

# EFFECTO DEL DAÑO PRODUCIDO POR CALOR EN TRONCO Y COPA EN EL CRECIMIENTO DIAMÉTRICO DE ARBOLADO DE *Pinus pinaster* Ait.

J.A. Vega, P. Pérez-Gorostiaga, E. Jiménez, P. Cuiñas, C. Fernández y M.T. Fonturbel.

*Departamento de Protección Ambiental.*

*Centro de Investigaciones Forestales y Ambientales de Lourizán (CIFAL). Xunta de Galicia.*

*Aptdo. Correos 127, C.P. 36080. Pontevedra*

*jvega.cifal@siam-cma.org*

## Resumen

Se ha analizado el posible efecto del daño provocado por el calor en tronco y copas sobre el crecimiento de arbolado de *Pinus pinaster* en dos sitios de Pontevedra en 1996. Se aplicaron diferentes niveles de daño, alcanzándose valores de anillamiento de tronco y chamuscado de copa de 0% y 50% en Lourizán (aplicación del tratamiento de calor en febrero) y de 0% y 70 % en Sino (aplicación de tratamiento en abril). Se midieron en ambos casos el crecimiento radial externo e interno. Los resultados mostraron una elevada resistencia de la especie a estos niveles de daño, encontrándose pocas diferencias significativas en las variables consideradas entre los árboles afectados y aquellos no sometidos al tratamiento de calor. Se observó cierto descenso en el crecimiento radial externo de los árboles con el 70 % de daño en el volumen de la copa y perímetro de tronco simultáneamente en el año de la aplicación de calor, así como un efecto positivo en el crecimiento en el caso de daños más moderados (del 50%) en copa y tronco. Estos efectos parecieron ser poco duraderos.

**Palabras clave:** fuego, *Pinus*, crecimiento radial externo, crecimiento radial interno, chamuscado copa, heridas en tronco.

## INTRODUCCIÓN

*Pinus pinaster* Ait. es la conífera más afectada por incendios forestales en España en los últimos años, ardiendo entre 1996 y 2000 más de 36.000 ha (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2002). Se le considera una especie adaptada al fuego al caracterizarse por poseer una corteza gruesa, tener las yemas protegidas, y regenerarse adecuadamente tras incendios (BOTELHO, et al., 1996).

Por otro lado el uso de quemas prescritas como medida preventiva para reducir el combustible bajo arbolado y disminuir la competencia de otras especies exige conocer la posible respuesta a niveles reducidos de daño producidos por el calor. En ambos casos es necesario disponer de información sobre como afecta el fuego al arbolado y el grado de reversibilidad de las lesiones.

En la literatura podemos encontrar diversos estudios que evalúan el impacto de los daños producidos por fuego en el crecimiento del arbolado. La afectación al arbolado puede ser debida a la combinación de efectos en los tres tejidos principales: raíces (SWEZY & AGEE, 1991), tronco (DUCREY, et al., 1996) y/o copa (MCINNIS, et al., 2004; GONZÁLEZ-ROSALES y RODRÍGUEZ-TREJO, 2004; WALLIN, et al., 2003; CAIN, 1985). Dependiendo de las características del arbolado (especie, estado fenológico, diámetro, altura, ramosidad, protección de yemas, espesor de corteza) y del fuego (intensidad, duración, época del año), su impacto puede ser inapreciable o muy significativo, llegando a provocar la mortalidad de los individuos.

En este estudio se analizan los cambios de variables de crecimiento radial del tronco de *Pinus pinaster* producidos por diferentes niveles de daños por calor, provocados en porciones inferiores del tronco y copa de los árboles.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Sitio experimental

El estudio se llevó a cabo en dos sitios experimentales situados en dos plantaciones de *Pinus pinaster* de 16 (Lourizán) y 24 años (Sino) localizadas cerca de la ciudad de Pontevedra (43°30' N y 8° 38' O) y distantes entre sí 300 m. La precipitación es de 1715 mm y la temperatura media anual de 14°C. El suelo en ambas parcelas es franco arenoso y poco profundo (50 cm en Sino y de 100 cm en Lourizán). La densidad es en torno a los 750 pies/ha en Lourizán y 250 pies/ha en Sino. La vegetación del sotobosque es en los dos casos típica del brezal costero, con predominio de Ericáceas (*Calluna vulgaris*, *Erica cinerea* y *Erica umbellata*) y helecho (*Pteridium aquilinum*).

