agua (CRA) fue la variable con el coeficiente negativos más alto y el potasio la variable con el coeficiente positivo más alto. Para la construcción de la CP4, el pH fue la variable con el coeficiente negativos más alto y el nitrato la variable con el coeficiente positivo más alto.

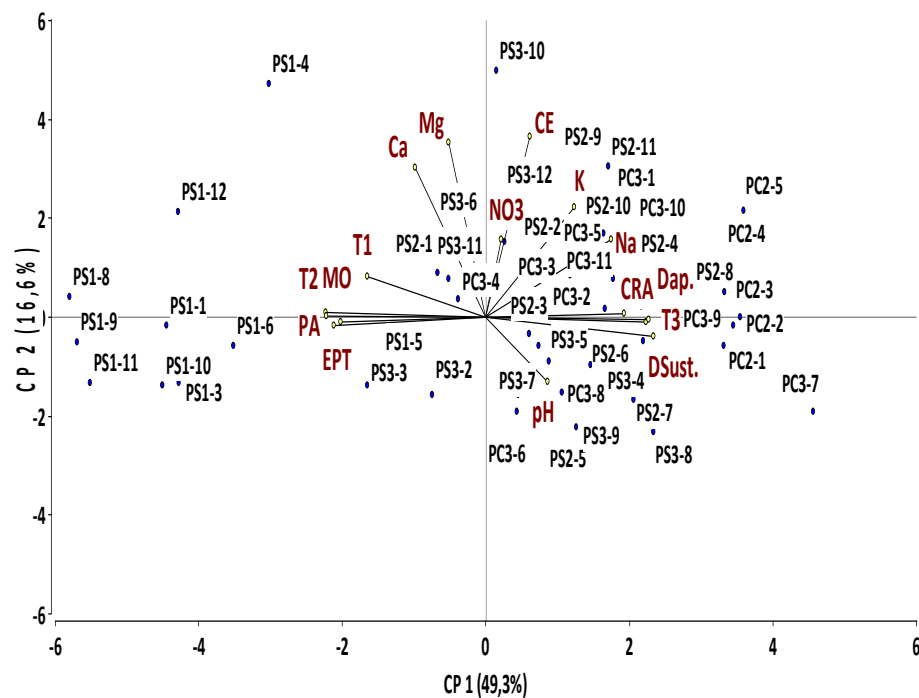


Figura 16. Biplot conformado por dos componentes (CP1 y CP2) generadas por la combinación lineal de todas las variables analizadas a las muestras de pinocha.

*Pinocha sin procesar de la empresa 1 (PS1), Pinocha sin procesar empresa 2 (PS2) Pinocha con proceso empresa 2 (PC2) Pinocha sin procesar de la empresa 3 (PS3) Pinocha con proceso de la empresa 3 (PC3). Conductividad eléctrica (CE), densidad del sustrato (D_{sust}), densidad aparente (Dap), Poros con aire (PA), espacio poroso total (EPT), capacidad de retención de agua (CRA), materia orgánica (MO), porcentaje de partículas >3,35 mm (T1), 3,35 a 1mm (T2) y <1mm (T3).

N= 52

Cuadro 5. Autovalores y autovectores reportados por el análisis de componentes principales realizado con todas las variables evaluadas a las muestras de pinocha.

Autovalores				Autovectores				
Lambda	Valor	Proporción	Prop. Acum.	Variables	CP1	CP2	CP3	CP4
1	7,89	0,49	0,49	T1 (%) ^g	-0,24	0,12	0,25	-0,16
2	2,66	0,17	0,66	T2 (%) ^h	-0,32	0,00	-0,06	-0,14
3	1,61	0,10	0,76	T3 (%) ⁱ	0,32	-0,02	0,02	0,19
4	1,10	0,07	0,83	pH	0,13	-0,19	0,22	-0,56
5	0,84	0,05	0,88	CE (mS/cm) ^a	0,09	0,53	0,21	-0,09
6	0,72	0,04	0,93	Nitratos (mg/l)	0,03	0,23	0,12	0,70
7	0,37	0,02	0,95	Calcio (mg/l)	-0,14	0,44	-0,34	-0,15
8	0,22	0,01	0,96	Magnesio (mg/l)	-0,07	0,51	-0,31	-0,15
9	0,18	0,01	0,97	Potasio (mg/l)	0,18	0,32	0,43	-0,10
10	0,17	0,01	0,98	Sodio (mg/l)	0,25	0,23	0,27	-0,07
11	0,09	0,01	0,99	Dsust (g/cm3) ^b	0,34	-0,06	0,02	-0,02
12	0,06	0,00	0,99	Dap (g/cm3) ^c	0,33	-0,01	0,08	-0,12
13	0,04	0,00	1,00	MO (%) ^j	-0,32	0,01	-0,06	-0,06
14	0,03	0,00	1,00	PA (%) ^d	-0,29	-0,01	0,36	0,04
15	0,02	0,00	1,00	CRA (%) ^e	0,28	0,01	-0,38	0,00
16	0,00	0,00	1,00	EPT (%) ^f	-0,31	-0,03	0,27	0,15

^a Conductividad eléctrica, ^b densidad del sustrato, ^c densidad aparente, ^d poros con aire, ^e capacidad de retención de agua, ^f espacio poroso total, ^j materia orgánica, ^g porcentaje de partículas >3,35 mm, ^h 3,35 a 1mm y ⁱ <1mm. N= 52

Se realizó otro análisis de componentes principales solo con las variables que tuvieron mayor contribución en la formación de cada componente, obteniendo otro gráfico biplot con dos componentes (*Figura 17*). Ambas componentes explicaron el 67% de la variabilidad de los datos (*Cuadro 6*). Por lo tanto, en el segundo análisis de componentes principales, reduciendo la información y utilizando ocho variables, se logró explicar con dos componentes el 81% del 83% encontrado en el análisis anterior con 4 componentes. En este nuevo gráfico, la CP1 conformada por las variables densidad del sustrato (Dsust) con el coeficiente positivo más alto y la materia orgánica (MO) con el coeficiente negativo más alto, explicó el 48% de la variabilidad y la CP2 conformada por la variable pH con el coeficiente negativo más alto y la variable Conductividad eléctrica (CE) con el coeficiente positivo más alto explicó el 20% de la variabilidad (*Cuadro 6*).

Cuadro 6. Autovalores y autovectores reportados por el análisis de componentes principales realizado con las variables partículas de entre 3,35 a 1mm (T2), pH, Conductividad eléctrica (CE), nitratos, potasio, densidad del sustrato (Dsust), materia orgánica (MO) y capacidad de retención de agua (CRA) evaluadas a las muestras de pinocha.

Lambda	Autovalores			Autovectores		
	Valor	Proporción	Prop. Acum.	Variables	CP1	CP2
1	3,82	0,48	0,48	T2 (%)	-0,46	0,09
2	1,56	0,20	0,67	pH	0,17	-0,35
3	1,09	0,14	0,81	CE (mS/cm)	0,2	0,59
4	0,63	0,08	0,89	Nitratos (mg/l)	0,14	0,49
5	0,43	0,05	0,94	Potasio (mg/l)	0,33	0,44
6	0,27	0,03	0,98	Dsust (g/cm ³)	0,48	-0,2
7	0,14	0,02	0,99	MO (%)	-0,47	0,14
8	0,05	0,01	1,00	CRA (%)	0,37	-0,18

Analizando el segundo gráfico biplot obtenido (*Figura 17*) se observa que la CP1 separó a dos grupos de muestras de pinocha, por un lado, las que contenían mayor porcentaje de materia orgánica, y por el otro, las que contenían mayor densidad del sustrato. Todas las muestras de pinocha sin procesar de la empresa 1, las muestras sin proceso 9 y 11 de la empresa 2, las muestras sin proceso 2, 3, 11 y con proceso 1, 3, 4 y 6 de la empresa 3, tuvieron mayor porcentaje de materia orgánica. En cambio, salvo las muestras ya mencionadas de las empresas 3 y 2, todas las muestras restantes con y sin proceso de ambas empresas fueron las de mayor densidad del sustrato. Las muestras 1, 2, 8, 9,10 y 11 sin proceso de la empresa 1 fueron las de mayor valor absoluto, dentro del grupo de muestras con mayor porcentaje de materia orgánica. Las muestras sin proceso 6 y 7, y la muestra 2 con proceso de la empresa 2, y las muestras sin proceso 8 y con proceso 7 de la empresa 3 fueron las de mayor valor absoluto dentro del grupo con mayor densidad aparente.

La CP2 separó a dos nuevos grupos, uno con muestras con mayor pH y otro con muestras de mayor conductividad eléctrica. Las muestras 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 11 de la empresa 1; las muestras sin proceso 5, 7, 8, 6, 3 y con proceso 1, 2 y 3 de la empresa 2; las muestras sin proceso 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11 y con proceso 6, 7, 8 de la empresa 3 fueron las de mayor pH.

Por otro lado, las muestras 4, 8, 12 de la empresa 1; las muestras sin proceso 1, 2, 4, 9, 10, 11 y con proceso 4 y 5 de la empresa 2; las muestras sin proceso 6, 10, 12 y con proceso 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12 de la empresa 3 fueron las de mayor conductividad eléctrica.

Los resultados indican que, en el caso de la pinocha, un factor que condiciona sus características es el material que le dio origen y región de donde proviene. El mantillo vegetal o pinocha (*Figura 18*) es extraído en forma manual de diferentes plantaciones y regiones. Por lo cual, es difícil saber con exactitud su origen. Generalmente para su extracción se realiza un barrido de la última capa de acículas, conos y ramas caídas recientemente los cuales se encuentran verdes o semi secos. Luego se extrae el horizonte orgánico, tanto el superior como el inferior. Al extraer el horizonte inferior también se toma, en mayor o menor cantidad, suelo superficial. Las empresas compran a los proveedores de pinocha, quienes si bien la extraen de una misma región, probablemente son de varias plantaciones. Por tal motivo, las propiedades del suelo que acompaña a la pinocha podrían ser diferentes en cada muestra. En Argentina tradicionalmente la actividad forestal se concentra en suelos de baja aptitud agrícola, excepto algunas regiones en las que ciertas plantaciones se encuentran en suelos procedentes de desmontes, sobre pastizales naturales o con anteriores rotaciones forestales o agrícolas (Perez *et al.*, 2006).



Figura 18. Mantillo vegetal o pinocha, acículas de pino caídas sobre el suelo.

Los resultados de este estudio muestran que independientemente de la problemática planteada fue posible agrupar a las muestras de pinocha en dos grupos bien definidos. Por un lado a las muestras que contenían mayor porcentaje de materia orgánica, y por el otro, las que contenían mayor densidad del sustrato.

Las muestras con mayor porcentaje de materia orgánica fueron aquellas con menor presencia de horizonte orgánico inferior, en el cual también hay presencia de suelo mineral. Posiblemente el volumen de mantillo de las plantaciones en las que se extrajo el mismo estaba menos descompuesto y con un horizonte orgánico superior de mayor altura. Por esto, el suelo que inevitablemente se extrae, se diluye. En cambio, al haber un horizonte orgánico superior de menor volumen o una mayor descomposición que incrementa el horizonte inferior, el suelo adquiere un porcentaje mayor en el volumen total extraído.

En investigaciones realizadas en Entre Ríos (Argentina) sobre plantaciones adultas de igual edad y manejo, el *Pinus ellioti* presentó mayor mantillo acumulado que el *Pinus taeda* (Rebottaro *et al.*, 2003). Rebottaro *et al.* (2003) y Schlatter (1997) coinciden que las plantaciones de pino con mayor edad tienen mayor volumen de mantillo que las más jóvenes. Según Schlatter & Otero (1995), si el suelo mineral en el que se realizó la plantación de pino tiene mayores niveles de calcio se reduce el efecto de acidificación producido por el pino, permitiendo una mayor presencia de flora bacteriana. La misma favorece la descomposición del mantillo reduciendo su volumen, contrariamente a lo que ocurre en los suelos más evolucionados en los que disminuye el pH, en la que predomina la flora fungosa que limita la descomposición del mantillo.

Estos resultados indican que los proveedores de la empresa 1 podrían haber extraído la pinocha de plantaciones forestales con mayor volumen de horizonte superior. En cambio, gran porcentaje de las muestras de las empresas 2 y 3 probablemente provienen de plantaciones con mantillos más descompuestos, ya que las mismas resultaron tener mayor

densidad del sustrato. Además las empresas 2 y 3 antes de utilizar el material hacen que se produzca un tiempo de compostado, para que finalmente estén estables al momento de su uso.

En cuanto a los grupos de muestras que separó la CP2, uno con mayor pH y otro con mayor conductividad eléctrica, se destaca que la mayor cantidad de muestras de la empresa 1 fueron las de mayor pH, así como también la mayoría de las muestras sin procesar de la empresa 3, en las cuales permanecían la ramas y partes de conos. Igualmente el pH de estas muestras presentó valores relativamente bajos, ya que no superó el valor de 5,5.

Los suelos con plantaciones de pino pueden presentar condiciones menos favorables que los suelos cubiertos con especies latifoliadas para los procesos de descomposición debido a la constitución del material (Schlatter, 1997). En estudios efectuados en Chile el mantillo de pino radiata tenía un pH de 4,5 y relaciones carbono/nitrógeno (C/N) entre 40 y 47, pudiendo presentar valores aún más altos, entre 45 y 70 en suelos pobres (Haro *et al.*, 1973; Fernandez & Rocuant, 1975). En el norte Misiones (Argentina) el mantillo de pino taeda posee una relación C/N de 51 (Goya *et al.*, 2003). Es decir que la relación C/N, superior a 30, es desfavorable para la actividad de la flora y fauna del suelo por la baja disponibilidad de nitrógeno, lo que ocasionaría una restricción de la velocidad de descomposición (Schlatter, 1997).

Las muestras con mayor pH presentan menor descomposición del material vegetal, y los restos conservan su estructura original. A medida que el mantillo se descompone, como sucede con el estrato inferior del mismo, el pH disminuye (Rebottaro *et al.*, 2003). Esta disminución de pH es condicionada por las condiciones propias del suelo mineral en el que se encuentra la plantación de pino y, también, es ocasionada por los compuestos orgánicos complejos, como la resina, que tienen en mayor proporción las coníferas (Schlatter & Otero, 1995).

Al haber mayor descomposición se incrementa la cantidad de nutrientes, evidenciándose especialmente en el estrato inferior del mantillo de pino (Rebottaro *et al.*,

2003). Como consecuencia, se incrementa la conductividad eléctrica, variable que apareció separando los grupos en la CP2. Además, gran parte de las muestras del grupo con mayor conductividad eléctrica, eran procesadas. Esto sugiere que al tamizar (para separar ramas, cortezas y conos) y moler el material, el suelo extraído superficialmente con el mantillo aumenta en proporción, incrementando la conductividad eléctrica de dichas muestras.

5.1.3. Caracterización de las muestras de corteza de pino compostada

5.1.3.1. Tablas de frecuencias

Al analizar las muestras de corteza de pino compostada (*Anexo, Cuadro 3*) se obtuvo el Cuadro 7, que muestra los límites inferiores y superiores para cada variable. Se observa que los valores de pH son ácidos. Por lo tanto, según el cultivo y el porcentaje de corteza que se emplee para formular una mezcla, posiblemente se deba corregir con dolomita u otro componente alcalino.

La conductividad eléctrica fue baja, lo que favorecerá el manejo del cultivo (Abad *et al.*, 1993). Generalmente la corteza de pino compostada se caracteriza por tener baja dotación de nutrientes (Ballester Olmos, 1993) y las muestras analizadas lo confirman mediante los bajos niveles de cada uno de los elementos encontrados. Por lo tanto, según el porcentaje usado en la mezcla y el sistema de cultivo se requerirá realizar las fertilizaciones correspondientes.

La densidad aparente recomendada para sustratos es menor a $0,4 \text{ g/cm}^3$ (Bunt, 1988) encontrándose la corteza de pino compostada por debajo de este límite. El valor de la densidad de las cortezas de pino varía según el tamaño de partículas (Bures, 1997).

El espacio poroso total obtenido supera el 80 %, siendo una característica muy favorable para los sustratos (Ansorena Miner, 1994; Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2001). Según los valores óptimos de poros con aire (entre 20 a 30 %) y de capacidad de retención de agua (entre 24 a 40 %) (Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2004), puede afirmarse que el rango de poros con

aire encontrado es superior al recomendado. Estos resultados demuestran que la corteza de pino compostada es un material que proporcionaría a una mezcla principalmente aireación.

Cuadro 7. Límite inferior y superior de las muestras de corteza (corteza fina y corteza gruesa) por variable analizada en muestras de corteza.

Variable	Corteza fina		Corteza gruesa	
	LI	LS	LI	LS
pH	4,66	5,98	4,88	5,94
CE (mS/cm) ^a	0,05	0,17	0,06	0,14
Nitratos (mg/l)	0	184	0	8
Calcio (mg/l)	0	9	0	2
Magnesio (mg/l)	0	17	0	5
Potasio (mg/l)	133	303	115	239
Sodio (mg/l)	102	184	96	146
Dsust (g/cm3) ^b	0,31	0,36	0,28	0,38
Dap (g/cm3) ^c	0,14	0,18	0,12	0,18
PA (%) ^d	34	63	60	68
CRA (%) ^e	29	48	25	31
EPT (%) ^f	82	91	91	93
T1 (%) ^g	0	10	6	72
T2 (%) ^h	45	53	3	46
T3 (%) ⁱ	27	48	4	29
MO (%) ^j	58	94	91	93

^a Conductividad eléctrica, ^b densidad del sustrato, ^c densidad aparente, ^d poros con aire, ^e capacidad de retención de agua, ^f espacio poroso total, ^j materia orgánica, ^g porcentaje de partículas >3,35 mm, ^h 3,35 a 1mm y ⁱ <1mm.

En las figuras 19 y 20 se observan los porcentajes del contenido de partículas > a 3,35 mm, entre 3,35 a 1 mm y < a 1 mm de cada muestra de corteza de pino compostada fina y gruesa, respectivamente. Las muestras de corteza de pino fina tuvieron hasta 10% de partículas > a 3,35mm, entre 45 a 53% de partículas intermedias y entre 27 a 48% de partículas < a 1mm. En cambio, las muestras de corteza de pino gruesa tuvieron entre 30 a 73% de partículas > a 3,35mm, hasta un 12% de partículas intermedias, excepto la muestra de marzo, y hasta 15% de partículas < a 1mm. El mayor contenido de partículas superiores a

3,35 mm en la corteza gruesa y menores a 3,35 mm en las corteza fina confirmaron la diferencia entre ambos grupos de muestras de corteza compostada.

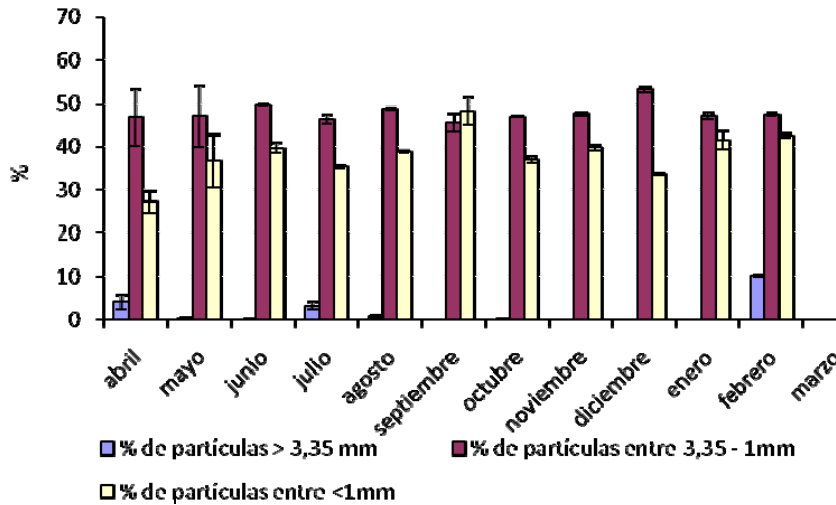


Figura 19. Porcentaje de partículas > 3,35 mm, entre 3,35 a 1mm y < 1 mm de las muestras de corteza fina. *Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

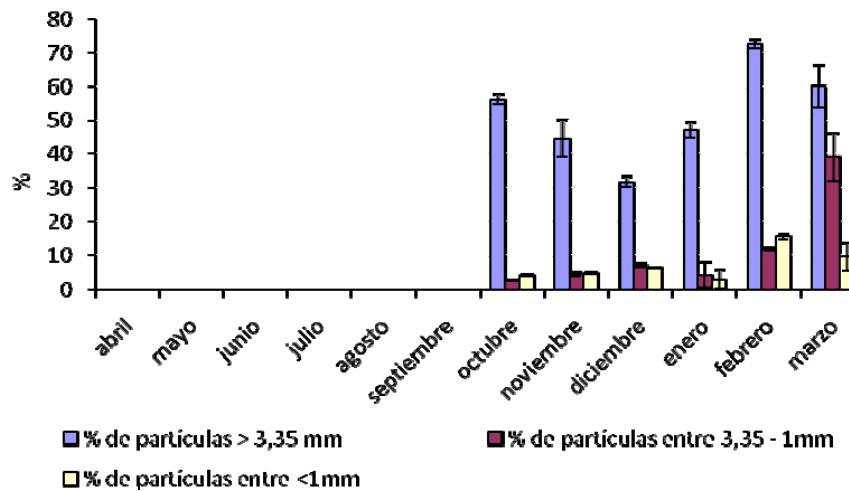


Figura 20. Porcentaje de partículas > 3,35 mm, entre 3,35 a 1mm y < 1 mm de las muestras de corteza gruesa. *Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

El análisis conjunto de la información obtenida permitió efectuar una caracterización general de los materiales. En general, la turba subtropical, la pinocha y la corteza presentaron escasas características no adecuadas, pero todas son factibles de ser corregidas fácilmente. Por otro lado, presentaron características positivas, principalmente las relacionadas a la porosidad. Estas peculiaridades hacen que estos materiales sean viables para ser utilizados como componente de sustratos.

Puede afirmarse que los tres son materiales con pH ácido, por lo tanto deberían ser corregidos en caso de requerirse sustratos con pH más alcalinos. La turba subtropical y la pinocha son materiales que varían según su forma de extracción y origen.

Tanto la pinocha como la corteza son materiales que proporcionarían porosidad a un sustrato, principalmente poros con aire y la turba subtropical podría incrementar la retención de agua.

5.2. Variación anual de las principales variables analizadas a la pinocha, turba subtropical y compost de corteza de pino de las tres empresas

5.2.1. Turba subtropical

La turba subtropical sin proceso y con proceso durante el año evaluado, mostró diferentes coeficientes de variación (C.V.), según la variable analizada en cada empresa (*Figuras 21, 22, 23, 24, 25 y 26*).

