

EFFECTO DE UTILIZACIÓN DE MULCH DE ACÍCULA DE PINO, CORTEZA DE PINO, PAJA CON GUANO DE CABALLO Y GUANO DE PAVO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL PALTO (*Persea americana* Mill) cv. HASS.

HEIDI MAUREEN WIEGAND DAVIES

QUILLOTA CHILE

1999

ÍNDICE DE MATERIAS.

1. INTRODUCCIÓN
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA
 - 2.1. Introducción
 - 2.2. Características del cultivar Hass
 - 2.3. Causa de los frutos pequeños
 - 2.3.1. Factores genéticos
 - 2.3.2. Añerismo
 - 2.3.3. Edad, condición y manejo de los árboles
 - 2.3.4. Clima
 - 2.4. Características de los frutos pequeños
 - 2.4.1. Desarrollo de frutos anillados
 - 2.4.2. Abscisión
 - 2.5. Soluciones
 - 2.5.1. Uso de mulch
 - 2.5.2. Ventajas de su uso
 - 2.5.3. Desventajas de su uso
 - 2.6. Consideraciones a tener al elegir un mulch
 - 2.7. Características de los mulch utilizados
 - 2.7.1. Corteza de árboles
 - 2.7.2. Acícula de pino
 - 2.7.3. Guano
 - 2.7.4. Paja
3. MATERIAL Y MÉTODO
 - 3.1. Ubicación del ensayo
 - 3.2. Definición del área del ensayo
 - 3.2.1. Clima
 - 3.3. Material vegetal

- 3.4. Tratamientos
- 3.5. Desarrollo radicular
- 3.6. Desarrollo vegetativo de primavera y verano
- 3.7. Desarrollo reproductivo
- 3.8. Duración de los diferentes mulch
- 3.9. Variables
- 3.10. Diseño experimental

- 4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 4.1. Desarrollo radicular
 - 4.1.1. Longitud de raicillas
 - 4.1.2. Densidad radicular
 - 4.1.3. Diámetro de raicillas presentes en los rizotrones
 - 4.1.4. Diámetro de raicillas presentes en el mulch
 - 4.1.5. Características de las raíces
 - 4.1.6. Distribución radicular

- 4.2. Crecimiento vegetativo
- 4.3. Desarrollo reproductivo
 - 4.3.1. Número de inflorescencias determinadas e indeterminadas
 - 4.3.2. Porcentaje de frutos cuajados

- 4.4. Degradación de los diferentes mulch
- 4.5. Desarrollo de malezas

- 5. CONCLUSIONES
- 6. RESUMEN
- 7. LITERATURA CITADA

- ANEXOS

1. INTRODUCCIÓN.

El palto (Persea americana Mill.) es una especie frutícola originaria de América Central y de gran interés mundial. Chile no está ajeno a este interés; siendo la V región, la principal zona productora del país con 9985,6 hectáreas (INE, 1997). Es así como su cultivo se ha extendido a lugares con características climáticas menos favorables que las de su zona de origen, lo que ha repercutido en el nivel de producción.

Las excelentes características organolépticas, su larga vida de postcosecha y el color púrpura a negro de su piel, entre otras, han hecho de la variedad Hass la principal variedad cultivada en el país. Sin embargo, presenta ciertos aspectos negativos, entre los cuales se encuentra una tendencia a presentar alternancias de producción debidas generalmente a bajas floraciones, bajos porcentajes de cuaja o intensas caídas de frutos. Otro problema que se ha observado en las zonas productoras es la presencia de una gran cantidad de frutos de bajo calibre, los que son de poco interés en el mercado.

Numerosas pueden ser las razones que explican este problema, siendo una de las principales, el factor genético. Pero existen otros factores como el tipo de polinización, edad de los árboles y condición, competencia entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, condiciones climáticas de la zona de cultivo poco

favorables y los manejos realizados en el huerto, entre otros; que pueden estar influyendo en estos resultados.

Diferentes autores han establecido que la presencia de frutos pequeños corresponde a un problema fisiológico del árbol que se relaciona a la falta de división celular en el mesocarpo del fruto y a la muerte temprana de la testa de la semilla. Debido a que es ésta la que controla el flujo de nutrientes, asimilados y hormonas promotoras necesarias para el crecimiento del fruto, una vez que se deshidrata y muere, el incremento en el tamaño del fruto se ve reducido (MOORE-GORDON, WOLSTENHOLME y LEVIN, 1995).

Este problema no se ha observado con tanta intensidad en las zonas productoras que poseen condiciones climáticas y de suelo similar a las del lugar de origen de la especie, la cual posee un clima más suave, de temperaturas más benignas y con una alta humedad relativa. Esto ha generado una constante capa de materia orgánica en descomposición en la superficie del suelo en donde las raíces del palto se desarrollan alcanzando un crecimiento, densidad y sanidad mucho mayor a la de los paltos cultivados en zonas de climas más extremos. Lo anterior se debe a que las condiciones de estrés son mínimas, por lo que el sistema radicular se desarrolla en excelente forma permitiendo un adecuado aporte de nutrientes, agua y reguladores de crecimiento indispensables para mantener la viabilidad de la testa de la semilla y permitir el crecimiento de los frutos.

Basado en las condiciones naturales en que evolucionó el palto y en su sistema radicular superficial, la utilización de mulch orgánico junto con buenos manejos culturales, generará una disminución de las condiciones de estrés y favorecerá el crecimiento y sanidad de las raíces y su equilibrio de éstas con la brotación y la floración, lo que causará una disminución de la cantidad de frutos pequeños incidiendo directamente sobre la productividad .

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. Introducción:

El palto (Persea americana Mill.) pertenece a la familia de las Lauráceas, suborden Magnolíneas, orden Ranales, clase dicotiledóneas (ENGLER'S, 1964, citado por HERNÁNDEZ, 1991).

Corresponde a una especie subtropical de la altiplanicie volcánica del centro sur de México donde contaba con suelos friables, ricos en potasio y otros elementos como el hierro (MALO, 1986). Su evolución ocurrió en frescos bosques bajo la influencia de un clima muy abrigado con abundantes lluvias en suelos que poseían buen drenaje y una gran capa de material orgánico lo que queda demostrado por la alta tendencia de sus raíces sanas de crecer hacia cualquier capa de suelo en descomposición. Estas características de su zona de origen han influido en la condición actual de la especie. Las dos primeras necesidades del palto son ampliamente reconocidas puesto que su ausencia causa notorias consecuencias. La tercera rara vez es reconocida debido a que los efectos dañinos de su ausencia son mucho menos obvias (BERG, 1992; WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN, 1997).

En el presente, el palto es cultivado en zonas subtropicales semiáridas con condiciones climáticas más extremas, lo que ha generado algunas dificultades en

su cultivo, dado principalmente por la susceptibilidad que presenta a temperaturas bajo 0°C. De la misma manera, el cultivo sufre decaimiento con temperaturas superiores a 40°C y humedad relativa inferior a 30% (MALO, 1986).

El sistema radical del palto es poco profundo y está formado por numerosas raíces cortas y débiles, extensamente suberizadas y relativamente ineficientes en la absorción de agua, con una baja conductividad hidráulica y baja frecuencia de pelos radicales. La alta resistencia al flujo hidráulico puede producir una excesiva variación diurna del contenido de agua en el árbol, lo que puede generar una pérdida excesiva de frutos durante las etapas críticas de desarrollo afectando la productividad y calidad final de los frutos (DU PLESSIS, 1991; WHILEY, 1990; LAHAV y KALMAR, 1983; LOVATT, 1990; BOWER, CUTTING y VAN LELYVELD, 1986).

Debido a que las raíces del palto son superficiales encontrándose la mayor cantidad en los primeros 45 cm de suelo, son altamente vulnerables a cualquier cambio ambiental rápido. Es así como con temperaturas de suelo menores a 18°C la actividad radicular se ve disminuida y con temperaturas de suelo de 13°C se ve suprimida (WHILEY et al, 1988b; CÁSALE et al, 1995; TAPIA, 1993), encontrándose las mejores temperaturas de suelo para el crecimiento radical del palto entre los 21°C - 27°C (YUSOF, BUCHANAN y GERBER, 1969).

2.2. Características del cultivar Hass:

Existen numerosas variedades de interés comercial, pero la excelente calidad interna de los frutos, el color púrpura a negro de la piel, el mayor potencial productivo de los árboles y su época de cosecha tardía han hecho que el palto cv Hass sea la principal variedad cultivada en las zonas subtropicales semiáridas de California, Chile, Australia e Israel y en zonas de climas subtropicales con lluvias de verano (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995; CUTTING, 1993; WHILEY et al., 1986).

Pero existen ciertos aspectos negativos del cultivar, siendo el más importante su tendencia a producir frutos pequeños los que no tienen buena aceptación en el mercado (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995; ZILKAH y KLEIN, 1987). Lo anterior se traduce en una pérdida económica para el productor (CUTTING, 1993).

2.3. Causa de los frutos pequeños:

El crecimiento de los frutos de palto sigue una curva sigmoidea simple que posee tres etapas. En la primera, el tamaño de los frutos y su peso se ve aumentado en gran manera debido a la división celular. En la segunda, el crecimiento se caracteriza por una reducida división celular y por una mayor expansión de las células. En la tercera etapa la tasa de crecimiento disminuye debido a la mínima

división y expansión celular que se lleva a cabo (COWAN, MOORE-GORDON y WOLSTENHOLME, 1997).

Para las condiciones de Quillota, el mayor crecimiento de los frutos se extiende desde cuaja hasta el mes de marzo - abril (HERNÁNDEZ, 1991).

En ensayos realizados en Sudáfrica por COWAN, MOORE-GORDON y WOLSTENHOLME (1997) se establece que aproximadamente a los 55 a 60 días después de cuaja la susceptibilidad del cv Hass a condiciones ambientales estresantes se ve aumentada y se expresa el fenotipo de frutos pequeños. Lo anterior coincide con el inicio del crecimiento vegetativo de verano. A esto se suma las altas temperaturas e irradiación registradas en el huerto en este período. Lo anterior sugiere que tanto los eventos externos e internos de la planta contribuyen a la expresión de frutos pequeños (COWAN, MOORE-GORDON y WOLSTENHOLME, 1997; COWAN, 1997).

2.3.1. Factores genéticos:

Sin lugar a dudas, el factor genético juega un rol importante en el tamaño de los frutos. Es así como los frutos del cv. Hass son en promedio mucho más pequeños que los del cv Fuerte, Ryan, Sharwill y otros (WOLSTENHOLME et al., 1995).

2.3.2. Añerismo:

Según DAVIE et Ij. (1995), la existencia de gran cantidad de frutos de bajo calibre se debe a la alternancia de producción que presenta el palto, por lo que las soluciones deben ir orientadas a disminuir las variaciones de producción que presentan los huertos.

2.3.3. Edad, condición y manejo de los árboles:

Como anteriormente fue señalado, el principal factor que afecta el tamaño del fruto y la producción del palto está dado por la genética, sin embargo, influyen también los manejos realizados, el medio ambiente, el tipo de polinización que ocurra (cruzada o autopolinización), el nivel de carga y el tamaño y edad del árbol. Es así como en condiciones de alta carga, árboles de gran tamaño, poco vigorosos y viejos presentan una mayor proporción de frutos pequeños que árboles jóvenes, vigorosos y sanos. Esto se explica por la mejor relación hoja-fruto y menor gasto de energía en respiración y crecimiento de los segundos árboles en relación a los primeros que presentan una mayor proporción de madera estructural que mantener en relación a su área foliar activa (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995; WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y ANSERMINO, 1997).

En relación al tipo de polinización, estudios realizados por ROBBERTSE y COETZER (1995), citados por WOLSTENHOLME y WHILEY (1995), plantean que

la autopolinización es un factor importante que contribuye a la presencia de frutos pequeños en el cultivar Hass. Señalan además que la polinización cruzada permite obtener embriones y semillas más robustas, permitiendo que el efecto del mayor crecimiento experimentado por la cubierta de la semilla sea transmitido al resto del fruto pudiendo de esta forma incrementar su tamaño. Sin embargo, la interplantación de diferentes cultivares para favorecer la polinización cruzada es aún cuestionada (WOSTENHOLME y WHILEY, 1995).

Mediante un ensayo llevado a cabo en la Estación Experimental La Palma (Quillota) por GANDOLFO (1995), en el cual se determinó el porcentaje de autopolinización y polinización cruzada en diferentes combinaciones de palto cv. Hass con diferentes cultivares polinizantes, se observó que no existieron diferencias significativas en los calibres de los frutos obtenidos en los distintos tratamientos y el testigo.

El número de frutos en el árbol, la posición de éstos en el árbol y en una determinada rama, el número y tamaño de las hojas que están aportando fotosintatos al fruto y finalmente el régimen de luz en la zona de las hojas corresponden a otros factores que influyen en el calibre final de los frutos (ZAMET, 1995a). Si bien existe un amplio rango de tamaños en los frutos de un árbol, no se observa ningún patrón de distribución de los frutos pequeños en éstos (COWAN, 1997; COWAN, MOORE-GORDON y WOLSTENHOLME, 1997).

Por otro lado, SCHROEDER y WIELAND (1956) establecen que el factor más importante que afecta la reducción del tamaño de los frutos es la transpiración, ya que los frutos son un reservorio de humedad para las hojas cuando el árbol está sometido a condiciones internas de estrés hídrico.

El problema de frutos pequeños normalmente se presenta en árboles que están en el año de alta producción (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995).

2.3.4. Clima:

KREMER-KÓHNE y KÓHNE (1995) establecen que el problema de frutos pequeños del palto Hass no se restringe sólo a árboles viejos o enfermos. Esto es corroborado por WHILEY et al. (1994), citados por WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y ANSERMINO (1997), quienes establecen que este problema se agrava por las altas temperaturas durante la etapa de crecimiento del fruto. Es así como los frutos obtenidos de huertos ubicados en la zona costera de Queensland que presenta un clima subtropical cálido eran un 30% más pequeños que los obtenidos de huertos en zonas altas de clima más fresco. Por otro lado, la producción obtenida en la zona costera de clima más fresco fue mayor que la de los huertos ubicados en las zonas más cálidas. Las mediciones de frutos realizados en ambos huertos durante un período de cuatro años indican que aquéllos de zonas altas con clima subtropical fresco presentaban un incremento en peso de un 17%.

Los frutos obtenidos de la zona de Florida también son mucho más pequeños que los provenientes de huertos del sur de California que poseen un clima más fresco (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995).

De la misma forma en Sud África es reconocido que la fruta proveniente de zonas más cálidas es en promedio más pequeña que la de zonas de climas más suaves (WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y ANSERMINO, 1997). Esto se podría explicar, en parte, por la alta tasa respiratoria de los frutos de palto Hass, principalmente en condiciones de altas temperaturas (BLANKE y WHILEY, 1995, citados por WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y ANSERMINO, 1997).

Ensayos realizados por ZILKAH y KLEIN (1987) muestran que la cuaja de los frutos de mayor tamaño ocurre antes en el tiempo (2 o 3 días), que la de los frutos más pequeños. Lo anterior es corroborado por ZAMET (1995a) y COWAN, MOORE-GORDON y WOLSTENHOLME (1997), quienes establecen que los frutos de mayor tamaño en el cv. Hass cuajan primero que los de menor tamaño. Debido a que las condiciones endógenas del árbol no debieran cambiar drásticamente en un corto intervalo de dos a tres días, la causa más probable de las diferencias en los frutos se debe a condiciones climáticas que prevalecen durante la etapa de polinización, anthesis o cuaja. Es así como durante las primeras etapas de crecimiento, los frutos pequeños tendrían una restricción en el largo presentando una tasa de crecimiento más moderada, por lo que se demorarían más tiempo en obtener tamaño.

Debido a que el período de floración en Chile es extenso, alcanzando 2,5 a 3 meses, los frutos cuajados al principio de la floración presentan un período más largo de crecimiento (2,5 a 3 meses mayor) que los frutos cuajados al final de la floración (GARDIAZABAL, 1999)*

Según ZAMET (1995a) el calibre y nivel de producción del palto depende del estrés por altas temperaturas, las temperaturas mínimas, la temperatura del suelo a inicios de primavera y la cantidad de lluvia. Lo anterior se debería a que la existencia de excesiva lluvia en invierno provoca la muerte de numerosas raíces por lo que temprano en primavera y durante la floración y cuaja el árbol presenta dificultades en absorber suficiente agua del suelo. Además las bajas temperaturas del suelo en primavera dificultan el crecimiento de raíces, lo que se traduce también en insuficiente absorción de humedad. Por otro lado, las bajas temperaturas ambientales pueden retrasar el proceso de cuaja mientras que las altas temperaturas pueden provocar la caída de los frutos más débiles.

Es así como árboles viejos y estresados que crecen en ambientes más cálidos y secos pueden presentar un 40% de frutos muy pequeños para ser exportados, siendo lo común en paltos cv. Hass sanos sólo un 5 a 20% de frutos pequeños (WOLSTENHOLME et al,1995; KREMER-KÓHNE y KÓHNE.1995; COWAN, 1997).

* GARDIAZABAL, F. Ing. Agr. 1999. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

Si se compara el ciclo fenológico del palto Hass en las principales zonas productoras de Chile con el desarrollado por esta variedad en Australia, Sudáfrica y California, se observa que en nuestro país la floración ocurre más tardíamente y por lo tanto, la cuaja también. De esta forma, en marzo y abril, cuando los frutos están en su máximo crecimiento las temperaturas ambientales han disminuido, por lo que la tasa de crecimiento de los frutos se reduce notablemente. Lo anterior generaría frutos de menor tamaño (GARDIAZABAL, 1999)*

2.4. Características frutos pequeños:

El normal crecimiento de los frutos de palto depende de la existencia de una semilla viable para lo cual se requiere que haya existido un adecuado crecimiento del tubo polínico, fertilización y desarrollo del endosperma (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995).

Se ha sugerido la existencia de una fuerte relación entre el tamaño de la semilla y el tamaño del fruto, a pesar que el tamaño de la semilla varía según el cultivar y el medio ambiente (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995).

En los estudios realizados por BLUMENFELD y GAZIT (1974) en diferentes huertos de paltos en Israel, se ha observado que el embrión de la semilla es pequeño en un principio y se desarrolla y crece rápidamente durante el primer mes.

* GARDIAZÁBAL, F. Ing. Agr. 1999. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

Su desarrollo se extiende desde cuaja hasta septiembre en el caso del cv. Fuerte y hasta noviembre en el caso del cv. Hass, época en la cual ocurre la completa deshidratación de la cubierta de la semilla, por lo que el suministro de nutrientes se ve suspendido. La cubierta de la semilla es blanca, gruesa y succulenta en los frutos inmaduros, su grosor alcanza los 2 mm en Fuerte llegando a pesar 3,5-4 gramos. Después de tres a cuatro semanas de ocurrida la cuaja se transforma en el componente más pesado de la semilla, alcanzando su máximo peso en agosto. Posterior a esto la testa comienza un normal proceso de deshidratación, adelgazamiento y oscurecimiento hasta que se seca completamente, tomando una consistencia membranosa. El sistema vascular en la testa también se seca y es incapaz de transferir materiales y hormonas, por lo que no puede existir un intercambio rápido de materiales entre el embrión y el pericarpio, cesando completamente la influencia del embrión sobre el crecimiento del fruto. En este momento el embrión se encuentra completamente libre en la cavidad de la semilla, lo que indica la madurez hortícola de la fruta. Esto precede la disminución en la tasa de crecimiento del fruto en septiembre.

Para las condiciones de las principales zonas de producción de paltas de nuestro país la deshidratación de la testa de la semilla y, por ende, la cesación del suministro de nutrientes ocurre en forma normal en el mes de mayo para el cultivar Fuerte y entre julio y septiembre para el cultivar Hass (GARDIAZABAL, 1999)*

* GARDIAZABAL, F. Ing. Agr. 1999. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

La muerte de la cubierta de la semilla está estrechamente relacionada con la madurez de la fruta, es así como la testa se seca antes en cultivares más tempranos y más tarde en cultivares de maduración tardía. Cuando por alguna razón la muerte de la cubierta de la semilla ocurre temprano, pero después de mediados de diciembre, se desarrollan frutos intermedios (BLUMENFELD y GAZIT, 1974).

Mediante los estudios de STEYN et al (1993), citados por WOLSTENHOLME y WHILEY (1995), se concluyó que los frutos pequeños presentan embriones y endosperma rudimentarios faltándoles una capa de tejido llamada pachychalaza que corresponde al tejido vascular de la testa de la semilla por el cual ocurre el movimiento de los fotosintatos, agua y nutrientes minerales que permiten el normal desarrollo de ésta. Su ausencia causaría entonces un temprano aborto de la semilla, lo que se traduce en un menor desarrollo del fruto.

Como es sabido, *una de las* principales funciones de la semilla es aportar los reguladores de crecimiento a través de su gruesa y succulenta cubierta y endosperma. Lo anterior origina fuertes 'sinks' de fotosintatos en los frutos en desarrollo. Es así como en condiciones normales existe un aumento significativo en los niveles de ácido indolacético y de dos citoquininas (2IP e IPA) en la testa de los frutos en crecimiento, pero disminuyen a niveles cercanos a cero cuando ésta se seca, mientras que los niveles de ácido abscísico aumentan a medida que el fruto se desarrolla (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995; BLUMENFELD y GAZIT, 1974).

CUTTING (1993) ha observado una alteración y disminución de la concentración de citoquininas endógenas en los frutos de paltos cv. Hass de zonas más cálidas, por lo que propone la existencia de una interferencia del clima en el transporte y/o síntesis y metabolismo de citoquininas. Según sus estudios, existe una diferencia tanto cualitativa como cuantitativa en el complejo de citoquininas de los frutos según las características climáticas de la zona en que se encuentran los huertos, siendo la concentración de zeatina y dehidrozeatina mayor en la testa de los frutos de huertos de zonas más frescas. También concluye que los frutos de zonas más cálidas presentan una degradación prematura de la testa (a los 120 días después de la cuaja), lo que no se observa en los frutos de paltos de zonas más frescas.