En cada una de estas dos parcelas experimentales se seleccionaron cuatro grupos de cuatro árboles cada uno de diámetro, altura y ancho de copa similares, y sin daños aparentes (tabla 1). Se numeraron

cada uno de los individuos asignándoles aleatoriamente los diferentes daños de los tratamientos a efectuar (control, chamuscado de copa, daño en cambium y daño combinado en tronco y copa). En Lourizán se realizaron los tratamientos de nivel medio de severidad (50% de daño en cambium, T1C0; 50% de chamuscado de copa, T1C0; daño combinado en cambium y copa, T1C1; y sin aplicación de calor, T0C0) y en Sino los de nivel alto (70% de daño en cambium, T2C0; 70% de chamuscado de copa, T2C0; daño combinado en cambium y copa, T2C2; y sin aplicación de calor, T0C0).

### **Descripción de los tratamientos**

La aplicación de los diferentes niveles de daño se realizó en Lourizán el 23 de febrero y en Sino el 2 de abril de 1996.

En Lourizán el daño en el tronco se produjo quemándose una faja semicircular del tronco a unos 35 cm sobre el nivel del suelo. Para ello se emplearon cinco bandas calefactoras de 180 W de 3,3 cm de ancho cada una colocadas de forma contigua hasta alcanzar una franja de 17 cm de ancho adaptada al perímetro del árbol hasta cubrir el 50% de este.

En Sino el daño localizado en el tronco se obtuvo mediante calentamiento con soplete de una banda metálica de 17 cm de altura y 2 mm de espesor, ceñida al tronco a unos 35 cm sobre el suelo cubriendo, el 70% del perímetro del árbol.

La aplicación de calor en el tronco fue controlada mediante el uso termopares tipo K (0,1 mm de diámetro interno y 1mm de diámetro externo de la funda de inconel) insertados en la zona cambial a través de pequeños orificios de diámetros ligeramente mayores que la funda externa del termopar. Estos sensores de temperatura se conectaron a un sistema de registro con el fin de comprobar que se alcanzaba una temperatura superior a 60°C durante varios minutos en la zona cambial, asegurando así la muerte de los tejidos (KAYLL 1963).

A los tres meses de realizado el tratamiento se efectuaron mediciones de resistencia eléctrica en la zona cambial a 50 cm del suelo, mediante el uso de un Shigómetro, en el plano medio de la herida del tronco de los árboles quemados con el objetivo de determinar el porcentaje de perímetro cambial realmente destruido (BARÁ, et al., 1992; RIGOLOT, 1991). Se tomó como referencia la cifra de 25 k $\Omega$  para clasificar los tejidos en vivos o muertos, estimándose así el porcentaje de perímetro del tronco afectado en la zona cambial.

El daño en la copa se llevó a cabo mediante una antorcha de gas butano sujeta a una pértiga, estimándose el porcentaje de copa afectada a través del correspondiente porcentaje de longitud de copa chamuscada. Para ello se utilizó una pértiga y cinta métrica. El cambio de brillo y color en las acículas permitió controlar el nivel de calor empleado.

### **Medidas de crecimiento**

El crecimiento radial interno (**CRI**) de cada árbol desde el año 1989 al 1996 (ambos incluidos) fue determinado midiendo en laboratorio, con un estero-microscopio con una precisión de 0,01 mm, la anchura de los anillos correspondientes a esos años en dos cores y promediados. Las muestras se extrajeron a 1.8 m de altura del suelo en posiciones diametralmente opuestas con barrena de Pressler.