En las tres empresas la turba subtropical sin proceso tuvo coeficientes anuales bajos (<20 %) en las variables pH y espacio poroso total (EPT). La densidad aparente en la empresa 2 y el porcentaje de capacidad de retención de agua (CRA) en la empresa 3, también mantuvieron coeficientes de variación anual bajos. Las restantes variables analizadas tuvieron mayor variación en el tiempo, principalmente el porcentaje de poros con aire (PA) de la empresa 2 y la densidad aparente de la empresa 1.

En las dos empresas relevadas (2 y 3), la turba subtropical con proceso también tuvo bajo C.V. anual en las variables pH y el EPT, sumándose la densidad aparente. El PA y

la CRA tuvieron menor variación en la empresa 3 que en la empresa 2 a lo largo del año. El PA de la empresa 2 fue la variable con mayor variabilidad, mientras que las restantes, independientemente de la empresa, presentaron valores menores al 30 %. En la mayoría de las variables estudiadas, el C.V. anual de la turba subtropical procesada fue menor con respecto a la no procesada. Entre ambas empresas, la empresa 3 presentó una turba subtropical procesada con menor variación anual para la mayoría de las variables. Para las variables estudiadas no fue posible encontrar una tendencia clara de variabilidad temporal en función del estado del material (procesado o no) y/o empresa. Esto implica que no existe una época del año ideal, con respecto a la adquisición de material más homogéneo en su composición química y/o física, para efectuar la compra de turba a los efectos de conformar un sustrato de mejor calidad.

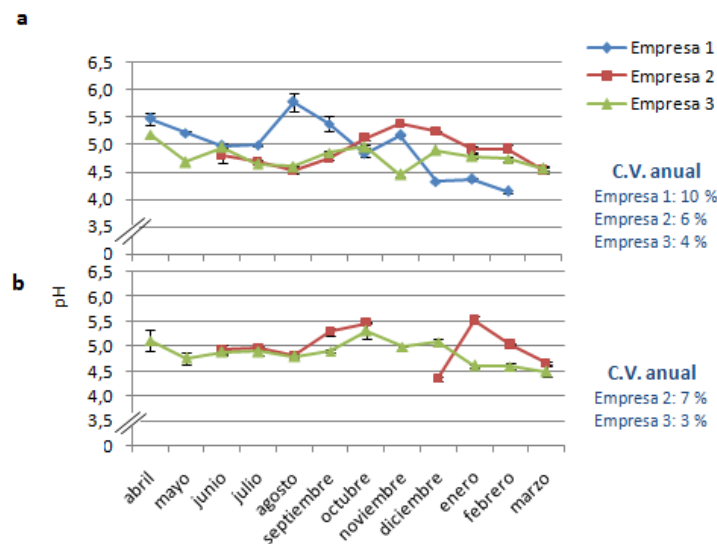


Figura 21. Valores de pH y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la turba subtropical sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.

*Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

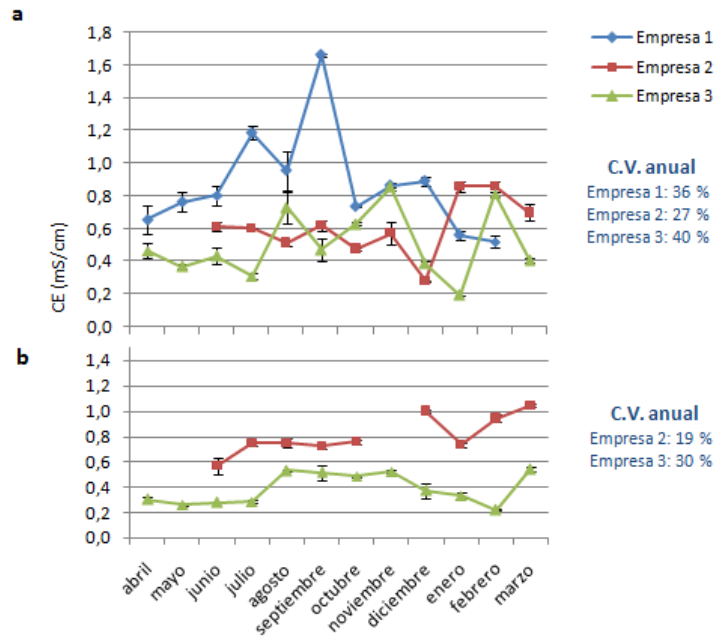


Figura 22. Valores de conductividad eléctrica (CE) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la turba subtropical sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.

*Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

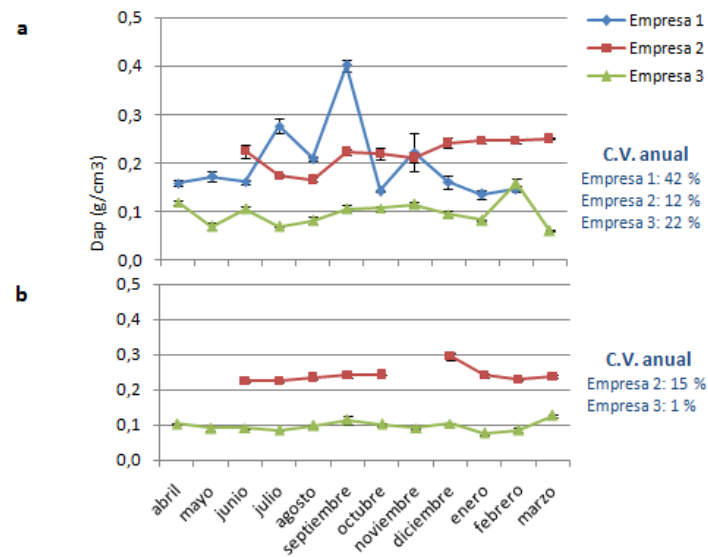


Figura 23. Valores de densidad aparente (Dap) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la turba subtropical sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.

*Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

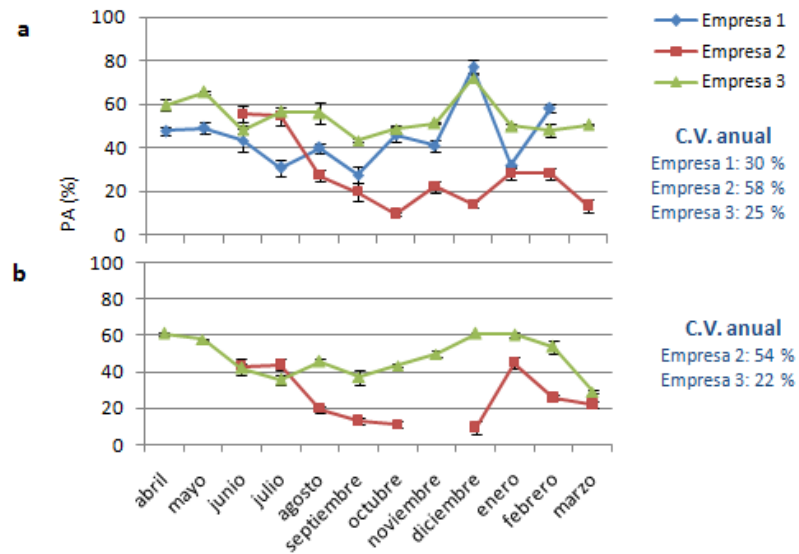


Figura 24. Valores de porcentaje de poros con aire (PA) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la turba subtropical sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.

*Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

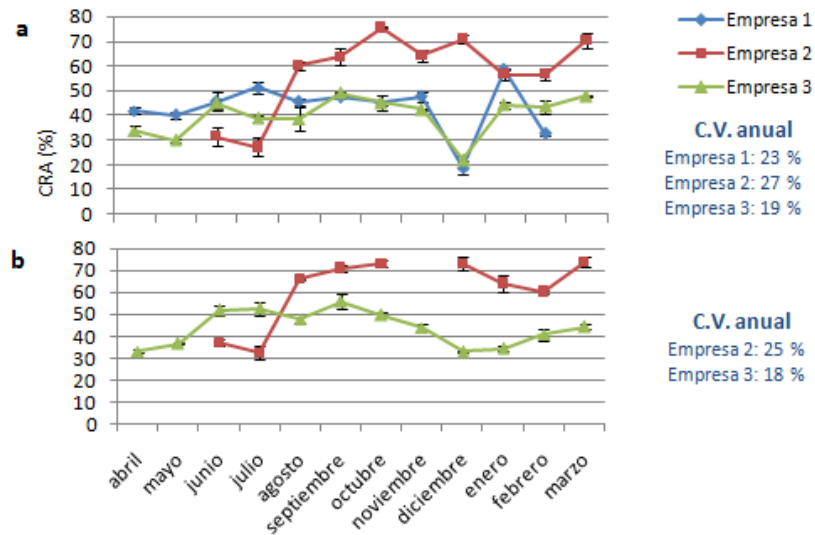


Figura 25. Valores de porcentaje de capacidad de retención de agua (CRA) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la turba subtropical sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.

*Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

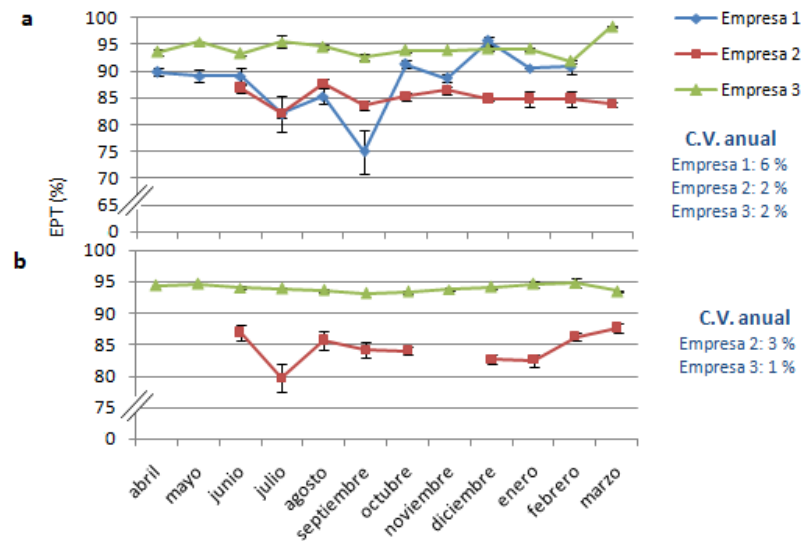


Figura 26. Valores de porcentaje de espacio poroso total (EPT) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la turba subtropical sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.

*Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

5.2.2. Pinocha

La pinocha sin proceso y con proceso durante el año evaluado, presentó variación temporal de los coeficientes de variación (C.V.) en función de la variable analizada en cada empresa (Figuras 27, 28, 29, 30, 31 y 32). La pinocha sin y con proceso mantuvo coeficientes de variación anual muy bajos (< 5 %) para pH y EPT en todas las empresas.

Las restantes variables, en la pinocha sin proceso, tuvieron una variación anual superior al 20 %, destacándose la CE de las tres empresas y el CRA de la empresa 1 con las mayores variaciones.

Al procesar la pinocha, la variación anual de todas las variables disminuyó.

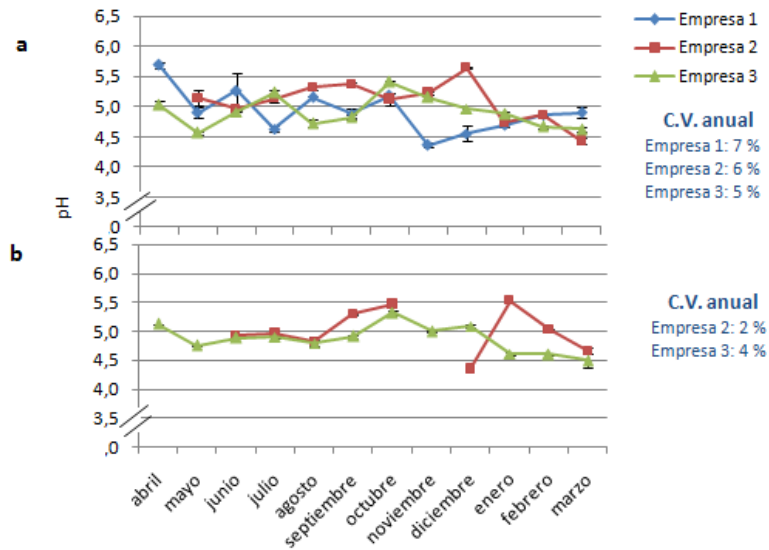


Figura 27. Valores de pH y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la pinocha sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.

*Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

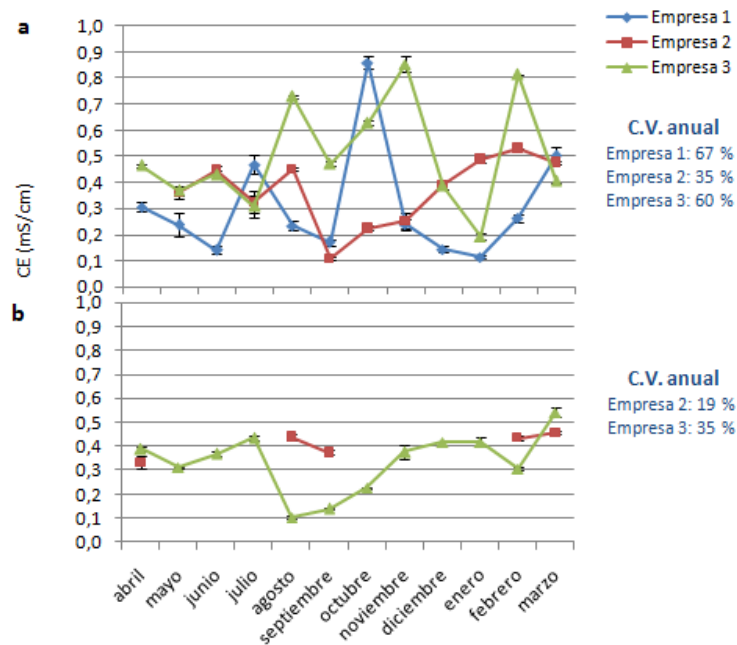


Figura 28. Valores de conductividad eléctrica (CE) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la pinocha sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.

*Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

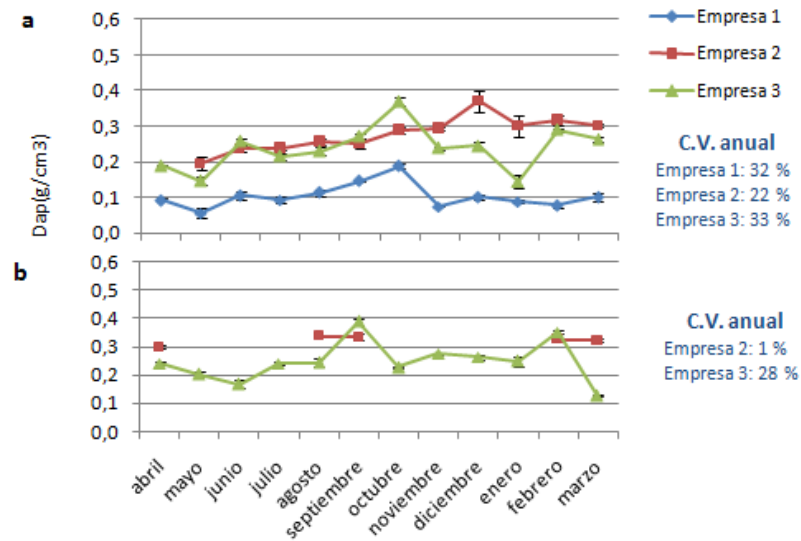


Figura 29. Valores de densidad aparente (Dap) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la pinocha sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.

*Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

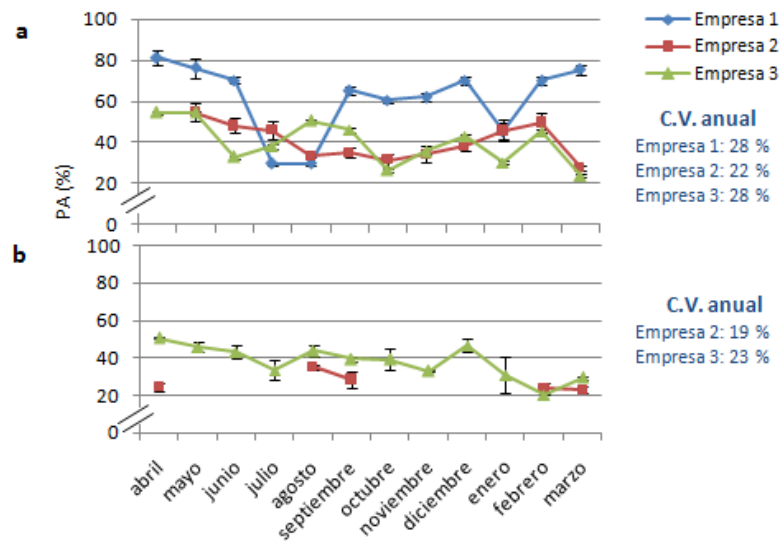


Figura 30. Valores de porcentaje de poros con aire (PA) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la pinocha sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.

*Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

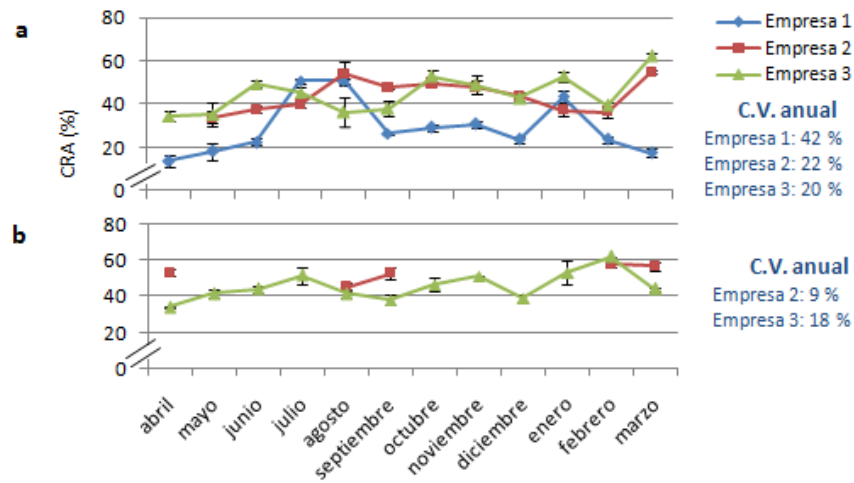


Figura 31. Valores de porcentaje de capacidad de retención de agua (CRA) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la pinocha sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.

*Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

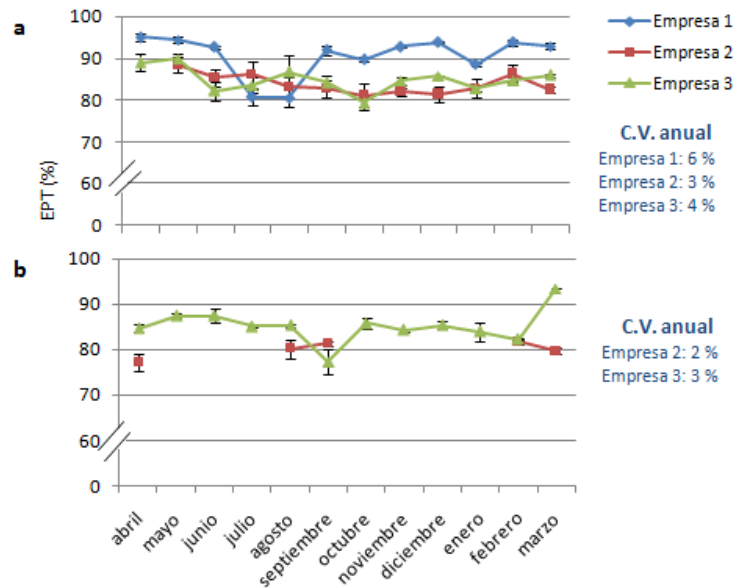


Figura 32. Valores de espacio poroso total (EPT) y coeficientes de variación (C.V.) del muestreo anual de la pinocha sin (a) y con (b) proceso de cada empresa.

Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

5.2.3. Corteza de pino compostada

La CE de los compost de corteza de pino fina y gruesa, y la densidad aparente del compost de corteza de pino gruesa presentaron elevados C.V. mientras que las restantes

variables tuvieron baja variabilidad anual (*Cuadro 8*). Por lo tanto, la corteza de pino compostada analizada en la empresa 2 resultó ser homogénea en el tiempo. La variabilidad en los compost de corteza de pino puede ser ocasionada por diversos factores, como especie, edad del árbol, tipo de madera, región en donde se produce, tipo de suelo (Abad *et al.*, 2004). A pesar de esto, en la empresa evaluada estos factores parecen estar ajustados logrando un producto compostado de elevada homogeneidad y, consecuentemente, de buenas características para ser utilizado en la elaboración de sustratos. La CE de ambos compost fue variable, pero como sus valores absolutos son bajos (<1mS/cm) esa variabilidad no constituye un inconveniente para utilizar el material solo o en formulaciones de sustratos. En general, la corteza de pino compostada fina presenta características más equilibradas que la corteza de pino compostada gruesa, lo que la torna un material más adecuado para la formulación de sustratos, especialmente por su mejor relación de poros con aire/poros con agua.

Cuadro 8. Coeficientes de variación (C.V.), medias, mínimos y máximos del pH, conductividad eléctrica (C.E.), densidad aparente (Dap.), poros con aire (PA), capacidad de retención de agua (CRA) y espacio poroso total (EPT) del muestreo anual de la corteza de pino compostada fina y gruesa.

Compost de corteza de pino (Empresa 2)					
	Variable	Media	CV	Mínimo	Máximo
Fina	pH	5,3	10	4,2	6,1
	CE (mS/cm)	0,1	35	0,0	0,2
	Dap.(g/cm ³)	0,2	17	0,1	0,2
	PA (%)	55	13	30	64
	CRA (%)	34	15	28	51
	EPT (%)	89	3	81	92
Gruesa	pH	5,3	8	4,7	6,0
	CE (mS/cm)	0,2	32	0,0	0,2
	Dap.(g/cm ³)	0,1	34	0,1	0,2
	PA (%)	65	6	60	74
	CRA (%)	27	15	18	31
	EPT (%)	92	1	90	94

El análisis global de los materiales indica que el pH y EPT de la turba subtropical y la pinocha muestreadas anualmente en las tres empresas fueron de baja variabilidad, mientras que la CE fue una de las variables que presentó mayor variabilidad anual en ambos materiales. Todas las variables analizadas en general disminuyeron su variabilidad anual al procesarse el material.