Otros estudios indican que el crecimiento de los frutos pequeños está limitado por el número de células que posee y no por el tamaño de éstas. La enzima HMGR (3-hidroxi 3-metilglutaril coenzima A reductasa) que cataliza la formación del ácido mevalónico (precursor del ABA y de las citoquininas); las citoquininas y el ácido mevalónico juegan un rol primordial en regular la división celular. Debido a esto la formación o aplicación de compuestos inhibidores de cualquiera de ellos; tales como el ácido abscísico y mevastina, genera una disminución de dicha división. Lo anterior sugiere que la relación citoquininas/ABA es la llave al tamaño de los frutos, teniendo los frutos pequeños bajos niveles de citoquininas, altos niveles de ABA en la pulpa y una reducción de la actividad de la enzima afectada por mevastina (WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN, 1997; COWAN, 1997).

Existen numerosos factores a los cuales se les ha implicado el desarrollo de frutos pequeños. Entre éstos se encuentran la tasa respiratoria, la nutrición e irrigación y la complejidad del árbol. Sin embargo, en condiciones de manejo adecuado, el aspecto fisiológico más importante parece ser la salud de la testa de la semilla (CUTTING, 1993).

Es así como la muerte temprana de la testa de la semilla, rica en reguladores de crecimiento; y la falta de pachychalaza estarían fuertemente asociados a la existencia de frutos pequeños (WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN, 1997).

2.4.1. Desarrollo de frutos anillados:

De la misma forma, se ha visto una alta correlación entre la presencia de frutos pequeños con el desarrollo de un anillado del pedúnculo de éstos y con la muerte prematura de la testa, todo originado por condiciones de estrés. Estas aceleran y aumentan al mismo tiempo la caída de frutos de primavera-verano (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995; WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN, 1997; COWAN, 1997).

Es así como los frutos afectados tempranamente en su desarrollo se desprenden rápidamente, mientras que aquellos en que aparece más tarde no se caen, pero

presentan menor crecimiento dos a tres meses antes de la cosecha (MUÑOZ y JANKIEWICZ, 1984, citados por GANDOLFO, 1995).

Dicho anillado corresponde al desarrollo de lesiones corchosas en el pedúnculo o pedicelo de la fruta. Se presenta con diferentes intensidades según las condiciones climáticas de la zona en que se encuentren los huertos (WHILEY et al., 1986). Si bien la causa no se ha esclarecido totalmente, ha sido atribuido a los altos contenidos de cloro en los pedicelos de los frutos (HAAS, 1936, citado WHILEY et al. 1986). Por otra parte, TOERIEN (1979), citado por WHILEY et al. (1986), lo asocia con niveles altos o bajos de nutrientes. Sin embargo WHILEY et al. (1986), lo asocian con condiciones de estrés hídrico durante la etapa de desarrollo de los frutos. Dicho estrés provocaría un aumento en los niveles de ABA lo que estimularía la formación de una zona de abscisión, la que puede desarrollarse en la unión del pedicelo con el pedúnculo, en la unión del fruto con el pedicelo o en la unión del pedúnculo con la rama.

El aumento de ABA se contrarresta parcialmente con el aporte de auxinas desde la semilla y totalmente si el déficit hídrico se reduce y el aporte de auxinas desde la semilla se mantiene (WHILEY et al., 1986).

La pudrición de raíces generada por Phytophthora cinnamomi Rands corresponde a uno de los factores más importantes que limitan la producción de paltos. Dicho

ataque provoca una alteración de las relaciones hídricas en el árbol (WHILEY et al., 1986).

En ensayos realizados en árboles de 6 años en la zona de Queensland en a que se probó metalaxyl y phosethyl de aluminio para proteger a los árboles de pudrición de raíces se observó que los árboles tratados con fungicidas presentaban en forma significativa un menor número de frutos anillados con respecto al testigo. Se observó también que los árboles afectados por *P. cinnamomi* presentan un mayor déficit hídrico que los árboles sanos durante casi todo el día y la noche, aunque ambos alcanzan similares potenciales de agua xilemáticos al amanecer (WHILEY et al., 1986).

Se ha reportado para numerosas especies, como cítricos y vides, que durante períodos de estrés hídrico existe una transferencia diurna de agua desde los frutos a las hojas o desde los frutos a los tallos. De la misma forma, SCHROEDER y WIELAND (1956) demuestran la existencia de una transferencia de humedad de los frutos y tallos de paltos de cv. Fuerte hacia las hojas durante períodos diurnos de alta transpiración. Basados en esto, WHILEY et al. (1986) postulan que el anillado del pedúnculo de los frutos se produce cuando ocurren condiciones de déficit hídrico en forma constante durante el desarrollo de éstos.

Es así como la pérdida de raíces causada por condiciones de estrés hídrico, salinidad, asfixia o daño radicular provocado por Phytophthora cinnamomi.

disminuyen la absorción de agua y la síntesis y transporte de citoquininas y giberelinas lo que favorece la muerte de la testa de la semilla, el desarrollo del anillado del pedúnculo de los frutos y la presencia de una mayor proporción de frutos pequeños (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995; BRADFORD y YANG, 1981).

De la misma manera, la reducción de la actividad radicular durante la floración y cuaja unidos a la alta pérdida de agua por las inflorescencias estaría favoreciendo el desarrollo de frutos anillados (WHILEY et al., 19885).

2.4.2. Abscisión de frutos:

Luego de cuajado el fruto, el delicado tejido embrional es fácilmente dañado y puede ser afectado por condiciones ambientales desfavorables (altas o bajas temperaturas), desecación y deficiencias nutricionales que lo desintegran o hacen abortar. Lo anterior genera la caída del fruto o el desarrollo de frutos sin semilla (SCHROEDER, 1954).

Según BLUMENFELD y GAZIT (1974) la viabilidad de la cubierta de la semilla estaría relacionada con la abscisión de frutos. Es así como en Israel se ha visto que existen por lo menos tres "olas de abscisión" en el cultivar Fuerte. La primera ocurre durante los primeros diez días después de la cuaja, la segunda durante el mes siguiente y la tercera en julio.

En la primera caída se ha observado un gran desprendimiento de flores no fertilizadas y de frutitos recién cuajados existiendo algún tipo de daño a la semilla de éstos, siendo normalmente a la testa. Además, cubiertas de semillas deshidratadas y de color oscuro han sido encontrados en los frutos abscisionados en las otras caídas (BLUMENFELD y GAZIT, 1974; SEDGLEY, 1987).

Bajo las condiciones de Australia, se han observado dos "peaks" de caída de fruta, siendo el primero después de cuaja. La segunda caída se produce temprano en verano. Coincide con el flush de crecimiento vegetativo lo que genera una competencia entre las dos formas de crecimiento por las reservas del árbol (WHILEY et al., 1988a).

Para las condiciones de Chile, HERNÁNDEZ (1991), quien describió el ciclo fenológico del palto Hass para la zona de Quillota observó un solo "peak" de caída de frutos, el cual alcanza su máximo un mes después de antesis. De la misma forma TAPIA (1993) registró un solo "peak" de caída, un mes después de floración, sin embargo, observó una segunda caída de frutos que comenzó en febrero teniendo una duración de 14 semanas. Esta es menor en número de frutos, pero es mucho más significativa en peso, debido a que el tamaño de los frutos es mayor (TAPIA, 1993).

SEDGLEY (1979) y SEDGLEY (1980) citado por TAPIA (1993) establece que la gran abscisión de flores y frutos del palto se debe a un problema fisiológico que no está relacionado con anomalías anatómicas en el óvulo o alguna interrupción de los procesos de fertilización. Lo anterior se basa en que frutitos con embriones y endosperma anatómicamente normales presentan detención del desarrollo, degeneración del contenido celular, cayendo posteriormente. Esto sugiere que la competencia por agua y nutrientes entre el crecimiento vegetativo y los frutos así como también entre los frutos, pueden ser los responsables de esta abscisión. Dicha competencia coincide con la disminución de las reservas de hidratos de carbono durante la floración llegando a la menor concentración durante la caída de verano (SEDGLEY, 1987).

De la misma forma, WHILEY (1990) establece que el éxito de la formación de frutos durante los primeros 60 días posteriores a la floración depende de la disponibilidad de fotosintatos almacenados, la fotosíntesis del momento y del tiempo de transición de "sink" a fuente de los brotes que se renuevan en la primavera.

2.5. Soluciones:

Para la obtención de frutos normales de calibres medianos a grandes se requiere maximizar la división celular, tanto del fruto como de la semilla, por lo que la disminución de hormonas promotoras del crecimiento tales como citoquininas, auxinas, giberelinas, asimilados fotosintéticos, nutrientes minerales y agua

corresponderían a factores que tienden a aumentar la presencia de frutos de bajo calibre (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995).

Los trabajos para lograr un incremento del tamaño de los frutos van orientados en diferentes direcciones, entre los cuales se encuentra: la búsqueda de nuevas selecciones del cv. Hass de frutos más grandes, la manipulación de los reguladores de crecimiento para tratar de disminuir la gran competencia existente entre el crecimiento vegetativo de primavera con la cuaja de los frutos de los brotes indeterminados, la poda, el uso de anillado en verano, el cual ha demostrado en cítricos un aumento de un 15% del tamaño de los frutos; la búsqueda de polinizadores para el cv. Hass que presenten un buen crecimiento de tubos polínicos y que logren aumentar el tamaño de los frutos, y; la realización de cosechas tardías que si bien permiten obtener frutos de mayores calibres, estimulan a los árboles a iniciar un ciclo de producción bianual (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995).

Los manejos anteriormente nombrados son sólo soluciones parciales que pueden aminorar el problema, pero constituyen tecnologías complejas; en cambio, la recuperación de la capa natural de material orgánico bajo los árboles permite reducir las condiciones de estrés, mejorar el drenaje y el nivel nutricional del suelo lo que favorece el crecimiento y sanidad radicular, permitiendo un mayor crecimiento de éstas principalmente durante sus dos flushes de crecimiento. De esta forma, las raíces sanas sintetizan y traslocan mayor cantidad de citoquininas y giberelinas y

menor cantidad de ácido abscísico y etileno hacia la parte aérea, incluyendo los frutos en desarrollo, lo que permite una mayor división celular principalmente en la primera etapa de desarrollo de los frutos y evita el aborto temprano de la testa de la semilla aumentando la capacidad sink de los frutos. De esta forma, al retardar la muerte de la cubierta de la semilla se prolonga el período de crecimiento total del mesocarpo. Además las mejores relaciones hídricas reducen el desarrollo de los síntomas de anillado de los frutos presumiblemente por la disminución de los contenidos de ácido abscísico en los pedúnculos de los frutos. Todo lo anterior se traduce en árboles menos estresados con un desarrollo radicular, vegetativo y frutal más balanceado, disminuyendo el número de frutos pequeños y obteniéndose aumentos en el tamaño y producción de frutos.

El mayor desarrollo radicular generado permite también una mayor absorción de calcio el que juega un rol primordial en la duración de la piel de los frutos y en el menor desarrollo de desórdenes fisiológicos y patológicos. De esta forma, el uso de mulch orgánico constituye una solución integral a corto plazo (WOLSTENHOLME et al.,1995; COFFEY, 1984; ALLWOOD y WOLSTENHOLME, 1995; MOORE-GORDON, COWAN y WOSTENHOLME, 1997).

2.5.1. Uso de mulch:

El término mulch es muy amplio y corresponde a cualquier capa de restos vegetales que se forman naturalmente o son aplicados al suelo sin ser incorporados a éste

(TURNERY y MENGE, 1994; STINSON et al., 1990; WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y ANSERMINO, 1996); incluye también la utilización de materiales sintéticos en la superficie del suelo (ROBINSON, 1988).

Si bien los mulch pueden ser clasificados como orgánicos o inorgánicos, la mayoría son orgánicos, basándose su elección en costo, apariencia y disponibilidad local (SKROCH et al., 1992).

Su finalidad es prevenir la pérdida de humedad del suelo por evaporación, disminuir el desarrollo de malezas, disminuir las fluctuaciones de temperatura y promover la productividad. Sin embargo, es la conservación de la humedad del suelo el principal efecto de su uso (ROBINSON, 1988; STINSON et al., 1990).

A pesar de lo anterior, el uso de ellos aún está restringido por el costo económico que constituye su transporte, a no ser que se utilicen materiales que se encuentren disponibles en el sector. Los materiales que se utilizan son variados y entre ellos se encuentran: la turba, chips de madera, corteza de pino, acícula de pino, paja, cortes de pasto, guano, restos de follaje, arena, piedras, además de materiales manufacturados como plástico, celofán, entre otros (ROBINSON, 1988; TURNERY y MENGE, 1994).

Si bien su uso aún es limitado, cada día se difunde más debido al conocimiento de las características positivas de él. Es así como la aplicación de una cobertura

vegetal a la superficie del suelo tiene el potencial de producir condiciones que son beneficiosas para el crecimiento de cítricos y paltos, siendo al mismo tiempo dañinas para ciertos patógenos del suelo tales como Phytophthora spp y nemátodos (TURNEY y MENGE, 1994).

El uso de mulch orgánicos genera numerosos beneficios en la mayoría de las situaciones; sin embargo, tanto los aspectos negativos y positivos de su uso deben ser analizados y comprendidos en cada una de las condiciones y medios en los cuales se utilizan (WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN, 1997).

2.5.2. Ventajas de su uso:

Dentro de las ventajas del uso de mulch se encuentran: la conservación de la humedad del suelo, disminución del escurrimiento superficial y erosión, aumento de la permeabilidad de la superficie del suelo y la capacidad de retención de agua (TURNEY y MENGE, 1994).

La conservación de la humedad del suelo se logra debido a que el mulch provee de una barrera protectora en la superficie del suelo, lográndose de esta manera disminuir la evaporación desde éste y aumentar los niveles de humedad; por otro lado el efecto supresivo sobre el crecimiento de las malezas permite reducir también la pérdida de humedad por transpiración, manteniéndose la superficie del suelo más húmeda por un período de tiempo más prolongado (TURNEY y MENGE, 1994;

ROBINSON, 1988; STINSON et al., 1990; SKROCH et al., 1992; TUCKEY y SCHOFF, 1963; FOSHEE et al., 1996).

El aumento de la tasa de infiltración es de suma importancia en cítricos, cumpliendo dos funciones principales que son el aportar agua necesaria para el crecimiento de la planta y remover las sales del suelo. Sin embargo, no todos los materiales orgánicos utilizados permiten que el agua penetre fácilmente, un ejemplo lo constituye la turba que tiende a absorber y retener el agua de riego y lluvias liberándola posteriormente al medio por evaporación. Por otro lado, si este material se seca demasiado, se hace muy difícil de rehumedecer (ROBINSON, 1988; TURNEY y MENGE, 1994).

El incremento en la capacidad de retención de agua se debe a que la materia orgánica disminuye la energía libre de ésta al ser atraída por las cargas negativas de los coloides del suelo (HONORATO, 1994). De esta forma el uso de mulch permite que haya una mayor cantidad de agua disponible para las plantas en capacidad de campo y, a la vez, permite un aumento en el tamaño de poros del suelo, lo que genera una mejor utilización de sus primeros centímetros que corresponden al área más fértil y aireada. Corresponde también a la zona donde las raíces tanto de cítricos y paltos se encuentran más activas (TUCKEY y SCHOFF, 1963; TURNEY y MENGE, 1994; WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995).

La capacidad de retención de agua varía significativamente de un material a otro dependiendo de las características físicas que posean. Es así como un mulch de corteza cuyas partículas que lo conforman son inferiores a 25 mm retienen más humedad que aquella cuyas partículas superan los 75 mm (ROBINSON, 1988).

La densidad aparente del suelo se ve disminuida y la estructura y porosidad mejoradas por la adición de materia orgánica en forma de mulch, lo que se debe a una agregación de las partículas finas de arcilla las que forman partículas más grandes, del tamaño de las partículas de arena. Además, al descomponerse la materia orgánica se forman compuestos que actúan en forma cementante, uniendo partículas de suelo formando agregados estables lo que permite el movimiento de gases tales como CO₂ y O₂ en él, aumentando la fertilidad de suelo. Lo anterior es favorecido por la secreción de sustancias gelatinosas por parte de los microorganismos del suelo que permiten la formación de complejos órgano-minerales (TURNERY y MENGE, 1994; GREGORIOU y RAJKUMAR, 1984; SAKOVICH, 1997b; CABRERA et al., 1997).

El nivel de acidez del suelo se ve aumentado debido a los diferentes ácidos generados durante la descomposición de la materia orgánica (SAKOVICH, 1997b).

Por el contrario, los estudios realizados por TUCKEY y SCHOFF (1963) indican que no existe un efecto del uso de mulch sobre la porosidad del suelo, capacidad de

retención de humedad, capacidad de intercambio de bases, pH o disponibilidad de calcio y magnesio.

Otra ventaja del uso de mulch corresponde a la disminución de las fluctuaciones de temperaturas del suelo, principalmente en los primeros 15 cm de profundidad. Esto genera un mayor crecimiento radicular, especialmente en árboles jóvenes y en áreas de veranos muy cálidos (TURNERY y MENGE, 1994; WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995; FOSHEE et al., 1996).

Lo anterior es corroborado por TUKEY y SCHOFF (1963), GREGORIOU y RAJKUMAR (1984) y SKROCH et al. (1992), quienes establecen que las temperaturas máximas de los suelos con mulch son siempre menores a los sin mulch y que las temperaturas mínimas son siempre mayores generándose una estabilización de la temperatura diaria.

Sin embargo, las temperaturas del suelo que se desarrollen dependen del material utilizado ya que cada mulch genera su propio régimen, siendo siempre la temperatura diurna más baja y la nocturna más alta que el suelo descubierto. Cabe destacar que existe un menor efecto del mulch sobre la variación de temperatura estacional que sobre la variación de temperatura diaria (ROBINSON, 1988; TUCKEY y SCHOFF, 1963).

Ensayos realizados por STINSON et ai. (1990) demuestran que el uso de mulch permite mantener las temperaturas más bajas en verano y más altas en invierno, siendo las temperaturas de los diferentes mulch significativamente más bajas en comparación con el testigo (al que se le había removido la hojarasca natural). Si bien existió diferencia significativa de temperatura entre los diferentes mulch, éstas no fueron consistentes en un lapso de seis meses.

La utilización de coberturas vegetales permite también disminuir la contaminación de las aguas subterráneas por nitratos al entregar el nitrógeno en forma paulatina en el tiempo, lográndose disminuir las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados. De igual forma, se ha comprobado el aporte de otros nutrientes y elementos, tales como fósforo, potasio, calcio, magnesio y boro, además del aumento en la capacidad de intercambio catiónico del suelo que permite que una mayor cantidad de nutrientes se encuentren disponibles para las plantas (TUCKEY y SCHOFF, 1963; TURNEY y MENGE, 1994; CÁSALE et al., 1995; WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995; WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y ANSERMINO, 1996; CABRERA et al., 1997; ROBINSON, 1988).

Lo anterior se debe a que la materia orgánica se origina de organismos vivos los cuales al descomponerse forman el humus, cuyas partículas poseen una gran cantidad de moléculas con carga negativa que sujetan temporalmente a cationes. De esta forma, estos elementos se encuentran inmediatamente disponibles para la planta (SAKOVICH, 1997b).

Los componentes ácidos del humus logran disolver ciertos minerales tales como fierro, zinc y manganeso estando de esta forma más disponibles para la planta. Lo anterior es de suma importancia en cítricos que son altamente susceptibles a clorosis férrica y a deficiencias de zinc y manganeso (SAKOVICH, 1997b).

El mismo autor señala que la materia orgánica es también un reservorio de nitrógeno, fósforo y azufre los cuales no están disponibles para la planta mientras se encuentren en su forma orgánica, por lo que cuando la materia orgánica se descompone, estos nutrientes van lentamente quedando disponibles. Esto es corroborado por TUCKEY y SCHOFF (1963) quienes establecen que en los suelos que poseen coberturas vegetales, existe una mayor disponibilidad de potasio y fósforo, siendo la disponibilidad de potasio mayor en aquellos suelos que presentan mulch en descomposición que los que poseen mulch no descompuesto. En relación al fósforo, ensayos realizados por este mismo autor establecen que si bien todos los suelos que poseen mulch presentan mayores niveles de fósforo disponible que los testigos, sólo los materiales fibrosos como la paja poseen niveles significativamente mayores.

La diversidad de microorganismos del suelo también se ve alterada, disminuyendo el ataque de patógenos que ocurre normalmente a nivel de raíces, tales como Phytophthora cinnamomi y nemátodos. Esto se debería a la liberación de toxinas tales como amonio, nitritos, saponinas y ácidos orgánicos, además de otros

compuestos inhibidores de estas especies. El aumento de la supresividad del suelo debido al mejoramiento de sus características físicas tales como porosidad y pH, permiten el desarrollo de una microfauna rica en hongos, microbios, bacterias y actinomicetes predadores del patógeno. Sumado a lo anterior, la liberación de gases tóxicos y de otros compuestos formados por la degradación de la materia orgánica puede incrementar los niveles de resistencia de la planta inducida por la producción de fitoalexinas (TURNERY y MENGE, 1994; COFEEY, 1984; KOKALIS y RODRÍGUEZ, 1994; SAKOVICH, 1997b; CASALE.1990; WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995).

La transformación de los exudados de las raíces en diferentes compuestos secundarios y el enquistamiento de las zoosporas de Phytophthora en la materia orgánica permite también controlar la pudrición de raíces (SAKOVICH, 1997b; TURNERY y MENGE, 1994; WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995).

La reducción de la temperatura del suelo en la época cuando Phytophthora está con mayor actividad es otra forma en que esta ejerce su control. Además, el mejoramiento de la estructura y permeabilidad del suelo se traduce en una reducción del tiempo en que existe agua libre en los macroporos de suelo posterior al riego y, debido a que las zoosporas del hongo requieren agua libre para su movimiento la disminución de ésta reduce el traslado de dichas zoosporas (BORST, 1983).

Por otro lado, los diferentes mulch pueden ser colonizados con biocontroladores previos a su aplicación pudiendo posteriormente aplicarlos cuando sea necesario sin provocar daños mecánicos a las raíces existentes (CÁSALE et al., 1995).