El crecimiento radial externo (**CRE**) de cada árbol se midió mediante la instalación de microdendrómetros radiales (BOTELHO, 1996) a 1.8 m del suelo y en las caras norte y sur de cada uno de los individuos monitorizados. Las mediciones se efectuaron periódicamente con una frecuencia entre 5 y 35 días, desde febrero de 1996 a enero de 1997, y con menor periodicidad desde enero de 1997 a mayo de 1998 (de dos a cuatro meses). El valor medio de los dos microdendrómetros fue promediado para cada árbol.

### **Análisis estadístico**

El diseño experimental consistió en un análisis de varianza de medidas repetidas con un factor fijo (tratamiento) y cuatro niveles de daño (daño a copa; daño a tronco; daño simultáneo en copa y tronco; control). Se realizó un análisis de covarianza de medidas repetidas de la variable CRE en función de tres diferentes variables: la media del CRI de los siete años anteriores a la realización del tratamiento (1989-85), la media del CRI de los tres años anteriores (1993-95), y del diámetro. Con este análisis se eliminó la posible influencia del crecimiento anterior en el comportamiento del arbolado tras el tratamiento. Previamente se comprobó que estas variables cumplía los requisitos estadísticos para

realizar el análisis en su caso. Se seleccionó posteriormente aquella que diera mayor grado de significación tras el análisis citado. El programa BMDP (1990) fue usado para la realización de los análisis. La comparación de medias (ajustadas, cuando la covariable fue significativa) de cada tratamiento en cada fecha, se realizó con el test de Student – Newman – Keuls (SNK).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Daños en el arbolado

Las bandas calefactoras utilizadas en Lourizán se tuvieron que mantener más tiempo en el tronco para conseguir temperaturas letales en el cambium mientras que, debido al elevado poder calorífico del soplete de gas y mejor conducción térmica de las láminas metálicas, en Sino se lograron alcanzar esos rangos de temperaturas en menos tiempo (tabla 2).

En la tabla 2 se presentan los porcentajes de perímetro cambial destruido que coincidieron bastante con lo previsto en el caso de Sino y excedieron un 11% lo planeado en Lourizán.

Los daños reales causados en la copa (tabla 2) se correspondieron bastante con los deseados.

Cabe destacar que no se produjo la muerte de ninguno de los árboles monitorizados a pesar del daño infringido lo que refleja la elevada resistencia de esta especie al fuego, comparable a la observada en especies del mismo género como *Pinus halepensis* (DUCREY, et al., 1996; RIGOLOTT, et al., 1994) *Pinus ponderosa* (RIGOLOTT, et al., 1994; RYAN, 1993, HARRINGTON, 1993), *Pinus hartwegii* (GONZÁLEZ-ROSALES y RODRÍGUEZ-TREJO, 2004), *Pinus palustris*, *Pinus elliottii*, *Pinus serotina* (OUTCALT & FOLTZ, 2004) *Pinus taeda* (MCINNIS, et al 2004).

### Medidas de crecimiento

Los CRI fueron bajos en los dos sitios durante el año de la aplicación de calor (1996) para los valores típicos de la especie en Galicia, tanto en los árboles tratados como en los control (tabla 3). Los individuos de Sino presentaron un CRI bastante bajo comparado con los de Lourizán, al estar situados en una zona de peor calidad de sitio.

No se observaron diferencias significativas en los dos sitios en 1996, ni en los valores medios del crecimiento, para ninguno de los niveles de daño, en comparación con el testigo, ni en la disminución del mismo respecto a los valores del año anterior. Aunque por lo general las medidas de CRI son más seguras que las de CRE, en nuestro caso, el hecho de ser el crecimiento del leño inusualmente bajo en el año de estudio (1996), pudo haber impedido que se detectaran respuestas diferentes en las mediciones de los anillos de crecimiento. De esta forma las mediciones de CRE pudieron haber sido más seguras, y son las que vamos a utilizar en la discusión.