Se debe resaltar que el pH final de un sustrato dependerá del pH y proporción de cada uno de sus componentes y en función del valor final se deben realizar las correcciones necesarias (Landis *et al.*, 2000). Por consiguiente, si el pH de los componentes es poco variable permitirá realizar las correcciones anualmente sin modificarlas constantemente. Con respecto a la CE es recomendable que sea baja ($>1\text{mS/cm v/v}$), permitiendo al productor controlar las concentraciones de nutrientes mediante programas de fertilización (Landis *et al.*, 2000; Abad *et al.*, 2004). La turba subtropical y la pinocha de las empresas 2 y 3 presentaron valores bajos de CE. Por esta razón, la elevada variación anual no sería una limitante para su uso.

Muchos proveedores en el mundo han establecido estándares para que la calidad de los distintos lotes de sustrato pueda mantenerse constante (Landis *et al.*, 2000). En este sentido, Ballester Olmos (1993) establece como primer paso en la preparación de un sustrato, eliminar las partes gruesas de los mismos mediante molido y/o tamizado. Por lo tanto, al utilizar la turba subtropical o pinocha procesadas se evitaría este paso con ahorro de tiempo, mano de obra y, especialmente, disminución del costo. Otro beneficio es la posibilidad de utilizar el total del material y no tener desperdicios separando las partes gruesas mencionadas.

Los resultados obtenidos permiten inferir que la turba subtropical procesada de la empresa 3, la pinocha procesada de la empresa 2 y la corteza de pino compostada fina son los materiales que presentan mejores características para ser utilizados en la elaboración de sustratos.

5.3. Caracterización de sustratos disponibles y propuestos

5.3.1. Caracterización de los sustratos propuestos

5.3.1.1. Caracterización de los materiales elegidos para la elaboración de los sustratos

En base a los resultados obtenidos en los capítulos anteriores se eligieron 3 materiales para formular los sustratos: turba subtropical procesada de la empresa 3, pinocha procesada de la empresa 2 y compost de corteza de pino fina de la empresa 2.

5.3.1.1.1. Análisis físicos

La densidad aparente y real de cada material se encontraron dentro de los rangos establecidos como óptimos, menor a $0,4 \text{ g/cm}^3$ y entre $1,4$ y 2 g/cm^3 respectivamente (Ansorena Miner, 1994; Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2001) (*Cuadro 9*). Las densidades de los tres materiales fueron diferentes estadísticamente. La pinocha tuvo la mayor densidad del sustrato, aparente y real (*Cuadro 9*), posiblemente debido a la presencia de un porcentaje de suelo mineral, ya que es extraída de la parte superficial del suelo en el que se encuentran implantados los pinos. La densidad de la corteza de pino compostada evaluada coincidió con las características generales descritas por Bures (1997), cuyos valores de densidad aparente oscilan entre $0,10$ y $0,40 \text{ g/cm}^3$ según el tamaño de partículas.

Los sustratos presentan valores de materia orgánica que oscilan entre 0 y 90 % en función de los materiales que los componen (Valenzuela, 2006). Por otra parte, los valores de materia orgánica en el suelo generalmente son menores al 10 %, por lo que al mezclar suelo con un material orgánico la mezcla final presentará valores más bajos de materia orgánica. Esto pudo haber ocurrido con la pinocha (*Cuadro 9*), que presentó valores de materia orgánica menores a los otros componentes y, simultáneamente, presentó un pequeño porcentaje de suelo, debido a que es dificultoso evitar su inclusión durante la extracción del material. El porcentaje de materia orgánica (*Cuadro 9*) de los tres materiales fue diferente entre sí estadísticamente.

La humedad de los tres materiales (*Cuadro 9*) tuvo diferencias significativas entre sí. Es recomendable que los sustratos orgánicos tengan aproximadamente un 50 % de

humedad para facilitar la humectación en la maceta. Además hay materiales, como la corteza de pino o la turba, que adquieren propiedades hidrofóbicas si se secan en exceso, lo cual puede afectar las tasas de riego e infiltración (Landis *et al.*, 2000). La corteza de pino compostada y la turba subtropical tuvieron una humedad apropiada, pero la pinocha debería ser rehumedecida para su uso.

Cuadro 9. Densidad del sustrato (dsust), densidad aparente (dap), densidad real (dreal), humedad (Hum.) y materia orgánica (MO) de la corteza de pino compostada, pinocha y turba subtropical utilizada en la formulación de las mezclas.

Materiales	dsust		dap		dreal		Hum.		MO	
	g/cm ³						%			
Corteza de pino	0,34	b	0,18	b	1,69	c	46,00	b	74,67	a
Pinocha	0,42	a	0,33	a	2,06	a	21,67	c	37,33	c
Turba subtropical	0,30	c	0,13	c	1,74	b	55,67	a	68,00	b

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas

($p \leq 0,05$) Test de Tukey.

El espacio poroso total (*Cuadro 10*) de los tres materiales supera el rango óptimo, es decir, 80% (Ansorena Miner, 1994; Bures, 1997; Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2001; Abad *et al.*, 2004). Hubo diferencias significativas entre los materiales, siendo la turba subtropical la de mayor porosidad total.

La alta porosidad total no indica por si misma si es buena la textura y/o estructura del sustrato. Para esto, es necesario conocer la relación entre los poros con aire y con agua (Abad *et al.*, 2004). En las variables capacidad de retención de agua (CRA) y poros con aire (PA) (*Figura 33*) se observa que no existen diferencias significativas entre la corteza de pino y la pinocha, aunque sí se diferenciaron ambos materiales de la turba subtropical. En función de los valores considerados óptimos (PA: 20-30%; CRA: 24-40 %) según Bunt (1988) y Abad *et al.* (2004), la corteza de pino y la pinocha presentaron baja capacidad de retención de agua y alto porcentaje de poros con aire. Contrariamente, la turba subtropical presentó alta capacidad de retención de agua y bajo porcentaje de poros con aire. Estos resultados

demuestran que la corteza de pino y la pinocha son materiales que proporcionan aireación a la mezcla de sustrato y la turba subtropical proporciona capacidad de retención de agua, por lo tanto al emplearlos se aconseja mezclarlos de forma tal que se equilibren dichas condiciones.

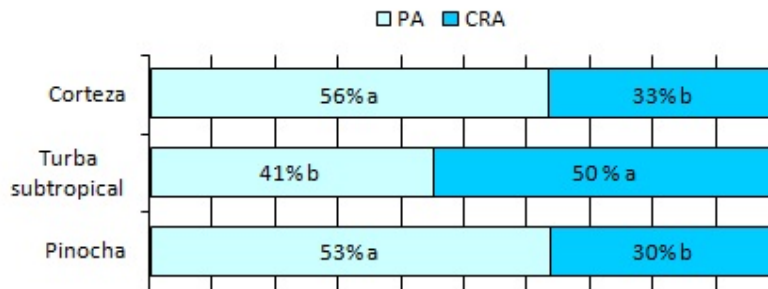


Figura 33. Porcentaje de poros con aire (PA) y capacidad de retención de agua (CRA) de la corteza de pino, turba subtropical y pinocha utilizada en la formulación de las mezclas.

*Letras distintas de una misma variable indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Tukey.

Varios autores encontraron resultados similares a este respecto. Zapata *et al.* (2005) realizaron mezclas de corteza de pino con 15 y 30% de compost de residuos sólidos urbanos, lodo de aguas residuales urbanas y lodo granulado deshidratado de aguas residuales urbanas. En todas las mezclas la capacidad de retención de agua estuvo por debajo del óptimo, pero lograron buen nivel de aireación debido a la incorporación de la corteza de pino compostada. Turbas subtropicales evaluadas por Gallardo *et al.* (2006) para su utilización en cultivo de Mirtáceas también tuvieron alta capacidad de retención de agua, y sus valores de porosidad total, de aire y agua fueron similares a los de la turba sphagnum utilizada en el mismo ensayo. Según Ballester Olmos (1993) la pinocha al ser mezclada con turba sphagnum da lugar a un sustrato muy aceptable para Bromeliáceas y *Anthurium sp.*, por su alta porosidad.

Las fracciones granulométricas de cada material son una de las propiedades físicas fundamentales, teniendo gran influencia sobre las demás propiedades, especialmente en la

porosidad (Raviv & Lieth, 2008). Las partículas mayores a 1 mm dan lugar a poros grandes y menores a 1mm conforman poros medianos a pequeños, estos últimos proporcionan retención de agua y los poros grandes, aireación. La mayoría de las partículas deben encontrarse entre 0,5 y 4 mm, para lograr una buena relación entre los poros con agua y aire (Cabrera, 2003; Ballester Olmos, 1993). En los resultados obtenidos (*Cuadro 10*), las fracciones granulométricas >3,35 mm de la corteza y la pinocha no se diferenciaron significativamente, pero la pinocha se diferenció con la turba subtropical. Las fracciones entre 3,35 a 1 mm y <1 mm, mostraron diferencias significativas entre los tres materiales. En la primera fracción la corteza de pino y la pinocha fueron las de mayor valor absoluto, en la segunda fracción la corteza de pino superó a la pinocha y a la turba subtropical, pero en la última fracción la turba subtropical tuvo mayor porcentaje. Por lo tanto, se observa que la corteza de pino y la pinocha tuvieron partículas más gruesas y la turba subtropical más finas, estos resultados coincidieron con el mayor porcentaje de capacidad de retención de agua que contenía la turba subtropical y poros con aires de la corteza de pino y pinocha. Trabajos realizados por Handreck (1983), citado por Heiskanen (1993), demostraron que cuando se incrementan las partículas de corteza de pino de 0,2 a 10 mm hay un incremento significativo de poros con aire de 2 a 64%.

Cuadro 10. Espacio poroso total (EPT) y fracciones granulométricas mayores a 3,35 mm, de 3,35 a 1mm y menor a 1mm de la corteza de pino compostada, pinocha y turba subtropical utilizada en la formulación de las mezclas.

Materiales	EPT							
		%						
		> 3,35 mm		3,35 - 1mm		< 1mm		
Corteza de pino	88	b	10	ab	41	a	49	c
Pinocha	83	c	11	a	30	b	58	b
Turba subtropical	91	a	5	b	22	c	65	a

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Tukey.

5.3.1.1.2. Análisis químicos

El efecto del pH en la disponibilidad de los nutrientes en los sustratos es diferente al suelo mineral, siendo el rango óptimo entre 0,5 a 1 unidad menor que en el suelo mineral. La gran mayoría de las especies cultivadas en sustratos se desarrollan en rangos de pH entre 5,5 y 6,3 (Handreck & Black, 2002). Los materiales evaluados (*Cuadro 11*) se encuentran levemente por debajo del rango, por lo tanto, si se realizan mezclas con los mismos o se utilizan solos se deberá corregir el pH para alcanzar el rango óptimo. El ajuste del pH de los sustratos, en el caso de ser ácidos, se realiza con cal, caliza, dolomita entre otros (Abad *et al.*, 1993). El pH de la pinocha y la turba subtropical no se diferenciaron estadísticamente, pero la corteza de pino se diferenció de estos dos materiales. Los valores de pH fueron normales según cada material.

La conductividad eléctrica (*Cuadro 11*) de la turba subtropical y la pinocha no se diferenciaron, pero la corteza de pino si se diferenció de ambos, siendo la de menor valor. Los valores obtenidos en todos los casos fueron adecuados considerando que los sustratos deben tener baja salinidad (Abad *et al.*, 1993).

En cuanto a la concentración de los diferentes elementos analizados (*Cuadro 11*), se encontraron diferencias significativas entre los materiales para cada elemento. La corteza de pino y la pinocha no se diferenciaron en el contenido de calcio y magnesio, pero la turba subtropical si se diferenció de los mismos. La pinocha tuvo los valores más elevados de potasio y la turba subtropical los valores más elevados de nitrato, calcio, magnesio y sodio, común en este tipo de material (Barbaro *et al.*, 2008b). Por lo tanto, no es conveniente usarla sola, por posibles problemas de toxicidad (Ansorena Miner, 1994).

Cuadro 11. pH, conductividad eléctrica (CE) y contenido de nitrato, calcio, magnesio, potasio y sodio de la corteza de pino, pinocha y turba subtropical utilizada en la formulación de las mezclas.

Materiales	pH	CE	Nitrato	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	mg/litro de sustrato						
Corteza de pino	4,32	b	0,17	b	209	b	9	b	22	b	355	b	163	c
Pinocha	5,11	a	0,36	a	108	c	22	b	33	b	694	a	462	b
Turba subtropical	5,11	a	0,36	a	2563	a	278	a	225	a	198	c	584	a

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Tukey.

5.3.1.2. Formulación de las mezclas de materiales elegidos

5.3.1.2.1. Composición

La preparación de una mezcla consiste en obtener un sustrato que responda a las exigencias de la planta y tipo de cultivo en lo que respecta a volumen de maceta, forma de riego, etc. Raras veces un material tiene todas las condiciones físicas, químicas y biológicas adecuadas para determinadas condiciones de cultivo. Es por eso que en la mayoría de los casos, es necesario mezclarlo con otros materiales (Abad *et al.*, 2004). Sin embargo, se recomienda evitar la incorporación de un número elevado de materiales, con un óptimo entre 2 a 4, para que la mezcla sea homogénea y viable económicamente (Bures, 1997; Abad *et al.*, 2004).

Esto implica conocer lo mejor posible las propiedades de cada material para evitar pérdidas de tiempo e incurrir en gastos innecesarios (Lemaire *et al.*, 2005).

Se debe tener presente que al mezclar diversos materiales las propiedades físicas de la mezcla no siguen relaciones lineales. Por lo tanto, no es posible determinar “a priori” las propiedades que tendrá una mezcla a partir de los materiales originales (Abad *et al.*, 2004).

Por esta razón, las mezclas formuladas fueron 7 (*Cuadro 12*), con diferentes proporciones de cada material.

Cuadro 12. Relación en partes o porcentajes de las proporciones de corteza de pino, pinocha y resaca de cada mezcla formulada.

Mezclas	Relación en partes			Porcentajes		
	Corteza		Turba	Corteza		Turba
	de pino	Pinocha	subtropical	de pino	Pinocha	subtropical
1	1	1	1	33	33	33
2	1	2	1	25	50	25
3	1	2	2	20	40	40
4	2	1	2	40	20	40
5	2	2	1	40	40	20
6	1	4	2	14	57	29
7	2	4	1	29	57	14

5.3.1.2.2. Corrección de las mezclas

Los tres materiales utilizados para las mezclas tenían pH ácido (*Cuadro 11*). Por lo tanto, las 7 mezclas también dieron como resultado valores de pH ácido (*Cuadro 13*). El crecimiento y el desarrollo de las plantas se ven reducidos en condiciones de acidez o alcalinidad extrema (Abad *et al.*, 2004), debido a los efectos sobre la disponibilidad de cada nutriente. Si se utiliza un sustrato con pH menor a 5, posiblemente se presentarán deficiencias de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, etc. (Abad *et al.*, 2004); y el manganeso, boro y zinc podrían ser tóxicos (Handreck & Black, 2002).

Es sabido que el rango óptimo de pH para sustratos en contenedor varía de 5,5 a 6,3 para la mayoría de las plantas (Ansorena Miner, 1994; Bures 1997; Handreck & Black, 2002). En el caso de que el sustrato tenga pH ácido, se recomienda hacer una corrección con cal, calcita o dolomita para incrementar dicho pH (Ansorena Miner, 1994; Bures 1997; Abad *et al.*, 2004; Lemaire *et al.*, 2005). La cantidad de corrector necesaria dependerá del pH inicial, el pH final deseado y la capacidad de intercambio catiónico (CIC), ya que a mayor CIC mayor será la cantidad de enmienda a aplicar (Abad *et al.*, 2004). Según Landis *et al.* (2000) las tasas recomendables varían entre 3 y 5 kg/m³ y según Bures (1997), se debería realizar una curva de valoración del sustrato utilizando la dosis que permite que el sustrato llegue y se estabilice al pH deseado. En base a experiencias realizadas con diferentes tipos de

sustratos (datos no publicados), a las mezclas evaluadas se incorporaron 2g de dolomita (17 % calcio y 12 % magnesio) por litro de sustrato. En la figura 34 se observa la evolución del pH de cada sustrato hasta su estabilización.

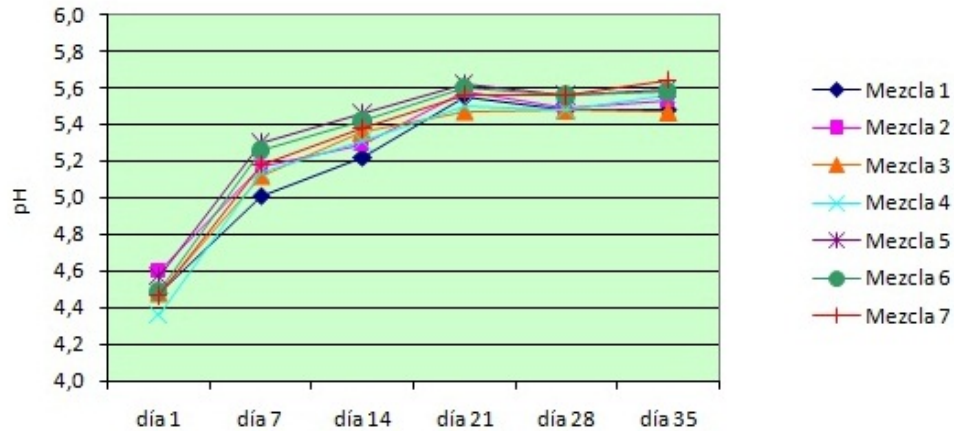


Figura 34. Valores de pH de cada mezcla desde la incorporación de dolomita hasta su estabilización.

El pH de cada mezcla se estabilizó a los 21 días logrando valores de pH finales dentro del rango óptimo. Los valores finales de pH y conductividad eléctrica de cada mezcla se diferenciaron significativamente de los valores iniciales (*Cuadro 13*), exceptuando la conductividad eléctrica de la mezcla 6.

Cuadro 13. pH y conductividad eléctrica (CE) inicial de las 7 mezclas y sus correspondientes pH y conductividades eléctricas (CE) finales una vez corregidas.

	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5	Mezcla 6	Mezcla 7
pH inicial	4,5 b	4,6 b	4,5 b	4,4 b	4,6 b	4,5 b	4,5 b
pH final	5,5 a	5,5 a	5,5 a	5,6 a	5,6 a	5,6 a	5,6 a
CE inicial (mS/cm)	0,5 b	0,4 b	0,5 b	0,5 b	0,4 b	0,5 a	0,3 b
CE final (mS/cm)	0,6 a	0,6 a	0,7 a	0,6 a	0,5 a	0,5 a	0,4 a

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Tukey.

Uno de los motivos del incremento de la conductividad eléctrica hasta 0,2 mS/cm se atribuye al incremento de calcio y magnesio (*Figura 35*) proveniente de la dolomita y lo

que contenía la mezcla. Al incrementarse el pH favorece su disponibilidad, afectando así la CE. El coeficiente de correlación (Pearson) de ambos nutrientes con la conductividad eléctrica fue de 0,9. El incremento del calcio y el magnesio con el aumento del pH coincide con los resultados obtenidos por Peterson (1982), para un sustrato formulado con turba, vermiculita, perlita, arena y compost de corteza de pino (Metro-Mix 300[®]), donde el contenido de calcio y magnesio aumentó con el incremento del pH al ser corregido el sustrato con hidróxido de calcio.

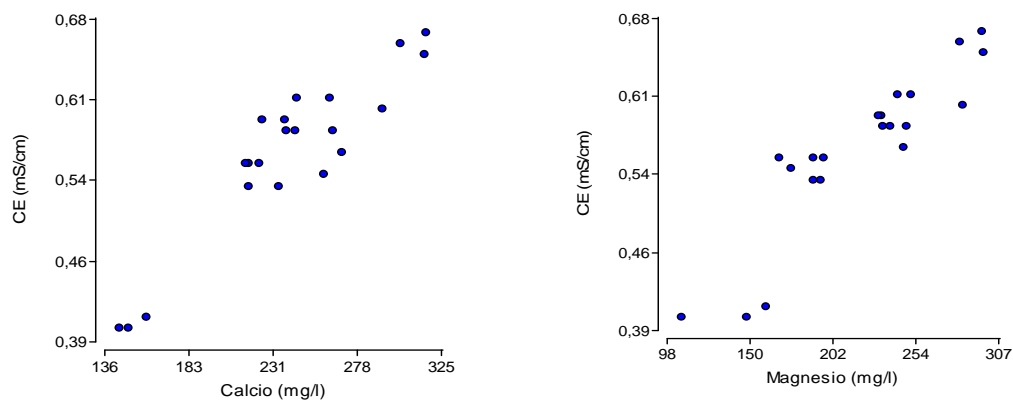


Figura 35. Diagrama de dispersión de la conductividad eléctrica (CE) con respecto a la concentración de calcio (izquierda) y magnesio (derecha).

5.3.1.3 Caracterización de los sustratos formulados

5.3.1.3.1. Análisis físicos

Para la variable densidad del sustrato no hubo diferencias significativas entre las mezclas y la densidad aparente, salvo en la mezcla 4, tampoco presentó diferencias entre las mezclas (Cuadro 14). La densidad aparente de las mezclas 2, 5 y 7 se diferenciaron de la mezcla 4, cuyo valor absoluto fue el menor. La mezcla 4 era la que tenía menor proporción de pinocha, material que por su procedencia contenía un pequeño porcentaje de suelo mineral, lo que hizo que las demás mezclas sean más densas. Todas las mezclas se encontraron por debajo de $0,4\text{g/cm}^3$, valores óptimos para los sustratos utilizados en macetas (Ansorena

Miner, 1994; Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2001). Por lo tanto, las 7 mezclas pueden considerarse sustratos livianos que permitirán un manejo menos dificultoso en cuanto al transporte de las macetas, relleno de las mismas, traslado del sustrato entre otros beneficios (Handreck & Black, 2002; Kämpf, 2005). En cuanto a la densidad real (*Cuadro 14*) se encontraron diferencias entre las mezclas, pero todas tuvieron valores entre 1,4 y 2 g/cm³, considerados valores óptimos de referencia (Ansorena Miner, 1994; Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2001).

Para evitar problemas de humectación del sustrato en la maceta es conveniente que al momento de utilizarlo tenga aproximadamente 50% de humedad. Por lo tanto, todas las mezclas elaboradas deberían ser humedecidas al momento de su uso ya que presentaron valores bajos de humedad, con excepción de la mezcla 4, con valor cercano al 50 %, y que diferenció significativamente de las restantes mezclas (*Cuadro 14*).

