



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-063

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Crecimiento en plantaciones clonales de cerezo forestal: Heredabilidades y correlación entre Caracteres

MIRANDA FONTAÍÑA, M. E¹, FERNÁNDEZ LÓPEZ, J. y LAGO RIVAS, S.

¹ Centro de Investigación Forestal de Lourizán. Xunta de Galicia. Pontevedra. Pontevedra. Iglesia 19, Lourizán, 36153 Pontevedra. maria.eugenia.miranda.fontaina@xunta.es

Resumen

El cerezo es una de las especies forestales prioritarias dentro del Programa de Mejora Genética del “Plan de Innovación y mejora forestal de Galicia (2010-2020) de la Xunta de Galicia, desarrollado en el Centro de Investigación Forestal de Lourizán. Uno de los objetivos es la selección de cerezos en plantaciones para su posterior registro y certificación. Este programa tiene como objetivos generales la selección, mejora y conservación de cerezo para la obtención de madera.

En este trabajo se evalúan las heredabilidades y las correlaciones entre caracteres de crecimiento, forma del fuste y ramificación en plantaciones clonales. Los mayores valores de heredabilidades clonales se registran en las variables altura, diámetro, rectitud de fust, tipo de fuste y ángulo de inserción de la rama más gruesa, lo que puede indicar la influencia de los genes en la variación. La variable altura presenta correlaciones positivas muy altas con el diámetro normal en las dos parcelas evaluadas, y la altura con el número de ramas y negativa con el grosor de las ramas, la correlación altura diámetro aumenta desde el primer año de crecimiento hasta el octavo, todo ello facilita realizar selección multicaracter.

Palabras clave

Correlación fenotípica y genética, Heredabilidades clonal, *Prunus avium*, selección multicaracter.

1. Introducción

El cerezo silvestre (*Prunus avium*) es una especie caducifolia que se encuentra en bosques mixtos de frondosas, en bosquetes o como pies aislados. La selección de árboles superiores para la producción de madera se está desarrollando desde 1996 y en la actualidad el cerezo es una de las especies prioritarias dentro del Programa de Mejora Genética del “Plan de innovación y mejora forestal de Galicia (2010-2020)” de la Xunta de Galicia, desarrollado en el Centro de Investigación Forestal de Lourizán (CIF de Lourizán). Este programa tiene como objetivos generales 1) la selección de árboles por criterios forestales, 2) la conservación del material seleccionado, 3) la multiplicación clonal, 4) la caracterización morfológica y molecular de los clones seleccionados, 5) el establecimiento de dispositivos experimentales, parcelas clonales, 6) La selección de un clon patrón y de los 16 mejores clones para la realización de cruzamientos controlados.

La evaluación de caracteres de crecimiento en ensayos en plantaciones y en invernadero, permite realizar estudios comparativos y la selección de los más interesantes. Además es interesante conocer las heredabilidades de los caracteres y las correlaciones entre ellos, las primeras nos permite estimar la influencia de los genes en la variación y las segundas realizar selección multicaracter.

2. Objetivos

Se evalúan las heredabilidades en caracteres de crecimiento y de forma de los árboles y las correlaciones entre los mismos en dos plantaciones de clones de cerezos preseleccionados por sus características forestales.

3. Metodología

Material Vegetal:

En la primera parcela, denominada Agrovello, el material vegetal son 20 clones, evaluados a los 8 años, y en la segunda parcela, conocida como Mantequera, son 10 clones, evaluados a los 5

años, ambas situada en CIF de Lourizán, en la costa atlántica. Los árboles de ambas plantaciones habían sido multiplicados por micropropagación y el diseño de las plantaciones es en bloques completos al azar. Las condiciones climáticas de las parcelas, se deducen a partir de los datos registrados en la estación meteorológica de Lourizán, muy próxima a ambas parcelas, se registra una temperatura media anual de 14,6 °C, una temperatura del mes más frío de 9,3 °C, temperaturas medias estival de 19,4°C y del mes más cálido y 19,6 °C. La precipitación anual de 1.720 mm y precipitación estival (junio, julio, agosto) de 139 mm. Se caracteriza por tener cinco meses de heladas probables y un posible periodo de sequía estival en el mes de agosto.