En Lourizán (figura 1), en general, durante el año de la aplicación de calor, no se encontraron diferencias significativas en los valores de los CRE ajustados con el CRI de los tres años anteriores al tratamiento (1993-1995), entre los árboles tratados y control. Sin embargo, durante 1997-98 se apreció un crecimiento mayor en los árboles tratados en comparación con el control, aunque solo se detectaron diferencias significativas en el crecimiento acumulado en agosto y noviembre de 1997. En general, se observó una tendencia a aumentar el crecimiento de todos los árboles quemados en comparación a los testigos.

En Sino no se halló relación entre el CRE y ninguna de las tres covariables, por lo que los valores presentados son los observados sin ajustar (figura 2). La pauta general de crecimiento fue bastante parecida a la de Lourizán, aunque en este caso se observó una respuesta diferente ante los daños. Desde la aplicación de calor en adelante la distancia relativa entre T2C2 y los restantes grupos se hizo continua y significativamente mayor; al principio sólo con T0C0 y T2C0 y luego también con T0C2. Por su parte, T2C0 fue alcanzando los valores de T0C0, superándolos a partir del 13 de junio de 1996. Entre enero y mayo de 1997 se observó un aumento en el CRE de T2C0 y T0C0 con respecto a T2C2 y T0C2. En agosto de 1997 se observó un mayor CRE acumulado en T2C0 con respecto al resto de tratamientos y, a partir de esa fecha, no se apreciaron diferencias significativas entre los CRE acumulados de los árboles tratados y control, ni en su variación entre fechas consecutivas. En general, las pautas de variación de T2C2 difirieron más con T0C0 y T2C0 que con T0C2, que se mantuvo en una posición intermedia en la práctica totalidad del período de estudio. Considerando todo el periodo de estudio el CRE de T2C0 y T0C2 no difirió significativamente de T0C0. Tampoco lo hicieron sus pautas de variación estacional. Hasta agosto de 1997, T2C2 perdió crecimiento de forma muy

significativa en comparación con los demás, presentando pautas de variación significativamente diferentes a los otros niveles del tratamiento. Sin embargo, al final del período de estudio los CRE acumulados de los árboles tratados no diferían significativamente de los testigos.

Diferentes autores han concluido que el chamuscado parcial de copa producido por el efecto de un incendio puede ser asimilable a una poda, ya que afecta a la parte inferior del arbolado, menos eficiente fotosintéticamente y con más altas tasas respiratorias que las porciones superiores de la copa (GONZÁLEZ - ROSALES y RODRÍGUEZ - TREJO, 2004; KOZLOWSKY & PALLARDY, 1997; BOTELHO, 1996; HARRINGTON, 1993). Así, una defoliación o chamuscado leve o moderado de copa no tiene usualmente un efecto negativo en el crecimiento en diámetro del arbolado, hecho que contrariamente ocurre con perturbaciones de mayor intensidad, ya que el arbolado da prioridad a la producción de nuevo follaje para recuperar capacidad fotosintética (MCINNIS, et al., 2004; HAYWOOD, et al. 2004; GONZÁLEZ-ROSALES y RODRÍGUEZ-TREJO, 2004). Además, se ha observado que la defoliación parcial del arbolado provoca un incremento de la capacidad fotosintética del follaje residual que puede llegar a compensar las posibles pérdidas provocadas por la perturbación (WALLIN, et al., 2003; PATAKI, et al., 1998). Aunque el daño en tronco se ha estudiado menos profundamente que el de copa, se ha observado que afecta menos al crecimiento del arbolado, ya que este responde asignando preferentemente las reservas de carbohidratos a la reparación del tejido dañado (RIGOLOT, et al. 1994; DUCREY, et al., 1996). Si el daño a la copa viene asociado con daño a tronco, el efecto negativo puede intensificarse, ya que el arbolado trata de restaurar el follaje, pero se encuentra ante una situación más estresante, al tener menos capacidad de captación de agua y nutrientes (SUTHERLAND, et al., 1991).