Para la variable materia orgánica, los valores presentaron diferencias significativas, siendo las mezclas 1, 3 y 4 las de mayor valor absoluto, coincidiendo con el hecho de que estas mezclas fueron unas de las que contenían mayor porcentaje de turba subtropical.

Cuadro 14. Densidad del sustrato (dsust), densidad aparente (dap), densidad real (dreal), humedad (Hum.) y materia orgánica (MO) de las 7 mezclas.

Mezclas	g/cm ³				%		MO
	dsust	dap	dreal	Hum.			
1	0,35 a	0,22 a	1,86 bc	37 b	55 ab		
2	0,36 a	0,28 a	1,98 ab	33 c	44 c		
3	0,35 a	0,22 ab	1,87 bc	38 b	55 ab		
4	0,33 a	0,19 b	1,80 c	44 a	61 a		
5	0,38 a	0,25 a	1,91 ab	33 c	51 bc		
6	0,36 a	0,24 ab	1,92 ab	34 c	50 bc		
7	0,34 a	0,25 a	1,92 ab	34 c	50 bc		

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias Significativas ($p \leq 0,05$) Test de Tukey.

El porcentaje de poros con aire (*Figura 36*) de la mezcla 7 se diferenció con el de las mezclas 1, 2, 3, 4 y 5. Las mezclas 6 y 7, sin diferencias entre sí, fueron las de mayor valor absoluto. Estas mezclas contenían un 57 % de pinocha con respecto a los restantes materiales, de lo que se deduce que el alto porcentaje de dicho material incrementó la porosidad de aire. Las mezclas 2 y 3 fueron las de menor valor absoluto de poros con aire, pero fueron las de mayor valor absoluto junto a la mezcla 1 en capacidad de retención de agua, sin diferencias significativas entre las mismas (*Figura 36*). La capacidad de retención de agua de las mezclas 3 y 2 se diferencia de las mezclas 4, 5, 6 y 7. La mezcla 3 tenía igual porcentaje de turba subtropical y pinocha, mientras que las mezclas 2 y 1 porcentajes iguales de turba subtropical y corteza de pino compostada.

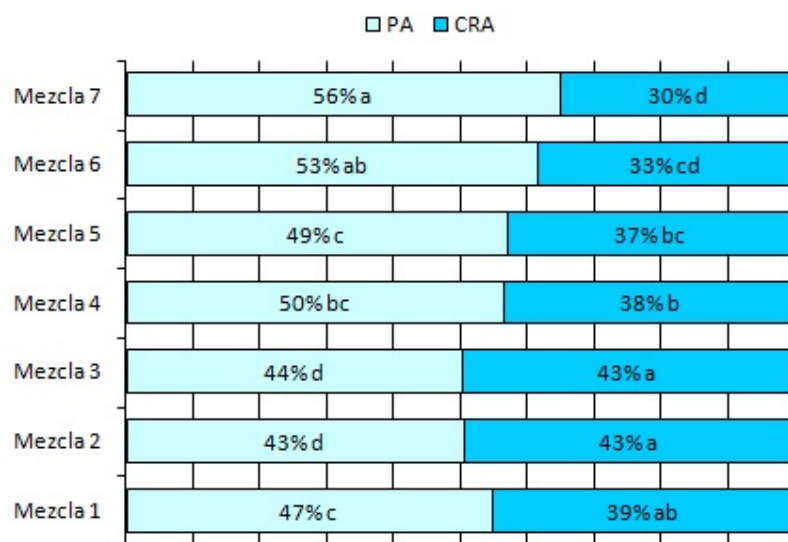


Figura 36. Porcentaje de poros con aire (PA) y capacidad de retención de agua (CRA) de las 7 mezclas.

**Letras distintas de una misma variable indican diferencias significativas ($p < 0,05$) Test de Tukey.*

Los resultados muestran que todas las mezclas presentaron valores de PA mayores al de referencia y aceptable capacidad de retención de agua. Las proporciones de turba subtropical, pinocha y corteza de pino de las mezclas 1, 2 y 3 permiten una capacidad de

retención de agua y poros con aire más próximos a los valores de referencia y con mejor equilibrio entre los mismos.

En cuanto al espacio poroso total (*Cuadro 15*), no hubo diferencias entre las mezclas, a excepción de la mezcla 4 que se diferenció significativamente de la mezcla 2. Todas las mezclas superan el rango óptimo de referencia, 80% (Ansorena Miner, 1994; Bures, 1997; Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2001; Abad *et al.*, 2004).

La fracción granulométrica $> 3,35$ mm (*Cuadro 15*) fue mayor en la mezcla 7, diferenciándose de las restantes mezclas y en segundo lugar fue la mezcla 6, esto explica el alto porcentaje de poros con aire de ambas mezclas. Las mezclas 1, 2, 3, 4 y 5 no se diferenciaron estadísticamente. En la fracción entre 3,35 y 1 mm (*Cuadro 15*), la mezcla 7 también fue la de mayor valor sin diferenciarse con las mezclas 6 y 4. En la fracción menor a 1 mm (*Cuadro 15*), no hubo diferencias entre las mezclas 1, 2, 3, 4 y 5; las mezclas 6 y 7 fueron las de menor valor, coincidiendo con su menor capacidad de retención de agua.

Según los resultados de todas las mezclas, las dos primeras fracciones granulométricas tienen una correlación de 0,74 con el porcentaje de poros con aire, contrario a la capacidad de retención de agua que tienen -0,79 y -0,67 respectivamente. La fracción menor a 1 mm tiene una correlación de 0,83 con el porcentaje de capacidad de retención de agua y -0,82 con los poros con aire. Estos resultados confirman lo descrito por Hillel (1982) y Currie (1984) citados por Heiskanen (1993), quienes definen a la distribución de las partículas como la propiedad física más importante que afecta la relación entre la capacidad de retención de agua y la porosidad de aire.

Cuadro 15. Espacio poroso total (EPT) y fracciones granulométricas mayores a 3,35 mm, de 3,35 a 1mm y menor a 1mm de las 7 mezclas.

Mezclas	EPT	%					
		> 3,35 mm		3,35 - 1mm		< 1mm	
1	87 ab	10 c	32 c	58 a			
2	86 b	11 c	32 c	57 a			
3	87 ab	10 c	32 c	57 a			
4	88 a	10 c	34 ab	56 a			
5	87 ab	10 c	33 bc	58 a			
6	87 ab	15 b	33 abc	51 b			
7	86 ab	19 a	35 a	45 c			

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Tukey.

5.3.1.3.2. Análisis químicos

El pH de cada mezcla fue adecuado y hubo diferencias estadísticas entre sí. La mezcla 7 se diferenció de las mezclas 1, 2 y 3, las cuales fueron las de menor valor absoluto. La conductividad eléctrica en todas las mezclas fue menor a 1mS/cm (1+5 v/v) y se encontraron diferencias significativas entre las mismas (*Cuadro 16*). Estas diferencias se deben a la relación entre los materiales que componen las mezclas.

Cuadro 16. pH, conductividad eléctrica (CE) y contenido de nitrato, calcio, magnesio, potasio y sodio de las 7 mezclas.

Materiales	pH	CE	mg/litro de sustrato									
			Nitrato		Calcio		Magnesio		Potasio		Sodio	
1	5,48 bc	0,60 b	576 ab	248 bc	243 b	462 cd	523 a					
2	5,52 bc	0,58 b	596 ab	275 b	260 ab	488 c	534 a					
3	5,46 c	0,66 a	647 a	311 a	292 a	442 cd	534 a					
4	5,56 abc	0,59 b	551 abc	235 c	234 b	416 de	513 a					
5	5,59 ab	0,54 c	537 bc	216 c	192 c	650 a	544 a					
6	5,58 abc	0,54 c	471 cd	239 c	180 cd	578 b	515 a					
7	5,64 a	0,40 d	373 d	152 d	138 d	368 e	421 b					

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Tukey.

La mayor conductividad se verificó en la mezcla 3. La misma tuvo un 40 % de turba subtropical y 40 % de pinocha, siendo que ambos materiales tenían mayor conductividad que la corteza de pino, tercer material empleado. La mezcla 3 se diferenció significativamente de las demás mezclas.

Según las referencias del Laboratorio de Sustratos y Aguas del Instituto de Floricultura, los niveles de nitratos, calcio, magnesio y potasio pueden considerarse bajos y los de sodio aceptable (*Cuadro 16*). Los niveles de estos nutrientes en las mezclas también dependieron de los porcentajes incluidos de cada material. La turba subtropical era el material con mayor nivel de nitratos, es por este motivo que las mezclas 1, 2, 3 y 4 tuvieron mayores concentraciones de nitratos (el porcentaje de turba subtropical en dichas mezclas fue alto). La mezcla 3 se diferenció en el contenido de nitratos, de las mezclas 5, 6 y 7, las cuales tenían menor porcentaje de turba subtropical.

El contenido de calcio y magnesio también fue mayor en la mezcla 3, diferenciándose de las demás mezclas, por contener alto porcentaje de turba subtropical, la cual tenía mayores niveles de dichos nutrientes que la pinocha y corteza de pino.

En cuanto al potasio, la pinocha en primer lugar y luego la corteza de pino, fueron los materiales que contenía mayores cantidades, por lo cual las mezclas con mayores porcentajes de estos materiales tuvieron mayor contenido de potasio. La mezcla 5 tenía 40 % de corteza de pino y pinocha, siendo la de mayor contenido de potasio, diferenciándose de las demás mezclas.

En relación a los tenores de sodio, no se encontraron diferencias significativas entre las mezclas 1, 2, 3, 4, 5 y 6. La mezcla 7 fue la de menor valor, coincidentemente fue la de menor porcentaje de turba subtropical con respecto a las demás mezclas.

Deficiencias de magnesio pueden ser causadas por bajos contenidos del elemento en el material o, principalmente, por elevados tenores de potasio en relación al magnesio (Bunt, 1988). Según este autor, las mezclas deben tener una relación de potasio/magnesio

menor a 3:1. Las mezclas 1, 2, 3 y 4 tuvieron una relación 2:1 y las mezclas 5, 6 y 7 una relación 3:1. Por lo tanto, todas presentaron una relación adecuada de estos nutrientes. Las mezclas que se formularon lograron equilibrar el magnesio y el potasio de los materiales que las componen, ya que la corteza de pino y la pinocha tenían un alto contenido de potasio con respecto al magnesio.

5.3.1.3.3. Análisis biológicos

El Cuadro 17 muestra que las mezclas no tuvieron sustancias fitotóxicas o estuvieron en muy baja concentración, ya que los valores de IG fueron mayores al 80 %, sin diferencias significativas entre las mismas.

El porcentaje de germinación relativo (PGR) fue mayor para la mezcla 5, diferenciándose de las mezclas 3, 4 y 6. Entre las mezclas 1, 2, 5 y 7 no hubo diferencias significativas.

La cuantificación del crecimiento de la radícula de las plántulas permite evaluar el efecto tóxico de compuestos solubles presentes en concentraciones tan bajas que no son suficientes para inhibir la germinación, pero si pueden retardar o inhibir la prolongación de la raíz (Torres Rodríguez, 2003). En las mezclas evaluadas (*Cuadro 17*), el crecimiento radicular relativo (CRR) fue mayor al 90% y no hubo diferencias entre las mezclas. Las mezclas 2, 3, 5 y 6 fueron las de mayor valor absoluto, destacándose la mezcla 5 por presentar valores más elevados para los tres indicadores.

Cuadro 17. Porcentaje de germinación relativo (PGR), crecimiento radicular relativo (CRR) e índice germinativo (IG) de las 7 mezclas.

Mezcla	PGR (%)		CRR (%)		IG (%)	
1	96	ab	96	a	92	a
2	86	ab	101	a	87	a
3	83	b	102	a	85	a
4	83	b	97	a	80	a
5	103	a	103	a	106	a
6	83	b	102	a	85	a
7	90	ab	90	a	80	a

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Tukey.

El análisis conjunto de la información sugiere que, en lo relacionado a las propiedades físicas, las mezclas 1, 2 y 3 presentaron mejor calidad ya que tuvieron una capacidad de retención de agua y poros con aire próximos a los valores de referencia y mejor equilibrio entre los mismos. En lo que respecta a las propiedades químicas, aunque no fue posible encontrar una mezcla de mejor calidad, coincidentemente se observa que las tres mezclas mencionadas precedentemente son las que más se diferenciaron del resto en varias propiedades químicas, presentando también adecuados indicadores biológicos. Estos resultados inducen a pensar que estas mezclas proporcionarían mejores condiciones para el crecimiento de las plantas, requiriéndose la realización de ensayos de crecimiento de plantas para confirmar este supuesto.

5.3.2. Caracterización de un sustrato local y un sustrato comercial

5.3.2.1. Análisis físicos

El sustrato comercial estaba compuesto de turba rubia, turba negra, perlita y vermiculita, y el sustrato local, por pinocha, turba subtropical y suelo mineral. Al ser sustratos con formulaciones tan distintas, los resultados obtenidos de todas las variables físicas fueron diferentes estadísticamente.

La turba es un material altamente orgánico, liviano y poroso (Bures, 1997; Fonteno, 1999; Kämpf, 2005), estas características pudieron ser corroboradas con los análisis realizados (*Cuadro 18*). Por lo tanto, el sustrato local, aunque estaba formulado con pinocha y turba subtropical, tenía un porcentaje de suelo mineral que le confirió características diferentes. El suelo mineral no es un material recomendado para ser utilizado como sustrato o parte del mismo por ser denso, con una distribución desuniforme del tamaño de sus partículas, poros pequeños y poco drenaje (Cabrera, 2003). Estas características negativas evidentemente influenciaron los resultados obtenidos.

La densidad aparente de un sustrato debería estar por debajo de $0,4 \text{ g/cm}^3$ (Ansorena Miner, 1994; Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2001). El sustrato comercial cumplió con este requisito, pero no el sustrato local, que presentó un valor mayor.

Los valores óptimos de la densidad real oscilan entre $1,4$ y 2 g/cm^3 (Ansorena Miner, 1994; Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2001). Los valores medios en el sustrato comercial se encontraron en el rango óptimo, pero para el sustrato local fueron levemente mayores a 2 g/cm^3 .

La materia orgánica de los sustratos podría encontrarse entre 0 y 90 % según el tipo o los tipos de materiales que lo componen (Valenzuela, 2006). En este caso hubo un mayor porcentaje en el sustrato comercial con respecto al sustrato local.

El espacio poroso total debería superar el 80% (Ansorena Miner, 1994; Bures, 1997; Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2001; Abad *et al.*, 2004). El sustrato comercial presentó valores que superaron ampliamente ese valor óptimo, pero el sustrato local tuvo valores cercanos a ese límite.

Cuadro 18. Densidad del sustrato (*dsust*), densidad aparente (*dap*), densidad real (*dreal*) y materia orgánica (*MO*) del sustrato local y comercial.

Sustrato	<i>dsust</i>		<i>dap</i>		<i>dreal</i>		MO		EPT	
	g/cm ³						%			
Sustrato local	0,54	a	0,48	a	2,22	a	25	b	80	b
Sustrato comercial	0,22	b	0,08	b	1,58	b	88	a	95	a

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas (p<= 0,05) Test de Tukey.

El rango óptimo de poros con aire debería variar entre 20 a 30 % y la capacidad de retención de agua entre 24 a 40% (Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2004). El sustrato comercial (Figura 37) presentó valores para ambas variables que superaron ambos rangos óptimos, ya que tenía un alto porcentaje de poros totales. El sustrato local presentó valores para ambas variables más próximos al rango óptimo. Las diferencias entre los materiales se deben esencialmente a la composición de los sustratos.

El porcentaje de sólidos del sustrato local se diferenció ampliamente al del sustrato comercial por la presencia de suelo mineral. Dentro de la fracción sólida del suelo la mayor parte es mineral, en cambio, en los sustratos orgánicos suele predominar la materia orgánica (Ansorena Miner, 1994).

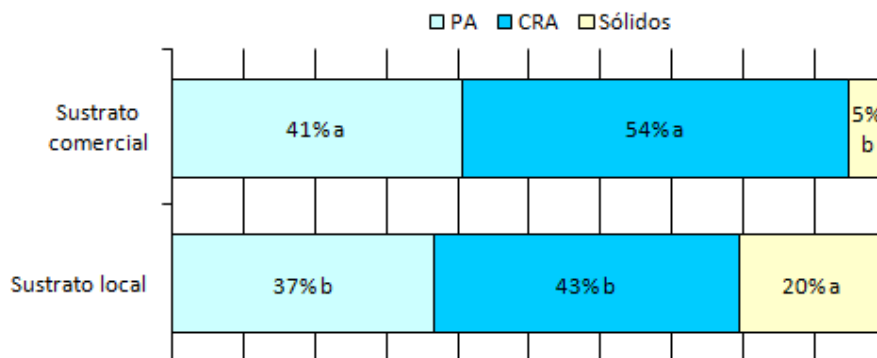


Figura 37. Porcentaje de poros con aire (PA), capacidad de retención de agua (CRA) y sólidos del sustrato comercial y local.

*Letras distintas de una misma variable indican diferencias significativas (p<= 0,05) Test de Tukey.

Las tres fracciones granulométricas analizadas se diferenciaron significativamente entre los sustratos (*Figura 38*). El sustrato comercial tuvo mayor porcentaje de la fracción > 3,35 mm y la fracción entre 3,35 a 1 mm, coincidiendo con el mayor porcentaje de poros con aire obtenido. En cambio, el sustrato local superó al sustrato comercial en la fracción menor a 1 mm, debido principalmente por la presencia de suelo mineral.

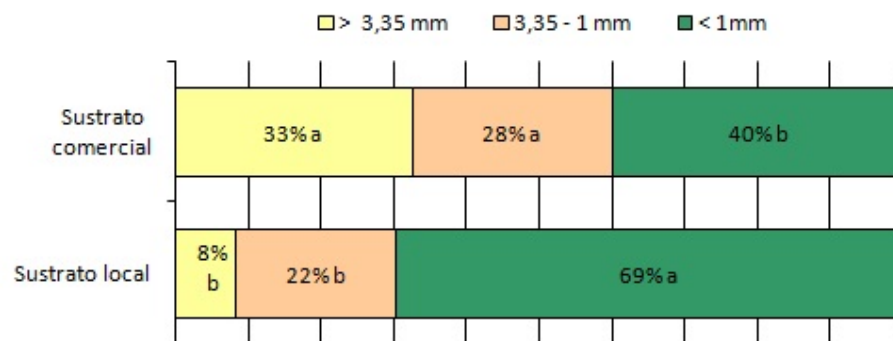


Figura 38. Porcentajes de las fracciones granulométricas mayores a >3,35 mm, de 3,35 a 1 mm y menor a 1 mm del sustrato comercial y local.

**Letras distintas de una misma variable indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Tukey.*

5.3.2.2. Análisis químicos

El pH del sustrato local (*Cuadro 19*) se encuentra dentro del rango recomendable para la mayoría de las especies cultivadas en sustratos, es decir, 5,5 a 6,3 (Handreck & Black, 2002). En cambio, el sustrato comercial (*Cuadro 19*) tuvo valores menores, pero estaba cercano al rango de referencia. Los sustratos deberían tener baja salinidad (Abad *et al.*, 2004), para su mejor manejo. Valores menores a 1mS/cm serían recomendables para su uso. Ambos sustratos se encuentran por debajo de este valor, diferenciándose ambos estadísticamente (*Cuadro 19*).

Para todos los nutrientes hubo diferencias significativas entre los sustratos (*Cuadro 19*). Exceptuando el contenido de magnesio, en los restantes nutrientes el sustrato local supera al sustrato comercial. La concentración de nitratos fue alta, de calcio, magnesio y

sodio fue baja y de potasio fue aceptable en ambos sustratos, según valores de referencias del laboratorio de sustratos y aguas del Instituto de Floricultura del INTA (datos no publicados).

Cuadro 19. pH, conductividad eléctrica (CE) y contenido de nitrato, calcio, magnesio, potasio y sodio del sustrato local y comercial.

Materiales	pH		CE		Nitrato		Calcio		Magnesio		Potasio		Sodio	
	mg/litro de sustrato													
Sustrato local	5,6	a	0,53	b	3347	a	210	a	87	b	897	a	506	a
Sustrato comercial	5,1	b	0,91	a	2283	b	107	b	137	a	659	b	146	b

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Tukey.

5.3.2.3 Análisis biológicos

El sustrato local y comercial no tuvieron sustancias fitotóxicas o estuvieron en muy baja concentración, ya que los valores de IG fueron mayores al 80%, sin diferencias significativas entre los mismos (*Cuadro 20*). En el porcentaje de germinación relativo (PGR) y crecimiento radicular relativo (CRR) tampoco hubo diferencias entre los sustratos. Ambos, alcanzaron valores mayores al 85% en los dos parámetros (PGR y CRR).

Cuadro 20. Porcentaje de germinación relativo (PGR), crecimiento radicular relativo (CRR) e índice germinativo (IG) del sustrato local y comercial.

Sustrato	PGR (%)	CRR (%)	IG (%)
Sustrato local	100 a	91 a	91 a
Sustrato comercial	93 a	87 a	81 a

Letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Tukey.

5.4. Evaluación de las mezclas formuladas con plantas florales

5.4.1. Ensayo con pensamiento (*Viola tricolor var. yellow*)

Las variables fenológicas medidas en el ensayo mostraron que para la variable longitud del tallo en el día de instalación, a los 7 días y a los 28 días no hubo diferencias significativas, es decir que la calidad de las mezclas no condicionó el crecimiento del cultivo

durante el primer mes del ciclo. En las demás fechas hubo diferencias entre los tratamientos y al finalizar el ensayo, la mezcla 7 superó significativamente a las mezclas 4 y 1, entre los restantes sustratos no se encontraron diferencias (*Cuadro 21*).

Cuadro 21. Promedio de la longitud del tallo de los pensamientos de cada tratamiento desde el trasplante a hasta finalizar el ensayo.

