

CAPITULO 9.

ANALISIS DE RESULTADOS.

9.1 Secado de silica gel azul.

El secado con este tipo de partícula, ha sido el más difícil de controlar y también, en el que los resultados no son satisfactorios. Uno de los problemas, radica en la toma de muestras, por que, al succionar las partículas, estas van acompañadas de vapor y consecuentemente, al condensarse se alteran las tomas de muestras tal y como se observa en las graficas, correspondientes a secado de silica gel presentadas en el capitulo 8, donde, existe mucha variación, durante todo el proceso, en las muestras, es decir; en lugar de que la humedad disminuya progresivamente, en determinado tiempo se vuelve a aumentar. Además, la condensación que se forma en las paredes de la toma muestras hace que las partículas se aglomeren en estas. Por lo tanto, a fin de evitar dicha aglomeración se cambio el diámetro de partícula por uno mucho más grande, sin embargo, cuando se humedece la silica gel esta tiende a romperse y con ello, conforme se va usando la partícula disminuye su tamaño. Así que, este intento por mejorar los resultados experimentales no fue de utilidad.

Mientras tanto, pese a que se hicieron varios intentos para obtener mejores resultados, cambiando las presiones de vacío y temperaturas no fue posible eliminar las variaciones del proceso, pero, más allá de estas variaciones decrecientes y crecientes en el contenido de humedad no se logró obtener la humedad final que se obtiene en el proceso de secado con aire, para darse cuenta de lo anterior, no es necesario graficar los resultados ya que, la silica gel cuenta con un indicador de humedad y en este caso para esta partícula, mientras mas

seca esta, muestra un color azul en tanto que, cuando esta húmeda cambia a un color naranja, así que, al tomar las muestras a partir del minuto 30 o 40 apenas empezaba a mostrar esa transición de cambio de color, no obstante, con aire la transición de cambio de color es observada en un tiempo de 10 o 15 minutos dependiendo de las condiciones del experimento.

Una de las posibles causas, de que este tipo de partícula no seque tan rápido como ocurre con aire, es que al momento de ser humedecida esta alcanza una temperatura de 58 °C y es entonces cuando alcanza su nivel máximo de absorción. De esta manera, cuando se intenta secar a una temperatura mayor a la anterior, más allá de que se elimine humedad esta presenta una resistencia a liberarla. Sin embargo, para confirmar lo anterior es importante hacer una prueba con aire a las mismas temperaturas que se hicieron con vapor.

9.2 Secado de semilla de cilantro.

Para analizar el efecto de la temperatura en el secado de esta partícula, se emplearon tres temperaturas de línea diferentes (90, 100 y 110 °C), donde la temperatura de línea se toma después de la salida del calentador, para tres presiones absolutas diferentes (500, 400 y 300 mm Hg). Sin embargo, para el experimento de 90 °C a 500 mm Hg, no se pudo llevar a cabo debido a la condensación, por lo tanto, esta temperatura se cambió por la de 120 °C. Observando las figuras 9.1, 9.2 y 9.3 se puede notar como, en algunos casos, las partículas absorben humedad producto de la condensación, principalmente en el secado con temperaturas de 90 y 100 °C, para las tres presiones de vacío mencionadas anteriormente. En las mismas figuras se muestra que al aumentar la temperatura también, se disminuye el contenido de humedad. Sin embargo, bajo este criterio no se pudo establecer que la

temperatura de 110 °C es la más apropiada para tal efecto, por que, es posible que a esta temperatura la partícula sufra daños, tales como, decoloración, cambio de textura, entre otros.

Por otro lado, comparando estas tres temperaturas, de las figuras mencionadas anteriormente, para las tres presiones absolutas de vacío la temperatura que elimina más humedad es la de 110 y para esta misma temperatura si se aumenta el vacío, también se observa lo anterior, es decir; con la temperatura mayor de las tres series y con 300 cm Hg de vacío se elimina el mayor contenido de humedad.

Analizando las figuras 9.1.2, 9.2.2 y 9.3.2 se observa un aumento de velocidad de secado al aumentar la temperatura, lo cual es lógico. Respecto a la pendiente de la velocidad decreciente es claro que, estas disminuyen cuando la temperatura y la presión absoluta de vacío disminuyen. Cabe hacer hincapié sobre la serie faltante de 90 °C y 500 mm Hg, por que la presión y temperatura anteriores corresponden a un ΔT muy bajo, por lo tanto, debido a la dificultad que representó hacer la prueba correspondiente bajo estas condiciones, por que, tomando en cuenta que el vacío y la temperatura son bajos entonces, no es posible eliminar el agua que repentinamente envía la caldera. Esta última se cambio por la de 120 °C a 500 mm Hg.

9.3 Secado de pimienta chica.

Para esta serie de experimentos, únicamente, se aplicaron tres temperaturas (90, 100 y 110 °C) para una sola presión de vacío (300 mm Hg). La figura 9.4 muestra que, para la temperatura menor, al inicio del proceso las partículas ganan humedad debido a la

condensación provocada por la misma humedad de las partículas, no obstante, al aumentar la temperatura lo anterior tiende a disminuir progresivamente, dando como resultado que a temperaturas mayores se obtenga una mayor eliminación de contenido de humedad, de la misma forma, en la velocidad de secado (ver figura 9.4.2) ocurre algo similar, un aumento de velocidad de secado producida por el aumento de temperatura. En la misma figura se observa menor pendiente de la velocidad decreciente con temperaturas menores, lo cual es un indicativo de que el fluido tarda más en eliminar la humedad desde el interior de la partícula hacia la superficie.

Es importante tomar en cuenta que las mismas partículas fueron usadas repetitivamente por lo tanto, eso pudo haber influido en los resultados. Así mismo, ningún experimento fue repetido lo cual permite suponer que las posibles fallas se debieron a errores de medición y no a la naturaleza misma de los experimentos.