La aplicación de sulfato de calcio junto con el mulch juega un rol primordial en el control de Phytophthora cinnamomi. Lo anterior se debe a que este nutriente une los materiales pécticos de la lámina media de la pared celular de las raíces e inhibe la actividad de las enzimas degradadoras de la pared celular generadas por el patógeno. Provoca también una reducción de los exudados de las raíces lo que reduce la atracción de las zoosporas a éstas y favorece el enquistamiento de ellas. Además, permite incrementar el drenaje del suelo, previene la compactación y remueve el sodio de las capas más superficiales, el cual también estimula la pudrición de raíces. Es así como el uso de sulfato de calcio, cuando el pH del suelo baja de seis, permitiría estabilizar la materia orgánica lo que aumentaría la efectividad del control (TURNEY y MENGE, 1994; BORST, 1983).

El uso de mulch permite una disminución del estrés de los árboles debido a la menor temperatura alcanzada por la canopia y a la menor fotoinhibición de la fotosíntesis, por lo que el aborto prematuro de la testa y el anillado del pedúnculo de los frutos también se ve disminuido (WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN, 1997).

Cabe destacar que en épocas de altas temperaturas ambientales, la temperatura a nivel de follaje puede sobrepasar en 3°C la temperatura ambiental lo que ocasiona un mayor cierre estomático y transpiración. El uso de mulch permite mantener en forma más equilibrada la temperatura de canopia con la ambiental (WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN, 1997).

La utilización de cobertura vegetal logra un efectivo control de malezas lo que permite reducir el uso de herbicidas (TURNEY y MENGE, 1994; CÁSALE et al., 1995; WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995; FOSHEE et al., 1996). Lo anterior se debería a la disminución de luz solar que llega al suelo, al efecto sofocante y a las características químicas del mulch. Es así como se ha observado que en la corteza de pino y en el aserrín se desarrolla una menor cantidad de malezas que en la paja debido a los fenoles y taninos presentes en la corteza de las coníferas (ROBINSON, 1988; SKROCH et al., 1992; STINSON et al., 1990; SAKOVICH, 1997a).

La cantidad a utilizar para un efectivo control depende del material del cual se trate, es así como una altura de 100 mm de paja, 75 mm de corteza y 50 a 75 mm de aserrín han sido suficientes para reducir en forma considerable la presencia de malezas (ROBINSON, 1988).

Si bien el uso de mulch orgánico es efectivo para el control de malezas anuales, el desarrollo de malezas perennes ya establecidas no es afectado por el mulch,

pudiendo emerger a través de éste prosperando de mejor forma debido a la ausencia de competencia con las malezas anuales. Además, puede existir un aumento del desarrollo de malezas si los materiales utilizados presentan semillas, lo que es común que ocurra en el caso del uso de guano o cortes de heno. En el caso de la corteza de pino, esta puede descomponerse rápidamente y ser invadida por malezas (ROBINSON, 1988).

Ya que tanto el uso de mulch como de herbicidas poseen ciertas limitantes, existen situaciones en que ambos pueden ser utilizados en conjunto para complementar su acción (ROBINSON, 1988).

Mediante los ensayos de WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN (1997) llevados a cabo en Kawa Zulú Natal en los cuales se comparó la utilización mulch de corteza de pino compostada con un testigo sin mulch, se apreció en el primero un aumento de un 7% en el tamaño de los frutos, un 15% en el número de frutos y un 23% en la producción total. También se obtuvo un 45% más de frutos en categoría de altamente exportable y un 20% en aceptable. El número de frutos no aceptable para la exportación se vio disminuido en un 29%. A pesar que el tratamiento con corteza de pino presentaba una mayor producción, el mulch logró incrementar el tamaño de los frutos.

Según MOORE-GORDON et al (1995), el aumento en el tamaño de los frutos no es el resultado de menor cantidad de 'sinks' por árbol ya que los árboles con mulch

presentaron en promedio 6,1% más de frutos que el testigo. Esto hace suponer que el uso de mulch altera de alguna forma las condiciones fisiológicas endógenas del árbol a favor de un aumento en el crecimiento de los frutos.

Los resultados obtenidos por MOORE-GORDON y WOLSTENHOLME (1996) muestran que el mulch de corteza de pino permite una disminución del número de frutos que presentan la testa deshidratada temprano en la temporada; además el número de frutos anillados también se ve disminuido. Lo anterior se debería a la disminución de las condiciones de estrés lo que favorece la absorción de agua y producción de reguladores de crecimiento.

Las diferencias en el largo de los frutos se observaron aproximadamente cuatro semanas después de cuaja, logrando los frutos del tratamiento con mulch un tamaño y peso final significativamente mayor (MOORE-GORDON, WOLSTENHOLME y LEVIN, 1995).

Según WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN (1997) el efecto del mulch sobre la producción es proporcionalmente mayor durante los años de baja producción.

Con respecto a la brotación, WOLSTENHOLME y WHILEY (1995) y MOORE-GORDON, WOLSTENHOLME y LEVIN (1995) señalan que ésta es un poco más vigorosa en los árboles con mulch, observándose también un desarrollo radicular

mayor y más prolongado, especialmente en el flush de verano/otoño, pero también a través del año.

Ensayos realizados por ROBINSON (1988) establecen que si bien el efecto del mulch sobre el crecimiento de las plantas, varía según la especie vegetal de la cual se trate y del material utilizado, se logra un mayor vigor de las plantas al utilizar acícula de pino y corteza de pino siendo éste menor al utilizar heno.

El mayor crecimiento de las plantas se debe a la estimulación de éstas, generada por la microfauna del suelo al colonizar las raíces, secretar hormonas y convertir las secreciones radiculares en vitaminas y componentes del crecimiento. Por otro lado, la buena aireación lograda en los mulch, junto con la mejora de las características físicas del suelo, favorecen el crecimiento y actividad radicular en los primeros 15 cm de suelo por lo cual, tanto la absorción de nutrientes y agua como la generación de reguladores de crecimiento permiten un aumento en la división celular y un retardo en la muerte de la testa de las semillas disminuyendo de esta forma la cantidad de frutos pequeños (WOLSTENHOLME y WHILEY, 1995; WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN, 1997; ROBINSON, 1988; SAKOVICH, 1997b).

Es así como el incremento observado en el crecimiento y vigor de las plantas puede deberse a cada uno de los factores anteriormente señalados o a su interacción, permitiendo el uso de mulch un aumento en la densidad radicular y distribución de

las raíces al cambiar el régimen hidrotérmico del suelo. Por lo tanto, es sumamente difícil atribuir el efecto de la cobertura vegetal sobre el crecimiento de las plantas a un solo factor, debido a las diferentes interacciones y condiciones de suelo que se presentan (ROBINSON, 1988; BORST,1983).

2.5.3. Desventajas de su uso:

Si bien el uso de cobertura vegetal permite disminuir las labores requeridas para mantener las plantas, la gran cantidad de mulch que se requiere aplicar por hectárea de los diferentes materiales, su costo y su transporte siguen siendo una limitante. A pesar de lo anterior, en aquellos países europeos que poseen ciertas limitaciones al uso de herbicidas el uso de mulch se hace prácticamente indispensable (ROBINSON, 1988; WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y ANSERMINO, 1996).

Otros aspectos negativos serían: el aumento de riesgo de heladas al no permitir el calentamiento del suelo; la incorporación de semillas de malezas al huerto; la posible presencia de ciertos contaminantes en el mulch como metales pesados que se pudieran llegar a acumular en los frutos llegando a ser peligroso para el consumidor y la relación carbono-nitrógeno que presenten (TURNERY y MENGE, 1994; WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y ANSERMINO, 1996).

La reducción del efecto de los herbicidas suelo activo debido al proceso de adsorción de éstos por el material del mulch, constituye otro problema de su uso. Lo anterior depende de la capacidad de intercambio catiónico del material. Es así como la turba reduce el efecto de los herbicidas suelo activo (ROBINSON, 1988).

La utilización de residuos como mulch favorecen el desarrollo de hongos cuyos cuerpos fructíferos como callampas no son estéticamente placenteras, pudiendo reducir la penetración de agua (STINSON et al., 1990).

A medida que pasa el tiempo el aspecto de los materiales utilizados en la cobertura vegetal se ve afectado debido al cambio de color de estos los que se tornan de un color más grisáceo. Dicho cambio es menos notorio en chips de madera y acícula de pino (STINSON et al., 1990).

Por otro lado, la utilización de algunos materiales como mulch, si no es acompañada por buenos manejos, puede generar una capa de materia orgánica impermeable que atrape mucha humedad provocando condiciones que predisponen a una rápida muerte de las raíces alimenticias del palto (COFFEY, 1984; ROBINSON, 1988; GREGORIOU y RAJKUMAR, 1984).

2.6. Consideraciones a tener al elegir un mulch:

Existen numerosos materiales que pueden ser aplicados como cobertura, sin embargo, para obtener los resultados esperados es de suma importancia que se encuentren previamente compostados (NEW ERA FARM SERVICE, 1997a)

El compost corresponde a una sustancia microbially rica que logra activar los procesos biológicos del suelo. Se origina a partir de un proceso dinámico de digestión de la materia orgánica con la posterior formación de humus estable que contiene una cantidad considerable de elementos esenciales para el crecimiento de las plantas. Dicho humus permite la sobrevivencia de los microorganismos a condiciones de temperaturas y humedad extremas, la acción de ciertas bacterias y actinomicetes de llevar a cabo sus efectos antibióticos y la benéfica asociación de raíces con micorrizas. Por otro lado, su capacidad absorbente es cinco veces mayor que la de las partículas minerales de suelo (NEW ERA FARM SERVICE, 1997a).

Si bien los materiales frescos aplicados al suelo también sufren un proceso de descomposición, ésta es más lenta y no garantiza la formación de humus como producto terminal. Sumado a lo anterior, durante el proceso de degradación las temperaturas se elevan llegando a 70°C y numerosos compuestos tóxicos son liberados. Es así como puede existir un aumento de los niveles de salinidad, nitratos y agua. Algunos materiales pueden también contener residuos de pesticidas que pueden ser dañinos para el cultivo (NEW ERA FARM SERVICE, 1997b).

Otro aspecto a considerar es la relación carbono-nitrógeno del material ya que si ésta es alta se genera una disminución inicial de la nitrificación, existiendo insuficiente nitrógeno para soportar el aumento de microorganismos lo que obligaría aumentar la fertilización nitrogenada. Es así como la utilización de materiales con una relación C:N más alta como el caso de aserrín fresco y trigo (500:1; 100:1) requieren la aplicación adicional de nitrógeno para lograr balancear la relación. En caso contrario, se ha observado un menor crecimiento de las plantas, lo que se ha revertido con el uso de fertilizantes nitrogenados (ROBINSON, 1988; TURNEY y MENGE, 1994; MOORE-GORDON, COWAN y WOLSTENHOLME, 1997; WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y ANSERMINO, 1996).

Dicha relación C:N debe encontrarse al inicio del proceso de compostaje entre 25:1 y 100:1. (TURNEY y MENGE, 1994). Por el contrario (NEW ERA FARM SERVICE, 1997a) establece que la relación C:N inicial ideal es 25:1 aceptándose como máximo 30:1. La relación C:N del compost final debiera ser de 10:1 a 14:1.

Cuando la relación C:N es muy estrecha (20:1 o menor), el nitrógeno se pierde porque no hay mucho carbono para ser utilizado por los microorganismos (NEW ERA FARM SERVICE, 1997a).

La elección de la cobertura vegetal a utilizar no sólo debe basarse en su costo, disponibilidad y capacidad de favorecer el crecimiento de la planta sino también en

su durabilidad y estética visual, puesto que al ser utilizado en superficies grandes ya sea para disminuir la compactación de suelo u otro motivo, comprometen una gran superficie del huerto (SKROCH, 1992). Por esta razón, la corteza y chips de madera son preferidos al mimetizarse con el medio (ROBINSON, 1988).

El peso del material como su velocidad de descomposición son aspectos importantes de considerar debido a que si sus partículas son muy livianas, puede verse afectado por la presión de lluvia o viento, pudiendo volarse en zonas más ventosas. En relación a la velocidad de descomposición que presenten, esta debe ser lenta ya que la principal finalidad del mulch es cubrir el suelo y no actuar como fertilizante orgánico (STINSON et al., 1990; WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y ANSERMINO, 1996).

2.7. Características de los mulch utilizados: 2.7.1.

Corteza de árboles:

La corteza de pino es un sustrato liviano, generalmente libre de patógenos, de buen drenaje constituyendo un buen sustituto de la turba, por lo que es altamente utilizada como el componente orgánico de los contenedores para la obtención de numerosas plantas leñosas y ornamentales (SPENCER, 1982; KOKALIS y RODRÍGUEZ, 1994).

La corteza de árbol compostada también es ampliamente utilizada ya que al igual que la corteza de pino ejerce un efecto supresivo sobre nemátodos parásitos de las plantas y patógenos del suelo como son Rhizoctonia solani Kühn, Sclerotium rolfsii Saac y Phytophthora cinnamomi Rands (SPENCER, 1982; KOKALIS y RODRÍGUEZ, 1994).

Mc NEES (1916), citado por CÁSALE et al. (1995) señala que el uso de compost de madera no es beneficioso para el crecimiento de cítricos, lo que se debería a que éste incluye madera de eucalyptus el cual posee aceites que dañan las raíces de las plantas. Sin embargo, HARDY et al. (1989), citados por CÁSALE et al. (1995) al igual que CÁSALE et al. (1995) no obtuvieron daño alguno al utilizar madera de eucalyptus compostada como sustrato para el crecimiento de sus plantas.

Las aprensiones existentes con respecto a la aplicación de chips de madera fresca como mulch se basan en creer que las enfermedades que pueda contener la madera sean traspasadas a las plantas, sin embargo, según DAY (1994), es muy difícil que se de la combinación de todos los factores que permitan la dispersión de la enfermedad. Por otro lado, se supone que las sustancias alelopáticas de la madera podrían ser transferidas a las plantas susceptibles, lo cual aún no ha sido bien estudiado. La tercera preocupación se refiere a la retención del nitrógeno que presenta la madera fresca durante su descomposición. El mismo autor establece que los chips de madera poseen una alta relación C:N lo que puede causar significativas deficiencias de nutrientes, particularmente a plantas herbáceas.

Además la aplicación del mulch en capas muy gruesas puede causar daño a las plantas debido al calor producido al iniciarse su compostación (DAY, 1994; BORST, 1983).

Mediante ensayos realizados por SPENCER (1982), en que estudió el desarrollo de Phytophthora cinnamomi en plantas de lupino en diferentes sustratos, se observó que los medios que ejercían un efecto supresivo mayor correspondían a la corteza de árbol compostada a pH 6.5, logrando la corteza de pino solamente atrasar el desarrollo de la pudrición de raíces, lo que se debería ya sea a un gradual incremento del pH del medio o a un cambio en la susceptibilidad del hospedero. Sin embargo, al comparar la supresividad de la corteza de pino a diferentes pH, se observó que dicho sustrato a pH 4.5 es más efectivo en la supresión de Phytophthora que el mismo sustrato a pH 6. Lo anterior es corroborado por PEGG (1977) citado por SPENCER (1982), quien establece que sustratos más ácidos podrían inhibir al patógeno a producir esporangios o estimular el desarrollo de microorganismos antagónicos.

HOITINK (1980), citado por SPENCER (1982), establece que el efecto supresivo de la corteza de pino disminuye si éste posee trozos de madera ya que esta elevaría el pH.

Según KOKALIS y RODRÍGUEZ (1994), el efecto inhibitorio del crecimiento y capacidad de infección de hongos patógenos causada por la aplicación de corteza

de pino fresca y compostada se debe a numerosos factores que interactúan entre sí. Uno de ellos podría ser el notorio aumento de la población de hongos de Penicillium chrysogenum, P. variotti y P. janthinelum de alta capacidad antibiótica los cuales normalmente se encuentran en suelos asociados a coníferas o sustratos húmicos.

WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN (1997) establecen que la corteza de pino puede entregar cantidades suficientes de boro durante su descomposición, lo que provoca un mayor crecimiento radicular.

De la misma forma, ROBINSON (1988) observó que la corteza de pino presentaba niveles más altos de pH, materia orgánica, potasio, calcio y magnesio en comparación con el aserrín.

La corteza de árboles y chips de madera permiten mantener mayores niveles de humedad en el suelo. Lo anterior está determinado por las características físicas del material, pudiéndose notar que partículas de corteza de pino menores a 25 mm retienen más humedad que las mayores a 75 mm (ROBINSON, 1988).

Ensayos realizados por SKROCH et al. (1992) para ver la durabilidad, estética, desarrollo de malezas y temperatura en diferentes mulch orgánicos e inorgánicos entre los cuales se utilizó corteza de pino y acícula de pino, se concluyó que si bien no existió diferencia significativa de los diferentes mulch sobre el desarrollo de

malezas, éstos redujeron en un 50% el número total de malezas desarrolladas en ellos en comparación con los testigos. Además, la corteza de pino resultó ser la más durable. En relación a la estética visual, la acícula de pino fue considerada la más estética, seguida por la corteza de pino y los chips de cedro.

De esta manera, sus buenas características físicas y su larga duración que permite que no sea necesario volver a aplicar en un período de cinco años, hacen que su alto costo inicial pueda ser amortizado en el tiempo (WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN, 1997).

2.7.2. Acícula de pino:

Las hojas de encina y las acículas de pino son otros materiales utilizados. Estos tienden a bajar el pH del suelo pudiendo llegar a valores de 4 o menores que puede dañar a las plantas y sus raíces; por el contrario, la corteza tiende a elevar el pH del suelo (STINSON et al., 1990).

Según CID (1993) la acícula de pino es un sustrato suelto que permite una excelente aireación del suelo, lo que favorece el desarrollo radicular en él.

2.7.3. Guano:

El guano corresponde a otro elemento ampliamente utilizado para ser aplicado como mulch. Posee la ventaja de presentar una descomposición lenta lo que origina una entrega constante y gradual de nutrientes, lo que reduce la lixiviación de nutrientes y la contaminación de las aguas subterráneas (BEN-YA' ACOV, 1995).

Otro aspecto positivo del guano es su riqueza en diferentes elementos, algunos de características orgánicas que pueden ser esenciales para el crecimiento del palto, aún cuando su falta no sea notoria. Además, la materia orgánica, producto de su descomposición, aporta actividad biológica en la rizósfera incluyendo el desarrollo de micorriza; lo anterior puede ser importante en el caso del palto que no desarrolla pelos radicales. El mejoramiento de las características físicas del suelo que genera su uso permite una mejor aireación en suelos compactados y mayor retención de humedad en suelos livianos (BEN-YA' ACOV, 1995).

El guano vacuno ha sido ampliamente utilizado en Florida, ya sea como mulch o bajo los camellones, reconociéndose por su buen aporte de nitrógeno y amonio, observándose en los análisis foliares un incremento en los niveles de nitrógeno fósforo y potasio. Sin embargo, otros ensayos han reportado que el uso de guano fresco genera una clorosis general y una disminución de la productividad de los árboles (BEN-YA' ACOV, 1995; LAHAV, 1984; PEDRAZA, 1996).

Lo anterior es corroborado por CÁSALE et al. (1995) quienes establecen que algunos materiales como guano de vacuno, equino o de aves afectan negativamente el crecimiento de cítricos y paltos. De la misma manera los ensayos realizados en Israel por LAHAV (1984) demuestran al cabo de cuatro años un efecto negativo del guano, siendo mayor el de guano de gallina. Su utilización provocó una disminución de la producción del cv Nabal y Hass en un 10 y 15%, respectivamente, induciendo también clorosis.

El menor desarrollo de biocontroladores en el guano de pollo, vaca y caballo constituye otro aspecto negativo del uso de este material (CÁSALE et al., 1995).

Los niveles de salinidad, conductividad eléctrica y nutrientes del suelo también se ven incrementados (LAHAV, 1984).

Según CÁSALE et al. (1995) es muy común observar daño al sistema radicular de paltos y cítricos luego de aplicar guano como mulch. La dificultad de juzgar la estabilidad de estos materiales luego de ser compostados y determinar las cantidades a aplicar hacen del uso de guanos como coberturas vegetales en cítricos y paltos un problema.

El mismo autor establece que el porcentaje de raíces sanas de paltos y cítricos está inversamente relacionada con la cantidad de amonio y nitrógeno en el mulch por lo

que el uso de guanos bien compostados que no liberen amonio durante su degradación puede ser beneficioso.

El efecto del guano en paltos no está claro. Algunas plantaciones crecen muy bien bajo grandes abonados, sin embargo, la mayoría de estas plantaciones se encuentran en condiciones de suelos arenosos, el efecto del abonado de plantaciones de paltos bajo condiciones de suelos pesados no ha sido ampliamente estudiada (LAHAV, 1984).

2.7.4. Paja:

El uso de mulch de paja permite crear un excelente medio para el crecimiento de raíces alimenticias (COFFEY, 1984). Lo anterior se debe al mejoramiento de la capacidad de infiltración de agua. Dicho mejoramiento se logra al disminuir la compactación del suelo y al aumentar la actividad biótica, además de la acción protectora frente al impacto de la lluvia en el suelo (ROBINSON, 1988).

3. MATERIAL Y MÉTODO.

3.1. Ubicación del ensayo:

El ensayo se llevó a cabo en un huerto de paltos ubicado en el Huerto California, ubicado en el sector de San Isidro, provincia de Quillota, V Región, Chile. Esto corresponde a 32°50' latitud sur y 71°13' longitud oeste.

3.2. Definición del área del ensayo:

3.2.1. Clima:

Quillota posee un clima mediterráneo. Se ubica en la región de los valles transversales que se caracterizan por tener veranos secos y cálidos bien definidos, influenciado por vientos alisios o por vientos subtropicales variables. Los inviernos son lluviosos debido a la acción del frente polar. De acuerdo a la clasificación de Köppen, Quillota está dentro de la notación c5b1, que corresponde a clima templado cálido con estación seca prolongada (7 a 8 meses), con temperatura media mensual superior a 10°C por más de 4 meses (MARTÍNEZ, 1981).

La temperatura media anual es de 15,3°C con una máxima media del mes más cálido correspondiente a enero de 27°C y una mínima media del mes más frío correspondiente a julio de 5,5°C. El período libre de heladas aprovechable es de

nueve meses, de septiembre a mayo, siendo la suma anual de temperaturas base 5°C de 3700 grados día y base 10°C, 1900 grados día (NOVOA et al., 1989).