Así, en Lourizán, donde se produjo un daño moderado en tronco y copa parece lógico no haberse observado un efecto negativo en el CRE durante todo el periodo de estudio para los tratamientos analizados, en comparación con el control. El mayor crecimiento observado para algunas fechas en T0C1 pudo deberse a la mejora de la capacidad fotosintética del arbolado mientras que en el caso de T1C0 pudo originarse por la respuesta del arbolado ante el daño en el tronco, al asignar reservas a la reconstrucción del tejido dañado y el reemplazo del tejido conductor perdido. La ausencia de efecto negativo en T1C1 pudo ser debido a una respuesta combinada ante el daño simultáneo provocado por el calor.

Sin embargo, en Sino, donde el daño fue más severo, se observó un claro descenso del CRE en los árboles con chamuscado de copa. El mayor descenso en T2C2 parece reflejar un aumento del efecto negativo al producirse daño en copa y tronco simultáneamente y a un mayor nivel de daño que en Lourizán. Por otro lado, el mayor CRE medido en T2C0 para alguna de las fechas se pudo deber, al igual que en el caso de Lourizán, al intento de reconstrucción del tejido dañado en el tronco por parte del arbolado.

Aparte del efecto de la severidad de los tratamientos hay que señalar que la parcela de Sino presenta una densidad más baja de arbolado, facilitando una mayor penetración de luz, y posiblemente dando lugar a que la parte inferior de la copa fuera más eficiente fotosintéticamente que en el caso de Lourizán. Esto pudo provocar que fuera más sensible al daño en esa porción del árbol. Otro factor que pudo contribuir a que el chamuscado de copa en Sino tuviera un efecto más negativo en el crecimiento que en Lourizán, es que la longitud de copa del arbolado era mayor, lo que provocó que fuera también mayor la cantidad de follaje a recuperar. Además, al ser el tratamiento en primavera, durante la aplicación de calor se vieron afectados los brotes de 1996 que ya estaban desarrollándose, mientras que en Lourizán se encontraban todavía protegidos en las yemas, al ser el tratamiento en invierno. Este último efecto ha sido detectado por otros autores (FINNEY & MARTÍN, 1993, HARRINGTON, 1993) como influyente en la respuesta a daños por el fuego.

## CONCLUSIÓN

Tras la realización de este estudio hemos observado la alta resistencia de *Pinus pinaster* al daño producido por calor en tronco y copa. Daños moderados en copa y tronco (hasta el 50%) no suponen una pérdida de crecimiento radial del arbolado, llegándose a observar valores incluso superiores a los existentes en individuos no afectados. Como contraste, un chamuscado de copa superior al 70% puede producir un descenso en el crecimiento radial en el año de la perturbación, siendo esta reducción mayor si simultáneamente el tronco se ve dañado con un nivel semejante de afectación. Sin

embargo, dos años después del impacto, se observaron valores similares de crecimiento acumulados en los árboles dañados por el calor y los testigo, evidenciando una elevada rapidez en la recuperación. Aunque la muestra fue reducida, la ausencia de mortalidad contrasta con la elevada mortalidad frecuentemente observada tras incendio en individuos de *Pinus pinaster* con un daño al tronco y/o copa claramente inferior al de este estudio. Esto sugiere ó bien se produce un daño al sistema radical ó se desencadena una mortalidad secundaria por ataque de insectos o patógenos. FERNÁNDEZ DE ANA (1982) encontró que un daño por calentamiento en parte del sistema radical desencadena con frecuencia un ataque letal de *Lectographium galleciaea*.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado con los proyectos EV5V-CT94\_0473 e INIA SC96-034-C2-2. Los autores agradecen a Antonio Arellano y José Ramón González su inestimable ayuda en el trabajo de campo.

