

Evaluación del comportamiento de clones de teca (*Tectona grandis*) en Costa Rica.

Yorleny Badilla Valverde, B.sC., Costa Rica, yorlenybadilla@yahoo.es. Escuela de Ing. Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Olman Murillo Gamboa, Ph.D., Costa Rica, olmuga@yahoo.es. Escuela de Ing. Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

RESUMEN

La Cooperativa de Mejoramiento Genético Forestal (GENFORES) dirigido por la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, desarrolla un programa de mejoramiento genético de teca desde 1999, que ha logrado incorporar 400 genotipos de teca en el país, con la participación de empresas costarricenses. El programa se orienta hacia la silvicultura clonal, que permitió desarrollar tecnología de minijardines clonales para la propagación masiva de material élite. Con el objetivo de fomentar el intercambio de material genético entre las empresas y determinar diferencias genéticas entre las colecciones, se establecieron tres ensayos GENFORES en el 2007. Los ensayos evalúan 25 clones procedentes de 5 empresas y como testigo, semilla mejorada genéticamente de huerto semillero y semilla comercial. Se utilizó el diseño genético GENFORES, seis bloques con 6 rametos por clon/bloque, distribuidos aleatoriamente en tres parejas dentro del bloque. Se evaluó dap, volumen comercial, calidad del árbol, bifurcación, gambas, torcedura por viento, presencia de rama gruesa e índice de selección (Volumen 60%, calidad 40%). Los datos se analizaron con SELEGEN-REML/BLUP, por empresa (procedencia) y por clon individual. Se registró una heredabilidad media clonal de 0,94, 0,78, 0,08, 0,02, 0,04, 0,28 y 0,95 para volumen comercial, calidad, gambas, bifurcación, rama gruesa, torcedura por viento e índice de selección, respectivamente. La correlación genética entre sitios fue de 0,93 a 0,98. A los 2,4 años de edad, en el ranking del volumen se ubica el testigo huerto semillero en la posición 12 y la semilla de rodal en la posición 21, para una ganancia genética estimada de 21% y 33% respectivamente. A nivel de empresas los dos testigos se ubicaron en las últimas posiciones del ranking genético del volumen. A mayor edad, se espera un aumento en las diferencias genéticas. Se discute sobre la necesidad de evaluar los clones antes de su uso comercial.

INTRODUCCIÓN

La teca es la especie con mayor valor comercial en reforestación en Costa Rica, esta especie es originaria de la India, Tailandia, Myanmar y Laos (Centeno 1997). Se estima que en América Latina existen entre 150 mil y 200 mil ha de plantaciones con Teca (Ugalde 2003). En Centroamérica se han plantado unas 76 mil ha de teca (FAO 2002), lo que equivale aproximadamente al 18% de las plantaciones existentes en la región. Los países con más superficie plantada de teca son: Costa Rica, Panamá, El Salvador y Guatemala (De Camino et al. 2002).

Las plantaciones hoy día deben establecerse con el mejor material genético apto para cada sitio, que permita una mayor productividad y calidad. Bajo este marco se desarrolla en el país desde inicios del 2000, un Programa de Conservación y Mejoramiento Genético Forestal, bajo un marco cooperativo (GENFORES), como un esfuerzo conjunto del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), tres organizaciones no gubernamentales y cinco empresas reforestadoras en Costa Rica. Más de 400 genotipos han sido seleccionados y clonados en los últimos 10 años, lo que implica una labor continua de evaluación y registro de resultados. GENFORES desarrolló un diseño experimental para evaluación genética de materiales, que permite aumentar la eficiencia de selección y de estimación de los parámetros genéticos. El proceso de selección clonal recién se inicia, por lo que sus primeros resultados se presentan y discuten en esta contribución.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos genéticos analizados tienen un diseño experimental de bloques completos al azar, con 6 bloques o repeticiones en cada uno de dos sitios. Un ensayo se plantó en la zona de El Concho de Pocosol, cantón de San Carlos, Alajuela, zona norte del país. El segundo ensayo se estableció en finca Salamá, Osa, Puntarenas, zona sur del país. En estos dos ensayos se evaluaron 25 clones (tratamientos) de teca, procedentes de 5 empresas reforestadoras del Programa de mejoramiento genético GENFORES, dirigido por la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Como parte del ensayo, se establecieron dos materiales testigo o control: a) semilla mejorada genéticamente, procedente del huerto semillero del Centro Agrícola Cantonal de Hojancha (CACH), identificado con las letras HS; b) semilla mejorada procedente del rodal semillero de la misma organización, identificado con las letras RS. De cada clon (tratamiento) se plantaron 8 rametos por bloque, distribuidos aleatoriamente dentro del bloque en 4 parejas, con la restricción de que dos parejas de un mismo clon no quedaran a menos de 5 plantas de distancia. En total, cada clon estuvo representado en 6 bloques x 8 plantas = 48 plantas en cada uno de los dos sitios. Todos los árboles fueron plantados a 3 x 3 m de distancia.