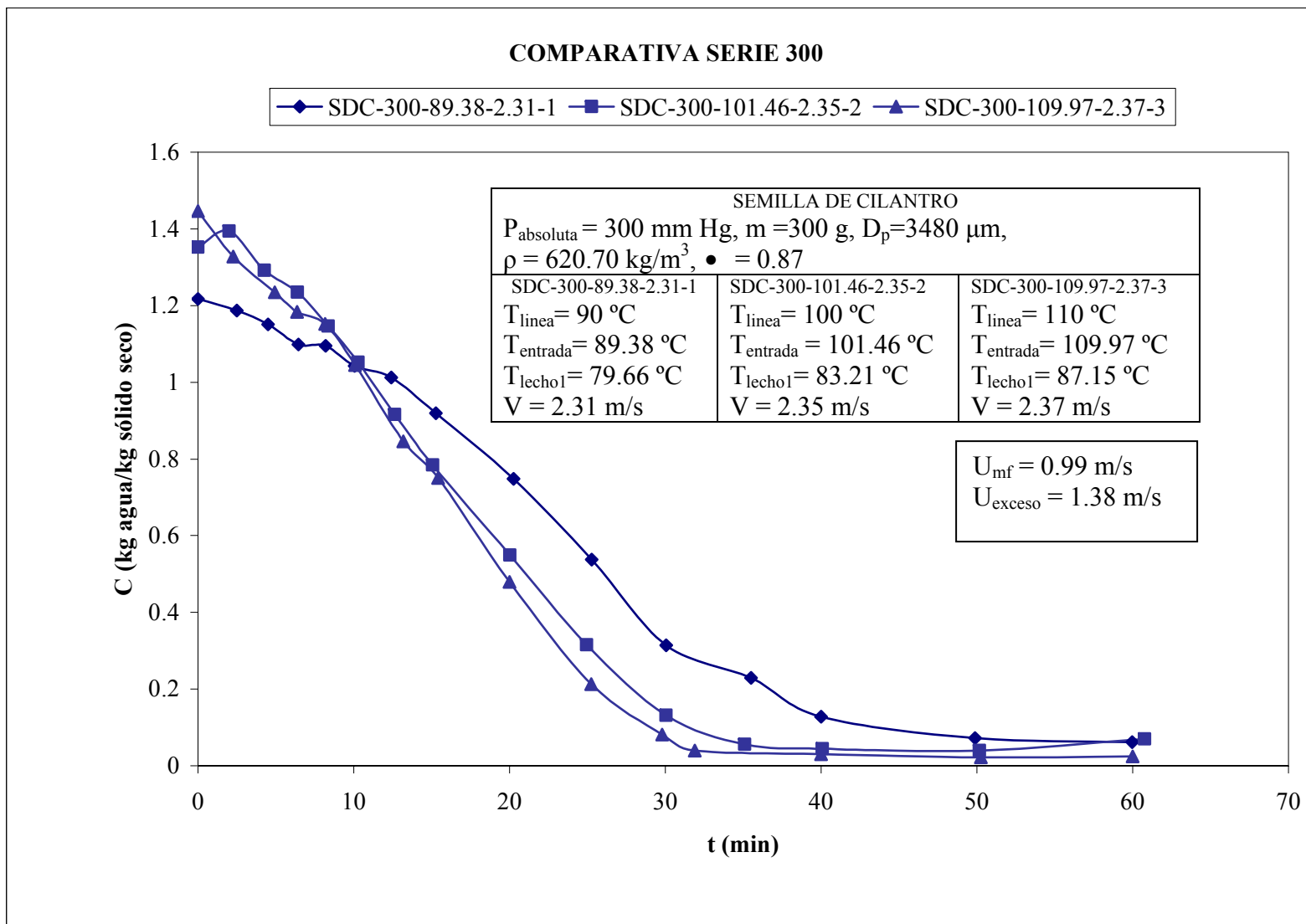


Figura 9.1 Comparación de curvas de secado: Series SDC-300's

COMPARACION DE HUMEDAD: SERIES SDC-400'S

◆ SDC-400-85.75-2.12-4 ■ SDC-400-101.55-2.14-5 ▲ SDC-400-110.55-2.17-6

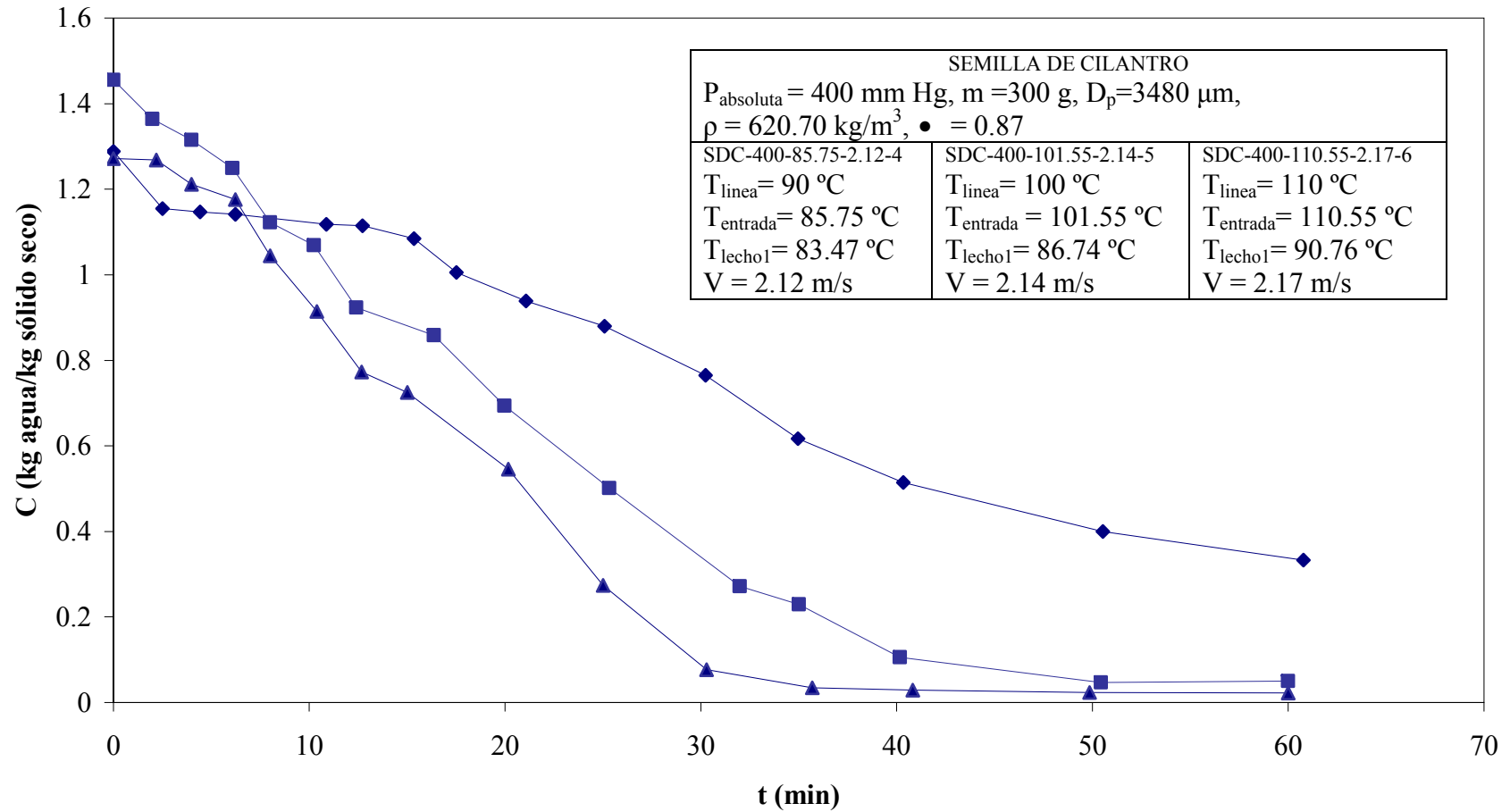


Figura 9.2 Comparación de curvas de secado: Series SDC-400's

COMPARACION DE HUMEDAD: SERIES SDC-500'S

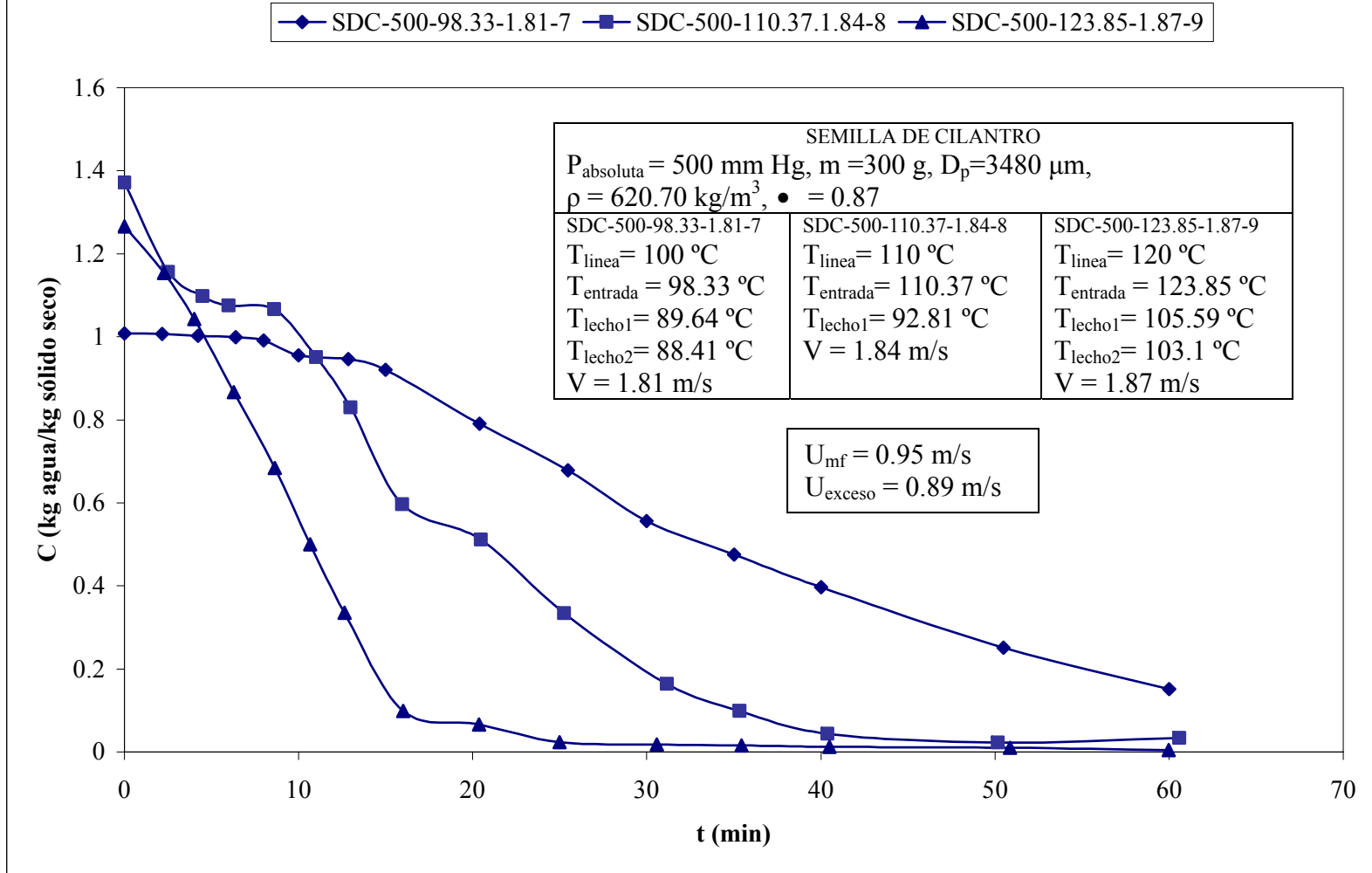


Figura 9.3 Comparación de curvas de secado: Series SDC-500's

COMPARATIVA SERIE 300

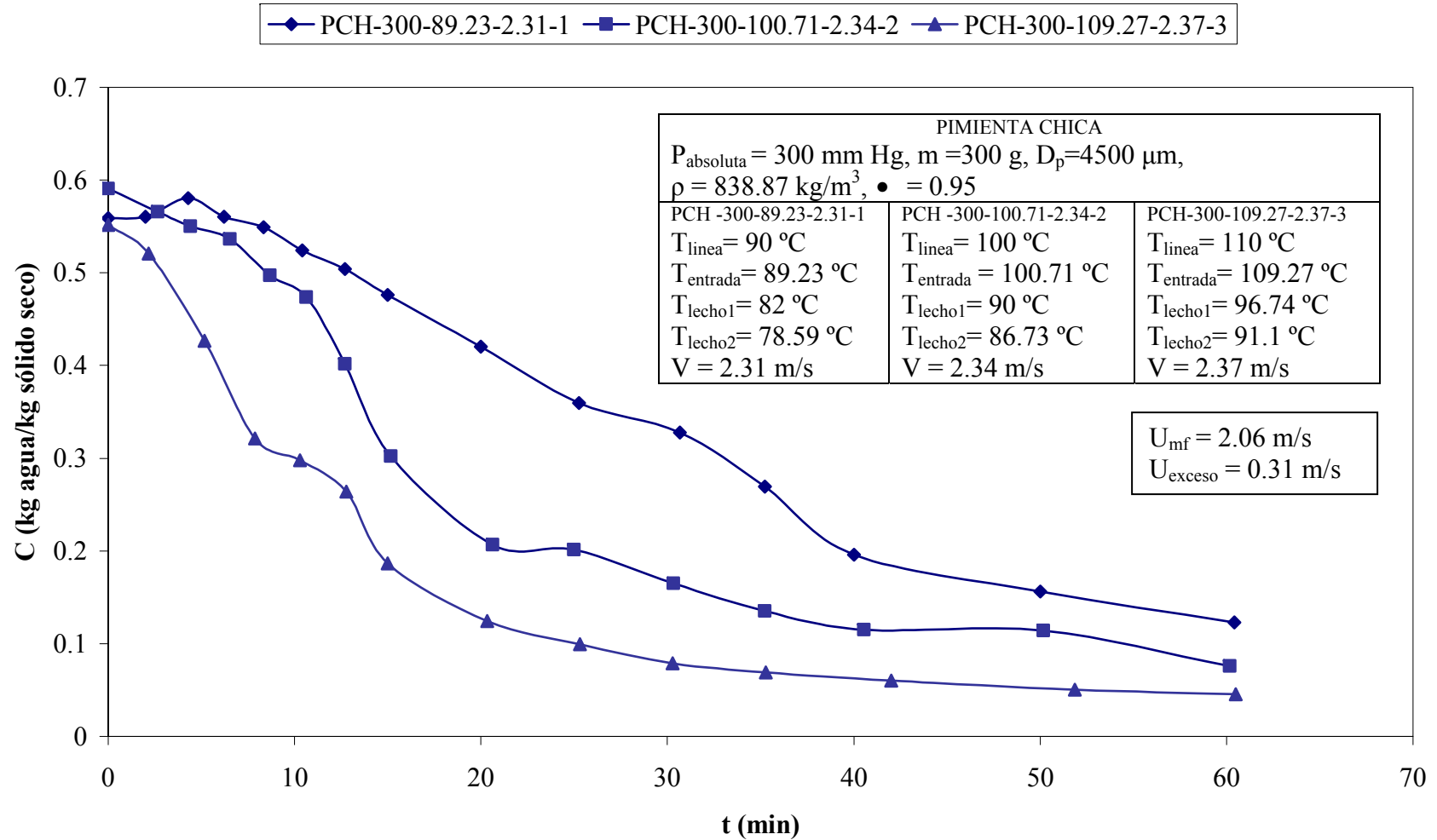