Durante los meses de invierno se registran temperaturas inferiores a 0°C, sin embargo su duración no es prolongada, por lo que el cultivo de especies frutales y hortícolas susceptibles a daños por bajas temperaturas es factible (MARTÍNEZ, 1981).

En la zona correspondiente a la cuenca del río Aconcagua se observa gran número de oscilaciones diarias de temperatura. Esta amplitud, que se traduce en la inexistencia de períodos prolongados de calor o frío, debe explicarse por la influencia de la Cordillera de Los Andes (MARTÍNEZ, 1981).

La precipitación anual alcanza los 437 mm, siendo junio el mes más lluvioso con 125 mm. La evaporación media llega a 1361 mm anuales, con un máximo mensual en diciembre de 219,3 mm y un mínimo en junio con 36,1 mm (NOVOA et al., 1989).

La humedad relativa es alta y uniforme a lo largo del año, presentándose en forma más alta en los meses de invierno y durante las primeras horas de la mañana (MARTÍNEZ, 1981).

3.3. Material Vegetal:

Para el ensayo se utilizó un huerto de paltos cultivar Hass de 45 años de edad que se encuentran plantados a 8x8 m. Para lograr una muestra homogénea se evaluó el estado inicial de los árboles, en relación a tamaño medio (medido en altura y diámetro aproximado de follaje), carga frutal actual y estado sanitario. Entre los árboles que se encontraron en condiciones óptimas, se escogieron 75 al azar. En estos se realizaron las diferentes observaciones y mediciones.

El sector del huerto donde se encuentra la muestra posee un sistema de riego por microaspersión con dos emisores por árbol de 52 lt/hr.

3.4. Tratamientos:

El ensayo cuenta con cuatro tratamientos y un testigo. Dichos tratamientos consisten en la utilización de los siguientes materiales: mulch de guano de pavo, mulch de corteza de pino, mulch de acícula de pino y mulch de paja con guano de caballo. Los mulch fueron dispuestos alrededor de cada árbol cubriendo el área de proyección de la canopia. La altura inicial de cada mulch varió entre 15 a 20 cm.

La acícula de pino, corteza de pino y paja con guano fueron establecidos el día 13 de abril. El guano de pavo fue aplicado el día 12 de junio.

Para evitar la interacción entre los diferentes tratamientos, se estableció una hilera de borde entre cada uno de estos.

3.5. Desarrollo radicular:

Para evaluar el crecimiento radicular obtenido en los diferentes mulch se construyeron tres estaciones de medición de raíces (rizotrones) por tratamiento. Estas consisten en una calicata de 1 m de ancho por 45 cm de profundidad cuyo costado más próximo al tronco se cubrió con un vidrio triple a través del cual fue posible visualizar las raíces. Para evitar la incidencia de la luz durante el crecimiento y la pérdida de humedad del suelo, se cubrió el vidrio con una cortina de polietileno negro, y la parte superior se cubrió con una tapa de madera. Los rizotrones se construyeron una vez que se observó desarrollo de raíces nuevas en los mulch. Los vidrios fueron cuadrículados en cuadrantes de 1dm^2 para poder medir la densidad, diámetro y crecimiento radicular. Dichas mediciones se realizaron cada catorce días.

La medición del largo de raíces se realizó marcando sobre el vidrio el alargamiento de cada raicilla.

En forma paralela, se realizaron observaciones superficiales del desarrollo radicular existente en los diferentes tratamientos. Para ello se descubrió tres veces en el

período de evaluación cuatro cuadrantes de aproximadamente 900 cm² por árbol, pudiendo así tener una idea general de las características de las raíces en los diferentes mulch.

Para evaluar el efecto de los diferentes mulch sobre el diámetro de las raicillas, se sacaron muestras de aquéllas presentes en los mulch mediante el uso de un cilindro de 50 cm³. Posteriormente se midió el diámetro de éstas y se clasificaron de acuerdo a la siguiente escala determinada por CAUTÍN (1998) (datos sin publicar) (Cuadro 1).

CUADRO 1. Categorías y diámetro de raíces de palto determinadas por CAUTIN (1998) (datos sin publicar)

CATEGORÍA	DIÁMETRO (mm)
Muy pequeña	0 a 0,5
Pequeña	0,6 a 1,3
Mediana	1,4 a 2,2
Grande	2,3 o más

Debido a la influencia de la temperatura, humedad y pH de suelo sobre el crecimiento radicular, se establecieron dos termómetros en cada tratamiento, ubicando uno en el mulch y otro en el suelo bajo el mulch, a 10 cm de profundidad, registrándose así las variaciones de temperatura en los diferentes tratamientos. La temperatura se registró dos veces por semana y se comparó con la temperatura presentada por el testigo.

Al inicio del ensayo, en el mes de julio se tomaron muestras de cada mulch y se les sometió a un análisis químico para conocer el contenido de nutrientes, porcentaje de materia orgánica, pH y conductividad eléctrica que presentan. Este fue realizado en la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso. Cuatro meses más tarde, en el mes de noviembre, se realizó un nuevo análisis para ver la variación que los diferentes materiales habían experimentado.

Se determinó el porcentaje de humedad de cada mulch una vez en invierno (julio) y una vez en primavera (noviembre), mediante el método gravimétrico. Junto con esto, se determinó en julio la curva de retención de humedad de cada material.

3.6. Desarrollo vegetativo de primavera y verano:

El estudio se inició durante el mes de octubre, eligiéndose en cada tratamiento cinco árboles de floración media en los cuales se escogieron cuatro ramillas de similar vigor orientadas en cada punto cardinal, a una altura de 1,7 m aproximadamente. En cada ramilla se escogió el brote apical el cual se midió en longitud con un pie de metro a intervalos semanales. En forma paralela se realizaron observaciones de la brotación general del huerto, para así tener una visión globalizada de los eventos.

3.7. Desarrollo reproductivo:

Las mediciones para determinar el número de inflorescencias determinadas e indeterminadas se realizó en los mismos árboles y ramillas en que se midió el crecimiento vegetativo de primavera y verano. En éstas se contó el número y tipo de inflorescencias que presentaban.

En los mismos árboles y ramillas en las que se estudió el número y frecuencia de panículas florales, se contó el número de flores que presentaban. Dicho conteo se realizó entre el 15 y 23 de octubre. El 21 de diciembre se realizó un conteo del número de frutos que poseían dichas panículas determinando de esta forma el nivel de cuaja y cantidad de frutos abortados.

Basado en los frutos cuajados en las mismas ramillas anteriormente medidas, se determinó el número de frutos anillados.

3.8. Duración de los diferentes mulch:

La durabilidad de los mulch se evaluó midiendo la disminución en altura que presentan a lo largo del tiempo. Para esto, se establecieron cuatro estacas por árbol orientadas en los cuatro puntos cardinales. Las mediciones se realizaron mensualmente.

Junto con lo anterior, se evaluó visualmente la presión de malezas desarrolladas en los diferentes mulch.

3.9. Variables:

Las mediciones fueron realizadas entre abril y diciembre de 1998. Las variables en estudio fueron:

-Temperatura:

Temperatura registrada en los mulch expresada en °C.

Temperatura registrada en el suelo bajo los mulch expresada en °C. ₂

Humedad:

Contenido de humedad gravimétrico.

Curva característica de humedad.

-Crecimiento radicular:

Rizotróf:

Longitud de raíces expresada en mm. Número de raicillas activas por dm^2 . Diámetro de raicillas expresada en mm. Superficial:

Diámetro de raicillas expresada en mm. ₂

Crecimiento vegetativo:

Longitud del brote expresada en cm.

-Desarrollo reproductivo:

Flores:

Número de inflorescencias determinadas. Número de

inflorescencias indeterminadas. Frutos:

Número de frutos cuajados al 21 de diciembre de 1998. Número de frutos

anillados. -Degradación del mulch:

Disminución en altura.

3.10. Diseño experimental:

Cada tratamiento contó con 15 repeticiones.

El análisis estadístico utilizado para las variables largo y diámetro de raíces fue un modelo Completo al azar.

Para la variable densidad de raíces se aplicó un modelo Completo al Azar con Arreglo factorial(5x3).

Para las variables largo de brotes, número de panículas determinadas e indeterminadas, número de frutos cuajados, número de frutos abortados, número de

frutos anillados y porcentaje de degradación del mulch se aplicó un modelo de Bloques Completo al Azar.

En el caso de existencia de diferencias significativas entre los tratamientos se realizó comparación de medias mediante el test de Tukey al 5%.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS. 4.1.

Desarrollo radicular:

Durante el otoño no se observó desarrollo radicular en el mulch lo que se debería a que ésta fue la época de aplicación de los diferentes materiales.

Para determinar si hubo o no crecimiento radicular en los meses posteriores a su aplicación, se removió el mulch superficialmente cada 14 días, observándose el 15 de junio, aproximadamente dos meses después de la aplicación de la acícula, corteza y paja con guano la existencia de raicillas que crecían hacia el mulch. Dicho desarrollo era mayor en los árboles con acícula de pino, presentando aproximadamente el 50% de éstos, desarrollo radicular.

A la misma fecha, tanto el testigo y tratamiento de guano de pavo no presentaban desarrollo radicular alguno.

Una vez que se observó un crecimiento radicular más definido se procedió a construir los rizotrones, realizándose esta labor la primera semana de agosto. Cabe destacar que el tratamiento de guano de pavo no presentaba desarrollo radicular, sin embargo, los rizotrones fueron construidos en la misma fecha para poder realizar comparaciones posteriores.

El 30 de octubre se observaron las primeras raíces en dos rizotrones de acícula, dos de corteza y un rizotróon de paja con guano. Cabe destacar que no se observaron diferencias en la fecha de aparición de las raíces en los diferentes tratamientos. El largo tiempo transcurrido entre la observación superficial de raicillas y la aparición de las primeras en el rizotróon, pudo deberse al estrés provocado en la construcción de éstos lo que involucró la remoción del suelo y el corte y destrucción de numerosas raíces las cuales tuvieron que recuperar su crecimiento, lo que se tradujo en un mayor tiempo para llegar al vidrio.

4.1.1. Longitud de raicillas:

El mulch de guano de pavo no presentó desarrollo radicular durante todo el período de evaluación. Numerosos factores podrían estar influyendo en esto, entre los cuales se encuentra la aplicación del guano dos meses más tarde que los otros. Por otro lado, el material aplicado no recibió ningún tratamiento o almacenaje previo a su utilización. Lo anterior, junto al aporte de humedad por el riego y a las condiciones ambientales existentes, permitió el inicio de un proceso de descomposición en terreno, durante el cual se pudieron haber liberado compuestos tóxicos que limitaron el crecimiento radicular. Esto es corroborado por CÁSALE et al (1995) quien observó que durante su degradación se libera una gran cantidad de amonio, sobre 1000 ug por gramo de peso seco, lo que afecta el desarrollo de biocontroladores y el crecimiento y sanidad radicular.

Como se observa en las Figuras 1 y 2, el guano de pavo fue el único que presentó la distribución de temperaturas establecidas por STINSON et al. (1990) quien sugiere que el uso de mulch permite mantener las temperaturas de suelo más bajas en verano y más altas en invierno; siendo en un principio significativamente más altas que las registradas en los otros tratamientos, alcanzándose en junio temperaturas de suelo bajo el mulch de 17,4°C y 15,9°C en el mulch. Es así como al remover el guano superficialmente éste se encontraba tibio.

COFFEY (1984) y GREGORIOU y RAJKUMAR (1984) establecen que algunos materiales pueden generar una capa de materia orgánica impermeable que atrapa mucha humedad llevando a una rápida muerte de las raíces alimenticias del palto.

El guano de pavo retuvo mucha humedad, manteniendo condiciones de saturación por un período prolongado; incluso tres días después del riego, formándose un barro de desagradable olor. La curva de retención de humedad realizada muestra que corresponde al material que más humedad retiene, alcanzando valores de 18% a 15 bar de presión, siendo lo normal de una muestra de suelo sometida a esa presión, un 8 a 10% de humedad (Anexo 1). De la misma manera, el porcentaje de humedad determinado en forma gravimétrica tanto en julio como en noviembre muestran un contenido de humedad del 60% (Anexo 2).

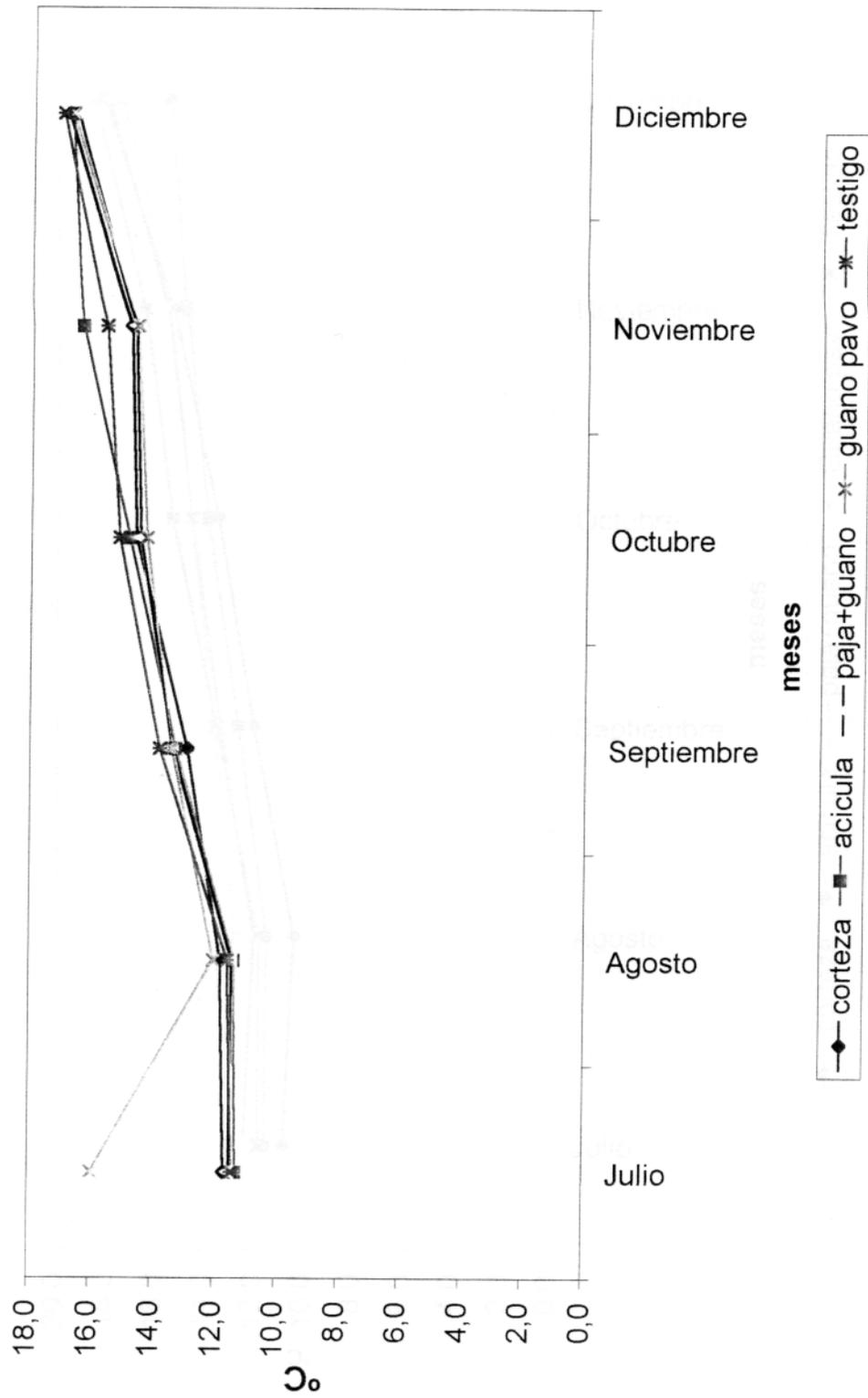


FIGURA 1. Temperatura promedio mensual (°C) registrada en el testigo y los mulch de acicula de pino, corteza de pino, paja con guano de caballo y guano de pavo.

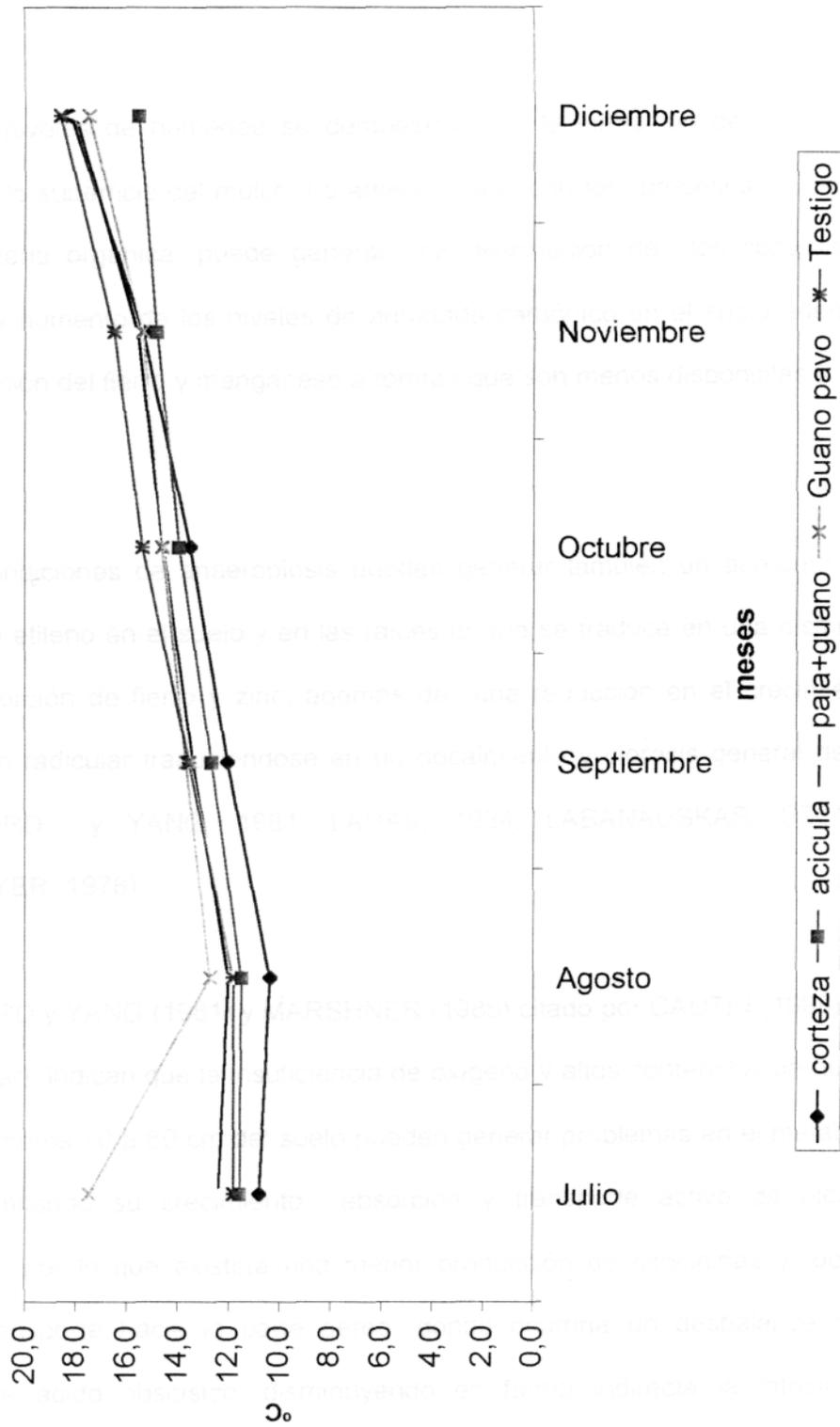


FIGURA 2. Temperatura promedio mensual de suelo (°C) medida a 10 cm bajo los mulch de acicula de pino, corteza de pino, paja con guano, guano de pavo y testigo.

Los altos niveles de humedad se demuestran por la formación de una capa de musgo en la superficie del mulch. Lo anterior, junto con los procesos de oxidación de la materia orgánica, puede generar una disminución de los contenidos de oxígeno y aumento de los niveles de anhídrido carbónico en el suelo además de una reducción del fierro y manganeso a formas que son menos disponibles (LAHAV, 1984).

Dichas condiciones de anaerobiosis pueden generar también un aumento de los niveles de etileno en el suelo y en las raíces lo que se traduce en una disminución de la absorción de fierro y zinc, además de una reducción en el crecimiento y elongación radicular traduciéndose en un decaimiento y clorosis general del árbol (BRADFORD y YANG, 1981; LAHAV, 1984; LABANAUSKAS, STOLZY y ZENTMEYER, 1978).

BRADFORD y YANG (1981) y MARSHNER (1986) citado por CAUTÍN (1998) (datos sin publicar), indican que la insuficiencia de oxígeno y altos contenidos de humedad en los primeros 30 a 60 cm del suelo pueden generar problemas en el metabolismo radical limitando su crecimiento absorción y transporte activo de elementos minerales, por lo que existiría una menor producción de citocininas y, por ende menor transporte hacia la parte aérea, donde ocurriría un desbalance con los niveles de ácido abscísico, disminuyendo en forma indirecta la fotosíntesis y

formación de ácidos grasos a partir de los compuestos intermedios del ciclo de ácido tricarbóxico.

Si bien las mejores temperaturas registradas en el mulch de guano de pavo hacían suponer un mayor crecimiento y desarrollo de raíces, el alto contenido de humedad, la formación de una capa impermeable y las condiciones de anaerobiosis, junto con problemas de salinidad y la posible liberación de compuestos tóxicos impidió el desarrollo radicular.

Se ha reportado que la utilización de guano de aves genera una alta fijación del zinc, lo que podría afectar la síntesis de auxinas y, por lo tanto el crecimiento radicular. Los análisis de las características químicas del mulch realizado muestran que éste presenta altos niveles de todos sus nutrientes. De lo anterior se desprende que aparentemente no fue el contenido de éstos el que impidió el desarrollo radicular.