Sustratos	Longitud del tallo (cm)																	
	Transplante	7 días	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días	49 días	56 días									
Mezcla 1	4,5	a	5,5	a	7,0	b	9,5	bc	11,6	a	13,9	b	17,1	b	20,3	b	21,7	c
Mezcla 2	4,7	a	5,5	a	9,2	ab	10,4	abc	13,2	a	14,8	ab	20,1	ab	26,5	ab	31,1	ab
Mezcla 3	5,0	a	6,8	a	9,7	a	12,6	a	14,5	a	16,0	ab	19,7	ab	23,8	ab	27,1	abc
Mezcla 4	4,7	a	6,2	a	7,7	ab	9,4	bc	11,5	a	13,6	b	16,9	b	21,4	b	24,4	bc
Mezcla 5	5,2	a	7,4	a	9,3	ab	11,8	ab	13,5	a	15,5	ab	22,9	ab	26,8	ab	29,8	ab
Mezcla 6	4,8	a	7,0	a	9,7	a	10,8	abc	13,4	a	18,6	a	24,2	a	30,5	a	32,1	ab
Mezcla 7	4,9	a	7,1	a	9,2	ab	12,1	ab	14,7	a	17,4	ab	26,0	a	29,4	a	32,9	a
S. comercial	5,0	a	6,3	a	8,3	ab	9,6	bc	10,8	a	16,8	ab	23,2	ab	25,0	ab	29,2	abc
S. local	5,3	a	7,0	a	7,7	ab	9,0	c	11,8	a	18,0	a	22,6	ab	24,1	ab	28,3	abc

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Duncan.

Las tasas de crecimiento en longitud del tallo de cada tratamiento a los 7, 21, 28 y 56 días no se diferenciaron significativamente. En cambio a los 14 días, la mezcla 2 superó significativamente a las mezclas 1, 4 y al sustrato local. A los 35 días la mezcla 6 y el sustrato comercial y local se diferenciaron y superaron a las mezclas 1, 2, 3, 4 y 5. A los 42 días la mezcla 7 se diferenció superando a las mezclas 1, 3 y 4, y a los 49 días las mezclas 2 y 6 superaron al sustrato local y comercial (*Cuadro 22*).

En general, para las mezclas, se observa un marcado aumento en la tasa de crecimiento a partir de la séptima semana, con excepción de las mezclas 6 y 7. Estas mezclas y los sustratos comercial y local presentaron un marcado incremento de esa variable ya en la sexta semana. Esto denota que hubo variaciones en el crecimiento del cultivo durante el ciclo, aunque no fueron suficientemente importantes y constantes en el tiempo para generar

diferencias significativas en el crecimiento final; sólo determinó que la longitud del tallo sea significativamente mayor en la mezcla 7 respecto de la mezcla 1.

Cuadro 22. Promedio de la tasa de crecimiento de la longitud del tallo de los pensamientos de cada tratamiento desde el trasplante a hasta finalizar el ensayo.

Sustratos	Tasa de crecimiento de la altura del tallo (cm)							
	7 días	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días	49 días	56 días
Mezcla 1	0,28 a	0,20 bc	0,38 a	0,30 a	0,32 b	0,46 b	0,44 ab	0,20 a
Mezcla 2	0,20 a	0,52 a	0,28 a	0,38 a	0,22 b	0,76 ab	0,92 a	0,66 a
Mezcla 3	0,26 a	0,42 ab	0,40 a	0,28 a	0,20 b	0,52 b	0,58 ab	0,48 a
Mezcla 4	0,22 a	0,22 bc	0,24 a	0,32 a	0,32 b	0,48 b	0,64 ab	0,46 a
Mezcla 5	0,30 a	0,26 abc	0,34 a	0,22 a	0,28 b	1,06 ab	0,56 ab	0,44 a
Mezcla 6	0,38 a	0,40 ab	0,18 a	0,36 a	0,74 a	0,78 ab	0,90 a	0,22 a
Mezcla 7	0,32 a	0,30 abc	0,40 a	0,36 a	0,60 ab	1,24 a	0,48 ab	0,53 a
Sustrato comercial	0,20 a	0,28 abc	0,28 a	0,16 a	0,86 a	0,92 ab	0,24 b	0,24 a
Sustrato local	0,43 a	0,12 c	0,28 a	0,40 a	0,88 a	0,64 ab	0,20 b	0,34 a

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Duncan.

En las variables número de pimpollos y flores (*Cuadro 23*) no se encontraron diferencias significativas. Al finalizar el ensayo las mezclas 3 y 6 tenían sus 5 repeticiones con una flor abierta. En cambio, en las mezclas 1 y 2, en 4 de las 5 repeticiones faltaba que las plantas abran su primera flor. El sustrato local tenía una repetición con dos flores abiertas y las restantes sin flores.

Cuadro 23. Promedio del número de pimpollos y flores de los pensamientos de cada tratamiento al finalizar el ensayo.

Sustratos	N° de pimpollos		N° de flores	
Mezcla 1	1,2	a	0,2	a
Mezcla 2	1,4	a	0,2	a
Mezcla 3	1,6	a	1,0	a
Mezcla 4	1,4	a	0,6	a
Mezcla 5	1,0	a	0,8	a
Mezcla 6	0,8	a	1,0	a
Mezcla 7	1,2	a	0,8	a

Sustrato comercial	1,2	a	0,6	a
Sustrato local	1,0	a	0,4	a

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Duncan.

Para la variable peso fresco aéreo (*Cuadro 24*) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, a excepción de la mezcla 6 y el sustrato comercial que superaron significativamente a la mezcla 1. Para la variable peso fresco radicular el sustrato local superó a las mezclas 3, 4, 5, 6 y el sustrato comercial.

Cuadro 24. Promedio del peso fresco aéreo (PFA) y radicular (PFR) y peso seco aéreo (PSA) y radicular (PSR) de los pensamientos de cada tratamiento al finalizar el ensayo.

	PFA	PFR	PSA	PSR
Gramos				
Mezcla 1	10,46 b	2,46 ab	1,18 a	0,20 a
Mezcla 2	12,42 ab	2,77 ab	1,39 a	0,20 a
Mezcla 3	12,29 ab	2,17 b	1,38 a	0,16 ab
Mezcla 4	13,14 ab	2,20 b	1,42 a	0,16 ab
Mezcla 5	13,07 ab	1,98 b	1,38 a	0,15 ab
Mezcla 6	14,93 a	2,31 b	1,55 a	0,18 ab
Mezcla 7	12,51 ab	2,69 ab	1,33 a	0,19 a
Sustrato comercial	14,54 a	2,23 b	1,38 a	0,13 b
Sustrato local	13,70 ab	3,25 a	1,31 a	0,18 ab

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Duncan.

En el peso seco aéreo (*Cuadro 24*) no hubo diferencias significativas entre los tratamientos y para el peso seco radicular las mezclas 1, 2 y 7 se diferenciaron, superando al sustrato comercial. Como se observa, para las cuatro variables no hubo diferencias muy destacadas entre los tratamientos, es decir que los pesos de las plantas en todos los tratamientos fueron similares.

Esta especie logró un buen desarrollo en todos los sustratos sin amplias diferencias entre los mismos (*Figura 39a*). Las mezclas 2, 3 y 4 lograron, para varias

variables los mayores valores absolutos, pero las diferencias no fueron amplias como para destacarlos de los restantes sustratos.

Los pensamientos requieren sustratos con pH entre 5,4 a 5,8 y con buen drenaje (Blanchette & La Scola, 1999; Antoniazzi, 2007). Todos los sustratos utilizados en el ensayo se encontraban con un pH entre 5,4 a 5,6 y con una porosidad mayor al 80%. Además, la conductividad eléctrica de todos los sustratos fue menor a 1mS/cm. Estas condiciones químicas y físicas parecen haber sido suficientemente adecuadas como para que todas las plantas logren similares resultados, igualando inclusive al sustrato local y al comercial.

Resultados similares fueron obtenidos por Evens & Gachukia, (2004), quienes realizaron 7 mezclas con turba y perlita y 7 mezclas con las mismas proporciones pero de turba y cáscara de arroz. Todas las mezclas tenían buenas condiciones físicas y químicas, por lo que, las plantas de vinca (*Vinca sp.*) y geranio (*Pelargonium sp.*) dieron los mismos resultados sin diferencias significativas entre las mezclas. En cambio, Wilson *et al.* (2002) utilizaron sustratos con diferentes porcentajes de compost. Al incrementar su proporción, verificaron que aumentaba la conductividad de la mezcla pero, a pesar de que las condiciones físicas mejoraban, las plantas de gloxinia (*Sinningia sp.*) y justicia (*Justicia carnea L.*) se comportaron mejor en un sustrato formulado con turba, perlita y vermiculita, probablemente debido a que las condiciones químicas eran mejores.

En el caso de las mezclas evaluadas en este estudio, los resultados demuestran que las proporciones utilizadas de cada componente junto con las correcciones y fertilizaciones realizadas permitieron lograr un crecimiento similar al obtenido con sustrato local y comercial para el cultivo de pensamiento.

5.4.2. Ensayo con petunia (*Petunia hibrida*)

Para la variable peso fresco aéreo (*Cuadro 25*), exceptuando las plantas de las mezclas 6 y 7 que fueron las de menor valor, entre las demás mezclas no se encontraron diferencias significativas. Con respecto al peso fresco radicular las plantas de las mezclas 1, 2

y 4 no se diferenciaron entre ellas, siendo las de mayor valor. Las plantas de la mezcla 4 tuvieron mayor peso y se diferenciaron de las plantas de las mezclas 3, 5, 6, 7, el sustrato comercial y local.

Cuadro 25. Promedio del peso fresco aéreo (PFA) y radicular (PFR) y peso seco aéreo (PSA) y radicular (PSR) de las petunias de cada tratamiento al finalizar el ensayo.

Sustratos	PFA	PFR	PSA	PSR
Gramos				
Mezcla 1	32,24 abc	1,76 ab	1,96 a	0,13 a
Mezcla 2	30,37 abc	1,54 abc	1,68 abc	0,12 ab
Mezcla 3	27,81 abc	1,03 cd	1,38 bc	0,07 cd
Mezcla 4	33,15 ab	1,94 a	1,85 a	0,11 abc
Mezcla 5	31,51 abc	1,24 cd	1,71 abc	0,09 bcd
Mezcla 6	27,00 bc	1,09 cd	1,36 bc	0,07 d
Mezcla 7	25,07 c	0,87 d	1,30 c	0,06 d
Sustrato comercial	35,07 a	1,44 bc	1,88 a	0,09 bcd
Sustrato local	30,62 abc	1,14 cd	1,73 ab	0,08 cd

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas

($p \leq 0,05$) Test de Duncan.

Para el peso seco aéreo (*Cuadro 25*) no hubo diferencias entre las plantas de las mezclas 1, 2, 4, 5, sustrato comercial y local, pero las plantas de las mezclas 1, 4 y sustrato comercial se diferenciaron superando a las mezclas 3, 6 y 7. En el peso seco radicular (*Cuadro 25*), las plantas de las mezcla 1, 2 y 4 no se diferenciaron, superando significativamente a las mezclas 6 y 7.

Para la variable número de flores no se encontraron diferencias significativas, exceptuando las plantas de la mezcla 1 que tuvieron el menor promedio, diferenciándose de las restantes mezclas. En el número de pimpollos, los plantines de la mezcla 4 y 5 no se diferenciaron entre sí, pero los de la mezcla 4 superaron significativamente a las restante mezclas (*Cuadro 26*).

Cuadro 26. Promedio del número de pimpollos y flores de las petunias de cada tratamiento al finalizar el ensayo.

Sustratos	Nº de pimpollos		Nº de flores	
Mezcla 1	1,2	b	0,2	b
Mezcla 2	1,0	b	0,8	a
Mezcla 3	1,0	b	1,0	a
Mezcla 4	1,8	a	0,8	a
Mezcla 5	1,4	ab	1,0	a
Mezcla 6	1,2	b	1,0	a
Mezcla 7	1,0	b	1,0	a
Sustrato comercial	1,0	b	1,0	a
Sustrato local	1,2	b	0,8	a

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Duncan.

Las petunias requieren sustratos con buen drenaje y suficiente humedad cuyos pH oscilen entre 5,8 a 6,2 (García-Albarado *et al.*, 2010; Blanchette & La Scola, 1999). Todos los sustratos evaluados cumplían con estos requerimientos. Aunque los resultados fueron favorables en la mayoría de las mezclas, las mezclas 1, 2, 4 y 5 fueron las de mayor valor absoluto en la mayoría de las variables y las mezclas 3, 6 y 7, las que lograron plantas con valores más bajos. Cabe señalar que nuevamente la mezcla 1 produjo plantas con mayor valor absoluto de PSR.

En ensayos realizados por Vendrame *et al.*, (2005), con diferentes mezclas formuladas con compost, turba, perlita y vermiculita, no se encontraron diferencias en el peso seco radicular de las petunias. En cambio, el peso seco aéreo incrementó con el aumento del compost en la mezcla ya que éste aportó mayor contenido de sales. James & Van Iersel (2001) también realizaron ensayos con petunias en diferentes sustratos y con diferentes concentraciones de fertilizante; los resultados fueron a favor de los tratamientos con mayor fertilización independientemente del sustrato. Esto indica, que cuando las plantas de petunia se desarrollan en un sustrato con propiedades físicas y químicas favorables, como las mezclas evaluadas, la diferencia en cuanto a calidad o mayor desarrollo radicular o aéreo de las plantas

va a ser aportada por una correcta fertilización. En el ensayo realizado todas las plantas fueron fertilizadas con la misma dosis en base a los requerimientos recomendados en la bibliografía, por tal motivo, el desarrollo de las plantas en todos los tratamientos fue similar, sin amplias diferencias estadísticas entre los mismos (*Figura 39 b*).

5.4.3. Ensayo con coral (*Salvia splendens*)

Para este cultivo, en la variable longitud del tallo en el día de instalación y al finalizar el ensayo no se encontraron diferencias significativas. En las restantes fechas los tratamientos con las mezclas 4, 7 y sustrato comercial fueron los tratamientos que lograron plantas de mayor altura (*Cuadro 27*).

Cuadro 27. Promedio de la longitud del tallo de las plantas de coral de cada tratamiento desde el trasplante a hasta finalizar el ensayo.

Sustratos	Transplante	Longitud del tallo (cm)														
		7 días		14 días		21 días		28 días		35 días		42 días		49 días		
Mezcla 1	2,9	a	3,4	c	4,8	c	6,2	c	6,2	c	8,8	bc	9,7	bc	11,0	a
Mezcla 2	2,9	a	3,6	bc	4,7	c	6,2	c	6,2	c	8,8	bc	10,0	abc	10,9	a
Mezcla 3	3,1	a	3,7	abc	4,9	bc	6,3	c	6,3	c	8,6	bc	9,7	bc	10,7	a
Mezcla 4	3,1	a	3,8	abc	5,2	abc	6,8	abc	6,8	abc	9,3	ab	10,7	a	10,6	a
Mezcla 5	3,0	a	3,6	bc	5,1	abc	6,4	bc	6,4	bc	9,2	ab	10,7	a	10,4	a
Mezcla 6	3,0	a	3,6	bc	5,0	bc	6,1	c	6,1	c	8,5	bc	9,4	c	10,3	a
Mezcla 7	3,0	a	3,9	ab	5,6	a	7,1	a	7,1	a	9,8	a	10,1	abc	10,3	a
S. comercial	3,0	a	4,0	ab	5,5	ab	7,0	ab	7,0	ab	9,6	a	10,3	ab	10,0	a
S. local	3,2	a	4,1	a	5,2	abc	6,3	bc	6,3	bc	8,3	c	9,7	bc	9,9	a

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Duncan.

La tasa de crecimiento de la longitud del tallo de las plantas en cada tratamiento se incrementó desde el trasplante a los 14 días, momento en que el ápice terminal se diferenció para la formación de la inflorescencia terminal. Luego en general se mantuvo casi constante en las siguientes 3 semanas y finalmente disminuyó en las últimas 2 semanas. Entre la tercera y sexta semana, si bien se mantuvo el crecimiento, hubo pequeños aumentos y disminuciones

según el tratamiento. Se encontraron diferencias significativas de las tasas de crecimiento en altura entre tratamientos en cada fecha evaluada excepto al finalizar el ensayo (*Cuadro 28*).

Cuadro 28. Promedio de la tasa de crecimiento de la altura del tallo de las plantas de coral de cada tratamiento desde el trasplante a hasta finalizar el ensayo.

Sustratos	Tasa de crecimiento de la longitud del tallo (cm)													
	7 días		14 días		21 días		28 días		35 días		42 días		49 días	
Mezcla 1	0,06	b	0,20	ab	0,20	ab	0,18	a	0,20	a	0,14	abc	0,10	a
Mezcla 2	0,10	ab	0,18	ab	0,22	ab	0,18	a	0,18	ab	0,16	abc	0,10	a
Mezcla 3	0,10	ab	0,20	ab	0,20	ab	0,18	a	0,16	b	0,16	abc	0,12	a
Mezcla 4	0,10	ab	0,22	ab	0,24	a	0,18	a	0,20	ab	0,20	ab	0,08	a
Mezcla 5	0,10	ab	0,22	ab	0,20	ab	0,20	a	0,18	ab	0,22	a	0,10	a
Mezcla 6	0,10	ab	0,20	ab	0,18	b	0,10	b	0,20	ab	0,14	abc	0,08	a
Mezcla 7	0,12	a	0,24	a	0,22	ab	0,18	a	0,22	a	0,08	c	0,02	a
Sustrato comercial	0,12	a	0,22	ab	0,20	ab	0,20	a	0,20	ab	0,10	bc	0,08	a
Sustrato local	0,12	a	0,16	b	0,18	b	0,18	a	0,10	c	0,18	abc	0,06	a

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Duncan.

En el diámetro de los tallos de las plantas por tratamiento (*Cuadro 29*), desde el trasplante hasta los 14 días y a los 42 días no se encontraron diferencias significativas. A los 21, 28 y 35 días, la mezcla 6 y el sustrato local fueron los tratamientos con valores más bajos y entre los restantes tratamientos no hubo diferencias. Al finalizar el ensayo no hubo diferencias entre las mezclas, pero las mezclas 1 y 2 superan significativamente al sustrato local y comercial.

Cuadro 29. Promedio del diámetro del tallo de las plantas de coral de cada tratamiento desde el trasplante a hasta finalizar el ensayo.

Sustratos	Transplante	Diámetro del tallo (cm)														
		7 días		14 días		21 días		28 días		35 días		42 días		49 días		
Mezcla 1	1,85	a	1,74	a	2,38	a	2,96	bc	3,52	ab	4,06	ab	4,70	a	5,40	a
Mezcla 2	1,48	a	1,76	a	2,38	a	3,10	abc	3,74	a	4,16	ab	4,94	a	5,38	a
Mezcla 3	1,48	a	1,72	a	2,36	a	3,12	abc	3,54	ab	4,18	ab	4,92	a	5,36	ab
Mezcla 4	1,46	a	1,72	a	2,36	a	3,22	ab	3,52	ab	3,96	abc	4,74	a	5,34	ab
Mezcla 5	1,52	a	1,82	a	2,32	a	3,18	ab	3,62	ab	4,16	ab	4,78	a	5,30	ab

Mezcla 6	1,48	a	1,70	a	2,30	a	2,82	c	3,34	b	3,84	bc	4,60	a	5,28	ab
Mezcla 7	1,52	a	1,80	a	2,30	a	3,34	a	3,46	ab	4,22	a	4,90	a	5,20	ab
S. comercial	1,50	a	1,86	a	2,20	a	3,28	ab	3,66	a	4,26	a	4,86	a	5,08	bc
S. local	1,44	a	1,92	a	2,18	a	2,96	bc	3,36	b	3,64	c	4,54	a	4,88	c

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Duncan.

En cuanto al peso fresco de la parte aérea (*Cuadro 30*) no se encontraron diferencias entre las mezclas 1, 2, 3, 4, 5 y 7, siendo las de mayor valor absoluto. Para el peso fresco radicular no hubo diferencias entre los sustratos evaluados.

Cuadro 30. Promedio del peso fresco aéreo (PFA) y radicular (PFR) y peso seco aéreo (PSA) y radicular (PSR) de las plantas de coral de cada tratamiento al finalizar el ensayo.

Sustratos	PFA	PFR	PSA	PSR				
Gramos								
Mezcla 1	23,62	abc	12,20	a	2,43	abcd	0,86	ab
Mezcla 2	24,88	a	12,00	a	2,53	abc	0,75	ab
Mezcla 3	24,36	ab	13,50	a	2,74	a	0,76	ab
Mezcla 4	22,84	abc	12,30	a	2,35	bcd	0,81	ab
Mezcla 5	23,27	abc	12,60	a	2,60	ab	0,89	a
Mezcla 6	21,09	bc	10,80	a	2,16	cd	0,73	ab
Mezcla 7	24,12	ab	10,80	a	2,60	ab	0,83	ab
Sustrato comercial	20,32	c	12,50	a	2,10	d	0,85	ab
Sustrato local	20,26	c	10,70	a	2,08	d	0,70	b

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test de Duncan.

Para la variable peso seco aéreo (*Cuadro 30*) las mezclas 1, 2, 3, 5 y 7 no se diferenciaron entre sí; la mezcla 3 fue la de mayor peso y se diferenció significativamente de las mezclas 4, 6, sustrato local y comercial. En el peso seco radicular, salvo por el sustrato local, no se encontraron diferencias significativas.

Los sustratos cuyos valores absolutos fueron los mayores, para la mayoría de las variables, fueron las mezclas 2, 3, 5 y 7, aunque estadísticamente no hubo un sustrato que se destaque de los demás, ya que todos aportaron a las plantas las condiciones adecuadas para su desarrollo (*Figura 39 c*).



Figura 39. Finalización de los ensayos con plantas. a) Cinco plantas por tratamiento del ensayo con pensamiento b) Cinco plantas por tratamiento del ensayo con petunia c) Cinco plantas por tratamiento del ensayo con coral.

Al finalizar el ensayo no se encontraron diferencias significativas en el número de inflorescencias. Al sumar la inflorescencia terminal y las laterales hubo, en promedio, 10,7 inflorescencias por planta. Los resultados indican que, entre los tres cultivos evaluados, el coral fue el menos sensible a las diferencias existentes entre las mezclas y sustratos, ya que este cultivo fue el que menos diferencias estadísticas presentó para el conjunto de las variables analizadas.

5.5. Selección y propuesta de un sustrato de calidad estándar

Si bien para algunas variables hubo diferencias significativas entre las mezclas, las 7 mezclas obtuvieron plantas de buena calidad en los tres ensayos realizados de crecimiento de plantas florales. Esto indica que tanto los materiales empleados como las proporciones utilizadas para la formulación de un sustrato alternativo son viables, permitiendo elaborar un sustrato cuyas características físicas y químicas cumplan con los requerimientos de las tres especies.

Teniendo en cuenta los sustratos que tuvieron mayor valor absoluto en cada variable evaluada por ensayo, es posible verificar que los sustratos 1, 2, 4 y 5 fueron los mejores en los tres ensayos con plantas. En cambio, los restantes sustratos tuvieron mayor valor en variables en uno o dos ensayos.