Variables registradas

Para la caracterización se registran los caracteres propuestos por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) para cerezo, concretamente los TG/1/3, TG/35/7, 2006 y TG/187/1, (2002) y según el documento “Criterios Orientadores. Documento Técnico de Procedimiento de Admisión *Prunus avium*”, elaborado por la “Red de Mejora y Conservación de Recursos Genéticos Forestales” (GENFORED) (2011) en cuyos anexos se especifican los descriptores para la identificación de clones.

Caracteres de crecimiento: Altura total del árbol, diámetro normal, siempre en dirección nortesur, diámetro de la rama más gruesa, relación entre diámetro de la rama más gruesa y el diámetro normal, grosor rama más gruesa (clasificado en 3 grupos: 1) Pequeña: Diámetro de la rama < Diámetro normal/4, 2) Media: Diámetro normal/2 > Diámetro rama > Diámetro normal/4, 3) Grande: Diámetro rama > Diámetro normal/2.

Caracteres de forma: Presencia de bifurcación (0 y 1 ausencia y presencia de bifurcación); tipo de bifurcación (6 categorías: 1 (No bifurcado), 2 (bifurcado en la base), 3 (bifurcado por encima de los 4 m), 4 (bifurcado entre 2 y 4 m), 5 (bifurcado en menos de 2 m) y 6 (bifurcado a varios niveles), rectitud de fuste (1 y 0 según el fuste sea recto o presente sinuosidades o curvaturas), tipo de rectitud del fuste (5 tipos) según la desviación en el árbol: “0” (árbol recto), 1 (una sinuosidad por debajo de los 2 m), 2 (dos sinuosidades por debajo de los 2 m), 3 (curvatura leve todo el árbol) y 4 (curvatura fuerte todo el árbol)), ángulo de las de inserción de la rama más gruesa del primer verticilo por encima de 1m respecto a la vertical (3 categorías diferentes: 1(0°-30°), 2 (30°-60°) y 3 (60°-90°), fuste cilíndrico (1 y 0 según presente fuste cilíndrico o no)).

Caracteres de ramificación: Tipo de ramificación (1 (en verticilos), 2 (verticilos abiertos), 3 (algunas ramas en verticilos y otras distribuidas), 4 (distribuidas). Número de ramas en cada verticilo y número en el último verticilo y número total de ramas entre 1 y 2,5 metros.

Modelo de Análisis: Para evaluar diferencias entre clones en caracteres de crecimiento y forma se aplicó el siguiente modelo de análisis de varianza según las variables evaluadas: $X_{ij} = \mu_m + C_i + e_{j(i)}$; donde C es Clon y e es el efecto residual o error. A partir de estos datos, se estimaron: Las heredabilidades clonales. Las correlaciones fenotípicas de Pearson (1986), los coeficientes de correlación genotípica de tipo B de Burdon (Burdon, 1977) fueron calculados entre pares de variables.

4. Resultados y Discusión

La supervivencia media de estos clones en la plantación es de 94%. Las variables altura, diámetro normal y diámetro de la rama más gruesa mostraron diferencias significativas entre clones, por el contrario, el grosor de la rama más gruesa, la relación entre el diámetro de rama con el diámetro normal, las diferencias no son significativas.

La **variable altura** de los árboles, presenta un valor medio a los 5 años de 285 cm. Curnel et al. (2003) obtuvieron en 14 plantaciones de cerezo en Bélgica un crecimiento medio a los 4 años de 239,9 cm. Esta variable presenta valores de heredabilidad clonal elevados, superiores a 0,7 (Tabla 2). Curnel et al. (2003) indican valores de heredabilidad comprendidos entre 0,30 y 0,74.