COFFEY (1984) establece que en condiciones de excesiva humedad, los esporangios formados por Phytophthora pueden sobrevivir por varios días e incluso semanas, pudiendo liberar además zoosporas. Bajo estas condiciones de suelo, de alta humedad y temperaturas cálidas, existe una rápida proliferación de zoosporas las que si bien tienen una movilidad limitada, pueden causar infección en las raicillas existentes. Lo anterior causa la destrucción de una parte importante del sistema radicular del palto impidiendo la absorción de agua y nutrientes. Si bien no

se realizaron los análisis fitopatológicos necesarios para determinar la presencia de este patógeno, no se descarta la posibilidad de que éste estuviera presente generando la muerte de las raicillas que existían antes de la aplicación del mulch.

Según CÁSALE et al. (1995), altos niveles de potasio y fósforo en el suelo pueden generar un antagonismo de absorción entre éstos y algunos micronutrientes. Lo anterior es corroborado por SILVA y RODRÍGUEZ (1995) quienes establecen que niveles de potasio en el suelo superiores a 40 ppm obligan a la activación de un segundo sistema de absorción que compete con la absorción del sodio, magnesio y calcio. Por otro lado, según LABANAUSKAS, STOLZY y ZENTMEYER (1978) la absorción de fósforo y potasio se ve inmediatamente suprimida bajo condiciones de anaerobiosis.

El análisis químico del guano de pavo realizado al inicio del ensayo mostró que este material generó un aumento considerable de los niveles de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y algunos micronutrientes. Al cabo de cuatro meses, los niveles de potasio se vieron notoriamente disminuidos, lo que se puede deber a un lavado de este por el agua de riego.

Si bien los niveles de potasio y fósforo son altos no alcanzan a ser dañinos para las plantas, sin embargo, podría existir un antagonismo de absorción entre el potasio y el boro, lo que sería detectable en los próximos análisis foliares (MENDOZA, 1999)*

*MENDOZA. H. Ing. Agr. 1999. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

Según MATAVA (1991), todos los elementos aplicados que contienen guano poseen altos niveles de sales que pueden causar muerte de raíces y caída prematura de hojas y frutos. Es por esto que la aplicación de este material debería realizarse en invierno cuando la actividad de los árboles es menor, permitiendo que el exceso de sales sea lavado de la zona radicular antes que los árboles inicien su activo crecimiento en primavera.

En caso de ausencia de lluvias, es aconsejable que el guano sea compostado previo a su utilización (CAUTÍN, 1999)*

El análisis químico del mulch arrojó una alta salinidad inicial representada en una conductividad eléctrica de 17,19 mmhos/cm, la cual después de cuatro meses disminuyó a valores de 3,88 mmhos/cm en el mes de noviembre. Si bien en dicho análisis no se evaluó cuáles sales fueron las que provocaron esa alta conductividad se puede suponer que corresponde a sales altamente lixiviables como cloruros y nitratos que, debido al riego fueron lavadas del mulch disminuyendo así la conductividad eléctrica. Los altos niveles de cloruro, nitratos y sodio registrados en los análisis realizados al extracto de solución de suelo confirman lo anteriormente señalado (Anexo 4). De esta forma, la presencia de estas sales, altamente dañinas para el palto, afectaron el sistema radicular de éste lo que se tradujo en una ausencia de raicillas absorbentes, tanto en el mulch como en el suelo subyacente.

* CAUTÍN, R. Ing. Agr. 1999. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

Estos resultados concuerdan con los de LAHAV (1984), quien observó que si bien la aplicación de pequeñas cantidades de guano logran aumentar significativamente el complejo de absorción y mejorar la capacidad de retención de agua de los suelos, su utilización puede generar un aumento del nivel de nutrientes, salinidad y conductividad eléctrica lo que puede afectar negativamente a especies susceptibles a la salinidad como el palto presentando éste un menor desarrollo radicular y clorosis general. El mismo autor observó que los niveles de cloruros, sodio y nitratos disminuyeron en el tiempo debido al lavado generado por el riego.

Debido al continuo lavado de sales existente en los mulch, sería de gran utilidad el establecimiento de un extractómetro en el suelo bajo el mulch para observar si existe acumulación de sales en el sector de las raíces, o si éstas son lavadas en profundidad.

La acidez del suelo también se vio modificada registrándose valores de pH más altos que el testigo. La elevación del pH no es deseable si se considera que si bien el palto se desempeña bien en un rango que va de pH 5.5 a 8, se adapta de mejor forma a pH más bajos. Cabe destacar que no se midió el pH del testigo al principio del ensayo, sino que sólo en la segunda fecha de evaluación.

El uso de coberturas vegetales puede afectar a una gran cantidad de factores del suelo que interactúan entre sí, por lo que no es fácil identificar un sólo factor como la principal razón de los buenos o malos resultados obtenidos, sin embargo, los altos

contenidos de humedad mantenidos durante todo el ensayo, además del proceso de degradación iniciada por el guano de pavo con su correspondiente liberación de compuestos tóxicos y la alta conductividad eléctrica inicial, generaron un brusco cambio del medio, lo que se tradujo en un estrés del sistema radicular. De ésta forma se provocó la muerte de las raíces existentes y se limitó el desarrollo de nuevas raicillas.

En los otros tratamientos se realizó una comparación entre las longitudes de todas las raíces existentes en el rizotróon al 24 de diciembre, fecha de la última medición, observándose que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Cuadro 2).

CUADRO 2. Largo promedio de raíces existentes en los rizotroneos con tratamiento de mulch acícula de pino, corteza de pino y paja con guano de caballo al 24 de diciembre de 1998.

TRATAMIENTO DE MULCH	LARGO PROMEDIO (mm.)	
ACICULA DE PINO	36,75	B
CORTEZA DE PINO	32,29	A
PAJA+GUANO	36,63	B
MEDIA GENERAL	35,27	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de probabilidad $P= 0,05$ según test de Tukey.

Al comparar las longitudes promedios se determinó que los árboles con mulch de corteza de pino presentaron un largo de raíces menor que las encontradas en el

mulch de acícula de pino y paja con guano de caballo, no existiendo diferencia significativa entre estos últimos. Cabe destacar que el testigo no presentó raicillas en la última medición, observándose solamente una raíz durante todo el período de medición, la cual no duró hasta el final.

Al analizar la evolución de las temperaturas, se puede observar que tanto la acícula como la corteza de pino mantienen temperaturas de suelo (medidas bajo el mulch) y del mulch menores que el testigo, siendo las temperaturas del mulch de ambos inicialmente muy similares a las del testigo. Sin embargo, la acícula supera antes los 13°C (mediados de septiembre), temperatura a la cual, según WHILEY et al. (1988b) las raíces ven detenidas su crecimiento (Figura 1). Es así como a partir de mediados de agosto la temperatura en el mulch de acícula aumenta constantemente superando a mediados de noviembre los 16°C mientras que la corteza registra una estabilización de la temperatura alrededor de los 14°C desde mediados de octubre hasta mediados de noviembre, logrando superar los 16°C recién en diciembre.

Por otro lado, la temperatura de suelo bajo el mulch de acícula es siempre superior a la registrada bajo el mulch de corteza, presentando esta última una leve disminución en agosto (Figura 2). Es así como tanto la temperatura del mulch de acícula como la de suelo bajo la acícula alcanzan en un menor tiempo que la corteza, mejores temperaturas que favorecen el crecimiento y elongación radicular.

Si bien la evolución de temperaturas del mulch de paja con guano es similar a la de la corteza, las temperaturas del suelo bajo el primer mulch son siempre más altas que las del suelo bajo la corteza (1,5°C mayor desde julio a octubre), alcanzándose los 13°C a principios de septiembre, a diferencia del tratamiento de corteza que lo alcanza un mes más tarde (Figura 2).

Una posible causa de lo anterior la constituiría las características físicas de la corteza la cual forma una estructura más compacta donde los rayos solares no penetran fácilmente, a diferencia de la acícula y de la paja con guano que, al ser materiales más sueltos dejan espacios entre ellos que permiten el calentamiento del suelo.

Esto corrobora lo planteado por TUCKEY y SCHOFF (1963) quienes establecen que las temperaturas de suelo que se registren dependen del material utilizado y de sus características.

Como se observa en la curva de retención de humedad, a tensiones mayores la acícula mantiene mayores niveles de humedad que la corteza, lo que concuerda con los resultados obtenidos por STINSON et al. (1990). El mulch de paja con guano de caballo también mantiene mayores niveles de humedad tanto a altas como a bajas tensiones, existiendo una mayor disponibilidad de agua para ser utilizada por las raíces del palto (Anexo 1). Sin embargo, todos los mulch utilizados en este ensayo mostraron niveles de humedad más altos que el testigo, no existiendo grandes

diferencias entre ellos. Estos resultados concuerdan con los de GREGORIOU y RAJKUMAR (1984) quienes observaron que la combinación del riego con el uso de mulch produce un nivel consistentemente mayor de humedad a lo largo de toda la temporada.

Los análisis químicos de los mulch realizados demuestran que tanto la acícula como el mulch de paja con guano de caballo presentan niveles iniciales de materia orgánica superiores al 60% en comparación con la corteza de pino que no supera el 40%. En relación al contenido de nitrógeno disponible, éste es inicialmente superior en la corteza que en los otros dos tratamientos. El análisis realizado cuatro meses después muestra que tanto la acícula de pino como la mezcla de paja con guano han disminuido significativamente sus contenidos de materia orgánica y aumentado la cantidad de nitrógeno disponible, a diferencia de la corteza de pino que mantuvo los niveles de materia orgánica y disminuyó los niveles de nitrógeno disponible (Anexo 3). Lo anterior demuestra una mayor tasa de mineralización de la materia orgánica en los dos primeros lo que se traduce en una mayor liberación de nitrógeno aumentando la disponibilidad de éste para la planta y la formación de productos microbiales que ayudan a la estabilización del suelo y a la formación de humus; esto estaría aumentando la capacidad de intercambio catiónico del suelo y mejorando sus condiciones físicas lo que favorecería el desarrollo radicular.

Una buena estructura o agregación de las partículas de suelo permite una proporción adecuada de poros grandes para la aireación y drenaje del agua y de

poros pequeños para la retención de agua. La baja relación carbono nitrógeno de los guanos y la excelente aireación del suelo generada por la acícula de pino permite que su acción mejoradora de la estructura sea relativamente rápida (RODRÍGUEZ, 1990; CID, 1993).

Cabe destacar que en los tres tratamientos, la disponibilidad de los nutrientes se vio aumentada en el tiempo, a excepción del potasio el cual puede haber sufrido lixiviación con el agua de riego. A pesar de dicha lixiviación, los contenidos de este nutriente siguieron siendo altos.

Según WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y ANSERMINO (1996) el fósforo, calcio y boro son elementos minerales indispensables para un adecuado desarrollo de raíces sanas. Todos ellos se ven aumentados bajo condiciones de mulch. Esto concuerda con los resultados de TURNEY y MENGE (1994) y TUCKEY y SCHOFF (1963) quienes observaron que los niveles de fósforo en el suelo se elevan notoriamente, siendo hasta ocho veces mayor en los tratamientos con mulch que en el testigo.

BALDINI (1992) establece que el contenido mínimo de fósforo asimilable en el suelo para el desarrollo de cultivos arbóreos es de 50 ppm. Por el contrario, según RODRÍGUEZ (1990) el contenido óptimo de fósforo en el suelo es de 30 ppm.

Las muestras de acícula de pino y paja con guano de caballo arrojan en ambas fechas de evaluación, mayores niveles de fósforo que la corteza de pino (Anexo 3). Estos resultados concuerdan con los de TUCKEY y SCHOFF (1963), quienes observaron que los niveles de fósforo disponible son mayores en aquellos mulch compuestos de materiales fibrosos como la paja. Es así como la disponibilidad del fósforo y el nivel de aireación se asocian a la textura y composición del material utilizado.

Si bien los niveles de fósforo fueron más altos en el mulch de acícula de pino y paja con guano, tanto el mulch de corteza de pino, el de guano de pavo y el testigo poseen cantidades suficientes de este nutriente para permitir un adecuado crecimiento de raíces.

Según ANSORENA (1994) y WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y ANSERMINO (1996), la corteza de pino debe sufrir un proceso de compostaje previo a su uso para lograr una descomposición microbiana de ésta, en caso contrario pueden producirse fenómenos de fitotoxicidad y de inmovilización del nitrógeno. La fitotoxicidad se produce por la presencia de taninos y resinas, sin embargo, las causas más importantes de fitotoxicidad se deben al exceso de manganeso y a la existencia de compuestos fenólicos. Dicha fitotoxicidad pudo haber influido en el menor crecimiento de las raíces.

Si bien el análisis de suelo realizado no permite determinar la relación carbono nitrógeno de los diferentes materiales, datos de literatura indican que ésta alcanza valores de 300:1 en el caso de la corteza de pino sin compostar, mientras que al compostar la relación disminuye a 92:1, la cual aun es considerada alta. Esta no debe ser superior a 30:1 ya que los microorganismos del suelo que descomponen poseen una relación carbono nitrógeno de 30:1 por lo que si la relación carbono nitrógeno del material es superior, es decir, con una mayor proporción de carbono, los microorganismos requerirán un aporte extra de nitrógeno que tomarán de la solución de suelo lo que generará una competencia por este nutriente con el cultivo. Lo anterior se traduce en una reducida pero prolongada actividad biológica que puede provocar inicialmente una inmovilización del nitrógeno del suelo. Por esta razón, la utilización de corteza de pino requiere la aplicación de cantidades considerables de nitrógeno (ANSORENA, 1994; NEW ERA FARM SERVICE, 1997 b; SILVA y RODRÍGUEZ, 1995; CID, 1993).

Cabe destacar que durante todo el año se realizaron fertilizaciones en forma normal (Anexo 5).

Las características físicas de los diferentes materiales utilizados, tales como el tamaño de partículas, influyen también en el desarrollo radicular obtenido en los diferentes mulch, es así como la acícula de pino y la paja con guano corresponden a materiales más sueltos y livianos, de partículas más pequeñas que imponen menor resistencia al crecimiento de las raíces resultando más favorables para el palto. Por

el contrario, la corteza de pino corresponde a un material más pesado, de partículas de mayor tamaño que dificultan el crecimiento de raicillas en el mulch.

TUCKEY y SCHOFF (1963) establecen que el principal efecto del uso de mulch es la mejora de las características físicas del suelo. La liberación de nutrientes y de otros productos puede tener un buen efecto en el suelo, sin embargo, la influencia de incubar el suelo sin grandes fluctuaciones de temperatura y humedad y con un mínimo de lixiviación, erosión y disturbación de los agregados del suelo es el mayor efecto.

Dicho efecto no se logró en el tratamiento testigo, ya que la ausencia de una cubierta vegetal permitió la existencia de grandes oscilaciones térmicas y de humedad en el suelo; lo anterior, junto a la mayor compactación presentada por éste, limitó el crecimiento de raíces. Es así como las condiciones existentes en este tratamiento fueron significativamente más estresantes por lo que la viabilidad de las raíces se vio reducida.

A pesar de las diferencias en el largo de raicillas obtenidas en las mediciones realizadas en los rizotrones, en la remoción superficial del mulch se observó que tanto en el tratamiento de acícula de pino, corteza de pino y paja con guano el crecimiento radicular se inició antes en la temporada, observándose las primeras raíces dos meses después de su aplicación, lo que concuerda con lo determinado por WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN (1997) quienes establecen

que el crecimiento radicular es notoriamente más pronunciado en los árboles con mulch, siendo más temprano y prolongado presentándose una mayor proliferación de raíces.

La existencia de un desarrollo radicular más temprano y prolongado en los mulch permite que en el momento del inicio del crecimiento vegetativo, exista una cantidad considerable de raíces en actividad capaces de suplir las necesidades hídricas, hormonales y de nutrientes exigidas por la parte aérea para su crecimiento vegetativo y floración, disminuyendo en parte la competencia entre ambos.

En el tratamiento testigo, el desarrollo de raicillas en la superficie del suelo se observó más tarde en la temporada, el 7 de noviembre, momento en que el crecimiento vegetativo ya se había iniciado. Lo anterior puede haber generado la competencia anteriormente señalada.

4.1.2. Densidad radicular:

Para el análisis estadístico de densidad radicular sólo se consideraron los tratamientos que presentaron raíces en los rizotrones, excluyéndose por lo tanto el tratamiento de mulch de guano de pavo y el testigo. Dicho análisis muestra que no existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos ni de la interacción entre los tratamientos con la fecha de medición, sin embargo, al comparar los promedios de densidad radicular en las fechas de evaluación se determinó que el

número promedio de raíces en la acícula, corteza y paja con guano es mayor en el mes de diciembre (Cuadro 3).

CUADRO 3. Número promedio de raíces por dm² presentes en los rizotrones en las diferentes fechas de evaluación.

FECHAS	ACICULA DE PINO	COTEZA DE PINO	PAJA+ GUANO	MEDIAS (F)	
30/10/1998	0,2	0,1	0,8	0,4	A
12/11/1998	0,8	0,2	0,4	0,5	A
27/11/1998	1,0	0,3	0,7	0,7	A
10/12/1998	1,5	0,6	0,9	1,0	A B
23/12/1998	2,2	2,6	1,2	2,0	B
MEDIAS (M)	1,1	0,8	0,8	0,9	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de probabilidad P= 0,05 según test de Tukey.

Lo anterior se debería a que, desde mediados de septiembre, las temperaturas en los diferentes mulch superaron los 13°C; de la misma forma, las temperaturas del suelo bajo el mulch superaron dicha temperatura a fines de septiembre, permitiendo un progresivo aumento en el número de raíces en los diferentes tratamientos (Figuras 1 y 2). Estos resultados concuerdan con los de HERNÁNDEZ (1991), quien observó que el número de raíces presenta un aumento sostenido desde el 31 de octubre hasta el 26 de diciembre, fecha después de la cual se mantiene un número de raicillas más o menos constante.

El mismo autor establece que existe una correlación positiva muy alta entre el número promedio de raíces y las temperaturas de suelo a 15cm de profundidad,

observándose que a temperaturas más altas se asocia un mayor número de raíces superficiales.

En la Figura 3 se observa que tanto la acícula de pino, la corteza de pino y la paja con guano presentan un aumento gradual de la densidad de raíces a través del tiempo, a diferencia del testigo cuya densidad aumenta hasta el 13 de noviembre y posteriormente disminuye, llegando a valores cercanos a cero en el mes de diciembre.

Debido a que el desarrollo radicular del palto es superficial, encontrándose una cantidad significativa de raíces creciendo bajo la hojarasca que se forma en la superficie del suelo, las raicillas son altamente susceptibles a cambios ambientales bruscos.

La menor densidad radicular observada en el testigo se debería a que durante la segunda quincena de noviembre las condiciones ambientales fueron más exigentes, presentándose un alza en las temperaturas máximas, registrándose oscilaciones térmicas diarias de hasta 22°C. Lo anterior generó una alta evaporación desde la superficie del suelo reduciéndose el contenido de agua disponible para el crecimiento de las raíces.

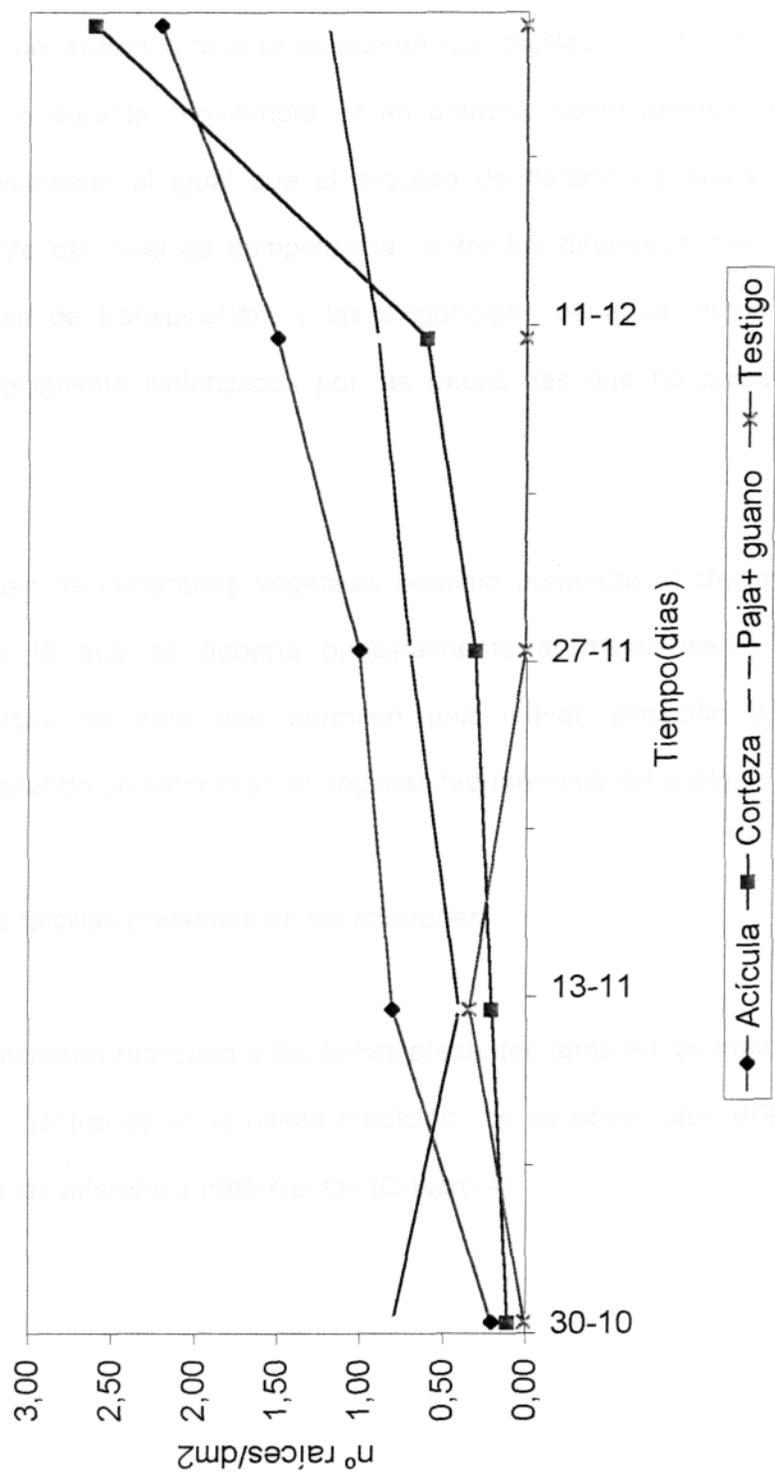


FIGURA 3. Densidad de raíces (número de raíces/dm²) en los tratamientos de acícula de pino, corteza de pino, paja con guano de caballo y testigo en distintas fechas de evaluación.