Los análisis conjuntos de los dos ensayos fueron realizados empleando el modelo 3 del software SELEGEN-REML/BLUP (Resende, 2005), para el análisis de clones no emparentados y evaluados en varias localidades. El modelo estadístico está dado por $y = Xr + Za + Wp + Ti + e$, donde "y" es el vector de datos; "r" es el vector de

los efectos de repetición (asumidos como fijos) y sumados a la media general; “a” es el vector de los efectos genéticos aditivos individuales (asumidos como aleatorios); “p” es el factor de los efectos de parcela (asumidos como aleatorios); “i” es el vector de los efectos de la interacción genotipo x ambiente (aleatorios); y “e” es el vector del término del error o residuos (aleatorio). Las letras mayúsculas representan las matrices de incidencia para los efectos referidos. El vector “r” contempla todas las repeticiones de las dos localidades (ajusta las combinaciones repetición-localidad). En este caso, el vector contempla los efectos de localidades y de repeticiones dentro de localidades. Con la ayuda de este programa, los datos se analizaron estadísticamente para separar los efectos ambientales de los efectos genéticos, para finalmente obtener el ranking de los valores genéticos en cada uno de los 17 caracteres analizados en la base de datos. Se analizaron los 7 caracteres de mayor importancia económica, volumen comercial, calidad del fuste, presencia de gambas, presencia de bifurcaciones, presencia de ramas gruesas, presencia de dobladez del fuste (daño por viento) y finalmente, índice de calidad. Este índice se construyó a partir de los caracteres Volumen comercial y Calidad del fuste. Para esto se procedió a estandarizar los datos, luego se multiplicaron por un peso económico (60% para el volumen y 40% para la calidad). Finalmente se multiplicaron por la heredabilidad de cada uno de los dos caracteres (peso genético). Esta nueva variable, denominada Índice de selección, expresa entonces la unificación de los dos caracteres. Por tanto, permite elegir los individuos que sean simultáneamente superiores, tanto en volumen como en calidad.

Los datos fueron analizados de dos maneras. Primero, se organizó la base de datos agrupando todos los clones a la empresa que pertenecían. De esta manera resultó una nueva base de datos con 7 procedencias o empresas (5 empresas y 2 testigos). La segunda base de datos fue la original, todos los 25 clones ordenados a nivel individual, sin ser agrupados por empresa.

RESULTADOS

En el cuadro 1 se muestran los parámetros genéticos para siete caracteres de importancia económica en teca. Estos valores corresponden a la base de datos organizada por empresa, para un total de 25 clones y 2 testigos. En este análisis los datos corresponden a dos ensayos establecidos en dos sitios con ambientes contrastantes (San Carlos, zona norte y Puntarenas, Pacífico sur del país). Los cinco clones de cada empresa, fueron agrupados colectivamente bajo el nombre de la empresa a semejanza de una procedencia. Los valores que se reportan por tanto, corresponden a un análisis de procedencias.

Puede notarse en el cuadro 1, que los valores de heredabilidad reportados son muy altos para los caracteres volumen comercial, calidad e índice de selección. Para los demás caracteres cualitativos, los valores de heredabilidad son sumamente bajos, excepto para la dobladez (torcedura por viento), que registró un leve control genético ($H^2 > 0,25$). La exactitud de los estimados registra valores elevados para los caracteres volumen comercial, calidad e índice, que aseguran una alta confiabilidad en los datos. La exactitud disminuye, en los demás

caracteres cualitativos, con excepción de la dobladez por viento, que supera levemente el 50%.

Las correlaciones genéticas entre los dos ambientes es un reflejo del grado de estabilidad del ranking genotípico para los dos sitios en los caracteres analizados. Puede notarse nuevamente, que para el volumen comercial, la calidad y el índice de selección, las correlaciones genéticas son superiores al 93%. Todos los caracteres cualitativos registran, en contraste, correlaciones genéticas sumamente bajas, con la ligera excepción del carácter dobladez.