Con la mezcla 1 se obtuvieron uno de los mayores valores de peso seco aéreo de las plantas de coral, peso seco y fresco aéreo y radicular de las plantas de petunia y peso seco radicular, peso fresco aéreo, número de flores y altura de las plantas de pensamiento.

Con la mezcla 2 se determinaron uno de los mayores valores en diámetro, longitud del tallo y peso fresco aéreo de las plantas de coral, peso seco y fresco radicular de las petunias y peso seco aéreo y radicular, peso fresco aéreo y número de pimpollos de las plantas de pensamiento.

La mezcla 4 se distingue por haber permitido lograr uno de los mayores valores de longitud en las plantas de coral, número de pimpollos, pesos fresco y seco aéreo y radicular de las plantas de petunia y pesos seco aéreo, peso fresco radicular, número de pimpollos y longitud de los tallos de las plantas de pensamientos.

Por último, con la mezcla 5 se logró uno de los mayores valores de peso seco aéreo y radicular, peso fresco aéreo, número de inflorescencias y longitud de las plantas de coral, número de flores y pimpollos de las plantas de petunia y peso fresco de las plantas de pensamiento.

Por otra parte, con la mezcla 3 no se obtuvieron elevados valores absolutos en el ensayo con plantas de petunia, pero si fue un mezcla que proporcionó condiciones para lograr elevados valores en cuatro variables del ensayo con coral y cinco en el ensayo con plantas de pensamiento.

Las mezclas 1, 2, 3, 4 y 5 presentaron, distintamente, un mayor porcentaje de capacidad de retención de agua y menor contenido de poros con aire que las mezclas 6 y 7. También contenían mayor porcentajes de partículas < 1mm y menor porcentaje de partículas >3 mm con respecto a las mezclas 6 y 7. Estas características, probablemente facilitaron el desplazamiento de las partículas más pequeñas que se acomodaron en los espacios existentes entre las partículas más grandes, disminuyendo levemente la porosidad de aireación

y aumentando la capacidad de retención de agua, tal como fue observado por Fernández & Corá (2004).

Se deduce entonces que el porcentaje de poros con aire y retención de agua fueron las dos propiedades que diferenciaron las mezclas que obtuvieron mayores valores en cada variable. Confirmando este resultado, en la figura 40 se presenta un gráfico biplot conformado por dos componentes principales que explican el 95% de la variabilidad de los datos. La CP1 se conformó con las variables porosidad de aire (PA), con el coeficiente negativo más alto y la capacidad de retención de agua (CRA), con el coeficiente positivo más alto, explicando el 63% de la variabilidad. La CP2 se conformó con la variable densidad aparente (dap), con el coeficiente negativo más alto, y la variable espacio poroso total (EPT), con el coeficiente positivo más alto, explicando el 32% de la variabilidad de los datos.

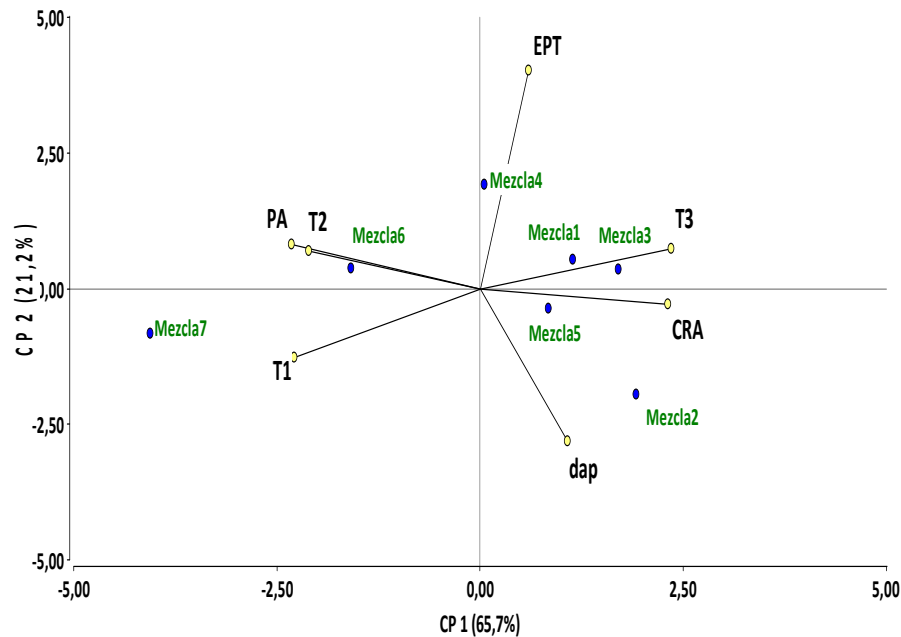


Figura 40. Biplot conformado por dos componentes (CP1 y CP2) generadas por la combinación lineal de las variables porcentaje de partículas > 3,35 mm (T1), entre 3,35 - 1mm (T2), <1mm (T3), densidad aparente (Dap), espacio poroso total (EPT), porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de agua (CRA) de las mezclas 1,2,3,4,5,6 y 7 evaluadas en los ensayos con plantas.

La CP1 separó dos grupos, por un lado, las mezclas que contenían mayor porcentaje de aireación y, por el otro, las que contenían mayor capacidad de retención de agua. Las mezclas 6 y 7 tuvieron mayor porcentaje de poros con aire. En cambio, las restantes mezclas mayor capacidad de retención de agua.

Este resultado coincide con lo expuesto por Verdonck *et al.* (1983) quien aclara que unas de las propiedades físicas más importantes es la relación agua/aire. Todas las mezclas superaron el porcentaje óptimo de aireación (20%-30%), en cambio se encontraron dentro del rango óptimo de retención de agua (24%-40%). Evidentemente las mezclas con menor porosidad de aire y mayor retención de agua, tuvieron un mejor equilibrio entre los poros con agua y con aire permitiendo un mejor desarrollo de las plantas. Los resultados sugieren que al formular una mezcla no se debería superar el 50% de porosidad de aireación y que los valores de retención de agua no deberían ser inferiores al 35%, ya que las mezclas que no cumplieron con estos requisitos fueron las que tuvieron el menor desarrollo de los cultivos. Resultados similares se observaron en ensayos realizados por Yhaya *et al.* (2009) y Yhaya *et al.* (2010) quienes evaluaron el desarrollo de plantas de *Celosia cristata* trasplantadas en sustratos formulados con fibra de coco, perlita, fibra de kenaff y cáscara de arroz. Las plantas con mayor altura, diámetro, tamaño de flores y área foliar fueron obtenidas en los sustratos formulados con fibra de coco puro o mezclado con 30% de perlita, fibra de kenaff o cáscara de arroz. Los autores atribuyeron este resultado a la favorable aireación y alta retención de agua (13%-28% y 36%-61% respectivamente) de estos sustratos. Quesada Roldán & Mendez Soto (2005) lograron plantines de brócoli (*Brassica oleracea* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y pepino (*Cucumis sativus* L.) con tallos de mayor altura y diámetro, mayor área foliar y peso seco aéreo en sustratos formulados con lombricompost + abono orgánico + granza, abono orgánico + granza, y abono orgánico solo. Según los autores estos sustratos tuvieron mejor relación aire/agua y contenido nutricional. También Vendrame *et al.* (2005) obtuvieron plantas de petunia (*Petunia hybrida*), copetes

(*Tagetes erecta* L.), alegría del hogar (*Impatiens sp.*) y margaritas (*Chrysanthemum sp.*) cuyos pesos secos aéreos fueron favorecidos por mezclas de vermiculita, turba, perlita y compost de biosólidos + restos de poda en diferentes proporciones. En este caso, el porcentaje de poros con aire disminuyó con el incremento del compost y hubo un aumento de retención de agua, favoreciéndose la relación agua/aire lo que dio como resultado un mejor desarrollo aéreo de las plantas. Por el contrario, Breedlove *et al.* (1999) al evaluar plantas de *Rhododendron sp.* en sustratos con corteza de pino solo o en mezcla con turba o perlita, observó que el mayor crecimiento y calidad de la planta se produjo en el sustrato con corteza de pino al 100%, el cual, entre todos los sustratos, tuvo el mayor porcentaje de poros con aire y el menor porcentaje de capacidad de retención de agua. Es decir, que solo un sustrato no es adecuado para todas las especies vegetales y que las plantas tienen una respuesta más favorable en aquellos sustratos que imitan mejor las condiciones de sus hábitats naturales (Magdalena *et al.*, 2009; Lea-Cox & Smith, 1997).

Los resultados obtenidos con las tres especies florales indican que las mezclas 1, 2, 3, 4 y 5 presentaron las mejores características para ser utilizadas como sustrato alternativo sin suelo. Por lo tanto, es posible afirmar que a partir de los estudios realizados, fue posible desarrollar varios sustratos de adecuada calidad para el cultivo de plantas florales en macetas a partir de la mezcla de los tres materiales evaluados. Esto es de suma importancia porque incrementa notablemente las alternativas productivas disponibles para los productores de la zona del AMBA disminuyendo el riesgo que implica depender de un único material y, lo más importante, se elimina el uso del recurso suelo como constituyente del sustrato, contribuyendo a la sustentabilidad del sistema productivo y conservación del ambiente.

Estudios con otras especies y con diferentes tamaños de contenedores deberán ser realizados para corroborar la calidad de estas mezclas en otras condiciones y, así, poder considerarlas como sustratos de calidad estándar y de uso muy diverso.

6. CONCLUSIONES

- ✓ La turba subtropical, la pinocha y la corteza de pino compostada son materiales viables para elaborar sustratos sin suelo para el cultivo en macetas de plantas florales. La turba subtropical y la pinocha varían según su forma de extracción y origen. Tanto la pinocha como la corteza de pino son materiales que proporcionan porosidad, mientras que la turba subtropical retención de agua. Los tres son materiales con pH ácido, por lo tanto deberían ser corregidos en caso de requerirse sustratos con pH más alcalinos.
- ✓ Las variables pH y EPT presentan menor variación en el tiempo y la CE mayor variación en los tres materiales. La variación temporal de cada material es disminuida cuando son procesados, por lo que se recomienda el uso de materiales procesados y la realización de como mínimo un previo análisis de pH y principalmente CE.
- ✓ Todos los sustratos formulados con turba subtropical, pinocha y corteza de pino compostada permitieron obtener plantines de pensamiento, petunia y coral de calidad similares a los obtenidos con el sustrato comercial y local.
- ✓ La relación poros con agua/poros con aire demostró ser la variable determinante de la calidad del sustrato elaborado para el crecimiento de las plantas, por lo que es indispensable su cuantificación previo a la utilización de cualquier sustrato.
- ✓ Los sustratos formulados con las relaciones 1:1:1, 2:1:1, 1:2:2, 2:1:2 y 2:2:1 de corteza de pino compostada, pinocha y turba subtropical, se destacaron porque las plantas lograron mayor valor absoluto en la mayoría de las variables fenológicas. Estos sustratos presentaron una relación agua/aire más equilibrada, con valores de porosidad de aireación menor a 50% y de retención de agua superiores a 35%. **Por lo que se proponen los sustratos enumerados para su desarrollo y comercialización.**

7. BIBLIOGRAFIA

- ABAD, M.; P. F. MARTÍNEZ; M. D. MARTÍNEZ & J. MARTÍNEZ. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura* 11: 141-154.
- ABAD, M.; P. NOGUERA & S. BURÉS. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource Technology* 77: 197-200.
- ABAD, M.; P. NOGUERA & C. CARRION. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. Capítulo 4. (pp. 113-158). En: URRESTARAZU GAVILAN M. (eds.). *Tratado de cultivo sin suelo*. Ed. Mundi prensa. España.
- ADAMS, S. R.; S. PEARSON & P. HADLEY. 1997. The Effects of Temperature, Photoperiod and Light Integral on the Time to Flowering of Pansy cv. Universal Violet (*Viola×wittrockiana*Gams.). *Annals of Botany* 80: 107-112.
- ANSORENA MINER, J. 1994. *Sustratos propiedades y caracterización*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 172 pp.
- ANTONIAZZI, L. 2007. El cultivo de la Viola. *Revista Horticultura* 199: 44-47.
- ARENAS, M.; C. S. VAVRINA; J. A CORNELL; E. A. HANLON & G.J. HOCHMUTH. 2002. Coir as an alternative to peat in media for tomato trasplant production. *HortScience* 37: 309-312.
- AYALA-SIERRA, A. & VALDEZ-AGUILAR, L. A. 2008. El polvo de coco como sustrato alternativo para la obtención de plantas ornamentales para trasplante. *Revista Chapingo* 14 (2): 161-167.
- BALLESTER OLMOS, J. F. 1993. *Substratos para el cultivo de plantas ornamentales*. Hojas divulgadoras N° 11/92 HD. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. Valencia. 45pp.
- BARBARO, L.; M. KARLANIAN; J. GONZALES; O. VALENZUELA; C. GALLARDO ; C. DEL PARDO; L. BALCAZAR; M. MISUNO; H. FERNÁNDEZ; R. FERNÁNDEZ & D. MORISIGUE. 2008a. Caracterización de sustratos de siembra utilizados en Escobar, Moreno

- y La Plata para el cultivo de especies ornamentales. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes. Provincia de San Luis. Argentina.
- BARBARO, L. A.; M. A. KARLANIAN & D. E. MORISIGUE. 2008b. Caracterización química de resacas de río utilizadas para la formulación de sustratos. VI Encontro Nacional sobre sustratos para plantas. Brasil. Acta (CD). pdf 18. 188-190.
- BENSON D. M. 1982. Influence of Pine Bark, Matric Potencial, and pH on Sporangium Production by *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology* 74 (11): 1359-1363.
- BLANCHETTE, R. & J. LA SCOLA. 1999. Grower talks on crop culture 2. Ed. Ball Publishing. USA. 206 pp.
- BREEDLOVE, D.; L. IVY & T. BILDERBACK. 1999. Comparing potting substrates for growing 'Hershey Red' azaleas. *Proc. Southern Nurs. Assoc. Res. Conf.* 44:71-75.
- BUNT, A. C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. Ed. Unwin Hyman. London. 309 pp.
- BURÉS, S. 1997. Sustratos. Ed. Agrotecnias. Madrid. 342 pp.
- BURGER, D. W.; T.K. HARTZ & G. W. FORISTER. 1997. Composted green waste as a container medium amendment for production of ornamental plants. *HortScience* 32: 57-60.
- CABRERA, R. I. 2003. Fundamentals of Container media management, part 1. Physical properties. Rutgers Cooperative Extension. New Jersey Agricultural Experiment Station. FS812. Fact sheet. 4pp.
- CAGNONI, M. 1999. Espartillares de la costa bonaerense de la República Argentina, un caso de humedales costeros. Parte I. (55-73pp). En: MALVÁREZ, A.I. Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. Oficina regional de ciencia y tecnología de la UNESCO para América latina y el Caribe. Ed. Universidad de Buenos Aires.
- CARLUCCIO, C.; M. LENSCAK; M. PANELO; M. COLOMBO; S. MOLINA; E. SCAGLIA & C. PERNUZZI. 2002. Desarrollo Actual de los Cultivos Protegidos en la República Argentina. (pp. 30 – 71). En: DÍAZ ALVAREZ, R. & J. LÓPEZ GALVEZ. Situación de la

Agroplasticultura en Países Iberoamericanos. Tercera Reunión de Coordinación de Caracas, Venezuela, Cytel, Almería, España.

CHAVEZ, W.; A. DI BENEDETTO; G. CIVEIRA & R. LAVADO. 2008. Alternative soilless media for growing *Petunia x hibrida* and *Impatiens Wallerana*: Physical behavior, effect of fertilization and nitrate losses. *Bioresourve Technology* 99: 8082-8087.

CIAT (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL). 1981. Química de los suelos inundados. Serie 04SR-09.01. 36 pp.

DE BOODT, M; O. VERDONCK & J. CAPPAERT. 1974. Methods for measuring the waterrelease curve of organic substrates. *Acta Horticulturae* 37: 2054-2062.

DI BENEDETTO, A.; J. MOLINARI; C. BOSCHI; R. KLASMAN & D. BENEDICTO. 2000. Adaptación de cuatro especies florales anuales a diferentes sustratos de crecimiento. *Agro sur* 28:69-76. Disponible en:http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-88022000000200009&lng=es&nrm=iso. Acceso 09 noviembre 2007.

DOLE J. M. & H. F. WILKINS. 1999. *Floriculture: Principles and species*. Ed. Prentice Hall. 613pp.

EVENS, M. R. & M. GACHUKIA. 2004. Fresh parboiled rice hulls serve as an alternative to perlite in greenhouse crop substrates. *HortScience* 39: 232-235.

FERNÁNDEZ, C. & CORÁ. J. E. 2004. Densidade e relacao ar/agua de substratos hortícolas. *Sicientia Agricola* 61: 446 - 450.

FERNÁNDEZ, B. M. & L. T. ROCUANT. 1975. Influencia de la cubierta forestal sobre las propiedades físicas y químicas de algunos suelos. 1er. Simposio Nac. de la Ciencia del Suelo, 7-9 mayo 1975, Chillán Chile. 5. pp.

- FERMINO, M. H. 2003. Metodos de análisis para caracterización física de sustratos para plantas. Tesis de doctorado. Universidad Federal de Rio Grande Do Sul. Facultad de Agronomia. Puerto Alegre. 250pp.
- FONTENO, W. 1999. Sustratos: Tipos y propiedades físicas y químicas. Capítulo 5. (pp. 93 -124). En: REED, D. W. Agua, sustratos y nutrición en los cultivos de flores bajo invernadero. Ed. Ball Publishing E. Unidos y Hortitecnia Ltda. Colombia. 311pp.
- GALLARDO, C. 2006. Seminario – Taller: Bases técnicas para elección de los sustratos: Problemas y soluciones más comunes. Ciudad de Corrientes, Corrientes. 8pp.
- GALLARDO, C., O. R. VALENZUELA & M. C. ROUTHIER. 2006. Cultivo de mirtáceas nativas de Entre Ríos en sustratos regionales: resultados preliminares. Acta III Congreso Argentino de Floricultura. 244-247.
- GARCÍA-ALBARADO, J. C.; L. I. TREJO-TÉLLEZ; M. A. VELÁSQUEZ-HERNÁNDEZ; A. RUIZ-BELLO & F. C. GÓMEZ-MERINO. 2010. Crecimiento de petunia en respuesta a diferentes proporciones de composta en sustrato. Revista Chapingo 16 (2): 107-113.
- GOYA, J. F.; C. PÉREZ; J. L. FRANGI & R. FERNÁNDEZ. 2003. Impacto de la cosecha y destino de los residuos sobre la estabilidad del capital de nutrientes en plantaciones de *Pinus taeda* L. Ecología Austral 13: 139-150.
- HANDRECK, K. & N. BLACK 2002. Growing media for ornamental plants and turf. Third edition. A UNSW Press book. Australia. 542 pp.
- HARO, F.; B. FERNÁNDEZ & L. ROCUANT. 1973. Efectos de la cubierta vegetal en las propiedades químicas y físicas de los suelos forestales. I. Suelos Constitución y complejo Constitución - Curanipe. Esc. Agron. Universidad de Concepción, Chillán, Chile. Bol. Tec. 38: 1-45.
- HEISKANEN, J. 1993. Favourable water and aeration conditions for growth media used in containerized tree seedling production: A review. Scandinavian Journal of Forest Research. 8: 337-358.

- INTA – JICA. 2003. Estudio sobre la caracterización de la producción florícola en la República Argentina. INTEA S.A. 87 pp.
- JAMES, E. & M. VAN IERSEL. 2001. Ebb and Flow Production of Petunias and Begonias as Affected by Fertilizers with Different Phosphorus Content. *Hortscience* 36:282-285.
- KÄMPF, N. A. 2005. Producao comercial de plantas ornamentais. Agro livros. 254pp.
- KÄMPF, A. N. & M. JUNG. 1991. The use of carbonized rice hulls as an horticultural substrate. *Acta Horticulturae* 294: 271-283
- KANG, J. G. & M. W. VAN IERSEL. 2004. Nutrient solution concentration affects shoot: root ratio, leaf area ratio, and growth of subirrigated salvia (*salvia splendens*). *Hortscience* 39: 49-54.
- KANDUS, P.; A. MALVÁREZ & N. MADANES. 2003. Estudio de las comunidades de plantas herbáceas de las islas bonaerenses del bajo delta del río Paraná (Argentina) Buenos Aires, Argentina. *Darwiniana* 41: 1-16.
- KARLANIAN, M. A.; L. A. BARBARO & D. E. MORISIGUE. 2008. Calidad de acículas de pino utilizadas en la producción de plantas ornamentales en argentina. VI Encontro Nacional sobre substratos para plantas. Brasil. Acta (CD). pdf 22.
- KIMBERLY, A. K. 2001. Effect of controlled release fertilizer application rates on bedding plant growth on substrates containing compost. *Compost Science & Utilization* 9: 215-220.
- KLOCK MOORE, K. 2000. Comparison of Salvia growth in seaweed compost and biosolids compost. *Compost Science & Utilization* 5: 24-28.
- LANDIS, T. D.; R. W. TINUS; S. E. MCDONALD & J. P. BARNETT. 2000. Manual de viveros para Producción de especies forestales en contenedor. Manual agrícola. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal. 674 pp.
- LEA-COX, J. D. & I. E. SMITH. 1997. The interaction of air-filled porosity and irrigation regime on the growth of three woody perennial (citrus) species in pine bark substrates. *Proc. Southern Nurs. Assoc. Res. Conf.* 42:169-174.

- LEMAIRE, F.; A. DARTIGUES; L. RIVIERE; S. CHARPENTEIR & P. MOREL 2005. Cultivos en macetas y contenedores: Principios agronómicos y aplicaciones. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 110 pp.
- LORENZI, H. & H. MOREIRA DE SOUZA. 2001. Plantas ornamentais no Brasil, arbustivas, herbáceas e trepadeiras. Ed. Insituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. Brasil. 568pp.
- MAGDALENA Z. G.; E. A. JAMES & S. O. JAMES. 2009. The Effect of Physical and Hydraulic Properties of Peatmoss and Pumice on Douglas Fir Bark Based Soilless Substrates. Hortscience 44(3): 874–878.
- MALVÁREZ, A. I. 1999. El Delta del río Paraná como mosaico de humedales. Parte I. (pp. 35-55). En: MALVÁREZ A.I. Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. Oficina regional de ciencia y tecnología de la UNESCO para América latina y el Caribe. Ed. Universidad de Buenos Aires.
- MASTALERZ, J. W. 1977. The greenhouse environment. New York. John Wileyand Sons. 629 pp.
- MENEZES, N. L.; S. M. FRANZIN; T. ROVERSI & E. P. NUNES. 2004. Germinação de sementes de *Salvia splendens* Sellow em diferentes temperaturas e qualidade de luz. Revista Brasileira de Sementes 26: 32-37.
- MENZIES, N. W. & R. L. AITKEN. 1996. Evaluation of fly ash as a component of potting substrates. Scientia Horticulturae 67: 87-99.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA & INTA. 1981. Carta de suelos Delta Entrerriano, Aptitud forestal de los suelos. Publicación N° 172. 225 pp.
- MORISIGUE, D.; M. MASAKATSU & K. NISHIYAMA. 2002. Relevamiento de la actividad florícola y plantas ornamentales del Gran Buenos Aires. CETFFO – JICA. 27 pp.
- NELSON, E. B.; & H. A. J. HOITINK. 1982. Factors affecting suppression of *Rhizoctonia solani* en container media. Phytopathology 72: 275-279.