Estas condiciones generaron la muerte de numerosas raicillas. Junto con esto, el desarrollo vegetativo durante noviembre se encontraba, como anteriormente se dijo, en pleno crecimiento al igual que el proceso de floración y cuaja, lo que provocó un aumento del nivel de competencia entre los diferentes crecimientos aumentando la tasa de transpiración, y las exigencias de agua, nutrientes y reguladores de crecimiento sintetizados por las raíces, las que no pudieron ser satisfechas.

Es así como el uso de coberturas vegetales permitió aumentar el crecimiento y densidad radicular lo que se debería principalmente al mejoramiento de las características físicas de éste que permiten una mayor aireación y menor compactación generando un cambio en el régimen hidrotérmico del suelo.

4.1.3. Diámetro de raicillas presentes en los rizotrones:

En el análisis de diámetro realizado a las raíces presentes tanto en los mulch como en el suelo de los rizotrones en la última medición no se observaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (Cuadro 4).

CUADRO 4. Diámetro promedio de las raíces presentes en los rizotrones de acícula de pino, corteza de pino y paja con guano al 24 de diciembre de 1998.

MULCH	DIAMETRO (mm.)	
ACICULA DE PINO	1,74	A
CORTEZA DE PINO	1,51	A
PAJA+GUANO	1,51	A
MEDIA GENERAL	1,63	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de probabilidad $P= 0,05$ según test de Tukey.

4.1.4. Diámetro de las raicillas presentes en el mulch:

Basado en la categorización del diámetro de raíces establecida por CAUTÍN (1998) (datos sin publicar), el análisis estadístico realizado para ver la distribución de las raíces presentes en los diferentes mulch muestra que existen diferencias significativas en el tipo de raíces presentes en los tratamientos. De esta forma se observa que en el testigo predominan las raíces pequeñas y muy pequeñas, no existiendo diferencia significativa en la cantidad de raíces medianas y grandes (Cuadro 5).

CUADRO 5. Número promedio de raíces en el testigo según su diámetro al 25 de noviembre de 1998.

CATEGORÍA DE RAIZ	PROMEDIO DE RAÍCES	
MUY PEQUEÑA	21,5	A B
PEQUEÑA	43,3	B
MEDIANA	14	A
GRANDE	8	A
MEDIA GENERAL	21,7	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de probabilidad $P= 0,05$ según test de Tukey.

En el tratamiento de paja con guano se observa una mayor cantidad de raíces pequeñas, seguida por las raíces consideradas como muy pequeñas. No se observa diferencias significativas en la cantidad de raíces medianas y grandes (Cuadro 6).

CUADRO 6. Número promedio de raíces en el mulch de paja con guano según su diámetro al 25 de noviembre de 1998.

CATEGORÍA DE RAIZ	PROMEDIO DE RAÍCES	
MUY PEQUEÑA	27,8	B
PEQUEÑA	40,5	C
MEDIANA	9	A
GRANDE	2,8	A
MEDIA GENERAL	20,0	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de probabilidad $P= 0,05$ según test de Tukey.

En el tratamiento de corteza de pino predominan las raíces pequeñas, no existiendo diferencia significativa entre la cantidad de raíces muy pequeñas y medianas (Cuadro 7).

CUADRO 7. Número promedio de raíces en el mulch de corteza de pino según su diámetro al 25 de noviembre de 1998.

CATEGORÍA DE RAIZ	PROMEDIO DE RAÍCES		
MUY PEQUEÑA	18,5		B
PEQUEÑA	46,8		C
MEDIANA	12,8	A	B
GRANDE	2	A	
MEDIA GENERAL	20,0		

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de probabilidad $P= 0,05$ según test de Tukey.

En el tratamiento de acícula de pino, predominan las raíces pequeñas y muy pequeñas (Cuadro 8).

CUADRO 8. Número promedio de raíces en el mulch de acícula de pino según su diámetro al 25 de noviembre de 1998.

CATEGORÍA DE RAIZ	PROMEDIO DE RAÍCES		
MUY PEQUEÑA	26,8		B C
PEQUEÑA	40,8		C
MEDIANA	11,3	A	B
GRANDE	1,3	A	
MEDIA GENERAL	20,1		

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de probabilidad $P= 0,05$ según test de Tukey.

Los resultados concuerdan con los obtenidos por CAUTÍN (1998) (datos sin publicar) quien observó que en paltos cultivados en diferentes condiciones edáficas, a fines de primavera predominan las raíces pequeñas y muy pequeñas. El mismo

autor establece que las raíces pequeñas y medianas adquieren importancia hacia la temporada de primavera y verano por la mayor necesidad de conducir agua debido al incremento de las funciones metabólicas que apoyan la brotación, floración, cuaja y primera etapa de crecimiento de frutos.

Según WAISEL (1996) citado por CAUTÍN (1998) (datos sin publicar) la existencia de raíces de menor diámetro se basa en la necesidad de la estela central y tejidos adyacentes de transportar, por lo que muchas plantas desarrollan raíces finas en condiciones de bajo suministro de nutrientes, aumentando además el volumen de suelo explorado. Sin embargo, esto no parece ser la razón de la predominancia de raíces pequeñas y muy pequeñas en los diferentes mulch, ya que los análisis químicos realizados muestran que éstos poseen adecuados niveles de todos los nutrientes.

KRAMER (1989) señala que en condiciones de bajo contenido de oxígeno en el suelo, se desarrollan raíces de gran diámetro. Según MENDELSON et al. (1981) el desarrollo de dichas raíces en las plantas acuáticas corresponde a una adaptación anatómica consistente en la formación de un tipo de parénquima especializado denominado aerénquima, el cual permite una mejor difusión del oxígeno desde niveles superficiales hacia niveles más profundos dentro de la masa radical de las plantas.

En los ensayos realizados por CAUTÍN (1998) se observó una mayor cantidad de raíces catalogadas como grandes a salidas de invierno. Estas presentaban en la zona cortical una importante cantidad de espacios intercelulares los que constituyen el tejido llamado aerénquima o parénquima especializado en la difusión gaseosa.

Basado en lo anterior, se debiera esperar que las raíces que se desarrollen en el tratamiento de guano de pavo, que presenta condiciones de excesiva humedad y anaerobiosis, sean de mayor diámetro para favorecer la difusión de oxígeno.

Los Cuadros 9, 10, 11 y 12 muestran que no existió diferencia significativa entre el número de raíces de diámetro muy pequeño, pequeño, mediano y grande presentes en los diferentes tratamientos, es decir, todos los mulch presentan igual cantidad de raíces de diámetro muy pequeño, pequeño, mediano y grande.

Si bien las condiciones del sustrato en el cual se desarrollan las raíces influyen en su diámetro y largo, se debe considerar que los árboles estudiados en este ensayo correspondientes al cv. Hass, se encuentran sobre patrón franco, por lo que no es posible descartar que el diámetro de las raíces encontradas en los diferentes mulch se deba a las características genéticas aportadas por el patrón.

CUADRO 9. Promedio de raíces muy pequeñas presentes en los mulch de acícula de pino, corteza de pino, paja con guano de caballo y testigo al 25 de noviembre de 1998.

TRATAMIENTO	PROMEDIO DE RAÍCES	
ACÍCULA DE PINO	26,8	A
CORTEZA DE PINO	18,5	A
PAJA + GUANO	27,8	A
TESTIGO	21,5	A
MEDIA GENERAL	23,7	A

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de probabilidad $P= 0,05$ según test de Tukey.

CUADRO 10. Promedio de raíces pequeñas presentes en los mulch de acícula de pino, corteza de pino, paja con guano de caballo y testigo al 25 de noviembre de 1998.

TRATAMIENTO	PROMEDIO DE RAÍCES	
ACÍCULA DE PINO	40,8	A
CORTEZA DE PINO	46,8	A
PAJA + GUANO	40,5	A
TESTIGO	43,3	A
MEDIA GENERAL	42,9	A

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de probabilidad $P= 0,05$ según test de Tukey.

CUADRO 11. Promedio de raíces medianas presentes en los mulch de acícula de pino, corteza de pino, paja con guano de caballo y testigo al 25 de noviembre de 1998.

TRATAMIENTO	PROMEDIO DE RAÍCES	
ACÍCULA DE PINO	11,3	A
CORTEZA DE PINO	12,8	A
PAJA + GUANO	9	A
TESTIGO	16,5	A
MEDIA GENERAL	12,4	A

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de probabilidad $P= 0,05$ según test de Tukey.

CUADRO 12. Promedio de raíces grandes presentes en los mulch de acícula de pino, corteza de pino, paja con guano de caballo y testigo al 25 de noviembre de 1998.

TRATAMIENTO	PROMEDIO DE RAÍCES	
ACÍCULA DE PINO	1,3	A
CORTEZA DE PINO	2,0	A
PAJA + GUANO	2,8	A
TESTIGO	1,3	A
MEDIA GENERAL	1,9	A

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de probabilidad $P= 0,05$ según test de Tukey.

4.1.5. Características de las raíces:

La observación superficial de las raíces que se desarrollaron en los diferentes mulch, realizada mediante la remoción de éstos, muestra que la acícula presenta

raíces largas muy poco ramificadas de color blanquecino, existiendo la presencia de raicillas clasificadas según CAUTÍN (1998) (datos sin publicar) como de diámetro mediano (1,4 a 2,2 mm) pero predominando las clasificadas como de diámetro pequeño y muy pequeño (0 a 1,3 mm). En la corteza de pino se observa menor cantidad de raíces, pero más que en la paja con guano. Si bien existen raíces largas, predominan las más cortas. Se encuentran mucho más ramificadas, presentan un color blanquecino y predominan las raicillas de diámetro pequeño. En la paja con guano, las raíces son notoriamente más delgadas, cortas y ramificadas, la mayoría de color café, con sus puntas necrosadas, muy pocas presentan sus ápices blancos. En el testigo, sólo se observan raíces en los lugares bajo la canopia en que existe abundante hojarasca en descomposición, existiendo una gran cantidad de raíces necrosadas. Esto es corroborado por MATAVA (1991) quien observó que raicillas sanas, largas y de color crema sólo se desarrollan bajo la cubierta de hojas si es que ésta ha recibido suficiente riego que favorezca su rápida descomposición. En caso contrario sólo se pueden encontrar pocas raicillas absorbentes y éstas tienden a ser de color oscuro y más pequeñas y cortas.

Cabe destacar que tanto en la acícula de pino como en la corteza, se observa mayor desarrollo radicular en el área cercana al microaspersor, en cambio en el caso de la paja con guano se concentran en el sector más alejado del emisor. Lo anterior se debería a la gran cantidad de humedad existente en el mulch de paja con guano de caballo en el área más próxima al microaspersor la cual se mantiene por uno a dos días después del riego.

Por otra parte, se observa que en la corteza la mayor cantidad de raíces se concentra en el sector en que dicho material posee partículas más pequeñas, no existiendo raíces en los sectores con trozos de corteza de mayor tamaño. Esto se debería a que los sectores con corteza más pequeña, generan una menor resistencia al crecimiento de las raíces, además de generar mejores condiciones de humedad y aireación que favorecen su crecimiento y elongación.

4.1.6. Distribución radicular:

El palto, al ser una especie de origen subtropical se desarrolla bien en suelos con niveles de materia orgánica que alcanzan o superan el 10%. Debido a que al aumentar la profundidad, el suelo es cada vez menos orgánico, el desarrollo de raicillas absorbentes disminuye (MATAVA, 1991).

Según WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y ANSERMINO (1996), el uso de buenos materiales como mulch que provocan un mejoramiento de la estructura del suelo, porosidad y aireación, permite la existencia de crecimiento radicular tanto en la cobertura vegetal como a mayores profundidades.

La observación de la distribución de las raicillas en los diferentes rizotrones muestra que la mayoría se encuentra en el mulch o en el límite inferior de éstos. Es así

como el 71% de las raicillas encontradas en los rizotrones de acícula, el 40% de las encontradas en el tratamiento con corteza y el 50% de las encontradas en el tratamiento con paja y guano de caballeriza se desarrollan en los primeros 20 cm, que corresponden al mulch y a los primeros centímetros de suelo bajo él. Este porcentaje aumenta a 96% en el caso de las raicillas encontradas en los rizotrones realizados en el tratamiento de acícula, 71% en las encontradas en los rizotrones de la corteza y a 72% en los rizotrones de paja con guano de caballo si se consideran los primeros 40cm, encontrándose el restante entre los 40 y 100 cm. De lo anterior se desprende que el desarrollo radicular del palto es principalmente superficial, lo que concuerda con los resultados de TAPIA (1993); SALAZAR y CORTÉS (1986); PALMA (1991); HERNÁNDEZ (1991); WOLSTENHOLME (1987) y WHILEY y WINSTON (1987). Por otro lado, se puede concluir que el uso de coberturas vegetales favorece el desarrollo de raíces sobre la superficie del suelo, las cuales crecen y exploran los diferentes mulch. Esto concuerda con lo observado por BERG (1992) quien establece que, debido a que el palto evolucionó en frescos bosques ricos en materia orgánica en descomposición, sus raíces tienden a crecer hacia ésta.

Sin embargo, pocas raíces que se encuentran en el mulch siguen creciendo en éste en forma paralela al vidrio, la mayoría profundiza alejándose del mulch. Debido a que el desarrollo de las raicillas en el mulch es en forma paralela al suelo, cuando llegan al lugar del rizotrón, topan el vidrio encontrando resistencia para su

desarrollo, ésto junto con las características de geotropismo positivo que poseen, hace que tiendan a bajar alejándose del mulch e iniciando la exploración del suelo.

4.2. Crecimiento vegetativo:

Entre el 19 de octubre y el 24 de diciembre la tasa de crecimiento vegetativo mostró un flush o período de extensión de brotes. Este fue similar en todos los tratamientos y se inició el 26 de octubre. El peak de crecimiento pudo apreciarse entre el 9 de noviembre y el 14 de diciembre (Figura 4). A diferencia de lo observado por TAPIA (1993) el crecimiento vegetativo se inició dos meses más tarde, por lo que el peak de crecimiento también se vio retrasado.

Al igual que los resultados obtenidos por WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN (1997), no se observaron diferencias en la época de ocurrencia de la brotación.

Se realizó un análisis estadístico del crecimiento acumulado de los brotes de los diferentes tratamientos. Dicho análisis no muestra diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, lo que se debe a que el crecimiento vegetativo de primavera se basa principalmente en las reservas acumuladas en el árbol durante el período de crecimiento anterior (Cuadro 13).

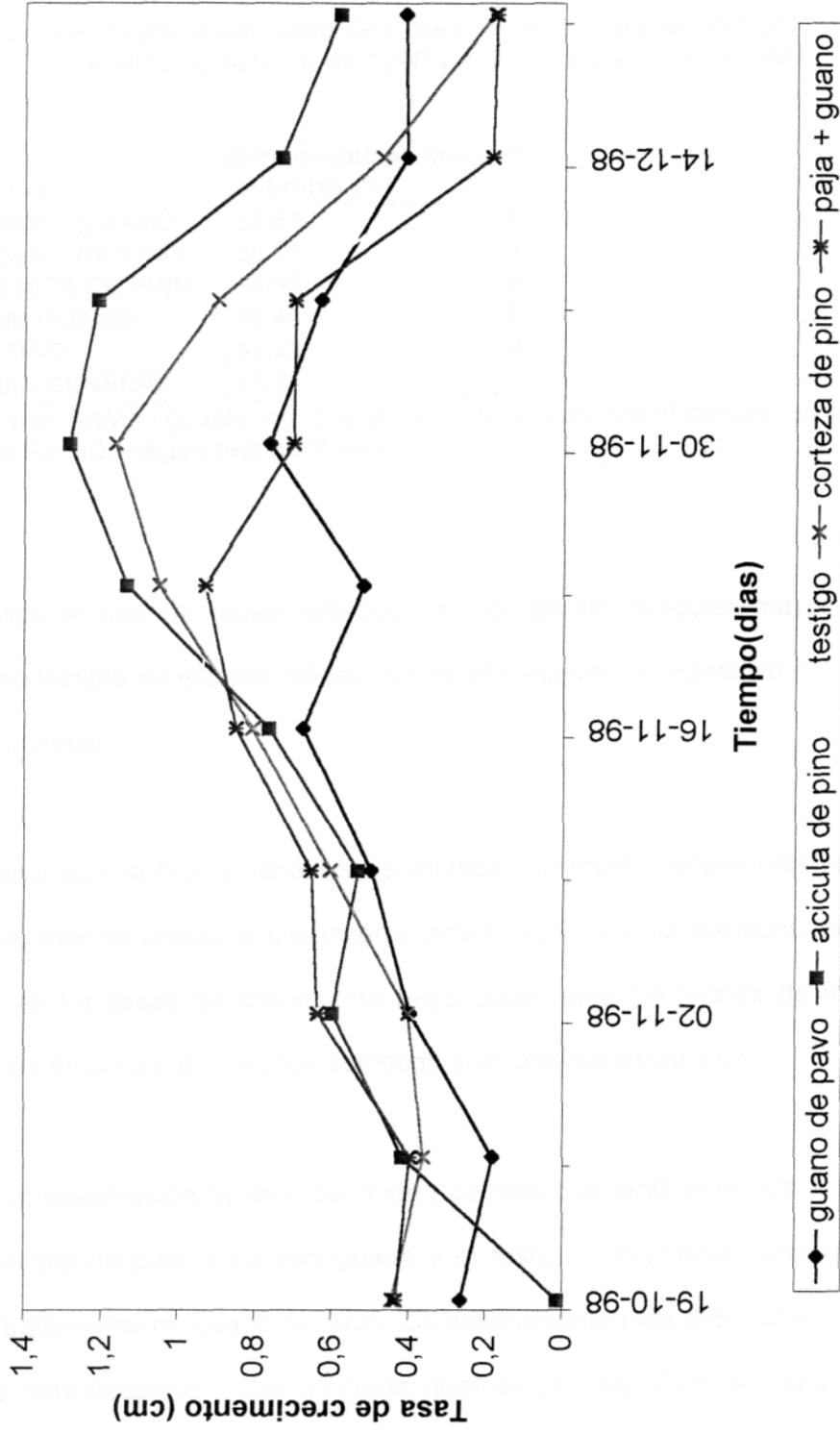


FIGURA 4. Tasa de crecimiento de brotes (cm/sem) de palto cv. Hass en los diferentes tratamientos.

CUADRO 13. Crecimiento acumulado de brotes (%) en los diferentes tratamientos entre el 13 de octubre de 1998 y el 21 de diciembre de 1998.

MULCH	Crecimiento acumulado de brotes (%)	
GUANO DE PAVO	83,53	A
ACICULA DE PINO	85,17	A
CORTEZA DE PINO	86,97	A
PAJA+GUANO	82,46	A
TESTIGO	91,23	A
MEDIA GENERAL	85,87	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de probabilidad $P=0,05$ según test de Tukey.

Debido a que el uso de mulch provocó un desarrollo radicular mayor y más temprano, es factible de esperar diferencias en el crecimiento vegetativo del otoño y primavera próxima.

Cabe destacar que si bien el análisis estadístico no mostró diferencias entre los tratamientos, éste se realizó al crecimiento acumulado, por lo que pudieron existir diferencias en las tasas de crecimiento registradas entre las fechas de medición (Figura 4), sin embargo, éste no fue sometido a un análisis estadístico.

Si bien en la observación general del huerto se notó que tanto el mulch de corteza de pino, acícula de pino, paja con guano y el testigo presentaban una brotación similar, el tratamiento de guano de pavo fue notoriamente más débil, observándose los árboles más decaídos y con un cierto nivel de clorosis. Esto se debería a los altos contenidos de humedad además de las condiciones de anaerobiosis

generadas en éste las que, como anteriormente fue señalado, provocaron un aumento de los niveles de dióxido de carbono y etileno en el suelo generando una disminución de la absorción de fierro y del crecimiento radicular, produciéndose el decaimiento y clorosis general de los árboles. A lo anterior hay que añadir el daño radicular provocado por los altos niveles de cloruros existentes en el guano que generaron un aumento en la conductividad eléctrica de éste.

La observación de la tasa promedio de crecimiento de brotes registrada entre las diferentes fechas de evaluación muestra que los tratamientos de mulch de acícula y de corteza de pino presentan una mayor velocidad de crecimiento, seguida por el testigo y el tratamiento de paja con guano, mientras que el guano de pavo es el que menor tasa de elongación de brotes presenta (Figura 4).

Como fue anteriormente señalado, el crecimiento vegetativo obtenido en la temporada de medición se sustenta principalmente en las reservas que posee el árbol, sin embargo, la existencia de un desarrollo radicular mayor y más temprano en la acícula de pino, corteza de pino y paja con guano de caballo genera una mayor capacidad de apoyar el crecimiento vegetativo, debido al aporte de agua, nutrientes y reguladores de crecimiento.

4.3. Desarrollo reproductivo:

4.3.1. Número de inflorescencias determinadas e indeterminadas:

La utilización de cobertura vegetal tiene como efecto la disminución de las condiciones de estrés a las que normalmente está sometido el árbol. Debido a que el tipo de inflorescencia (flora) desarrollada depende en cierta forma de dichas condiciones, existiendo un mayor número de panículas determinadas cuando las condiciones son adversas, se espera que el uso de mulch genere una disminución de éstas y aumento de las panículas indeterminadas. Sin embargo, el número de inflorescencias determinadas e indeterminadas no muestran diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos (Cuadro 14). Lo anterior se debe a que en el momento en que las diferentes coberturas comenzaron a ejercer su efecto, la inducción floral ya había ocurrido, por lo que tanto el número como el tipo de inflorescencias que se presentarían en la floración siguiente ya estaban definidas. Por esta razón se esperaba que existiera un efecto de los mulch sobre el tipo de panículas en la próxima temporada, lo que debería ser evaluado.