Figura 9.4 Comparación de curvas de secado: Series PCH-300's

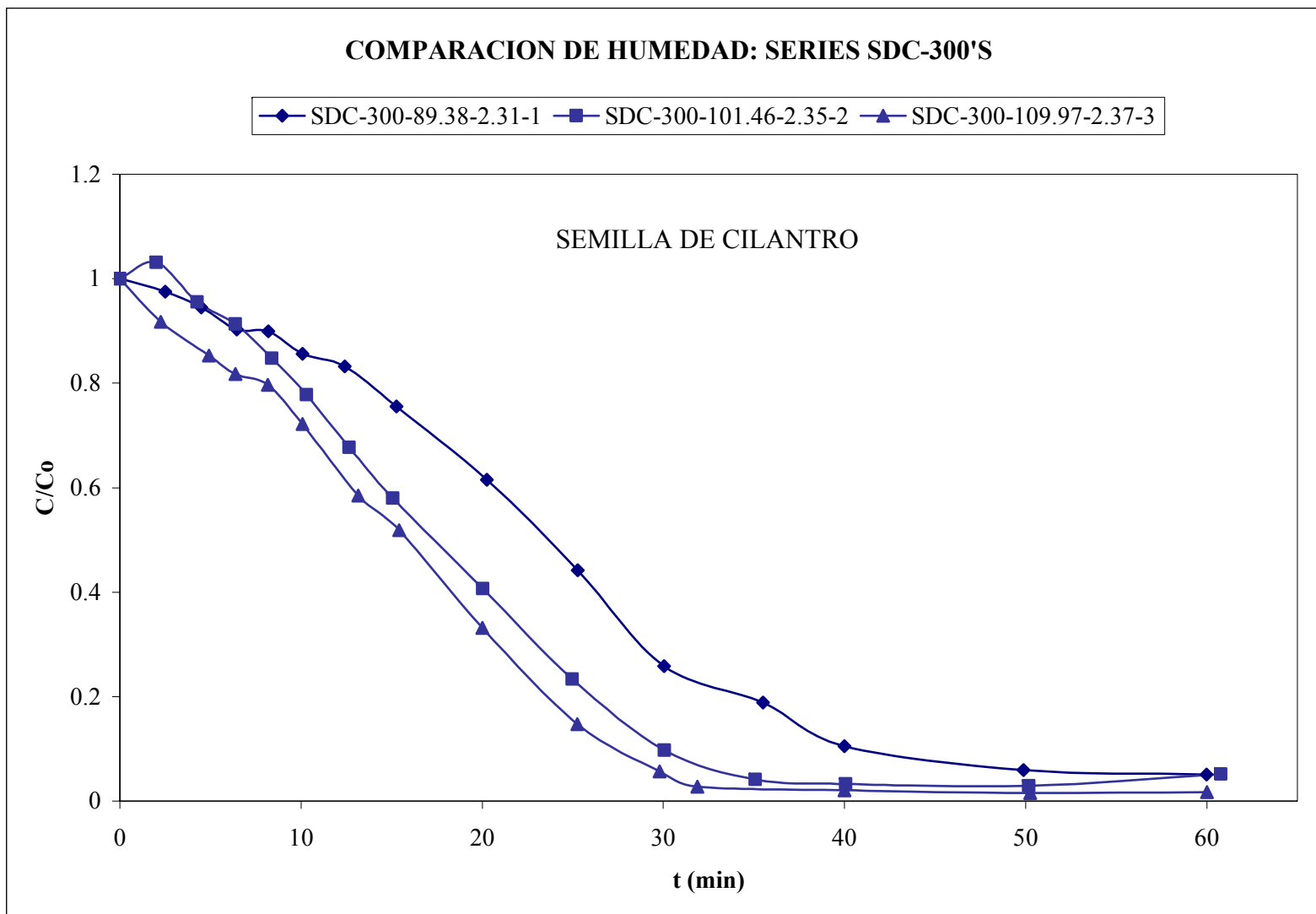


Figura 9.1.1 Comparación de curvas normalizadas de secado: Series SDC-300's

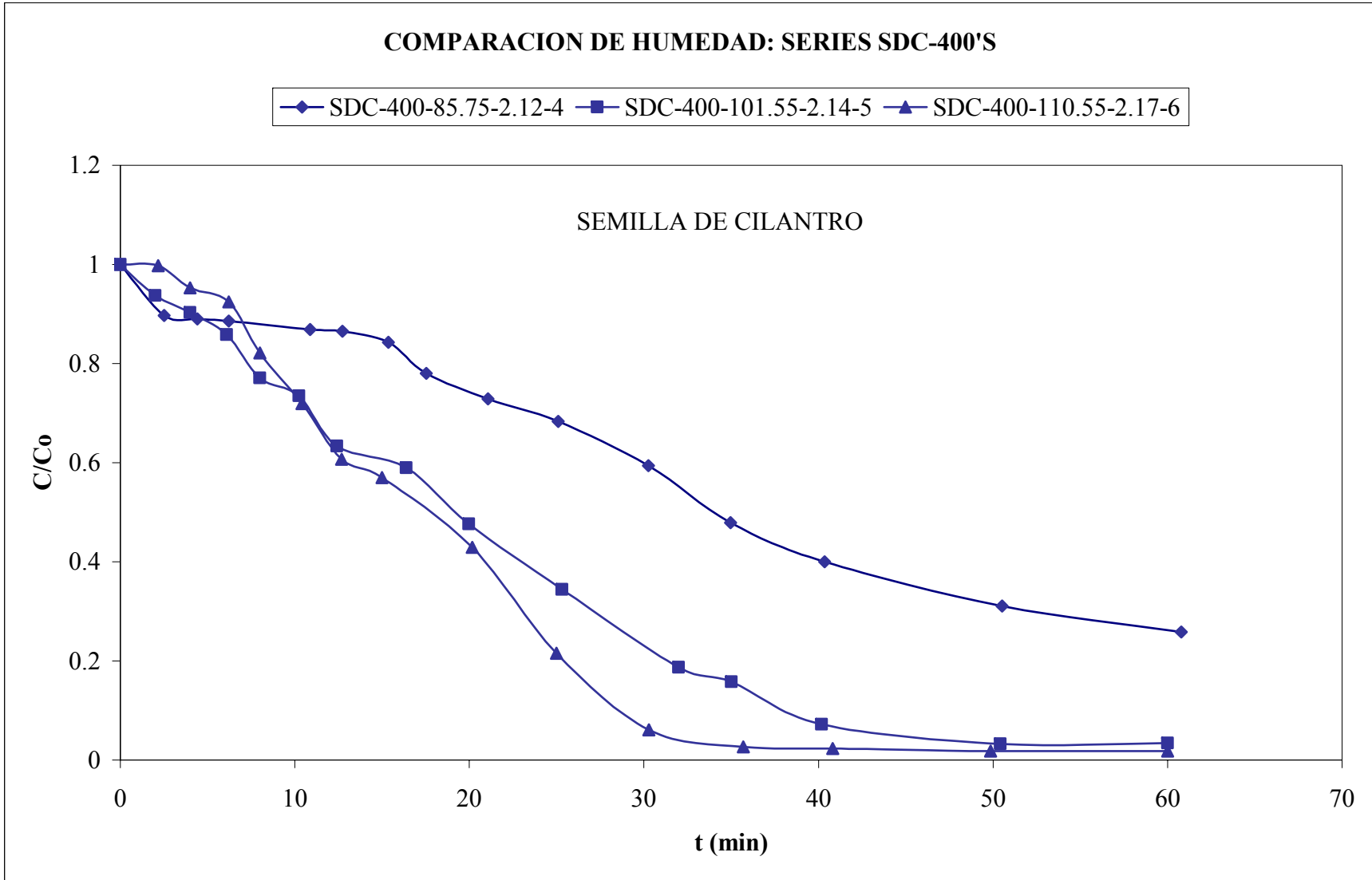


Figura 9.2.1 Comparación de curvas normalizadas de secado: Series SDC-400's

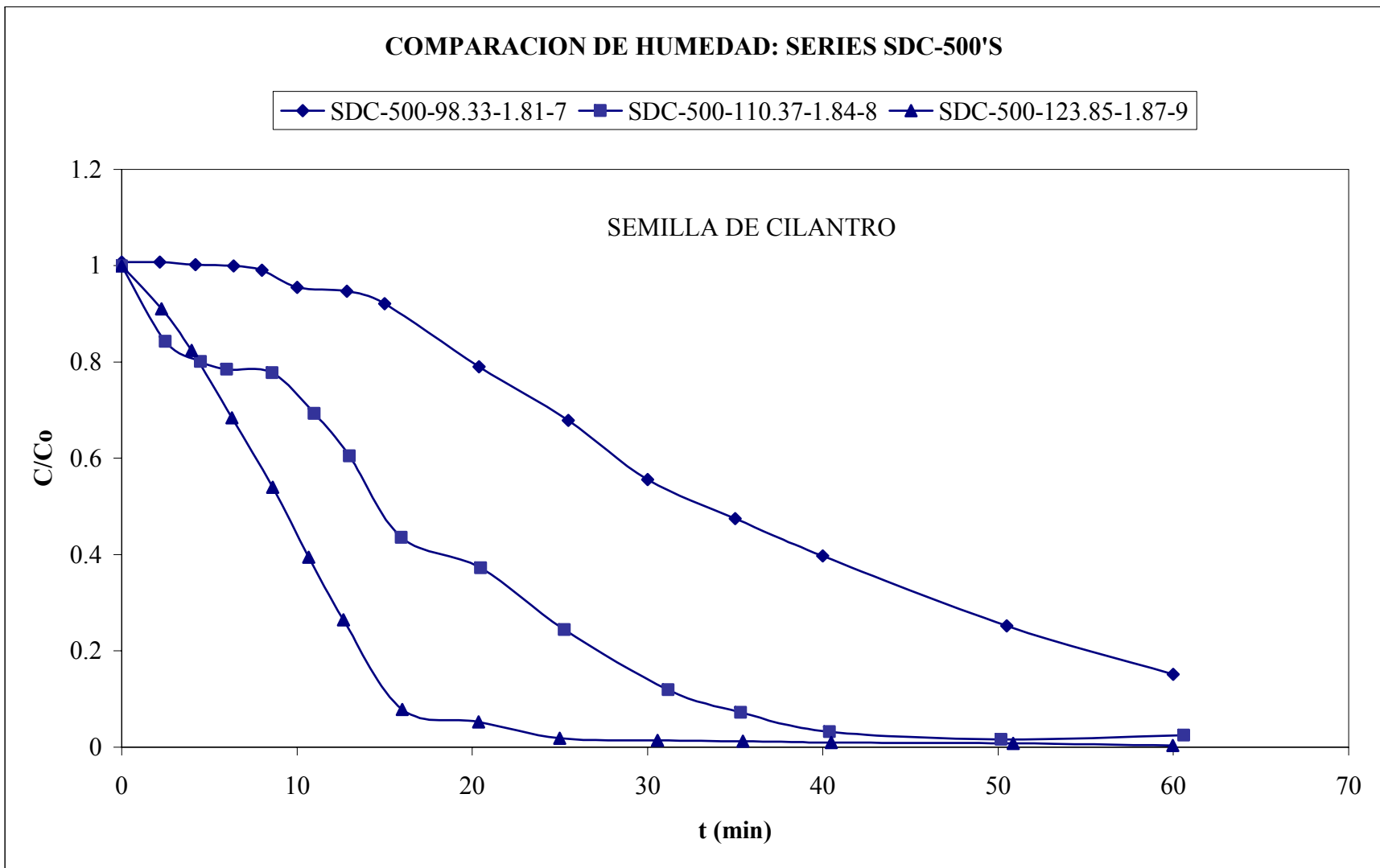


Figura 9.3.1 Comparación de curvas normalizadas de secado: Series SDC-500's

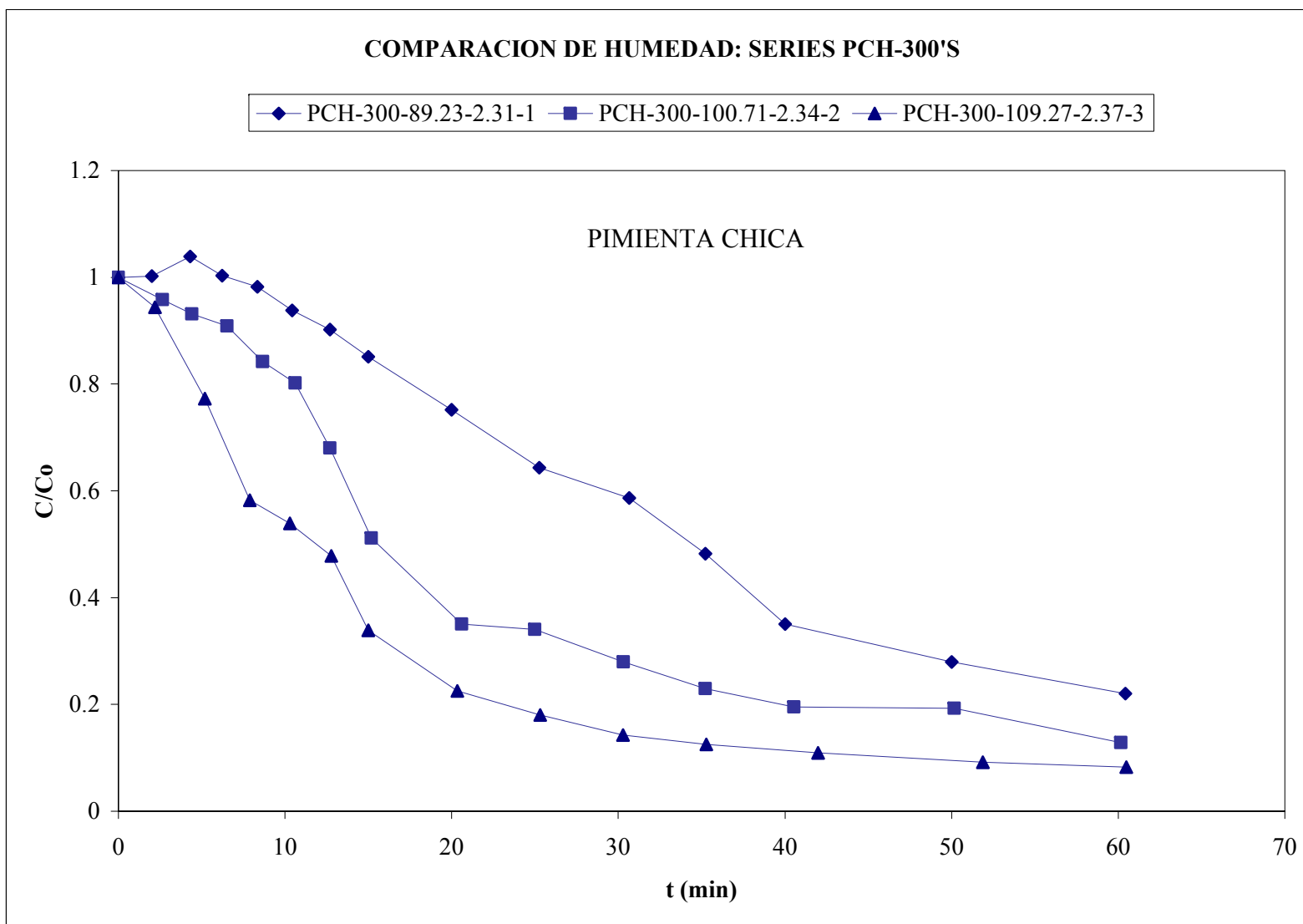


Figura 9.4.1 Comparación de curvas normalizadas de secado: Series PCH-300's