- PEREYRA, F. X.; V. BAUMANN; V. ALTINIER; J. FERRER & P. TCHILINGUIRIAN. 2004. Génesis de suelos y evolución del paisaje en el delta del Río Paraná. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Buenos Aires. 59: 229-242.
- PETERSON, J. C. 1982. Effects of pH upon nutrient availability in a commercial soilless roots medium utilized for floral crop production. Ohio State University and Ohio Research and Development Center. Cir. 268: 16-19.
- PEREZ C. A.; GOYA J. F.; BIANCHINI F.; FRANGI L. J. & FERNÁNDEZ R. 2006. Productividad aérea y ciclo de nutrientes en plantaciones de *Pinus taeda* L. en el norte de la provincia de Misiones, Argentina. Interciencia 31: 794-801.
- QUESADA ROLDAN, G. & C. MENDEZ SOTO. 2005. Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. Revista Agronomía Mesoamericana 2:171-183.
- RAVIV, M. & J. H. LIETH. 2008. Soilless culture: theory and practice. Ed. Elsevier. 587 pp.
- REBOTTARO, S.; D. CARELLI; E. RIVERO; D. CEBALLOS & E. RIENZ. 2003. Importancia del mantillo forestal de pinos subtropicales en suelos de baja fertilidad. Commission B4: Management and development of forests land. XII Congreso Forestal Mundial. Quebec, Canadá. Disponible en: www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/WFC/XII/0369-B4.htm. Acceso 05 julio 2009.
- SAGPyA. 1998. Producción forestal. Disponible en: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/> Acceso 24 febrero 2009.
- SCHLATTER, J. E. & L. OTERO. 1995. Efecto de *Pinus radiata* sobre las características químico-nutritivas del suelo mineral superficial. Bosque 16: 26-46.
- SCHLATTER, J. E. 1997. La relación entre el suelo y plantaciones de *Pinus radiata* en Chile central: Análisis de la situación actual y planteamientos para su futuro manejo. Bosque 2: 12-19.

- SPENCER S. & D. M. BENSON. 1982. Pine Bark, Hardwood Bark, and Pest Amendment Effect en Developptmen of *Phytophthora* spp. And Lupine Rood Rot. *Phytopathology* 72 (3): 347-351.
- STILL, S. 1994. Manual of Herbaceous ornamental plants. Ed. Atipes publishing Company. Estados Unidos. 817 pp.
- TORRES RODRIGUEZ, M. S. 2003. Empleo de los ensayos con plantas en el control de contaminantes tóxicos ambientales. *Revista Cubana Epidemiológica* 41: 2-3.
- VALENZUELA, O. R.; C. S. GALLARDO & M. I. RODE. 2004. Caracterización de algunos materiales clásicos utilizados en la formulación de sustratos. II Congreso Argentino de Floricultura y Plantas Ornamentales. INTA. 200-202 pp.
- VALENZUELA, O. R. 2006. Los sustratos como medio de crecimiento para los cultivos sin suelo. Seminario taller de sustratos para plantas en contenedores. Ciudad de Corrientes. Corrientes. 7pp.
- VALERO, M. 1997. Flor cortada y planta ornamental, incremento del consumo a través de una mejor comercialización. *Distribución y consumo*. N° 36. 4 pp.
- VAN IERSEL, M. 1997. Roots restriction effects on growth and developptment of *Salvia (Salvia splendens)*. *Hortscience*. 32: 1186-1190.
- VARNERO, M.; A. ROJAS & R. ORELLANA. 2007. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*. 7: 28-37.
- VENDRAME, W.; I. MANGUIRRE & K. MOORE. 2005. Growth of selected bedding plants as affected by different compost percentages. *Selected Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 118: 368-371.
- VERDONCK, O.; R. PENNINCK & M. DE BOODT. 1983. The physical properties of different horticultural substrates. *Acta Horticulture* 150: 155-160.

- VILLA CASTILLO, J. 2004. Inoculating Composted Pine Bark for Container production. *Nativeplant Journal*. 5: 181-185.
- WADE, G. L. & A. THOMAS. 2009. Success with Pansies in the Winter Landscape: A Guide for Landscape Professionals. University of Georgia and Ft. Valley State College. Horticulture Fact Sheet. 7 pp.
- WILSON, B. S.; P. J. STOFFELLA & D. A. GRAETZ. 2002. Development of compost-based media for containerized perennials. *Scientia Horticulturae* 93: 311-320.
- WRAP ADAS Consulting Limited. 2005. Assessment of options and requirements for stability and maturity testing of compost. 80pp.
- YAHYA, A.; S.S. ANIEZA; R.B. MOHAMAD & S. AHMAD. 2009. Chemical and physical characteristics of cocopeat-based media and their effects on the growth and development of *Celosia cristata*. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* 4: 63-71.
- YAHYA, A.; S.S. ANIEZA; R.B. MOHAMAD & S. AHMAD. 2010. Growth Dynamics of *Celosia cristata* Grown in Cocopeat, Burnt Rice Hull and Kenaf Core Fiber mixtures. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* 5 (1): 70-76.
- ZAPATA, N.; F. GERRERO & A. POLO 2005. Evaluación de corteza de pino y residuos urbanos como componentes de sustratos de cultivo. *Agricultura Técnica* 65: 378 -387.
- ZUCCONI, F.; A. PERA; M. FORTE & M. DE BERTOLI. 1981. Evaluating toxicity in immature compost. *Biocycle* 22:54-57.

ANEXO

Cuadro 1. Muestras de turba subtropical con todas sus variables.

Muestras de turba subtropical	pH	CE (mS/cm)	Nitratos (mg/l)	Calcio (mg/l)	Magnesio (mg/l)	Potasio (mg/l)	Sodio (mg/l)	Dsustr. (g/cm3)	Dap. (g/cm3)	MO (%)	PA (%)	CRA (%)	EPT (%)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
RS1-1	5,5	0,7	213	380	218	665	409	0,39	0,16	38	48	42	90	10	39	52
RS1-2	5,2	0,8	183	381	381	906	324	0,41	0,17	37	49	40	89	9	27	50
RS1-3	5,0	0,8	270	710	351	789	384	0,41	0,16	37	43	46	89	13	26	46
RS1-5	5,8	1,0	123	330	112	516	173	0,47	0,21	34	40	46	85	13	31	44
RS1-7	4,8	0,7	570	347	392	291	874	0,4	0,14	55	46	45	91	19	27	39
RS1-8	5,2	0,9	389	305	270	321	915	0,35	0,22	63	41	48	89	20	27	38
RS1-9	4,3	0,9	2262	324	408	296	990	0,45	0,16	57	77	19	96	44	27	29
RS1-10	4,4	0,6	0	175	299	293	598	0,42	0,14	67	32	59	91	33	33	33
RS1-11	4,1	0,5	1826	105	163	543	532	0,36	0,15	49	58	33	91	30	27	43
RS2-1	4,8	0,6	327	440	227	221	314	0,4	0,22	50	55	31	87	13	19	54
RS2-2	4,7	0,6	322	498	307	139	230	0,35	0,17	50	55	27	82	14	25	49
RS2-3	4,5	0,5	479	453	288	149	206	0,4	0,17	54	27	60	88	8	25	58
RS2-4	4,8	0,6	658	590	316	267	304	0,43	0,22	44	20	64	84	9	23	59
RS2-5	5,1	0,5	46	55	52	308	514	0,39	0,22	50	10	75	85	8	18	66
RS2-6	5,4	0,6	54	50	37	251	786	0,36	0,21	49	22	64	86	8	20	65
RS2-7	5,2	0,3	0	10	8	165	131	0,43	0,24	49	14	71	85	9	23	58
RS2-8	4,9	0,9	749	144	126	394	310	0,42	0,25	47	28	57	85	7	22	64
RS2-9	4,9	0,9	749	144	126	394	310	0,42	0,25	47	28	57	85	14	22	64
RS2-10	4,5	0,7	0	169	212	519	398	0,47	0,25	42	14	70	84	6	20	74
RC2-1	4,9	0,6	329	389	189	276	319	0,4	0,22	45	50	37	87	4	24	64
RC2-2	5,0	0,8	393	470	315	208	268	0,39	0,22	43	47	32	80	6	24	61
RC2-3	4,8	0,8	585	770	434	240	308	0,39	0,23	51	20	66	86	4	25	64
RC2-4	5,3	0,7	274	185	104	264	312	0,43	0,24	41	13	71	84	1	26	68
RC2-5	5,5	0,8	8	46	33	415	740	0,43	0,24	45	11	73	84	4	19	72
RC2-6	4,5	1,0	0	90	68	472	491	0,41	0,29	50	10	73	83	4	17	73
RC2-7	5,5	0,7	253	19	22	285	287	0,55	0,24	44	65	28	93	9	37	41
RC2-8	5,0	0,7	0	46	54	527	379	0,45	0,23	44	26	60	86	18	23	59
RC2-9	4,7	1,0	1384	173	177	792	583	0,5	0,24	40	8	79	88	24	23	52
RS3-1	5,0	0,1	279	14	10	228	144	0,32	0,13	93	64	27	90	63	42	10
RS3-2	5,2	0,5	83	89	107	287	700	0,34	0,12	55	60	34	94	14	29	42
RS3-3	4,7	0,4	19	145	128	223	295	0,29	0,07	74	65	30	95	36	29	27
RS3-4	5,0	0,4	141	97	88	408	322	0,32	0,11	64	48	45	93	26	20	46
RS3-5	4,7	0,3	121	157	130	130	225	0,32	0,07	68	57	39	96	28	27	31
RS3-6	4,6	0,7	319	570	426	271	541	0,26	0,08	62	56	38	95	41	21	28
RS3-7	4,9	0,5	339	274	194	302	382	0,37	0,11	65	44	49	93	25	29	31
RS3-8	5,0	0,6	340	199	186	380	642	0,29	0,11	56	49	45	94	15	25	50
RS3-9	4,5	0,9	510	336	471	538	751	0,32	0,11	50	51	42	94	18	28	42
RS3-10	4,9	0,4	78	73	57	273	373	0,24	0,1	71	72	22	94	34	19	38
RS3-11	4,8	0,2	131	36	35	102	173	0,34	0,08	74	50	44	94	7	46	32
RS3-12	4,7	0,8	0	89	128	527	523	0,38	0,16	55	48	43	92	43	26	31
RC3-1	4,6	0,4	76	169	207	123	276	0,26	0,06	73	51	48	98	48	25	27
RC3-2	5,1	0,3	87	120	99	257	335	0,32	0,1	64	61	33	94	6	40	44
RC3-3	4,8	0,3	25	52	60	197	282	0,37	0,09	68	58	37	95	4	44	42
RC3-4	4,9	0,3	42	103	63	181	292	0,36	0,09	62	42	52	94	4	47	39
RC3-5	4,9	0,3	65	98	103	154	272	0,38	0,08	63	36	58	94	5	53	28
RC3-6	4,8	0,5	281	327	277	296	413	0,35	0,1	66	46	48	94	9	39	42
RC3-7	4,9	0,5	319	298	218	298	377	0,36	0,11	65	37	56	93	14	36	42
RC3-8	5,3	0,5	151	66	60	400	635	0,3	0,1	67	44	50	93	2	30	62
RC3-9	5,0	0,5	193	128	103	269	769	0,29	0,09	56	50	44	94	4	38	50
RC3-10	5,1	0,4	47	25	19	159	395	0,24	0,1	64	71	23	94	11	27	54
RC3-11	4,6	0,3	649	78	68	150	215	0,25	0,08	78	60	34	95	47	17	31
RC3-12	4,6	0,2	0	21	23	133	172	0,3	0,08	73	54	41	95	23	40	36

**Turba subtropical sin procesar de la empresa 1 (RS1), turba subtropical sin procesar empresa 2 (RS2) turba subtropical con proceso empresa 2 (RC2) turba subtropical sin procesar de la empresa 3 (RS3) turba subtropical con proceso de la empresa 3 (RC3).*

Conductividad eléctrica (CE), densidad del sustrato (Dsust), densidad aparente (Dap), Poros con aire (PA), espacio poroso total (EPT), capacidad de retención de agua (CRA), materia orgánica (MO), porcentaje de partículas >3,35 mm (T1), 3,35 a 1mm (T2) y <1mm (T3).

Cuadro 2. Muestras de pinocha con todas sus variables.

Muestras de pinocha	pH	CE (mS/cm)	Nitratos (mg/l)	Calcio (mg/l)	Magnesio (mg/l)	Potasio (mg/l)	Sodio (mg/l)	Dsustr. (g/cm3)	Dap. (g/cm3)	MO (%)	PA (%)	CRA (%)	EPT (%)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
PS1-1	5,7	0,3	46	46	40	612	79	0,17	0,09	83	81	14	95	17	42	35
PS1-2	4,9	0,2	13	34	34	127	54	0,07	0,06	91	76	18	94	25	64	11
PS1-3	5,3	0,1	63	47	26	208	89	0,19	0,11	76	70	22	93	14	46	34
PS1-4	4,6	0,5	349	192	217	230	73	0,19	0,09	76	30	51	81	11	47	35
PS1-5	5,2	0,2	131	41	57	131	45	0,25	0,11	80	30	51	80	6	44	45
PS1-6	4,9	0,2	97	82	40	153	69	0,21	0,15	87	65	27	92	8	36	49
PS1-8	4,4	0,2	0	69	90	144	32	0,09	0,07	93	62	31	93	11	58	20
PS1-9	4,6	0,1	1	62	61	158	43	0,12	0,10	88	70	24	94	12	56	23
PS1-10	4,7	0,1	72	26	25	87	48	0,11	0,09	92	45	43	89	18	54	28
PS1-11	4,9	0,3	0	14	22	25	56	0,13	0,08	90	70	24	94	19	53	28
PS1-12	4,9	0,5	849	43	54	599	194	0,14	0,10	66	75	18	93	20	48	31
PS2-1	5,2	0,4	160	55	83	525	222	0,34	0,20	42	55	34	88	9	30	50
PS2-2	5,0	0,5	423	32	32	851	275	0,39	0,24	40	48	37	85	6	31	54
PS2-3	5,1	0,3	160	29	26	376	216	0,40	0,24	38	46	40	86	5	26	62
PS2-4	5,3	0,5	280	27	44	559	256	0,43	0,26	40	29	54	83	6	27	59
PS2-5	5,4	0,1	55	2	14	231	209	0,38	0,25	35	35	48	83	8	23	62
PS2-6	5,1	0,2	127	27	28	314	208	0,46	0,29	32	31	50	81	10	27	53
PS2-7	5,2	0,3	74	5	8	338	153	0,46	0,29	26	34	48	82	4	25	64
PS2-8	5,6	0,4	0	30	50	544	456	0,41	0,37	40	34	48	81	10	28	54
PS2-9	4,7	0,5	168	52	94	578	487	0,37	0,30	47	46	37	83	7	26	58
PS2-10	4,9	0,5	0	24	45	575	524	0,37	0,32	45	50	36	86	13	25	62
PS2-11	4,4	0,5	102	70	108	733	518	0,38	0,30	36	28	55	82	15	25	62
PC2-1	5,3	0,3	215	19	34	374	217	0,45	0,30	37	10	67	77	3	24	67
PC2-2	5,8	0,4	0	14	20	734	566	0,48	0,34	28	35	45	80	4	24	64
PC2-3	5,3	0,4	120	8	14	546	620	0,44	0,33	27	29	53	81	5	22	66
PC2-4	5,1	0,4	0	9	22	787	534	0,43	0,33	40	24	58	82	7	22	71
PC2-5	4,9	0,5	441	42	56	964	566	0,42	0,32	40	31	48	80	3	16	80
PS3-2	5,0	0,2	89	11	21	271	192	0,34	0,19	51	55	34	89	5	30	57
PS3-3	4,6	0,2	0	9	28	190	203	0,21	0,15	54	55	35	90	10	25	57
PS3-4	4,9	0,1	73	9	20	344	222	0,45	0,26	35	33	49	82	7	26	60
PS3-5	5,2	0,3	402	17	29	209	213	0,39	0,22	36	38	45	84	6	26	58
PS3-6	4,7	0,4	433	41	78	232	191	0,37	0,23	38	50	36	87	12	26	53
PS3-7	4,8	0,1	138	12	17	309	185	0,42	0,27	44	46	38	84	6	30	60
PS3-8	5,4	0,1	0	6	10	199	255	0,47	0,37	31	27	53	79	5	30	53
PS3-9	5,2	0,2	48	4	10	235	153	0,42	0,24	35	36	49	85	5	31	56
PS3-10	5,0	0,7	2	125	234	526	396	0,31	0,24	40	43	43	86	6	27	57
PS3-11	4,9	0,4	81	23	53	370	486	0,26	0,14	75	30	53	83	12	28	51
PS3-12	4,7	0,5	0	20	66	525	555	0,39	0,29	40	45	39	85	21	36	55
PC3-1	4,6	0,3	1061	25	45	613	476	0,34	0,26	45	24	62	86	12	25	63
PC3-2	5,3	0,4	77	14	36	545	264	0,35	0,24	46	51	34	85	4	23	70
PC3-3	4,9	0,3	120	18	38	490	238	0,34	0,20	48	46	42	87	2	24	69
PC3-4	4,8	0,4	132	47	81	191	187	0,28	0,17	44	43	44	87	3	30	62
PC3-5	4,7	0,4	474	37	71	291	208	0,44	0,24	43	34	52	85	3	29	65
PC3-6	4,5	0,1	15	18	12	159	133	0,33	0,24	40	44	42	85	3	22	72
PC3-7	5,3	0,1	0	6	12	228	491	0,49	0,39	26	7	70	77	2	23	74
PC3-8	5,0	0,2	27	5	13	362	180	0,37	0,23	43	39	47	86	3	24	70
PC3-9	5,0	0,4	112	4	12	396	427	0,39	0,28	37	33	51	84	4	24	70
PC3-10	4,8	0,4	990	9	21	393	508	0,41	0,26	37	47	39	85	3	24	70
PC3-11	5,0	0,4	0	2	21	601	489	0,39	0,25	45	31	53	84	11	28	60
PC3-12	4,8	0,3	1103	15	35	731	550	0,46	0,35	32	20	62	85	2	16	90

**Pinocha sin procesar de la empresa 1 (PS1), Pinocha sin procesar empresa 2 (PS2) Pinocha con proceso empresa 2 (PC2) Pinocha sin procesar de la empresa 3 (PS3) Pinocha con proceso de la empresa 3 (PC3).*

Conductividad eléctrica (CE), densidad del sustrato (Dsust), densidad aparente (Dap), Poros con aire (PA), espacio poroso total (EPT), capacidad de retención de agua (CRA), materia orgánica (MO), porcentaje de partículas >3,35 mm (T1), 3,35 a 1mm (T2) y <1mm (T3).

Cuadro 3. Muestras de corteza con todas sus variables.