El ranking de las procedencias (empresas) muestra cambios notables según el carácter evaluado. Para el volumen comercial, los dos testigos se ubican en las posiciones inferiores del ranking, cuyas diferencias son significativas (ver el valor de DMS). Inclusive, se determinan diferencias significativas del Huerto Semillero al Rodal Semillero, así como de todas las procedencias con respecto al Huerto Semillero. Para el carácter calidad, los dos testigos se ubican ahora en las posiciones 2 y 3 del ranking de los valores genéticos. Los clones procedentes de Altamira (mejor en volumen) se localizan ahora en posiciones intermedias para la calidad. Los clones procedentes de Los Chiles se localizan sistemáticamente, en las posiciones inferiores para ambos caracteres. Sin embargo, no se registran diferencias estadísticamente significativas entre ninguna de las procedencias y los dos testigos, con la excepción de los materiales procedentes de Parrita (última posición). El Índice de selección resuelve las diferencias entre ambos caracteres y muestra una ubicación en el ranking genético más confiable. La procedencia Altamira se ubica ahora en la mejor posición y Los Chiles en la peor posición. Los dos materiales testigos se localizan por debajo de todas las procedencias. Como puede observarse, la diferencia mínima significativa entre los valores es sumamente alta.

En el cuadro 3 se reportan ahora los valores de los parámetros genéticos, pero a nivel del clon individual, sin tomar en cuenta su procedencia (empresa). Los valores de heredabilidad para el volumen comercial, registran un descenso notable, de 0,94 hasta 0,27. Similar pero no tan radical, el carácter calidad disminuye desde 0,78 hasta 0,57. Interesante notar, que ahora todos los demás caracteres cualitativos aumentan notablemente hasta alcanzar valores moderados de control genético, con excepción de la dobladez. En síntesis, los resultados a nivel de clon individual son inversamente proporcionales a los resultados registrados a nivel colectivo o de procedencia (empresa).

Al nivel de clones individuales, la correlación genética entre ambos sitios sigue registrando valores altos para los tres caracteres de mayor importancia económica. Los caracteres cualitativos mejoraron sensiblemente la correlación genética, en relación con el valor obtenido a nivel de procedencia (empresa).

En el cuadro 4 se registra el ranking genético de los 25 clones evaluados y los 2 testigos. Puede observarse un cambio dramático en el ranking genético en el volumen comercial a la calidad. Entre las primeras cinco posiciones repiten los clones N44, y A48. En las peores cinco posiciones, ninguno de los clones repite en el ranking de ambos caracteres. El índice de selección viene a armonizar ambos caracteres, ya que permite determinar cuáles son los mejores materiales tanto en volumen comercial como en calidad. Puede observarse que el clon A48

(Altamira) se ubica en la primera posición, seguido de los clones N4, N44, N51 (todos de Nandayure) y el Huerto Semillero de Hojanca (HS). En las cinco peores posiciones se ubican los clones P6 (Parrita), LCH1 (Los Chiles), P2, P11 (ambos de Parrita) y el Rodal Semillero de Hojanca (RS). Las diferencias no son estadísticamente significativas entre ninguno de los clones en el ranking para el Índice de selección. Solamente para el carácter calidad se registran diferencias estadísticamente significativas, donde la semilla del Rodal Semillero y del Huerto Semillero de Hojanca, aparecen en el 4to. y 6to lugar del ranking de calidad respectivamente.

DISCUSIÓN

Valores altos de heredabilidad pueden ser causados por diferencias genéticas de gran magnitud entre los materiales evaluados y por un error experimental pequeño (efecto ambiental). Debe recordarse también, que cuando se utilizan clones, se logra la captura del 100% de la información genética, es decir, de la varianza genética aditiva y la no aditiva. Otra posible causa de estos valores altos es la existencia de muy buenas condiciones experimentales de los ensayos genéticos en campo, que permiten reducir los efectos ambientales. El ensayo fue repetido en dos condiciones ambientalmente muy diferentes. En cada sitio, cada clon fue evaluado con 48 rametos (6 bloques * 8 rametos/bloque) en cada uno de los ensayos. Por lo general, en ensayos clonales se utilizan poco más de 20 individuos (Resende, 1995). En particular, como sucedió en este caso, donde la correlación genética entre sitios superó el valor de $r_{gg} > 0,90$.