## BIBLIOGRAFÍA

- BARÁ, S.; VEGA, J.A.; y ALONSO, M.; 1992. Estudio de los daños producidos por el fuego en árboles utilizando métodos bioeléctricos: 1) *Pinus radiata*. Investigación Agraria Sist. y Recursos Forestales 1 (1): 21-40.
- BMDP.; 1990. BMDP Statistical Software Inc: Los Angeles, CA.
- BOTELHO, H.; 1996. Efeitos do fogo controlado em árvores de povoamentos jovens de *Pinus pinaster* Ait. Tesis doctoral Universidade de Tras-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- BOTELHO, H.; REGO, F.; & RYAN, K.; 1996. Tree mortality models for *Pinus pinaster* of northern Portugal. 13<sup>th</sup> Conference on Fire and Forest Meteorology. Lorne, Australia. Oct. 27-31. 11p.
- CAIN, M.D.; 1985. Prescribed winter burns can reduce the growth of nine-year-old Loblolly pines. USDA Forest Service. SO-31 2. Southern Forest Experiment Station. 4 p.
- DUCREY, M.; DUHOUX, F.; HUC, R.; & RIGOLOT, E.; 1996. The ecophysiological and growth responses of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) to controlled heating applied to the base of the trunk. Can. J. For. Res. 26: 1366 – 1374.
- FERNÁNDEZ DE ANA, F.; 1982. Las hogueras en el monte provocan el ataque del hongo *Lectographium galleciaea* al *P. pinaster*. Bol. Serv. Def. contra plagas e insp. Fitopatol. Vol. 8 (1): 69-90.
- FINNEY, M.A.; MARTIN, R.E.; 1993. Modeling effects of prescribed fire on young-growth coast redwood trees. Can. J. For. Res. 23: 1125-1135.
- GONZÁLEZ-ROSALES, A.; y RODRÍGUEZ-TREJO, D.A.; 2004. Efecto del chamuscado de copa en el crecimiento en diámetro de *Pinus hartwegii* Lindl. en el Distrito Federal, México. Agrociencia 38: 537-544.
- HARRINGTON, M.G.; 1993. Predicting *Pinus ponderosa* mortality from dormant season and growing season fire injury. Int. J. Wildland Fire, 3: 65-72.
- HAYWOOD, J.D.; SWORD, M.A.; & HARRIS, F.L.; 2004. Fire monitoring: Effects of scorch in Louisiana's pine forests. Proceedings of the 12<sup>th</sup> biennial southern silvicultural research conference. Connor, K.F. (ed.). USDA Forest Service, SRS Gen. Tech. Rep. SRS-71: 65-67.
- KAYLL, A.J.; 1963. A technique for studying the fire tolerance of living tree trunks. Can. Dept. For. Publ. 1012. 22 p.
- KOZLOWKY, T.T.; & PALLARDY, G.S.; 1997. Physiology of Woody Plants. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press. San Diego. 411 p.
- MCINNIS, L.M.; OSWALD, B.P.; WILLIAMS, H.M.; FARRISH, K.W.; & UNGER, D.R.; 2004. Growth response of *Pinus taeda* L. to herbicide, prescribed fire, and fertilizer. For. Ecol. Manage. 199: 231-242.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE; 2002. Los incendios forestales en España. Decenio 1991-2000. DGCN.MMA. Inédito.
- OUTCALT, K.W.; & FOLTZ, J.L.; 2004. Impacts of growing-season prescribed burns in the Florida pine flatwoods type. Proceedings of the 12<sup>th</sup> biennial southern silvicultural research conference. Connor, K.F. (ed.). USDA Forest Service, SRS Gen. Tech. Rep. SRS-71: 30-34.

PATAKI, D.E.; OREM, R.; & PHILLIPS, N.; 1998. Responses of sap flux and stomatal conductance of *Pinus taeda* L trees to stepwise reduction in leaf area. *Journal of Experimental Botany* 49: 871-878.

RIGOLOT, E.; 1991. *Pinus halepensis* and *Pinus pinea* survival after wildfire: first results. *International Conference on Forest Research*, Nov. 1990, University of Coimbra, Portugal.

RIGOLOT, E.; DUCREY, M.; DUHOUX, F.; HUC, R.; & RYAN, K.C.; 1994. Effects of fire injury on the physiology and growth of two pine species. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Forest Fire Research*. Viegas, D.X. (ed.). Coimbra, Portugal: 857-866.