El crecimiento medio **en diámetro** oscila entre 26,51 a los 12,50 mm. La heredabilidad clonal de este carácter también tiene un valor alto, aunque no tanto como la altura (0,66). Curnel et al. (2003) obtuvieron para cerezo a los 10 años, valores de heredabilidad comprendidos entre 0,42 y 0,86. Ambas variables (altura y diámetro normal) presentan unas correlaciones próximas a 1 (Tabla 3). En la tabla 1 se pueden observar los valores de correlación fenotípica entre altura y diámetro al

año, dos, tres, seis y ocho años en la parcela de Agrovello, se observa que los tres primeros años los valores se encuentran entre 0,8 y 0,9, mientras que después de los 6 años son superiores a 0,91.

En la variable diámetro de la rama más gruesa se registran diferencias importantes entre los valores medios de los clones.

La variable grosor de la rama más gruesa, está expresada en función del diámetro normal.....

A la hora de seleccionar un clon es importante el diámetro de la rama más gruesa, ya que generalmente, un diámetro elevado supone la formación de nudos grandes que puede devaluar la calidad de la madera:

Caracteres de forma: la presencia de bifurcación y tipo de bifurcación no presentan diferencias significativas entre clones. Sin embargo, las variables rectitud de fuste (presencia/ausencia) y tipo de fuste, mostraron diferencias altamente significativas entre clones (1‰). Ambas variables tienen valores de heredabilidad clonal bajos (0,24) y no correlacionados con casi ninguna variable de crecimiento (Tabla 2). Curnel et al. (2003) obtuvieron para cerezo, a los 9 años en varias parcelas, valores de heredabilidad comprendidos entre 0,00 y 0,58. La variable rectitud de fuste ((presencia) posee un valor de heredabilidad clonal próximo a 0,76 y esta correlacionada significativamente y positivamente con la altura y los diámetros normal y de la rama.

Curnel et al. (2003) indican valores de deformación en el fuste de ligero a moderadamente torcido en 14 parcelas a los años. Esta variable presenta un valor de heredabilidad clonal próxima a 0,77 y esta correlacionada significativamente y negativamente con la altura y los diámetros normal y de la rama, lo que indica que los tipos de fuste menos rectos se muestran con valores de altura y diámetros más bajos. Curnel et al. (2003) obtuvieron para cerezo a los 9 años en varias parcelas, valores de heredabilidades muy variables comprendidos entre 0,06, en una de las 14 parcelas y 0,74 para otra.

El ángulo de inserción de la rama más gruesa, el número de ramas por verticilo y el número total de ramas, presentan diferencias altamente significativas entre clones, por el contrario, las variables tipo de ramificación, número de ramas en el último verticilo y número de ramas distribuidas, no presentan diferencias significativas entre clones. Las variables número de ramas por verticilo y número de ramas en el último verticilo, cabría esperar que dieran resultados parecidos. En la primera sí presentan diferencias significativas entre clones, mientras que en la segunda no existen diferencias. Esto podría indicar que en un mismo árbol existen diferencias en el número de ramas por verticilo entre años de crecimiento, por lo que es un carácter variable.

El carácter ángulo de inserción de la rama más gruesa respecto a la vertical, presenta unas diferencias entre clones muy significativas, pudiéndose apreciar a simple vista en campo. Más de la mitad de los clones presenta ángulos de inserción de la rama más gruesa muy abiertos, superiores a 60°.

Santi et al. (1998) en un estudio del comportamiento del cerezo en diferentes parcelas indicaron ángulos medios próximos a 45° y 50° en dos de ellas. En el presente estudio se obtienen valores de heredabilidad clonal muy elevados para esta variable (0,83) y solo presenta correlación fenotípica con la variable tipo de fuste (Tabla 3).

El tipo de ramificación no muestra diferencias significativas entre clones, ya que lo más frecuente es la ramificación en verticilos (o verticilos abiertos), siendo las ramas distribuidas, prácticamente inexistentes. Este carácter tiene una heredabilidad clonal de 0,20 y correlaciones significativas con las variables diámetro normal, diámetro de la rama más gruesa, número de ramas distribuidas y el número total de ramas (Tabla 2).