VELOCIDAD DE SECADO: SERIES-300'S

SEMILLA DE CILANTRO		
$P_{\text{absoluta}} = 300 \text{ mm Hg}$, $m = 300 \text{ g}$, $D_p = 3480 \mu\text{m}$, $\rho = 620.70 \text{ kg/m}^3$, $\bullet = 0.87$		
SDC-300-89.38-2.31-1 $T_{\text{linea}} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{entrada}} = 89.38 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{lecho1}} = 79.66 \text{ }^\circ\text{C}$ $V = 2.31 \text{ m/s}$	SDC-300-101.46-2.35-2 $T_{\text{linea}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{entrada}} = 101.46 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{lecho1}} = 83.21 \text{ }^\circ\text{C}$ $V = 2.35 \text{ m/s}$	SDC-300-109.97-2.37-3 $T_{\text{linea}} = 110 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{entrada}} = 109.97 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{lecho1}} = 87.15 \text{ }^\circ\text{C}$ $V = 2.37 \text{ m/s}$ $U_{\text{mf}} = 0.99 \text{ m/s}$ $U_{\text{exceso}} = 1.38 \text{ m/s}$

▲ SDC-300-89.38-2.32-1 ● SDC-300-101.46-2.35-2 - SDC-300-109.97-2.37-3