En el caso de los caracteres cualitativos, las heredabilidades registraron valores sumamente bajos y no esperados. Por lo general, se estima que este tipo de caracteres están codificados por un número reducido de loci, por tanto, con valores de control genético más altos que los caracteres cuantitativos (Zobel y Talbert, 1984). Por tanto, una posible explicación es que estos caracteres no se han expresado plenamente a la edad de evaluación (2,5 años).

El ranking del Índice de selección ubica a los dos testigos en las últimas posiciones, tal y como se espera de un programa con un muy buen trabajo de selección de árboles plus. Todas las procedencias (empresas) registraron en promedio (sus cinco clones), valores significativamente superiores a la semilla mejorada del huerto semillero y a la semilla del rodal semillero. Estos resultados son esperanzadores para el programa de mejoramiento genético de teca desarrollado por GENFORES en Costa Rica. La ganancia genética esperada supera el 11% al comparar la superioridad de los cinco clones de Altamira con respecto al Huerto Semillero. Si la comparación es contra la semilla de Rodales Semilleros, la ganancia genética esperada será de un 20%. Debe recordarse que el Índice de selección, es meramente un procedimiento analítico que permite seleccionar a favor de dos criterios a la vez ("culling levels"), volumen comercial y calidad de fustes. Por tanto, reduce ligeramente uno de los dos caracteres y aumenta ligeramente al otro.

Si se repite el mismo análisis, pero esta vez con el volumen comercial, se determina que los clones procedentes de Altamira superan en un 25% a la semilla mejorada del huerto semillero, y en un 40% a la semilla del Rodal Semillero. Estos resultados son sumamente alentadores, en especial si se observa que se registran antes de los 3 años de edad.

Importante de observar es que la semilla mejorada procedente del huerto semillero de Hojanca (HS), ha sido determinada como de alta calidad y valor genético, superando en una proporción alta a los materiales testigos en los ensayos de progenie (Murillo y Badilla, 2004; Leandro *et al.*, 2003). Sin embargo, estos materiales fueron seleccionados y evaluados en el Pacífico seco de Costa Rica. Mientras que en estos dos ensayos, la semilla del huerto semillero compite con los mejores clones seleccionados en esas localidades (zona norte y Pacífico central), en sitios de condición ácida. Podría entonces interpretarse, que la semilla mejorada está siendo evaluada en un sitio fuera de su ambiente de selección. Si vemos el desempeño de la semilla mejorada (HS) a nivel del clon individual (cuadro 4), puede apreciarse que en volumen comercial se ubica en la posición 12 de 27 del ranking de los valores genéticos, mientras que la semilla del Rodal Semillero (RS) se ubica en la posición 21.

La semilla procedente de las selecciones de la zona de Altamira de San Carlos, seguida de cerca por la seleccionada en la zona de El Concho de Pocosol, San Carlos, se ubican en las mejores posiciones en cuanto al volumen comercial a esta edad. Estas dos zonas son reconocidas por la presencia de suelos ácidos, de poca profundidad y baja fertilidad. Dado que uno de los ensayos está establecido precisamente en la zona de El Concho, pudo haber favorecido a los materiales seleccionados localmente. Al nivel de clones individuales, los materiales procedentes de las zonas de Altamira (A), El Concho de Pocosol (EC) y de la zona de Los Chiles de Alajuela (LCH) ubican 5 de sus clones en los 10 mejores puestos. Pero también ubican 8 de sus clones en los peores 10 lugares del Ranking. Estos resultados explican, que en el caso del volumen comercial al nivel de clones individuales, no se obtuvieron diferencias significativas entre ninguno de los clones.

En cuanto a la calidad del fuste se registraron diferencias altamente significativas entre las empresas (procedencias). Los materiales procedentes de la zona de Nandayure (N) se ubican en la primera posición, pero no significativamente superiores a la semilla del Rodal Semillero ni a la del Huerto Semillero. Estas tres fuentes semilleras son todas precisamente provenientes de la zona del Pacífico seco de Costa Rica. Lo que sugiere un muy buen trabajo de selección de los árboles en función de caracteres de la calidad industrial del fuste. Posiblemente, la selección de los árboles plus de las otras regiones del país (San Carlos y Pacífico central), no tuvo el mismo grado de rigurosidad para estos caracteres cualitativos. Sin embargo, si se observa en detalle, todos los materiales registran valores altos de calidad, superiores al 84% de un máximo posible de 100%. Estos resultados indican un excelente trabajo global de selección para la calidad y un espacio pequeño de mejoramiento genético para este carácter a futuro.