El número de ramas en el último verticilo no presenta diferencias entre clones, se ha encontrado una variabilidad entre árboles dentro del mismo clon. El valor de heredabilidad clonal es de 0,33 y muestra correlaciones positivas y altamente significativas con la altura, el diámetro normal y el número total de ramas y correlaciones negativas y significativas con el grosor de la rama más gruesa, con el diámetro de la rama, con la presencia y tipo de bifurcación, con el tipo de fuste y con el número de ramas distribuidas. No presenta correlación con el ángulo de rama y con la presencia de fuste recto (Tabla 2).

La variable número de ramas distribuidas, el valor de la heredabilidad clonal es de 0,14 y solo presenta correlaciones positivas y significativas con la presencia y tipo de bifurcación, el tipo de ramificación y con el número total de ramas.

El número de ramas totales entre 1 y 2,5 m de altura, la heredabilidad clonal alcanza un valor de 0,57 y muestra correlaciones positivas y significativas con la altura, el diámetro normal y de la rama más gruesa, el tipo de ramificación, el número de ramas en el último verticilo y el número de ramas distribuidas. Esta correlacionado negativamente con el grosor de la rama.

En función del tipo de ramificación y grosor de las ramas, se deberá tomar decisiones sobre el momento y el tipo de poda a realizar según recomiendan Álvarez et al. (2000) y Cisneros y Martínez (<http://www.asfole.com/archivos/descargas/1220948518.pdf>) con el fin de obtener madera de calidad.

Correlaciones genéticas: La correlación genética es una estima del grado de enlace genético entre dos o más caracteres en el mismo individuo (Stern, 1964). Existe bastante coincidencia entre las correlaciones fenotípicas y las correlaciones genéticas. Las mayores correlaciones positivas se obtienen entre los caracteres: altura con diámetro normal y de rama; diámetros normal y de rama entre sí; grosor de rama y la relación diámetro de rama con diámetro normal; presencia y tipo de bifurcación entre sí y a su vez con el tipo de ramificación y con número de ramas distribuidas. El número total de ramas está correlacionado con el tipo de ramificación en verticilos, con el número de ramas en el último verticilo, con el número de ramas distribuidas, con altura y con diámetro normal (Tabla 3). Las correlaciones elevadas negativas se obtienen entre los caracteres: la relación diámetro de rama respecto al normal con altura y diámetro normal y con número de ramas en el último verticilo. Y el número de ramas en el último verticilo con grosor de la rama más gruesa, presencia y tipo de bifurcaciones y número de ramas distribuidas.

Los valores de heredabilidades clonales elevados, pueden emplearse para estimar una distinción del carácter, dentro del criterio de Distinción Uniformidad y Estabilidad (Lago et al, 2013). Las mejores variables para la distinción en la evaluación de los fustes son: el ángulo de inserción de la rama más gruesa, seguido de la altura, presencia de fuste recto, tipo de fuste y número de ramas en cada verticilo; mientras que la peor variable es el número de ramas distribuida. Las variables que mejor cumplen conjuntamente la distinción y la uniformidad son: la altura, el ángulo de inserción de la rama más gruesa y el diámetro de la rama más gruesa.

5. Conclusiones

Los mayores valores de heredabilidades clonales se registran en las variables altura, diámetro, rectitud de fuste, tipo de fuste y ángulo de inserción de la rama más gruesa, lo que puede indicar la influencia de los genes en la variación. Las variables altura presenta correlación positiva muy alta con el diámetro normal en las dos parcelas evaluadas y la altura con el número de ramas y negativa altura con el grosor de las ramas, la correlación altura diámetro aumenta desde el primer año de crecimiento hasta el octavo, todo ello facilita realizar selección multicaácter.