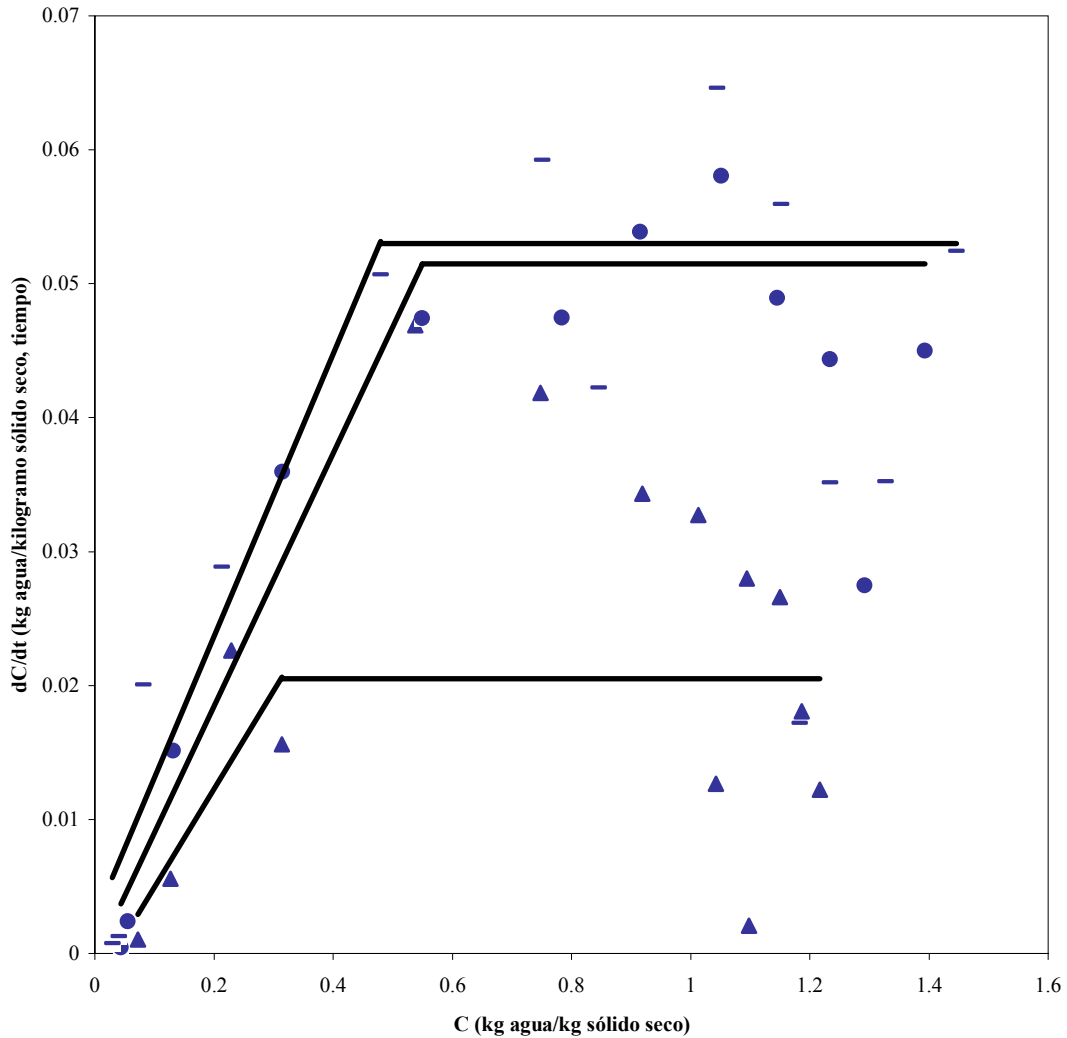


Figura 9.1.2 Comparación de velocidades de secado: Series-SDC-300's

VELOCIDAD DE SECADO: SERIES-400'S

SEMILLA DE CILANTRO		
$P_{\text{absoluta}} = 400 \text{ mm Hg}$, $m = 300 \text{ g}$, $D_p = 3480 \text{ }\mu\text{m}$, $\rho = 620.70 \text{ kg/m}^3$, $\bullet = 0.87$		
SDC-400-85.75-2.12-4	SDC-400-101.55-2.14-5	SDC-400-110.55-2.17-6
$T_{\text{linea}} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{\text{linea}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{\text{linea}} = 110 \text{ }^\circ\text{C}$
$T_{\text{entrada}} = 85.75 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{\text{entrada}} = 101.55 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{\text{entrada}} = 110.55 \text{ }^\circ\text{C}$
$T_{\text{lecho1}} = 83.47 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{\text{lecho1}} = 86.74 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{\text{lecho1}} = 90.76 \text{ }^\circ\text{C}$
$V = 2.12 \text{ m/s}$	$V = 2.14 \text{ m/s}$	$V = 2.17 \text{ m/s}$