BIBLIOGRAFIA

CENTENO, J,C, 1997. El manejo de las plantaciones de teca, *Actualidad Forestal Tropical* 5(2): 10 – 12 pp.

De Camino, R; Alfaro, M; Sage, LF, 2002, Teak (*Tectona grandis*) in Central America, Rome, FAO, Forest Resources Division, Forest Plantation Working Papers No, 19, (unpublished),

FAO, 2002, Evaluación de los recursos forestales mundiales, Roma, IT, FAO, Estudio FAO Montes No, 140, 468 p.

Fonseca, W. 2004. Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L.f) en Costa Rica. Heredia, CR. 115p

Leandro, L.; Garzón, D. y Murillo, O. 2003. Potencial de mejoramiento genético de propiedades de la madera de teca. En: Simposio sobre la teca. 26-28 noviembre del 2003. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. CD.

Murillo, O y Badilla, Y. 2004. Breeding teak in Costa Rica. En: IUFRO Meeting. Forest Genetics and Genomics. 1 – 5 de noviembre. Charleston, South Carolina, USA. Disponible en www.ncsu.edu/feop/iufro_genetics2004/proceedings.pdf

Resende, M. D. V. de. 1995. Delineamento de experimentos de seleção para a maximização da acurácia seletiva e progresso genético. **Revista Árvore**, v. 19, n. 4, p. 479-500, out./dez.

Ugalde, 2003, Advancements on Management and Teak Productivity in Central America, Paper presented at the international Conference Quality Timber Productions of Teak from Sustainable Forest Management, Peechi, Kerala, India, 2-5 December 2003.

Vallejos S., J. A. 2007. Contribuciones al fortalecimiento del programa de mejoramiento genético de Barca S.A en Costa Rica. Práctica de especialidad. B.Sc. Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ing. Forestal. 77 p.

Cuadro 1: Parámetros genéticos de siete caracteres en clones de teca procedentes de 5 empresas del Programa de Mejoramiento Genético Forestal GENFORES, a los 2,4 años de edad en Pocosal, San Carlos y Osa, Puntarenas, Costa Rica.

| Carácter | H² | Valor fenotípico promedio | Exactitud¹ | Desviación Estandar² | Correlación entre sitios |
|-----------------|----------------------|----------------------------------|------------------------------|--|---------------------------------|
| Volum Comerc. | 0,94 | 0,05 ± 0,002 | 0,969 | 0,016 | 0,93 |
| Calidad | 0,78 | 87,03 ± 0,009 | 0,885 | 0,083 | 0,96 |
| Gambas | 0,08 | 42,72% ± 0,045 | 0,282 | 0,410 | 0,06 |
| Bifurcación | 0,02 | 47,6% ± 0,049 | 0,151 | 0,453 | 0,01 |
| Rama Gruesa | 0,04 | 38,9% ± 0,019 | 0,199 | 0,178 | 0,03 |
| Dobladez | 0,28 | 39,8% ± 0,036 | 0,525 | 0,333 | 0,45 |
| Índice | 0,95 | 2,58 ± 0,030 | 0,976 | 0,273 | 0,98 |

Cuadro 2: Ranking para los valores genéticos de los caracteres Volumen Comercial, Calidad del fuste e Índice de selección, en clones de teca agrupados por empresa, evaluados a los 2,4 años de edad, evaluados en Pocosol, San Carlos y Osa, Puntarenas; Costa Rica.

| Ranking | Volumen Comercial (Vol.) | Calidad (Cal) | Índice ¹ |
|---------|---|------------------|---------------------|
| 1 | Altamira(0,052) | Nandayure(88,1%) | Altamira(2,77) |
| 2 | EIconcho(0,051) | RS(87,8%) | EIconcho(2,71) |
| 3 | Parrita(0,049) | HS(87,8%) | Nandayure(2,66) |
| 4 | Nandayure(0,048) | Altamira(87,8%) | Parrita(2,59) |
| 5 | LosChiles(0,046) | EIconcho(86,6%) | LosChiles(2,58) |
| 6 | HS(0,041) | LosChiles(86,6%) | HS(2,47) |
| 7 | RS(0,037) | Parrita(84,5%) | RS(2,29) |
| | DMS ² = 0,0038m ³ | 2,64% | 0,129 |

1. Índice = Vol.*0,6*H²_{VOL} + Cal*0,4*H²_{CALIDAD} (Valores estandarizados de Vol. y Cal).