6. Agradecimientos

El presente trabajo ha sido realizado en el Centro de Investigación Forestal de Lourizán como uno de los objetivos del "Plan de Innovación y Mejora Forestal de Galicia, 2010-2020, financiado con fondos FEADER, gestionados por el INGACAL, Xunta de Galicia y el convenio de colaboración con INDITEX, fruto del interés por el conocimiento y desarrollo forestal de Galicia. Agradecimientos a la dirección del Centro de Investigación Forestal de Lourizán y a la dirección del INGACAL por sus actividades de gestión. Un especial agradecimiento al personal del vivero del Centro de Investigación Forestal de Lourizán por su ayuda en el mantenimiento de las plantas tanto en los invernaderos como en plantación y en la toma de datos en parcelas.

7. Bibliografía

ÁLVAREZ, P.; BARRIO, M.; DÍAZ, R.A.; HIGUERAS, J.; RIESCO, G.; RIGUEIRO, A.; RODRÍGUEZ, R.J.; VILLARINO, J.J.; 2000. Manual de silvicultura de frondosas caducifolias. Proyecto Columella. Área forestal. Serie manuales técnicos.

BURDON, R.D.; 1977. Genetic correlation as a concept for studying genotypeenvironment interaction in forest tree breeding. *Silvae Genet* 26, 168-175.

- CISNEROS, O.; MARTÍNEZ, V.M. Plantaciones de frondosas para madera de calidad en la provincia de León. Junta de Castilla y León. URL: <http://www.asfole.com/archivos/descargas/1220948518.pdf>
- CISNEROS, O.; MONTERO, G. 2008. Selvicultura de *Prunus avium* L. In Compendio de Selvicultura Aplicada en España. Edited by Montero G., Serrada R, Reque J A. INIA. Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, pp. 605-642.
- CURNEL, Y.; JACQUES, D.; NANSON, A.; 2003. First multisite clonal test of wild cherry (*Prunus avium* L.) in Belgium. *Silvae Genet* 52, 45-52.
- LAGO RIVAS, S.; MIRANDA-FONTAÍÑA, M. E.; FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.; TOVAL HERNÁNDEZ, G. 2013. Caracterización por crecimiento y forma de los árboles, características de las hojas y del fruto de clones de cerezo. Selección de Descriptores de Distinción y Uniformidad. Actas del 6º Congreso Forestal Español. Vitoria-Gasteiz, 10-14 de Junio de 2013. 6CFE01-229
- MIRANDA FONTAÍÑA, M.E.; FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.; 2015. A cerdeira de orixe galega para uso forestal. Xunta de Galicia, Consellería de Medio Rural e do Mar. Santiago de Compostela. http://mediorural.xunta.gal/fileadmin/arquivos/publicacions/2015/cerdeira/libro_cerdeira__para_web.pdf.
- PEARSON, K.; 1986. Contributions to the mathematical theory of evolution. In On the dissection of asymmetrical frequency curves. *Philosophical transactions, A, part I.*, 185, 71-90.
- SANTI, F.; MURANTY, H.; DUFOUR, J.; PAQUES, L.E.; 1998. Genetic parameters and selection in a multisite wild cherry clonal test. *Silvae Genet* 47, 61-67.
- STERN K., 1964. Genética de población como base de selección. *Unasylva*. N°. 73-74 - Reunión FAO/IUFRO sobre genética forestal 18 (2-3), 21-29. <http://www.fao.org/docrep/03650s/03650s00.htm>

Tabla 1. Valores de correlación fenotípica y niveles de significación, entre altura (A) y diámetro (D) a los 1, 2, 3, 6 y 8 años de clones de cerezo, en la parcela Agrovello.

| Correlación | A1-D1 | A2-D2 | A3-D3 | A6-D6 | A8-D8 |
|-----------------|---------|-------|---------|---------|---------|
| Altura-Diámetro | 0,82*** | 0,88 | 0,86*** | 0,92*** | 0,91*** |

Tabla 2. Coeficientes de Correlación de Pearson fenotípicos (por encima de la diagonal) y genotípicos (por debajo de la diagonal) entre pares de caracteres del fuste. En la diagonal aparecen los valores de Heredabilidad clonal (en letra cursiva).