RYAN, K.C.; 1993. Effects of fire-caused defoliation and basal girdling on water relations and growth on ponderosa pine. *Doctor of Philosophy*, University of Montana, Missoula.

SUTHERLAND, E.K.; COVINGTON, W.W.; & ANDARIESE, S.; 1991. A model of ponderosa pine growth response to prescribed burning. *For. Ecol. Manage.* 44: 161-173.

SWEZY, D.M.; & AGEE, J.K.; 1991. Prescribed-fire effects on fine-root and tree mortality in old-growth ponderosa pine. *Can. J. For. Res.* 21: 626-634.

WALLIN, K.F.; KOLB, T.E.; SKOV, K.R. & WAGNER, M.R.; 2003. Effects of crown scorch on ponderosa pine resistance to bark beetles in Northern Arizona. *Environ. Entomol.* 32: 652-661.

## TABLAS Y FIGURAS.

**Tabla 1. Características medias de los árboles monitorizados. Entre paréntesis: Error estándar.**

| Sitio    | Tratamiento | Diámetro a 1.30 m (cm) | Altura (m)   | Longitud copa (m) | Diámetro copa (m) | Espesor corteza 1.30 m (cm) |
|----------|-------------|------------------------|--------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|
| Lourizán | T0C0        | 13,76 (0,69)           | 10,21 (0,44) | 5,51 (0,10)       | 1,40 (0,06)       | 1,50 (0,03)                 |
|          | T1C0        | 19,21 (0,71)           | 11,22 (0,27) | 7,29 (0,54)       | 1,96 (0,20)       | 2,04 (0,12)                 |
|          | T0C1        | 17,62 (0,59)           | 11,31 (0,24) | 6,51 (0,18)       | 1,97 (0,19)       | 2,03 (0,04)                 |
|          | T1C1        | 14,34 (0,28)           | 10,25 (0,59) | 5,71 (0,27)       | 1,75 (0,10)       | 1,70 (0,03)                 |
| Sino     | T0C0        | 16,46 (0,39)           | 12,05 (0,66) | 6,2 (0,50)        | 1,97 (0,18)       | 2,03 (0,22)                 |
|          | T2C0        | 19,34 (0,53)           | 12,97 (0,36) | 7,45 (0,16)       | 2,75 (0,24)       | 2,20 (0,10)                 |
|          | T0C2        | 15,29 (0,62)           | 12,85 (0,60) | 6,1 (0,10)        | 2,4 (0,13)        | 1,96 (0,12)                 |
|          | T2C2        | 17,09 (0,51)           | 13,19 (0,30) | 6,3 (0,20)        | 2,69 (0,16)       | 2,09 (0,21)                 |

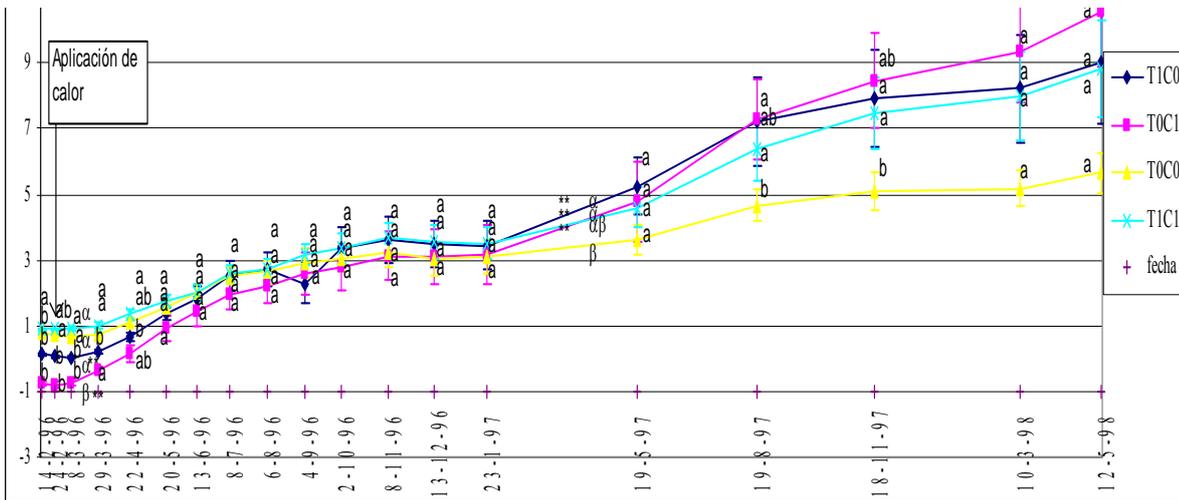
**Tabla 2. Máximas temperaturas alcanzadas en el tronco durante la aplicación de calor, tiempo en el que se alcanzaron temperaturas superiores a 60° C y nivel de daño obtenido. Entre paréntesis: Máximo y mínimo.**