2. DMS = Diferencia Mínima Significativa (basada en límites de confianza).

HS = Testigo, Huerto Semillero de Hojancha, Guanacaste.

RS = Testigo, Rodal Semillero de Hojancha, Guanacaste.

Cuadro 3: Parámetros genéticos por carácter de 25 clones teca procedentes de 5 empresas del Programa de mejoramiento genético GENFORES, evaluados a los 2,4 años de edad en Pocosol, San Carlos y Osa, Puntarenas; Costa Rica

| Carácter | H² | Valor fenotípico promedio | Exactitud¹ | Desviación Estandar² | Correlación entre sitios |
|-----------------|----------------------|----------------------------------|------------------------------|--|---------------------------------|
| Volum Comerc. | 0,266 | 0,048 ±0,0015 | 0,516 | 0,026 | 0,64 |
| Calidad | 0,566 | 86,8%± 0,10 | 0,752 | 0,180 | 0,96 |
| Gambas | 0,259 | 10,6% ± 2,74 | 0,509 | 0,308 | 0,30 |
| Bifurcación | 0,351 | 5,1% ± 2,78 | 0,592 | 0,222 | 0,46 |
| Rama Gruesa | 0,231 | 59,8% ± 2,71 | 0,480 | 0,490 | 0,29 |
| Dobladez | 0,077 | 19,7% ± 2,73 | 0,279 | 0,398 | 0,09 |
| Índice | 0,481 | 1,215±0,039 | 0,694 | 0,230 | 0,83 |

Cuadro 4: Ranking para los valores genéticos (en paréntesis) de los caracteres Volumen Comercial, Calidad del fuste e Índice de selección, en clones de teca evaluados a los 2,4 años de edad en Pocosol, San Carlos y Osa, Puntarenas; Costa Rica.

| Ranking | Volumen Comercial (Vol.) | Calidad (Cal) | Índice ¹ |
|------------------------|----------------------------|------------------|---------------------|
| 1 | N62(0.0496) | A7(87.98) | A48(1.2402) |
| 2 | N44(0.0493) | N4(87.91) | N4(1.2325) |
| 3 | P4(0.0493) | A48(87.89) | N44(1.2315) |
| 4 | A55(0.0493) | RS(87.74) | N51(1.2299) |
| 5 | A48(0.0492) | N44(87.73) | HS(1.2298) |
| 6 | EC(150.0491) | HS(87.69) | LCH30(1.2291) |
| 7 | LCH68(0.0491) | N6(87.67) | A55(1.2281) |
| 8 | P14(0.049) | N51(87.66) | N62(1.2273) |
| 9 | LCH31(0.0489) | LCH30(87.5) | EC15(1.227) |
| 10 | N4(0.0488) | A55(87.49) | LCH31(1.2254) |
| 11 | N51(0.0488) | EC14(87.34) | LCH68(1.2231) |
| 12 | HS(0.0488) | A8(87.31) | EC14(1.222) |
| 13 | LCH31CM(0.0486) | EC37(87.17) | EC37(1.2194) |
| 14 | P11(0.0485) | N62(87.07) | N6(1.2181) |
| 15 | P6(0.0485) | EC15(87.04) | A8(1.2164) |
| 16 | LCH30(0.0484) | EC11(86.96) | P14(1.2135) |
| 17 | P2(0.0484) | LCH31(86.65) | A7(1.2133) |
| 18 | EC14(0.0483) | LCH31CM(86.57) | EC11(1.2098) |
| 19 | EC41(0.0483) | A49(86.42) | A49(1.2057) |
| 20 | A8(0.0482) | LCH1(86.3) | LCH31CM(1.2043) |
| 21 | RS(0.0479) | LCH68(86.23) | P4(1.2028) |
| 22 | EC37(0.0477) | P4(86.23) | EC41(1.1982) |
| 23 | A7(0.0477) | P14(86.16) | RS(1.1961) |
| 24 | N6(0.0477) | P11(85.18) | P11(1.1953) |
| 25 | A49(0.0475) | P6(84.95) | P2(1.1924) |
| 26 | EC11(0.0474) | EC41(84.85) | LCH1(1.1902) |
| 27 | LCH1(0.0474) | P2(84.14) | P6(1.1885) |
| DMS² | 0,0045m³ | 1,87 % | 0,063 |