| a^b \ H ² _c | Altura | Diámetro | Diámetro Rama | Grosor Rama | Diám Rama/ Diám Fuste | Presencia Bifurcaci | Bifurcac tipo | Rectitud Fuste | Fuste | Ramas | Nº Ramas último verticilo | Nº Ramas Distribuidas | Nº Total Ramas | Angulo ramas |
|-------------------------------------|--------|----------|---------------|-------------|--------------------------|---------------------|---------------|----------------|----------|--------|---------------------------|-----------------------|----------------|--------------|
| Altura | 0.72 | 0.91*** | 0.73*** | -0.28*** | -0.78*** | -0.08ns | -0.08ns | 0.16* | -0.27*** | 0.14ns | 0.40*** | 0.12ns | 0.33*** | -0.15ns |
| Diámetro | 1.00 | 0.66 | 0.80*** | -0.32*** | -0.52*** | -0.09ns | -0.09ns | 0.18* | -0.26*** | 0.17* | 0.45*** | 0.07ns | 0.45*** | -0.11ns |
| Diámetro Rama | 1.05 | 1.00 | 0.67 | 0.08ns | 0.06ns | -0.03ns | -0.03ns | 0.14ns | -0.23** | 0.17* | 0.31*** | 0.14ns | 0.39*** | -0.11ns |
| Grosor Rama | -0.53 | -0.64 | 0.16 | 0.38 | 0.67*** | 0.07ns | 0.07ns | -0.03ns | 0.13ns | 0.02ns | -0.23** | 0.07ns | -0.19* | -0.02ns |
| Diám Rama/ Diám Fuste | 1.00 | -1.00 | 0.13 | 1.00 | 0.32 | 0.15ns | 0.15ns | -0.14ns | 0.11ns | 0.06ns | -0.23** | 0.03ns | -0.15ns | 0.07ns |
| Presenc Bifurcac | -0.19 | -0.23 | -0.08 | 0.23 | 0.55 | 0.24 | 1.00*** | 0.08ns | -0.10ns | 0.14ns | -0.17* | 0.47*** | -0.12ns | -0.10ns |
| Bifurcación tipo | -0.19 | -0.23 | -0.08 | 0.23 | 0.55 | 0.20 | 0.24 | 0.08ns | -0.10ns | 0.14ns | -0.17* | 0.47*** | -0.12ns | -0.10ns |
| Rectitud Fuste | 0.22 | 0.25 | 0.20 | -0.06 | -0.28 | 0.19 | 0.19 | 0.76 | -0.62*** | 0.04ns | 0.01ns | 0.10ns | -0.02ns | -0.11ns |
| Fuste | -0.36 | -0.36 | -0.32 | 0.24 | 0.22 | -0.23 | -1.00 | -0.81 | 0.77 | 0.08ns | -0.19* | -0.02ns | -0.11ns | 0.24** |
| Ramas | 0.37 | 0.46 | 0.46 | 0.07 | -0.24 | 0.63 | 0.64 | 0.10 | -0.20 | 0.20 | 0.05ns | 0.61*** | 0.32*** | -0.05ns |
| Nº Ramas último verticilo | 0.82 | 0.96 | 0.66 | -0.65 | -0.71 | -0.60 | -0.61 | 0.02 | -0.38 | 0.19 | 0.33 | -0.25** | 0.52*** | 0.03ns |
| Nº Ramas Distrib | 0.38 | 0.23 | 0.46 | 0.30 | 0.14 | 1.00 | 1.00 | 0.30 | -0.06 | 3.59 | -1.16 | 0.14 | 0.23** | -0.02ns |
| Nº Total Ramas | 0.51 | 0.73 | 0.63 | -0.41 | -0.35 | -0.32 | -0.33 | -0.03 | -0.17 | 0.94 | 1.00 | 0.81 | 0.57 | 0.09ns |
| Angulo | -0.19 | -0.15 | -0.15 | -0.04 | 0.14 | -0.22 | -0.23 | 0.14 | 0.30 | -0.12 | 0.03 | -0.06 | 0.13 | 0.83 |



1