| Sitio    | Máx temp. (°C) en zona calentada |                  | Duración temp. > 60°C |                 | % perímetro tronco dañado | % copa soflamada |
|----------|----------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|------------------|
|          | Zona cambial                     | Corteza externa  | Zona cambial          | Corteza externa |                           |                  |
| Lourizán | 99,66 (164-49)                   | 244,33 (319-113) | 491,33 (149-90)       | 274 (820-102)   | 56 (67-52)                | 52 (53-51)       |
| Sino     | 105,66 (137-74)                  | 375,33 (527-219) | 363,33 (555-145)      | 146,33 (220-94) | 69 (79-52)                | 71 (95-50)       |

**Tabla 3. Crecimiento radial interno de los tres años anteriores a la aplicación de calor (93-95) y del tratamiento (96). Entre paréntesis: Error estándar. Letra s (a,b): Diferencias significativas test SNK.**

| Sitio    | Tratam | CRI (mm)    |              |              |           |
|----------|--------|-------------|--------------|--------------|-----------|
|          |        | 93          | 94           | 95           | 96        |
| Lourizán | T0C0   | 3,0 (0,6)   | 2,7 (0,4) a  | 1,9 (0,4) a  | 1,2 (0,2) |
|          | T1C0   | 4,4 (0,8)   | 4,2 (0,5) ab | 3,2 (0,4) ab | 2,2 (0,2) |
|          | T0C1   | 6,1 (1,4)   | 6,1 (1,1) b  | 4,2 (0,5) b  | 2,5 (0,5) |
|          | T1C1   | 3,5 (0,4)   | 3,8 (0,3) a  | 2,9 (0,4) ab | 1,9 (0,2) |
| Sino     | T0C0   | 2,7 (0,6) a | 3,0 (0,5)    | 2,5 (0,2)    | 1,5 (0,1) |
|          | T2C0   | 3,0 (0,4) a | 3,8 (0,4)    | 3,2 (0,4)    | 1,8 (0,3) |
|          | T0C2   | 1,5 (0,1) b | 2,3 (0,4)    | 2,4 (0,4)    | 1,3 (0,1) |
|          | T2C2   | 1,4 (0,2) b | 2,1 (0,4)    | 2,1 (0,3)    | 1,2 (0,1) |

Figura 1. Crecimiento radial externo (CRE) ajustado en Lourizán. Barras: Error estándar. Letras (a,b): Diferencias significativas entre medias test SNK. Símbolos (\*\*):diferencias significativas entre fechas consecutivas en un mismo tratamiento.  $\alpha$  y  $\beta$ : diferencias significativas en pendientes entre tratamientos en fechas consecutivas.



**Figura 2. Crecimiento radial externo (CRE) en Sino. Barras: Error estándar. Letras (a,b): Diferencias significativas entre medias test SNK. Símbolos (\*\*):diferencias significativas entre fechas consecutivas en un mismo tratamiento.  $\alpha$  y  $\beta$ : diferencias significativas en pendientes entre tratamientos en fechas consecutivas.**