Muestras corteza	pH	CE (mS/cm)	Nitratos (mg/l)	Calcio (mg/l)	Magnesio (mg/l)	Potasio (mg/l)	Sodio (mg/l)	Dsustr. (g/cm3)	Dap. (g/cm3)	MO (%)	PA (%)	CRA (%)	EPT (%)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
CF2-1	5,8	0,05	0	6	5	133	119	0,35	0,14	94	63	29	91	4	47	27
CF2-2	5,3	0,08	6	3	3	182	129	0,35	0,16	75	60	31	91	0	47	37
CF2-3	5,1	0,11	141	8	5	224	154	0,35	0,16	80	56	35	90	0	50	40
CF2-4	5,9	0,06	8	2	4	138	116	0,36	0,15	58	53	37	90	3	46	35
CF2-5	5,9	0,07	13	5	8	239	181	0,31	0,16	87	60	30	90	1	49	39
CF2-6	5,7	0,09	7	7	4	176	112	0,34	0,16	80	53	37	90	0	45	48
CF2-7	6,0	0,08	0	3	4	154	143	0,35	0,15	83	60	31	90	0	47	37
CF2-8	5,7	0,08	0	0	1	168	138	0,33	0,16	81	55	35	90	0	48	40
CF2-9	4,7	0,11	0	1	0	218	102	0,36	0,16	87	34	48	82	0	53	34
CF2-10	5,2	0,10	184	0	3	202	158	0,33	0,18	83	55	34	89	0	47	41
CF2-11	4,8	0,17	0	9	17	303	184	0,31	0,17	86	55	34	89	10	47	42
CG2-2	5,7	0,08	8	2	5	221	146	0,38	0,15	91	68	25	93	6	46	29
CG2-3	5,9	0,06	0	2	2	115	107	0,35	0,13	92	64	29	92	56	3	4
CG2-4	5,8	0,06	0	0	0	123	96	0,28	0,12	92	65	28	93	45	5	5
CG2-5	5,2	0,10	0	1	0	189	98	0,36	0,18	92	60	31	91	32	7	6
CG2-7	4,9	0,14	0	2	2	239	144	0,33	0,13	93	62	29	91	72	12	15

**Corteza fina (CS1), Corteza gruesa (CS2)*

**Conductividad eléctrica (CE), densidad del sustrato (Dsust), densidad aparente (Dap), Poros con aire (PA), espacio poroso total (EPT), capacidad de retención de agua (CRA), materia orgánica (MO), porcentaje de partículas >3,35 mm (T1), 3,35 a 1mm (T2) y <1mm (T3).*

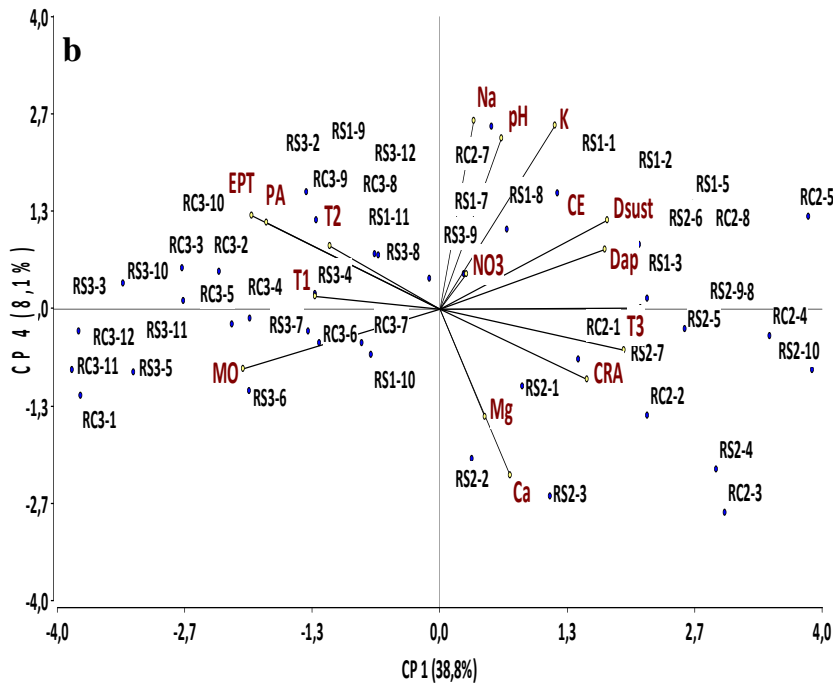
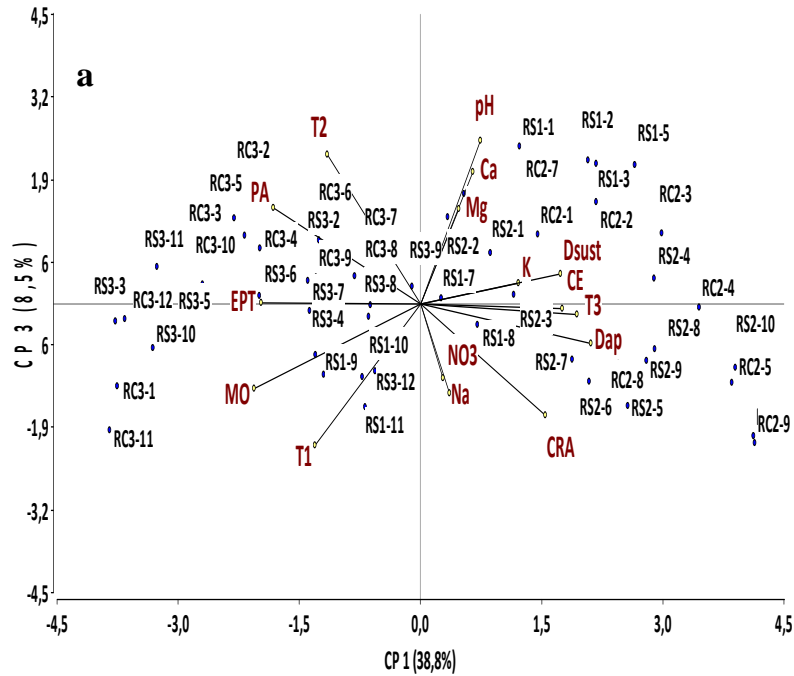


Figura 1. Gráficos Biplot conformados por dos componentes generadas por la combinación lineal de todas las variables de las muestras de turba subtropical. a) Componente principal 1 (CP1) y CP3. b) CP1 y CP4. c) CP2 y CP3. d) CP2 y CP4. e) CP3 y CP4. *Turba subtropical sin procesar de la empresa 1 (RS1), Turba subtropical sin procesar empresa 2 (RS2) Turba subtropical con proceso empresa 2 (RC2) Turba subtropical sin procesar de la empresa 3 (RS3) Turba subtropical con proceso de la empresa 3 (RC3).

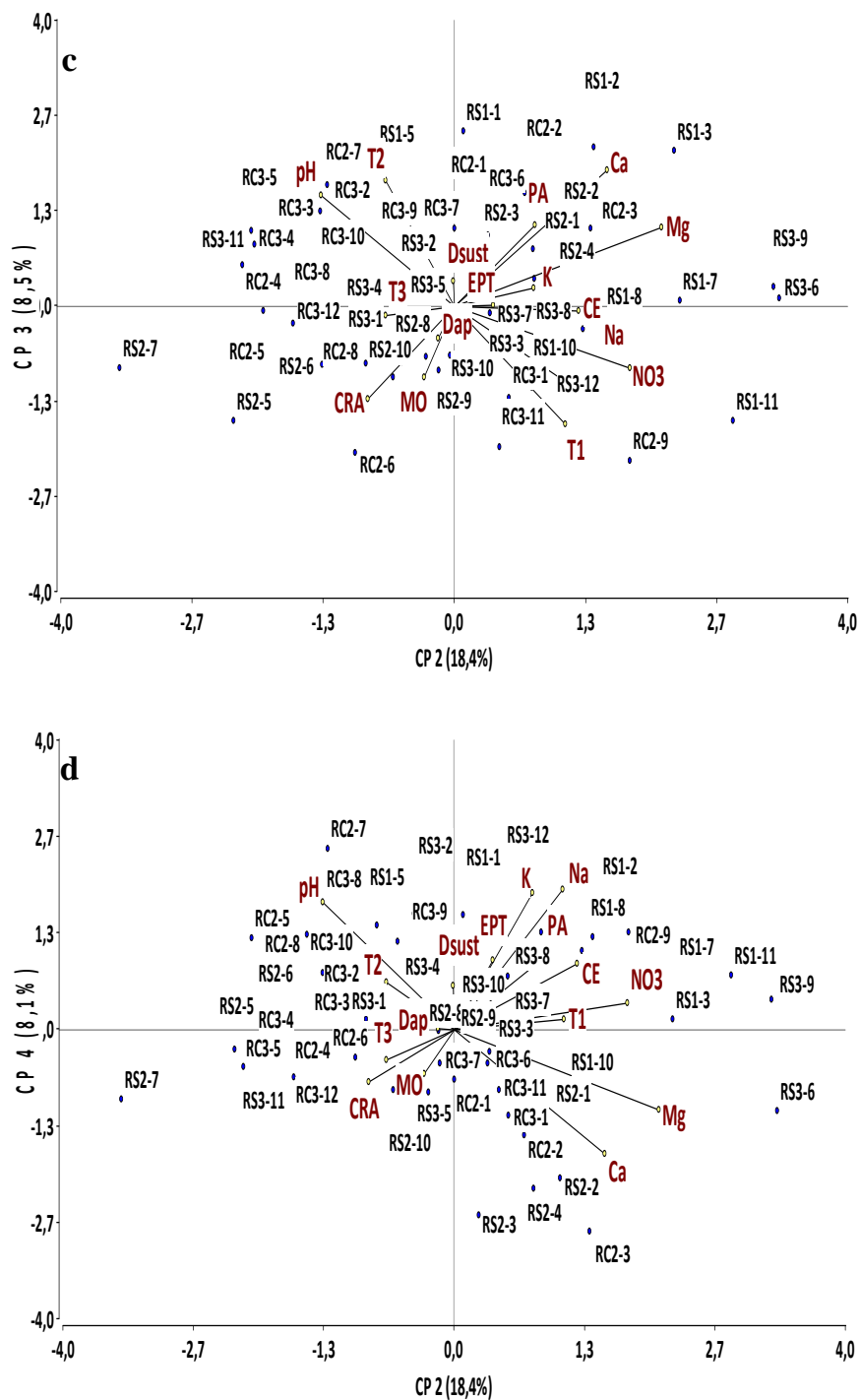


Figura 1 (Continuación). Gráficos Biplot conformados por dos componentes generadas por la combinación lineal de todas las variables de las muestras de turba subtropical. a) Componente principal 1 (CPI) y CP3. b) CPI y CP4. c) CP2 y CP3. d) CP2 y CP4. e) CP3 y CP4. *Turba subtropical sin procesar de la empresa 1 (RS1), Turba subtropical sin procesar empresa 2 (RS2) Turba subtropical con proceso empresa 2 (RC2) Turba subtropical sin procesar de la empresa 3 (RS3) Turba subtropical con proceso de la empresa 3 (RC3).

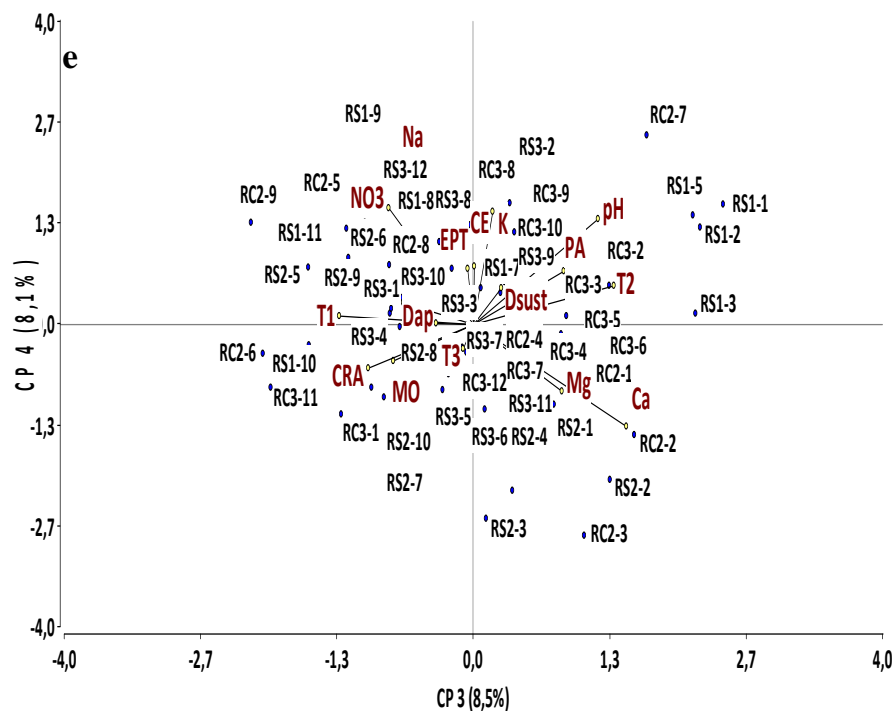


Figura 1 (Continuación). Gráficos Biplot conformados por dos componentes generadas por la combinación lineal de todas las variables de las muestras de turba subtropical. a) Componente principal 1 (CP1) y CP3. b) CP1 y CP4. c) CP2 y CP3. d) CP2 y CP4. e) CP3 y CP4. *Turba subtropical sin procesar de la empresa 1 (RS1), Turba subtropical sin procesar empresa 2 (RS2) Turba subtropical con proceso empresa 2 (RC2) Turba subtropical sin procesar de la empresa 3 (RS3) Turba subtropical con proceso de la empresa 3 (RC3).

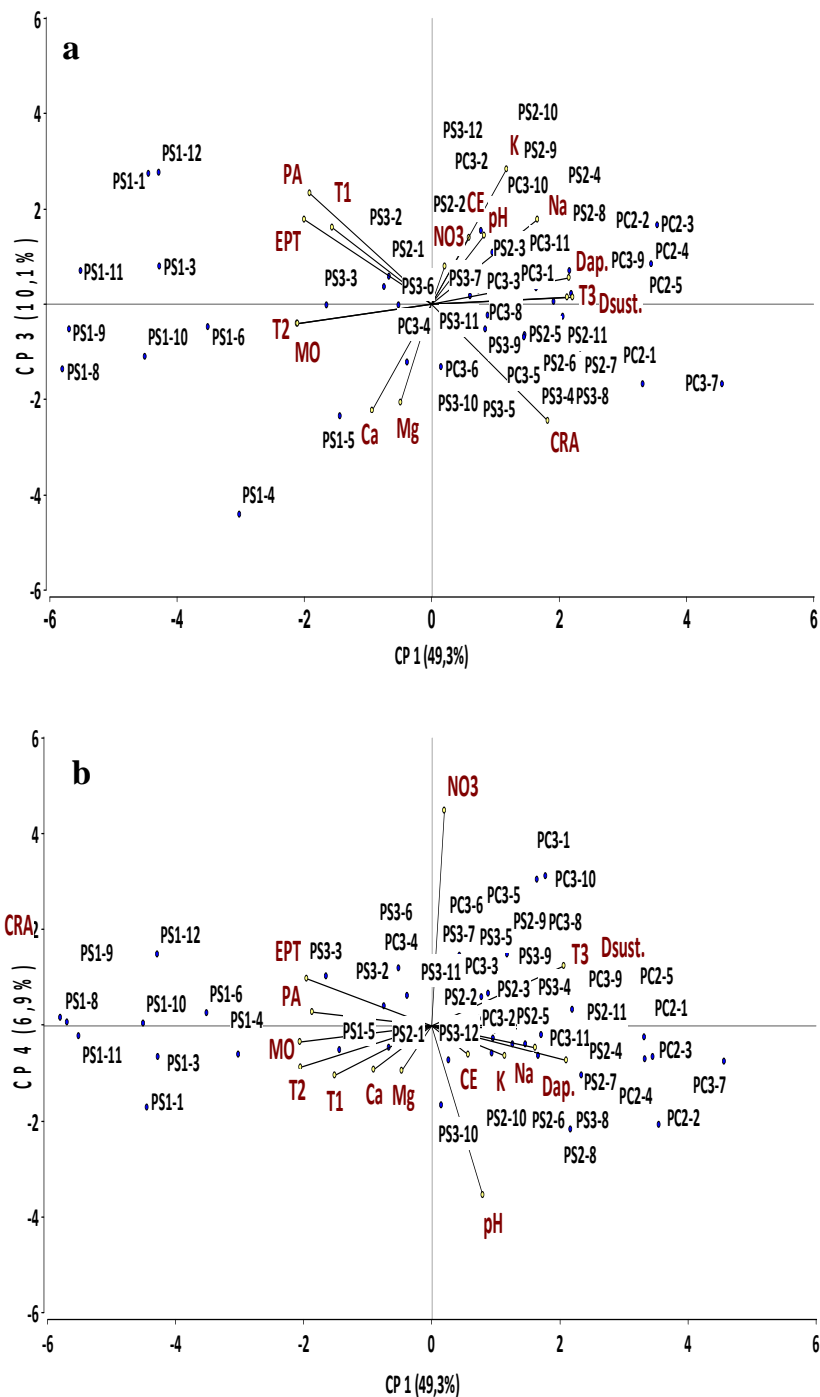


Figura 2. Gráficos Biplot conformados por dos componentes generadas por la combinación lineal de todas las variables de las muestras de pinocha. a) Componente principal 1 (CP1) y CP3. b) CP1 y CP4. c) CP2 y CP3. d) CP2 y CP4. e) CP3 y CP4.

*Pinocha sin procesar de la empresa 1 (RS1), Pinocha sin procesar empresa 2 (RS2) Pinocha con proceso empresa 2 (RC2)
 Pinocha sin procesar de la empresa 3 (RS3) Pinocha con proceso de la empresa 3 (RC3).

*Conductividad eléctrica (CE), densidad del sustrato (Dsust), densidad aparente (Dap), Poros con aire (PA), espacio poroso total (EPT), capacidad de retención de agua (CRA), materia orgánica (MO), porcentaje de partículas >3,35 mm (T1), 3,35 a 1mm (T2) y <1mm (T3). N= 54

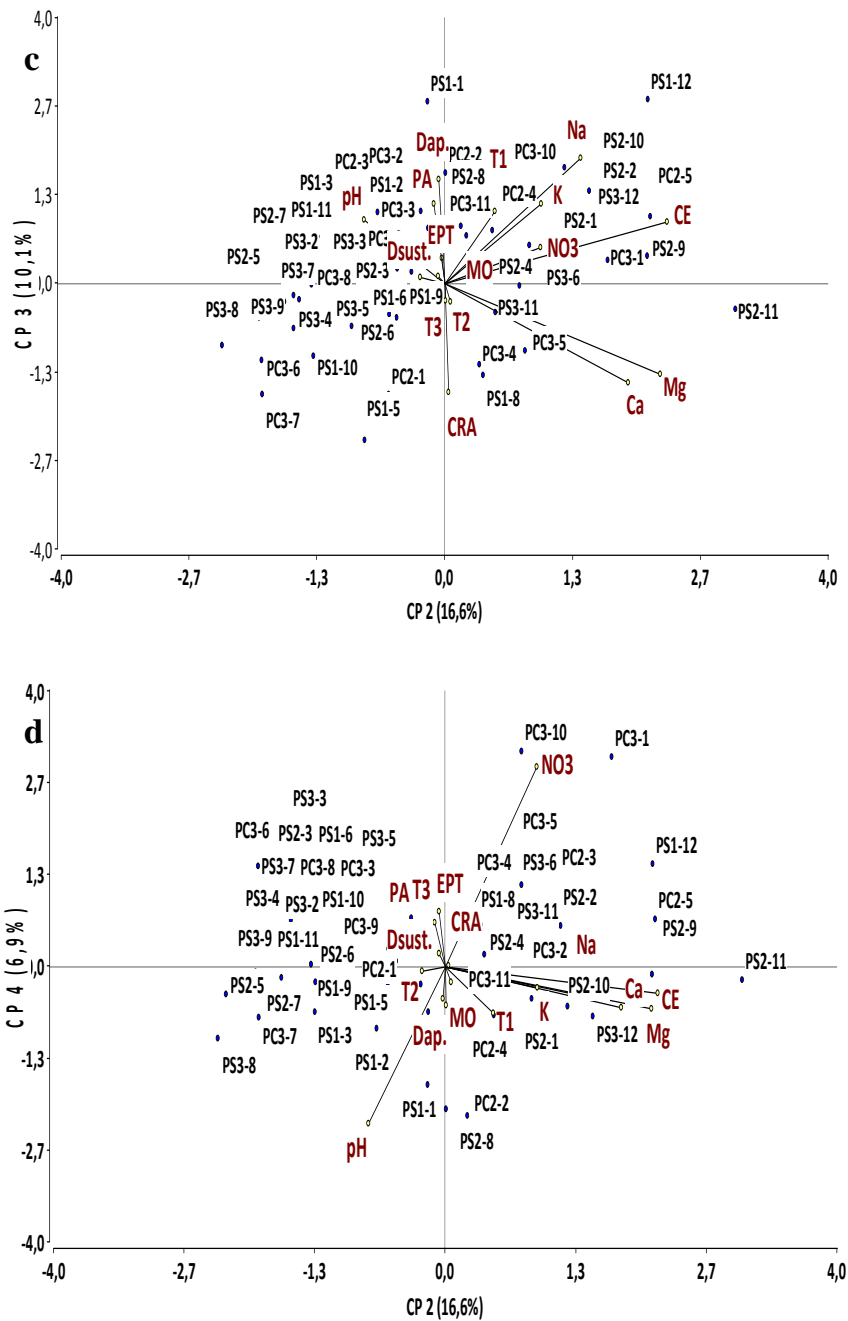


Figura 2 (Continuación). Gráficos Biplot conformados por dos componentes generadas por la combinación lineal de todas las variables de las muestras de pinocha. a) Componente principal 1 (CPI) y CP3. b) CPI y CP4. c) CP2 y CP3. d) CP2 y CP4. e) CP3 y CP4. *Pinocha sin procesar de la empresa 1 (RS1), Pinocha sin procesar empresa 2 (RS2) Pinocha con proceso empresa 2 (RC2) Pinocha sin procesar de la empresa 3 (RS3) Pinocha con proceso de la empresa 3 (RC3). *Conductividad eléctrica (CE), densidad del sustrato (Dsust), densidad aparente (Dap), Poros con aire (PA), espacio poroso total (EPT), capacidad de retención de agua (CRA), materia orgánica (MO), porcentaje de partículas >3,35 mm (T1), 3,35 a 1mm (T2) y <1mm (T3). N= 54

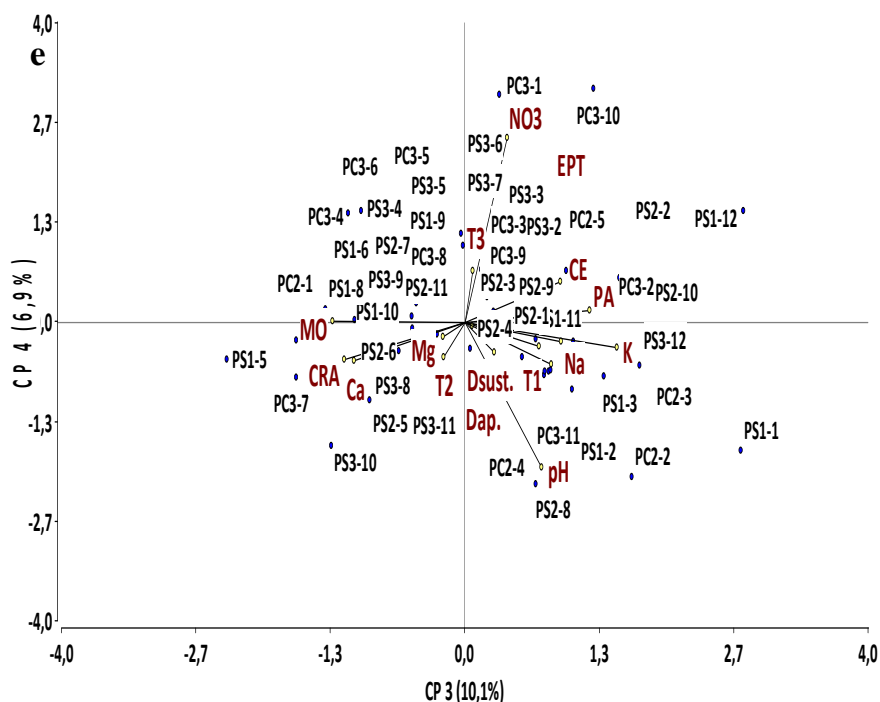


Figura 2 (Continuación). Gráficos Biplot conformados por dos componentes generadas por la combinación lineal de todas las variables de las muestras de pinocha. a) Componente principal 1 (CP1) y CP3. b) CP1 y CP4. c) CP2 y CP3. d) CP2 y CP4. e) CP3 y CP4.

*Pinocha sin procesar de la empresa 1 (RS1), Pinocha sin procesar empresa 2 (RS2) Pinocha con proceso empresa 2 (RC2) Pinocha sin procesar de la empresa 3 (RS3) Pinocha con proceso de la empresa 3 (RC3).

*Conductividad eléctrica (CE), densidad del sustrato (Dsust), densidad aparente (Dap), Poros con aire (PA), espacio poroso total (EPT), capacidad de retención de agua (CRA), materia orgánica (MO), porcentaje de partículas >3,35 mm (T1), 3,35 a 1mm (T2) y <1mm (T3). N= 54