CUADRO 14. Número promedio de panículas determinadas e indeterminadas en los diferentes tratamientos.

MULCH	PROMEDIO DE PANICULAS			
	DETERMINADAS		INDETERMINADAS	
GUANO DE PAVO	2,95	A	2,35	A
ACICULA DE PINO	2,25	A	3,10	A
CORTEZA DE PINO	4,35	A	3,55	A
PAJA+GUANO	4,20	A	3,85	A
TESTIGO	3,80	A	3,00	A
MEDIA GENERAL	3,51		3,17	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de probabilidad $P= 0,05$ según test de Tukey.

4.3.2. Porcentaje de frutos cuajados:

Según WHILEY (1990), el éxito de la formación de frutos en los 60 días posteriores a la floración depende de la disponibilidad de fotosintatos almacenados, de la fotosíntesis del momento y del tiempo de transición de "sink" a fuente de los brotes que se renuevan en primavera.

El análisis estadístico del porcentaje de frutos cuajados no muestra diferencias significativas entre los diferentes tratamientos; es decir, el porcentaje promedio de frutos cuajados en los diferentes tratamientos resulta ser igual, cualquiera sea el tratamiento utilizado (Cuadro 15). Lo anterior se debe a que al inicio del ensayo se eligieron árboles de similar vigor y nivel de carga, por lo que el nivel de reservas acumuladas en la temporada anterior era similar en todos los árboles. Por otro lado, el crecimiento vegetativo en todos los tratamientos fue similar por lo que el nivel de

fotosíntesis ocurrida durante el proceso de cuaja y la transición de las hojas de "sink" a fuente ocurrió aproximadamente al mismo tiempo.

CUADRO 15. Porcentaje de frutos cuajados al 15 de enero de 1999.

MULCH	Porcentaje de frutos cuajados (%)
GUANO DE PAVO	0.4 A
ACICULA DE PINO	0.5 A
CORTEZA DE PINO	0.3 A
PAJA+GUANO	0.3 A
TESTIGO	0.3 A
MEDIA GENERAL	0.4

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de probabilidad $P=0,05$ según test de Tukey.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y COWAN (1997) quienes observaron que el uso de mulch de corteza de pino permite, en un período de tres temporadas consecutivas, generar un aumento tanto en la producción como en el número y peso de los frutos. Sin embargo si bien en la primera temporada se observó un aumento en la producción y peso de los frutos, no se registró aumento del número de frutos. Lo anterior se debió a que la aplicación del mulch se realizó sólo unos pocos meses antes de cuaja.

De la misma forma en el ensayo llevado a cabo en Quillota, la aplicación de los diferentes mulch también se realizó pocos meses antes de la cuaja.

SEDGLEY (1987) sugiere que la competencia entre los frutos y el crecimiento vegetativo por las reservas, cuyo nivel es cada vez más bajo a medida que avanza el verano, sumado a las altas temperaturas y, algunas veces, a una demanda evaporativa también alta, serían los responsables de la alta tasa de caída de frutos.

Como anteriormente fue señalado, al inicio del ensayo se eligieron árboles relativamente homogéneos por lo que el nivel inicial de reservas debió ser similar. Por esta razón era de esperar que no se registraran diferencias significativas entre el porcentaje de frutos cuajados y abortados entre los diferentes tratamientos. Es así como se deberían esperar diferencias significativas, tanto en el nivel de producción como en el número de frutos y peso de éstos en las próximas temporadas.

De la misma forma, no se observó presencia de frutos anillados en ninguno de los tratamientos, lo que se debería a las bajas condiciones de estrés a las que se encontraban sometidos los árboles.

4.4. Degradación de los diferentes mulch:

En el análisis de degradación de los mulch se observan diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. Al comparar los porcentajes de degradación promedio de los diferentes mulch, se observó que el porcentaje de degradación es

mayor en el mulch de paja con guano y acícula de pino, no existiendo diferencias significativas entre ellos (Cuadro 16, Figura 5).

CUADRO 16. Porcentaje promedio de degradación de los diferentes mulch.

MULCH	DEGRADACION (%)	
GUANO DE PAVO	40,5	B
ACICULA DE PINO	45,2	B C
CORTEZA DE PINO	19,8	A
PAJA+GUANO	50,2	C
MEDIA GENERAL	38,9	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas al nivel de probabilidad $P= 0,05$ según test de Tukey.

Una posible causa de la mayor degradación presentada por el mulch de acícula y paja con guano lo constituye la presencia de celulosa y hemicelulosa en su conformación lo que permite que sean más fáciles de atacar por la biomasa del suelo que la corteza de pino, viruta de madera y aserrín que están formados por compuestos polifenólicos.

Lo anterior concuerda con WOLSTENHOLME, MOORE-GORDON y ANSERMINO (1996), quienes establecen que las coberturas vegetales derivadas de tejidos jóvenes de las plantas con una baja relación C:N, tales como hojas, malezas, acícula, abonos verdes y la mayoría de los guanos animales poseen una rápida velocidad de degradación. Materiales más fibrosos como la paja no duran mucho más, ya que normalmente se encuentran bien partidos. Por el contrario, materiales como los chips de madera y corteza de árboles se descomponen más lentamente. Sin embargo, la corteza de pino compostada es la que más se descompone.

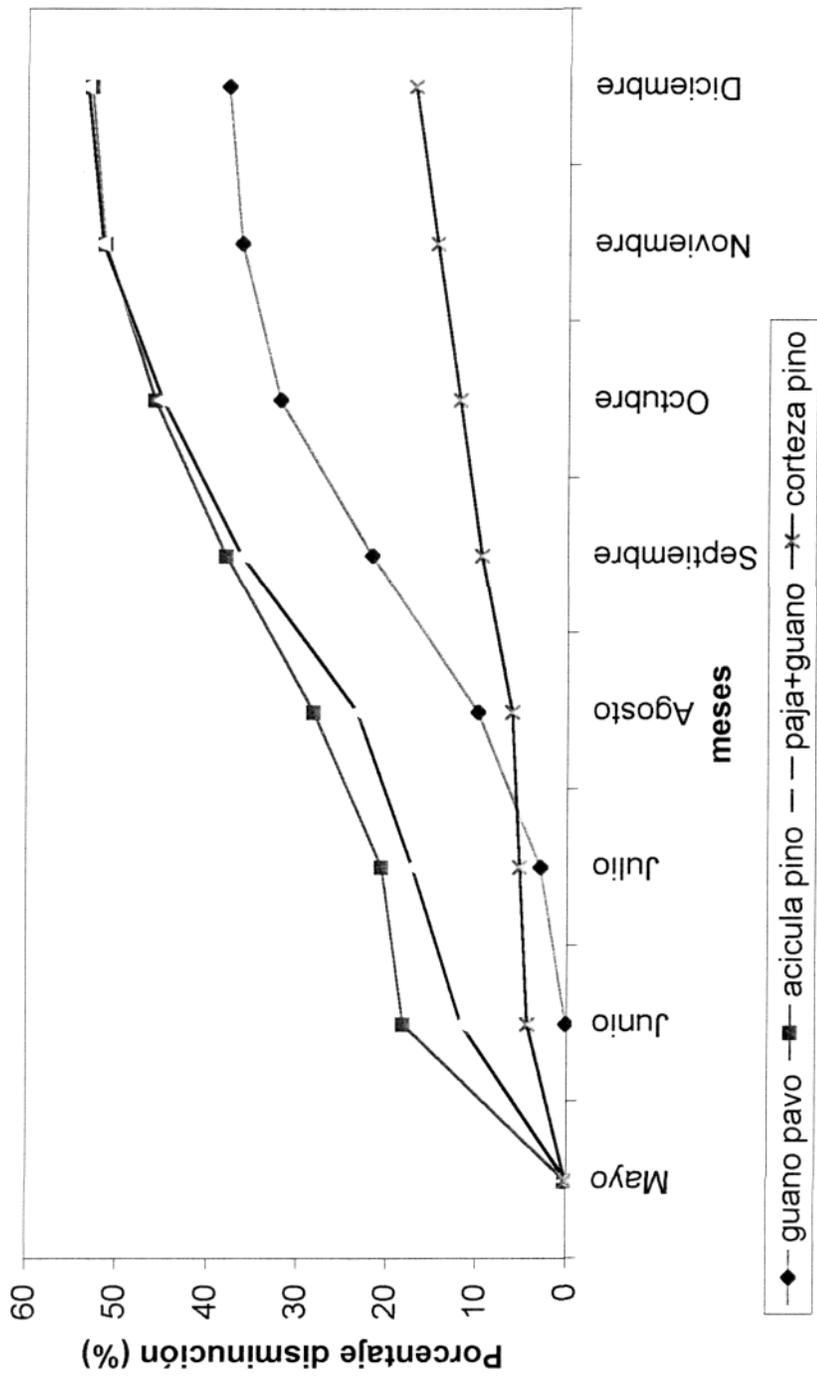


FIGURA 5. Porcentaje de disminución acumulado de los diferentes mulch.

4.5. Desarrollo de malezas:

La aparición de las primeras malezas en los diferentes mulch ocurrió a mediados de septiembre, desarrollándose en la corteza de pino una mayor población de éstas. La acícula de pino y el mulch de paja con guano de caballo presentaron un menor crecimiento de malezas. Por el contrario, el tratamiento de guano de pavo no presentó desarrollo de éstas. Las principales malezas encontradas en el fueron: Ballica inglesa (Lolium perenne), Diente de León (Taraxacum officinale Weber), Rábano (Raphanus sativus L.). Senecio (Senecio vulgaris L.), Chufa (Cyperus esculentus L.) y Quilloy-Quilloy (Stellaria media (L.) Vill.). A pesar de lo anterior, todos los tratamientos presentaron menor invasión de malezas que el testigo, por lo que se puede suponer que existió un efecto supresivo de los diferentes materiales utilizados como mulch que impidieron la germinación y emergencia de malezas.

5. CONCLUSIONES

El guano de pavo sin compostar no constituyó un buen material para ser utilizado como mulch en paltos debido a la alta humedad que mantuvo lo que generó condiciones de anaerobiosis. Lo anterior unido a la liberación de compuestos tóxicos producto de su descomposición además de su alta salinidad inicial generaron un brusco cambio del medio el cual provocó la muerte de las raicillas existentes y limitó el crecimiento de nuevas raicillas.

La acícula de pino y paja con guano de caballo presentaron un mayor crecimiento radicular que la corteza, lo que se relaciona a las mayores temperaturas registradas en los mulch de acícula y paja con guano que superaron antes la temperatura crítica de 13°C a la cual se inicia el crecimiento radicular.

En el testigo, el crecimiento radicular se vio limitado por la falta de una cubierta vegetal.

La densidad radicular determinada a través del tiempo fue igual en los mulch de acícula de pino, corteza de pino y paja con guano de caballo; existiendo, en todos, una mayor densidad en el mes de diciembre.

El diámetro de raíces predominante en los diferentes tratamientos a fines de primavera fueron las catalogadas como pequeñas y muy pequeñas, lo cual se relacionaría con la alta necesidad de conducción de agua y nutrientes existentes en este período.

La distribución de las raíces en los rizotrones de acícula de pino, corteza de pino y paja con guano de caballo fue superficial, encontrándose el 70% de las raíces desarrolladas en los rizotrones de acícula, el 40% de las encontradas en el tratamiento de corteza y el 50% de las encontradas en la paja con guano, en los primeros 20cm de suelo.

El uso de los mulch de corteza de pino, acícula de pino y paja con guano de caballo permitió un mejoramiento de las características físicas del suelo lográndose una mejor aireación y mayores contenidos de humedad en el suelo, lo que favoreció el crecimiento radicular tanto superficial como en profundidad.

Entre el 19 de octubre y el 24 de diciembre la tasa de crecimiento vegetativo mostró un período de extensión de brotes, siendo similar entre los diferentes tratamientos. El crecimiento acumulado de los brotes no presentó diferencias entre los tratamientos.

No existió diferencia significativa en el número de inflorescencias determinadas e indeterminadas en los tratamientos, ni tampoco en el porcentaje de cuaja y abscisión de frutos.

No se observó desarrollo de frutos anillados en ninguno de los tratamientos.

El porcentaje de degradación del mulch de acícula de pino y paja con guano de caballo fue significativamente mayor que el de corteza de pino lo que se debería a la composición de éstos.

6. RESUMEN

Se describe el efecto del uso de diferentes mulch orgánicos (guano de pavo, paja con guano de caballo, acícula de pino y corteza de pino) sobre la productividad del palto (Persea americana Mill.) cv. Hass en la zona de Quillota, V región. El uso de guano de pavo limitó el crecimiento radicular de los árboles, no así el uso de corteza de pino, paja con guano de caballo y acícula de pino, los cuales presentaron un mayor desarrollo radicular, más temprano y prolongado que el testigo. Su uso generó un mejoramiento de las características físicas del suelo favoreciéndose el crecimiento radicular. No se observó diferencias significativas en la tasa de crecimiento vegetativo acumulado de los brotes. Tampoco existieron diferencias significativas en el número de panículas determinadas e indeterminadas y en el porcentaje de frutos cuajados y abortados. La acícula de pino y la paja con guano de caballo presentaron una mayor velocidad de descomposición que la corteza de pino y el guano de pavo, lo que constituye una desventaja debido a la mayor necesidad de reposición.

7. LITERATURA CITADA

- ALLWOOD, M. and WOLSTENHOLME.B. 1995. Modified atmosphere shock treatment and an orchard mulching trial for improving fuerte fruit quality South African Avocado Growers' Association Yearbook 18:85-88.
- ANSORENA, J. 1994. Sustratos propiedades y caracterizacion. Madrid, Mundi-Prensa. 172p.
- BALDINI, E. 1992. Arbiricultura general. Madrid, Mundi-Prensa. 379p.
- BEN-YA' ACOV. 1995 Stionic combination and organic manure evaluation in a 'Fuerte' avocado orchard at Bnei-Dror, Israel. California Avocado Society Yearbook 78:157-164.
- BERG, B. 1992. The origin, nature, and genetic improvement of the avocado. California Avocado Society Yearbook 76:61-75.
- BLUMENFIELD, A. and GAZIT, S. 1974. Development of seeded and seedless avocado fruits. Journal Amer. Soc. Hort. Sci. 99(5) :442-448.
- BORST.G. 1983. Organic Matter helps control root rot spread. Avocado Grower 7(12):38-47.
- BOWER, J.P. ; CUTTING, J.G. and VAN LELYVELD, L 1986. Long term irrigation influencing avocado abscisic acid content and fruit quality. South African Avocado Growers' Association Yearbook 9:43-45.
- BRADFORD, K. and YANG, F. 1981. Physiological Responses of Plants to Waterlogging. Hortscience 16(1):25-34.
- CABRERA, F.; LOPEZ, R.; MARTiN, P. y MURILLO, J. 1997. Aprovechamiento Agronomico del Compost de Alpechin. Fruticultura Profesional N°88: 94-105.

- CASALE, W. 1990. Analysis of suppressive soils and development of biological control methods for Phytophthora root rot of avocado. California Avocado Society Yearbook 74:53-56.
- _____, MINASSIAN, V. ; MENGE, J. ; LOVATT, C. ; POND, E. ; JOHNSON, E. and GUILLEMET, F. 1995. Urban and agricultural wastes for use as mulches on avocado and citrus and for delivery of microbial biocontrol agents. Journal of Horticultural Science 70(2): 315-332.
- CID, C. 1993. Materiales utilizados en la elaboration de sustratos. Agricola Vergel 12 (141):492-501
- COFFEY. 1984. An integrate approach to the control of avocado root rot. California Avocado Society Yearbook 68:61-68.
- COWAN, A. 1997. Why are Hass fruit small? South African Avocado Growers' Yearbook 20:52-54.
- _____, MOORE-GORDON, C. and WOLSTENHOLME, B. 1997. Defining the Hass small fruit syndrome. South African Avocado Growers' Association Yearbook 20:50-51
- CUTTING, J. 1993. The cytokinin complex as related to small fruit in 'Hass' avocado. Acta Horticulturae 329: 147-149
- DAVIE, S.; STASSEN, P.; VAN DER WALT, M. and SNIJDER, B. 1995. Girdling avocado trees for improved production. South African Avocado growers' Association Yearbook 18:51-53.
- DAY, S. 1994. Fresh wood chips as mulch. The Virginia Gardener Letter. 13(7):1
- DU PLESSIS, S. 1991. Factors important for optimal scheduling of avocado orchards. South African Avocado Growers' Association Yearbook 14:91-93.

- FOSHEE, W. GOFF, W. TILIT, K. WILLIAMS. 1996. Organic mulches increase growth of young Pecan trees. Hortscience 31(5): 811-812.
- GANDOLFO, S. 1995. Determinación de los porcentajes de autopolinización y polinización cruzada obtenidos en diferentes combinaciones de plato (Persea americana Mili) cv, Hass con diferentes cultivares polinizantes (cv. Zutano, Rincón, Edranol, Bacon y Hass). Taller de Licenciatura Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 95p.
- GREGORIOU, C. and RAJKUMAR, D. 1984. Effects of irrigation and mulching on shoot and root growth of avocado (Persea americana Mili.) and mango (Mangifera indica L). Journal of Horticultural Science 59(1):109-117.
- HERNÁNDEZ, F. 1991. Aproximación al ciclo fenológico del palto (Persea americana Mili.) cv. Hass. Taller de Licenciatura Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 99p.
- HILL, R. 1995. Disease suppressive composts and mulches. Avocado Science. October 1995: 10-11.
- HONORATO, R. 1994. Manual de edafología. Santiago, Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. 196p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS CHILE 1997. VI Censo Nacional Agropecuario. Resultados preliminares. Santiago, INE. 1997.
- KOKALIS, N. and RODRÍGUEZ, R. 1994. Effect of pine bark extracts and pine bark powder on fungal pathogens, soil enzyme activity, and microbial populations. Biológica! Control 4:269-276.
- KRAMER, P.J. 1989. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Una síntesis moderna. México. Haría. 538p.

- KREMER-KOHNE, S. and KOHNE, J.S. 1995. Approaches to solving the Mass small fruit problem: Progress report. South African Avocado Growers' Association yearbook 18: 59-60.
- LABANAUSKAS, C., STOLZY, L. and ZENTMEYER, G. 1978. Rootstock, soil oxigen, and soil moisture effects on growth and concentration of nutrients in avocado plants. California Avocado Society Yearbook 118-125.
- LAHAV, E. and KALMAR, D. 1983. Determination of the irrigation regimen for an avocado plantation in spring and autumn. Australian Journal of Agriculture Research 34:717-724.
- _____. 1984. The effect of organic manure on avocado trees in Israel. Actes=Proceedings; Montpellier, France. 2-8 Sept. 1984. 3:1051-1062.
- LOVATT, C.J. 1990. Factors affecting fruit drop in avocado. California Avocado Society Yearbook 74:193-199.
- _____ and KALMAR, D. 1992. Water requirements and the effects of salinity in avocado orchard on clay soil. World Avocado Congress II Proceedings. Orange, California. April 21-26, 1991.pp.323-330.
- MALO, S. 1986. El Aguacate. Agriculture de las Americas. Junio: 16-21.
- MARTINEZ, A. 1981. Proyecto de impiantacion de un sistema de riego tecnificado en la Estacion Experimental 'La Palma', Quillota. Taller de Licenciatura Ing Agr. Quillota. Universidad Catolica de Valparaiso, Facultad de Agronomia. 102p.
- MATAVA, M. 1991. Mulching practices in avocado orchards. California Avocado Society Yearbook. 75:43-44.
- MENDELSON, I.A.; McKEE, K.L., and PATRICK, W.H. 1981. Oxygen deficiency in *Spartina alterniflora* roots: metabolic adaptation to anoxia. Science 214:239-441.

MOORE-GORDON, C. WOLSTENHOLME, B.N. and LEVIN, J. 1995. Effect of mulching on Mass avocado fruit growth and yield in the Kwazulu/Natal midlands. South African Avocado Growers Association Yearbook 18:62-65

_____. and WOLSTENHOLME, B. 1996. The Mass small fruit problem:role of physiological stress and its amelioration by mulching. South African Avocado Growers' Association Yearbook 19: 82-86.

_____. , COWAN, A., WOSTENHOLME, B. 1997. Mulching of avocado orchards to increase Mass yield and fruit size and boost financial rewards- a three season summary of research findings. South African Avocado Growers' Association Yearbook 20:46-49.

NEW ERA FARM SERVICE. 1997 a. Better soils=Better crops. New Era Farm Service. California. 23p.

_____. 1997 b. New era compost. New Era Farm Service. California. 11p.

NOVOA, R., VILLASECA, R., DEL CANTO, P. ROVANET, J., SIERRA, C. DEL POZO, A. 1989. Mapa agroclimatico de Chile. Santiago, INIA. 221p.

PALMA, A. 1991. Aproximacion al ciclo fenologico del plato (Persea Americana Mill.) cv. Fuerte. Taller de Licenciatura Ing. Agr. Quillota, Uiversidad Catolica de Valparaiso, Facultad de Agronomia. 127p.

PEDRAZA, C. 1996. Fertilizacion: Uso del estiercol bovino. Tierra Adentro N°9 24-28.

ROBINSON, D. 1988. Mulches and herbicides in ornamental plantings. Hortscience 23:547-552.

RODRIGUEZ, J. 1990. Manual de fertilizacion. Santiago, Pontificia Universidad Catolica de Chile, Facultad de Agronomia. 361 p.

SAKOVICH.N. 1997a. Mulch makes a good herbicide alternative. California Grower 21 (4): 5

_____. 1997b. Soil organic matter. What it is and why you should use it. California Grower 21(3) :41-42.

SALAZAR, S. and CORTES, J. 1986. Root distribution of mature avocado trees growing in soils of different texture. California Avocado Society Yearbook 70:165-174.

SCHROEDER, C. 1954. Some aspects of pollination in the avocado. California Avocado Society Yearbook 1953/1954, 38: 159-162.

_____, WIELAND, P. 1956. Diurnal fluctuation in size in various parts of the avocado tree and fruit. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 68:253-258.

SEDGLEY, M. 1979. Inter-varietal pollen tube growth and ovule penetration in the avocado. Euphytica 28:25-35.

_____. 1987. Flowering, pollination and fruit-set of avocado. South African Avocado Growers' Association Yearbook 10: 42-43.

SILVA, H. y RODRIGUEZ, J. 1995. Fertilization de plantaciones frutales. Santiago. Pontificia Universidad Catolica de Chile, Facultad de Agronomia 519p.

STINSON, J., BRINEN, G., McCONNELL, D. Y BLACK, R. 1990. Evaluation of Landscape Mulches. Proc. Fla. State Hort.Soc. 103:372-377.

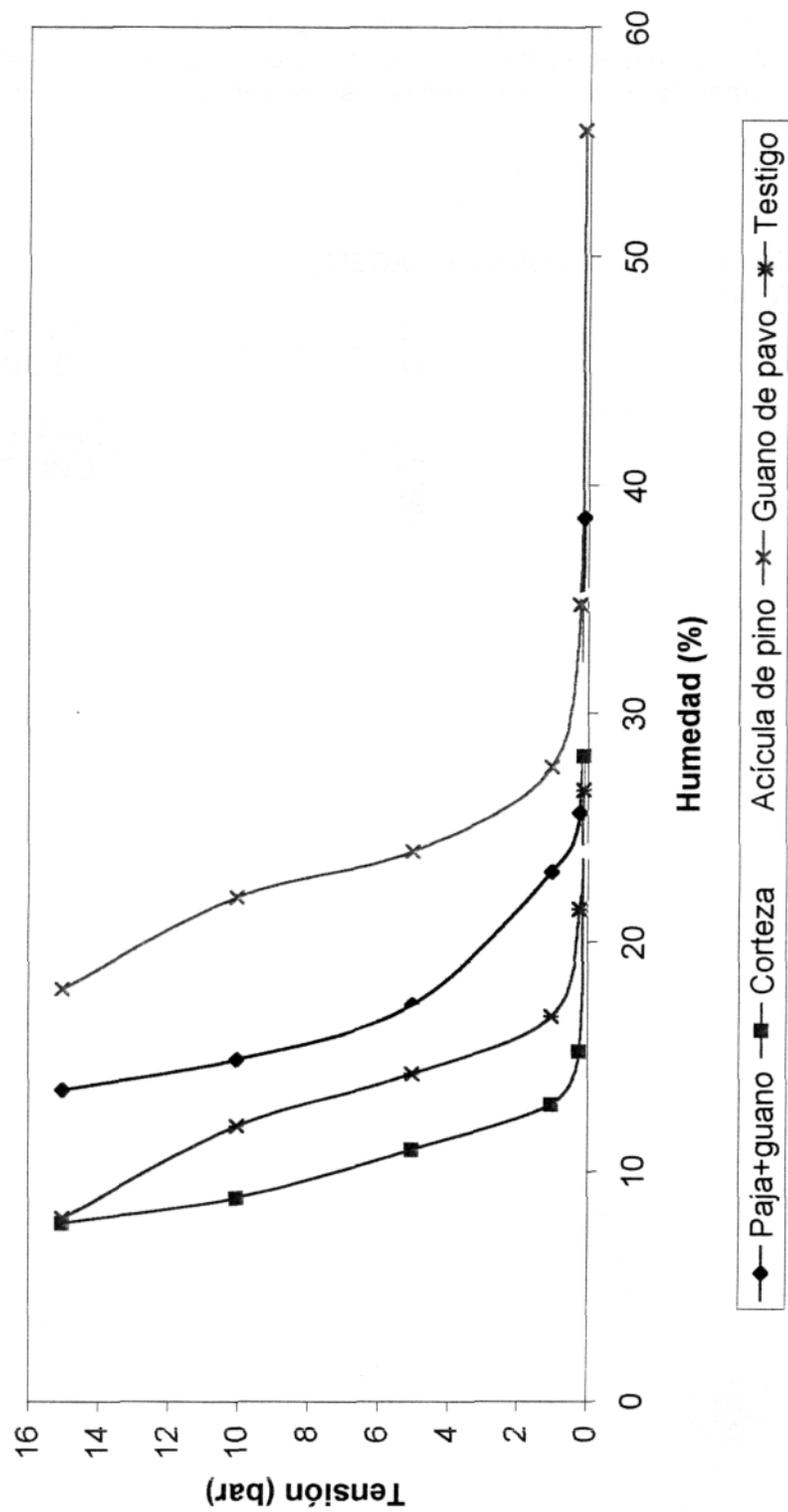
SKROCH, N. POWELL, M. BILDERBACK.T. HENRY, P. 1992. Mulches: Durability, Aesthetic value, weed control, and temperature. J. Environ.Hort. 10(1): 43-45.

- SPENCER, B. 1982. Pine bark, hardwood bark compost, and peat amendment effects on development of *Phytophthora* spp. and Lupine root rot. *Phytopathology* 72(3):346-351.
- STINSON, J.; BRINEN, G. ; Me CONNELL, D. and BLACK, R. 1990. Evaluation of Landscape mulches. *Hortscience* 103:372-377.
- TAPIA. P.A. 1993. Aproximacion al ciclo fenologico del plato (*Persea americana* Mill.), cv Mass, para la zona de Quillota, V region. Taller de Licenciatura Ing. Agr. Quillota, Universidad Catolica de Valparaiso, Facultad de Agronomia,141p.
- TUCKEY, R. and SCHOFF, E. 1963. Influence of different mulching materials upon the soil environment. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 82:68-76.
- TURNEY, J. y MENGE, J. 1994. Root health: Mulching to control root disease in avocado and citrus. Riverside, California Avocado Society, Inc.California Avocado Comission and Citrus Research Board. 8p. (Circular No. CAS-94/2)
- WHILEY, A. PEGG, K. SARANAH, J. FORSBERG, L 1986. The control of *Phytophthora* root rot of avocado with fungicides and the effect of this disease on water relations, yield and ring neck. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 26:249-253.
- _____ . and WINSTON, E. 1987. Effect of temperature at flowering on varietal productivity in some avocado growing areas in Australia. *South Africa Avocado Growers' Association Yearbook* 10: 45-47.
- _____ SARANAH, J.B., CULL, B.W., PEGG,K.G. 1988a. Manage avocado tree growth cycles for productivity gains. *Queensland Agriculture Journal* 114:29-36.
- _____ WOSTENHOLME, B. SARANAH, B.; ANDERSON, P. 1988b. Effect of temperature on root growth of avocado. Marochy Horticultural Research Station. Progress report n° 5:10-11.

- _____. 1990. Interpretation de la fenologia y fisiologia del palto para obtener mayores producciones. Universidad Catolica de Valparaiso. Curso internacional de production, postcosecha y comercializacion de paltas. Vina del mar, 2-5 de octubre de 1990. pp.
- WOLSTENHOLME, B.N. 1987. Theoretical and applied aspects of avocado yield as affected by energy budgets and carbon partitioning. California Avocado Growers' Association Yearbook 10: 58-61.
- _____.; WHILEY, A. 1995. Prospects for increasing Mass fruit size. A Southernhemisphere perspective. Conference '95. The way ahead. Australian Avocado Grower's Fedaration. Esplanade Hotel, Fremantle. 30 april to May 3, 1995: 89-102.
- _____. , B., MOORE-GORDON, C., ANSERMINO, S. 1996. Some pros and cons of mulching Avocado orchards. South African Avocado Growers' Association Yearbook 19: 87-92.
- _____. , B., MOORE-GORDON, C. y COWAN, A. 1997. Orchard mulching effects on avocado fruting. Conference'97 Searching for Quality. Australian Avocado Grower's Fedaration Inc. Millenium Hotel, Rotonia, NewZeland. 23-26 sept 1997:119-130.
- YUSOF, I., BUCHANAN, D. y GERBER, J. 1969. The response of avocado and mango to soil temperature. Journal of the American Society of Horticultural Science 94(6): 619- 621.
- ZAMET, D. 1995a. On Avocado Fruit Size I. Partenocarpic Fruit. California Avocado Society Yearbook. 78:211-222.
- _____. 1995b. On Avocado Yields. California Avocado Society Yearbook 78:69-71.
- ZILKAH, S. KLEIN, I. 1987. Growth kinetics and determination of shape and size of small and large avocado fruits cultivar 'Hass' on the tree. Scientia Horticulturae 32:195-202.

ANEXOS

ANEXO 1. Curva característica de humedad de la acícula de pino, corteza de pino, paja con guano de caballo, guano de pavo y testigo.



ANEXO 2. Porcentaje de humedad gravimétrico del testigo y los mulch de guano de pavo, paja con guano de caballo, corteza de pino y acícula de pino evaluada en dos fechas de medición: Julio y Noviembre.

Material	% HUMEDAD EN JULIO	% HUMEDAD EN NOVIEMBRE.
GUANO DE PAVO	60	60
PAJA+ GUANO DE CABALLO	44	40
CORTEZA DE PINO	37	35
ACICULA DE PINO	42	38
TESTIGO	19	19.2

ANEXO 3. Análisis químico realizado a los diferentes tratamientos en dos fechas de muestreo: 02 de julio de 1998, 09 de noviembre de 1998.

Fecha análisis: 02-07-98

Identificación de la muestra: Acícula de pino

pH	4.61
Conductividad eléctrica (mMhos./cm)	2.38*
Materia Orgánica (%)	85.45
Nitrógeno Disponible (ppm)	580.00
Fósforo (ppm)	107.71
Potasio (ppm)	875.29
Zinc (ppm)	16.00
Manganeso (ppm)	104.16
Fierro (ppm)	61.83
Cobre (ppm)	35.83

*La medición de la conductividad eléctrica está realizada en pasta de saturación

Fecha análisis: 09-11-98

Identificación de la muestra: Acícula de pino

pH	4.62
Conductividad eléctrica (mMhos./cm)	2.82*
Materia Orgánica (%)	52.89
Nitrógeno Disponible (ppm)	1954.43
Fósforo (ppm)	110.00
Potasio (ppm)	754.77
Cobre (ppm)	62.60
Zinc (ppm)	134.00
Manganeso (ppm)	242.00
Fierro (ppm)	130.00
Calcio intercambiable (ppm)	2270.00
Calcio soluble (ppm)	143.00

*La medición de la conductividad eléctrica está realizada en pasta de saturación

Continuación ANEXO 3.

Fecha análisis: 02-07-98

Identificación de la muestra: Corteza de pino

pH	4.85
Conductividad eléctrica (mMhos./cm)	1.56*
Materia Orgánica (%)	35.98
Nitrógeno Disponible (ppm)	604.00
Fósforo (ppm)	44.3
Potasio (ppm)	483.68
Zinc (ppm)	20.83
Manganeso (ppm)	59.50
Fierro (ppm)	385.83
Cobre (ppm)	4.78

*La medición de la conductividad eléctrica está realizada en pasta de saturación

Fecha análisis: 09-11-98

Identificación de la muestra: Corteza de pino

pH	4.24
Conductividad eléctrica (mMhos./cm)	2.20*
Materia Orgánica (%)	32.96
Nitrógeno Disponible (ppm)	142.46
Fósforo (ppm)	52.87
Potasio (ppm)	229.88
Cobre (ppm)	5.00
Zinc (ppm)	158.00
Manganeso (ppm)	100.00
Fierro (ppm)	656.00
Calcio intercambiable (ppm)	1180.00
Calcio soluble (ppm)	183.00

*La medición de la conductividad eléctrica está realizada en pasta de saturación

Continuación ANEXO 3.

Fecha análisis: 02-07-98

Identificación de la muestra: Guano de pavo

pH	6.89
Conductividad eléctrica (mMhos./cm)	17.19*
Materia Orgánica (%)	70.42
Nitrógeno Disponible (ppm)	1864.00
Fósforo (ppm)	2032.81
Potasio (ppm)	17599.07
Zinc (ppm)	35.50
Manganeso (ppm)	34.60
Fierro (ppm)	12.00
Cobre (ppm)	63.33

*La medición de la conductividad eléctrica está realizada en pasta de saturación

Fecha análisis: 09-11-98

Identificación de la muestra: Guano de pavo

pH	7.01
Conductividad eléctrica (mMhos./cm)	3.88*
Materia Orgánica (%)	39.86
Nitrógeno Disponible (ppm)	550.56
Fósforo (ppm)	1225.82
Potasio (ppm)	3215.54
Cobre (ppm)	136.00
Zinc (ppm)	345.00
Manganeso (ppm)	116.00
Fierro (ppm)	96.00
Calcio intercambiable (ppm)	4950.00
Calcio soluble (ppm)	100.00

*La medición de la conductividad eléctrica está realizada en pasta de saturación

Continuación ANEXO 3.

Fecha análisis: 09-11-98 Identificación de la muestra: Testigo

pH	6.8
Conductividad eléctrica (mMhos./cm)	1.26*
Materia Orgánica (%)	5.79
Nitrógeno Disponible (ppm)	23.74
Fósforo (ppm)	87.57
Potasio (ppm)	104.43
Cobre (ppm)	110.00
Zinc (ppm)	72.50
Manganeso (ppm)	67.60
Fierro (ppm)	205.20
Calcio intercambiable (ppm)	1890.00
Calcio soluble (ppm)	153.00

*La medición de la conductividad eléctrica está realizada en pasta de saturación

ANEXO 4. Análisis químico de la solución de suelo obtenida mediante extractómetros ubicados en los mulch de guano de pavo, acícula de pino, corteza de pino, paja con guano de caballo y testigo.

Fecha de muestreo: 16 -11-98

Tratamiento	Cloruros mg/lt	Potasio Gr/lt	Nitratos mg/lt	Fosforo mg/lt	Amonio mg/lt	Calcio mg/lt	Sodio ppm	PH
Guano pavo	1120	0.42	3760	3	0	-	210	9.6
Acícula pino	38	0.35	30	4	<10	-	21	8.1
Corteza pino	32	0.35	34	3	<10	-	35	8.8
Paja + guano caballo	672	0.5	208	4	<10	-	110	9.1
Testigo	36	0.3	368	5	<10	-	17	8.7

Fecha de muestreo: 30 -11-98

Tratamiento	Cloruros mg/lt	Potasio Gr/lt	Nitratos mg/lt	Fosforo mg/lt	Amonio mg/lt	Calcio mg/lt	Sodio Ppm	PH
Guano pavo	1120	0.4	480	11	<10	>450	190	7
Acícula pino	64	<0.25	390	6	10	>450	16	7.7
Corteza pino	64	0.28	160	5	10	>450	21	7.5
Paja + guano caballo	650	0.5	200	11	<10	>450	95	8.4
Testigo	64	<0.25	73	10	<10	>450	18	8

Fecha de muestreo: 14 -12-98

Tratamiento	Cloruros mg/lt	Potasio Gr/lt	Nitratos mg/lt	Fosforo mg/lt	Amonio mg/lt	Calcio mg/lt	Sodio Ppm	PH
Guano pavo	928	<0.25	480	12	<10	436	190	6.9
Acícula pino	96	<0.25	400	6	<10	328	18	7.1
Corteza pino	128	<0.25	130	8	<10	206.4	33	7.1
Paja + guano caballo	610	0.5	200	11	<10	244.6	86	8.4
Testigo	96	<0.25	71	10	<10	300.8	21	7.3

Continuación ANEXO 4.

Fecha de muestreo: 28-12-98

Tratamiento	Cloruros mg/lt	Potasio Gr/lt	Nitratos Mg/lt	Fosforo mg/lt	Amonio mg/lt	Calcio mg/lt	Sodio Ppm	PH
Guano pavo	704	0.37	480	15	<10	>450	150	7.7
Acícula pino	34	<0.25	390	5	<10	315.2	15	7.6
Corteza pino	64	<0.25	180	4	<10	200.3	22	7.1
Paja + guano caballo	530	0.5	181	11	<10	238	62	8.4
Testigo	24	<0.25	21	10	<10	286.4	16	8.0

Fecha de muestreo: 11-1-99

Tratamiento	Cloruros mg/lt	Potasio Gr/lt	Nitratos Mg/lt	Fosforo mg/lt	Amonio mg/lt	Calcio mg/lt	Sodio Ppm	PH
Guano pavo	680	0.37	592	15	<10	442.8	120	7.4
Acícula pino	30	<0.25	280	9	<10	245.2	15	8
Corteza pino	44	<0.25	98	4	<10	164.4	21	7.4
Paja + guano caballo	230	0.5	100	14	<10	232	41	8
Testigo	24	<0.25	21	10	<10	252.5	14	8

Fecha de muestreo: 25-1-99

Tratamiento	Cloruros mg/lt	Potasio Gr/lt	Nitratos Mg/lt	Fosforo mg/lt	Amonio mg/lt	Calcio mg/lt	Sodio Ppm	PH
Guano pavo	672	0.37	695	35	<10	436.9	120	7.2
Acícula pino	26	<0.25	<5	9	<10	228.8	14	8
Corteza pino	28	<0.25	<5	6	<10	153.6	19	7.4
Paja + guano caballo	80	0.3	25	18	<10	204.8	21	7.6
Testigo	28	0.4	<5	21	<10	227.2	13	8.1

ANEXO 5. Cuadro de fertilización realizada durante la temporada en el sector del ensayo.

Fecha	Dosis (kg/ha)	Producto
8 Abril 1998	53,5	Úrea
29 Abril 1998	80,3	Úrea
26 Agosto 1998	44,0	Úrea
8 Septiembre 1998	44,6	Úrea
23 Septiembre 1998	44,6	Úrea
7 Octubre 1998	22,0	Úrea
20 Octubre 1998	22,0	Úrea
28 Octubre 1998	22,0 +85,7	Úrea + ácido bórico
4 Noviembre 1998	22,0	Úrea
11 Noviembre 1998	22,0	Úrea
19 Noviembre 1998	22,0	Úrea
25 Noviembre 1998	22,0	Úrea
4 Dicimebre 1998	17,8	Úrea
11 Diciembre 1998	17,8	Úrea
14 Diciembre 1998	17,8	Úrea
21 Diciembre 1998	17,8	Úrea
28 Diciembre 1998	17,8	Úrea
4 Enero 1999	17,8	Úrea
11 Enero 1999	11,0	Úrea
18 Enero 1999	11,0	Úrea
29 Enero 1999	11,0	Úrea

ANEXO 6. Registros de temperatura en los diferentes tratamientos.

Fecha medición	Corteza de pino		Acícula de pino		Paja con guano		Guano de pavo		Testigo	
	T° suelo	T° mulch	T° suelo	T° mulch	T° suelo	T° mulch	T° suelo	T° mulch	T° suelo	T° mulch
04-07-98	11	12	12	11	14	14	17	14	11	11
06-07-98	12	13	13	13	14	14	17	17	14	13
09-07-98	11	12	12	11	13	12	16	16	13	12
13-07-98	10	10	10	11	12	10	15	13	10	9
16-07-98	10	11	11	11	12	10	14	14	11	11
20-07-98	10	11	11	11	12	11	14	13	11	11
23-07-98	11	12	11	11	12	12	14	13	11	11
27-07-98	11	12	12	11	12	12	14	12	12	12
30-07-98	11	12	12	11	12	11	14	13	12	12
03-08-98	11	12	12	12	13	12	14	14	13	12
06-08-98	11	12	12	11	12	11	14	12	11	10
10-08-98	10	11	11	11	11	10	12	11	11	11
13-08-98	10	11	11	11	11	11	12	11	11	11
17-08-98	10	12	11	11	12	11	12	12	12	12
20-08-98	10	12	12	12	12	12	13	12	12	12
24-08-98	10	11	11	11	12	11	12	11	10	10
27-08-98	10	12	11	11	12	12	12	12	12	12
31-08-98	11	13	12	12	13	13	13	13	14	14
03-09-98	12	13	12	13	13	13	13	13	14	13
07-09-98	11	12	12	12	13	12	13	12	12	13
10-09-98	11	12	12	13	13	13	13	13	13	13
14-09-98	13	13	13	14	14	13	14	13	13	15
17-09-98	13	13	13	13	13	14	14	14	15	13
21-09-98	12	14	13	14	14	15	14	15	15	16

Continuación ANEXO 6.

Fecha medición	Corteza de pino		Acícula de pino		Paja con guano		Guano de pavo		Testigo	
	T° suelo	T° mulch	T° suelo	T° mulch	T° suelo	T° mulch	T° suelo	T° mulch	T° suelo	T° mulch
24-09-98	13	15	13	14	14	16	15	16	15	15
28-09-98	11	11	13	13	13	11	13	11	11	12
01-10-98	12	14	13	14	15	15	14	14	12	12
05-10-98	13	15	14	15	15	16	15	15	16	17
08-10-98	13	14	13	14	15	15	14	14	16	16
13-10-98	13	14	13	14	14	14	14	14	14	13
15-10-98	14	14	14	14	13	12	14	13	15	14
19-10-98	13	14	14	14	14	13	15	14	15	15
22-10-98	14	15	15	15	15	15	15	15	16	15
26-10-98	14	15	14	16	15	14	15	14	16	16
29-10-98	15	16	15	17	15	16	15	15	18	18
02-11-98	14	15	15	17	15	16	15	14	17	17
05-11-98	15	15	15	16	15	15	15	15	16	16
09-11-98	15	14	14	15	15	13	15	14	15	14
12-11-98	15	14	14	15	15	14	15	14	16	14
16-11-98	15	14	15	18	16	15	15	14	18	16
19-11-98	16	15	15	17	15	14	15	14	17	16
23-11-98	16	15	15	17	16	15	16	15	18	16
26-11-98	16	15	15	15	16	15	16	15	14	15
30-11-98	16	16	15	17	17	15	16	16	17	16
03-12-98	16	15	15	16	16	16	16	15	16	16
07-12-98	16	16	15	15	17	15	16	16	17	15

Continuación ANEXO 6.

Fecha medición	Corteza de pino		Acícula de pino		Paja con guano		Guano de pavo		Testigo	
	T° suelo	T° mulch	T° suelo	T° mulch	T° suelo	T° mulch	T° suelo	T° mulch	T° suelo	T° mulch
10-12-98	20	18	18	18	19	18	18	18	21	19
14-12-98	19	18	17	17	19	17	18	17	20	18
17-12-98	19	17	17	17	18	17	18	17	19	17
21-12-98	19	16	17	17	18	16	18	16	17	16
24-12-98	18	18	17	17	19	17	18	18	20	18