▲ SDC-400-85.75-2.12-4 ● SDC-400-101.55-2.14-5 - SDC-400-110.55-2.17-6

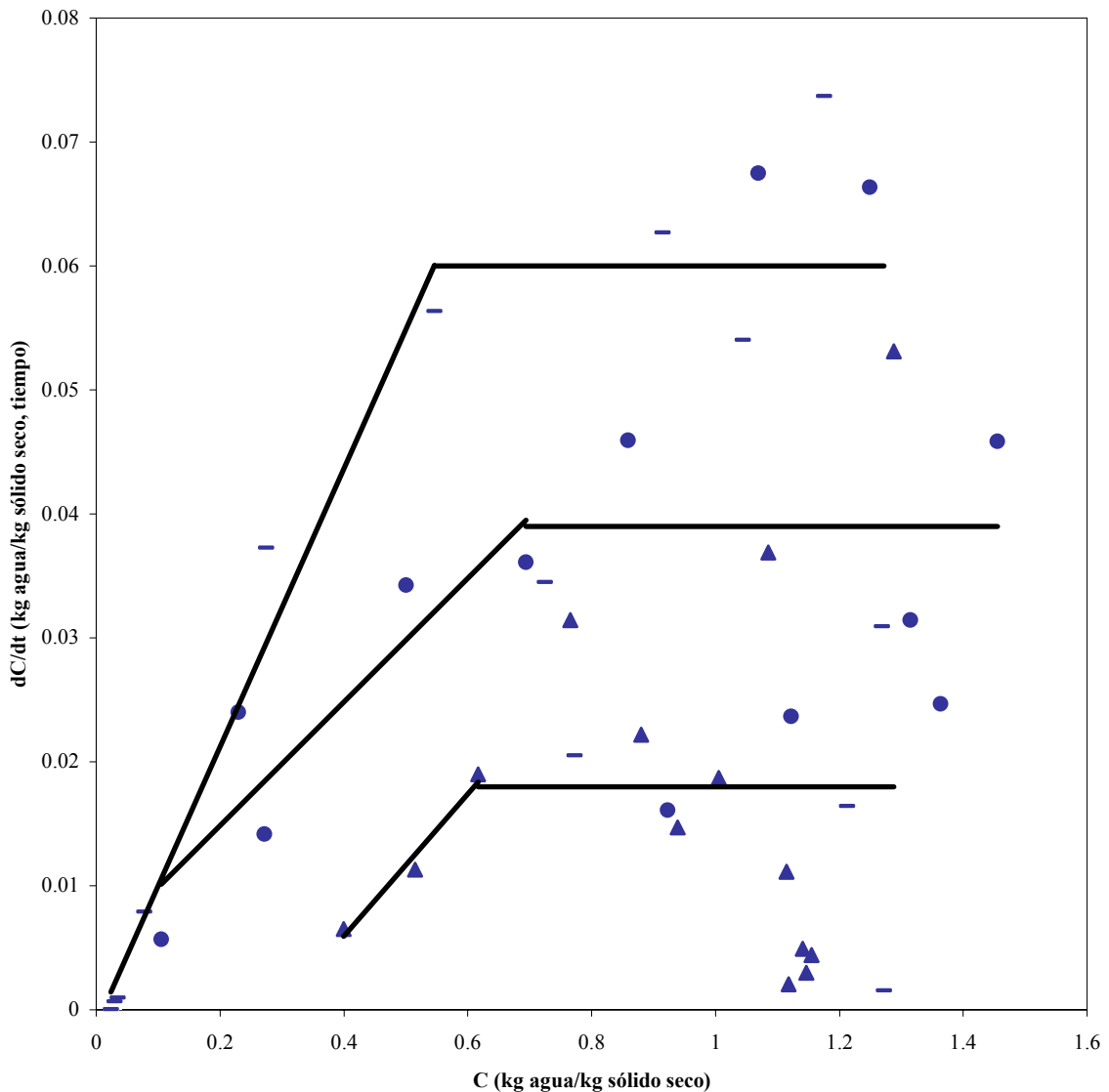


Figura 9.2.2 Comparación de velocidades de secado: Series-SDC-400's

VELOCIDAD DE SECADO: SERIES-500'S

SEMILLA DE CILANTRO		
$P_{\text{absoluta}} = 500 \text{ mm Hg}$, $m = 300 \text{ g}$, $D_p = 3480 \text{ }\mu\text{m}$, $\rho = 620.70 \text{ kg/m}^3$, $\bullet = 0.87$		
SDC-500-98.33-1.81-7 $T_{\text{linea}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{entrada}} = 98.33 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{lecho1}} = 89.64 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{lecho2}} = 88.41 \text{ }^\circ\text{C}$ $V = 1.81 \text{ m/s}$	SDC-500-110.37-1.84-8 $T_{\text{linea}} = 110 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{entrada}} = 110.37 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{lecho1}} = 92.81 \text{ }^\circ\text{C}$ $V = 1.84 \text{ m/s}$ $U_{\text{mf}} = 0.95 \text{ m/s}$ $U_{\text{exceso}} = 0.89 \text{ m/s}$	SDC-500-123.85-1.87-9 $T_{\text{linea}} = 120 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{entrada}} = 123.85 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{lecho1}} = 105.59 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{lecho2}} = 103.1 \text{ }^\circ\text{C}$ $V = 1.87 \text{ m/s}$

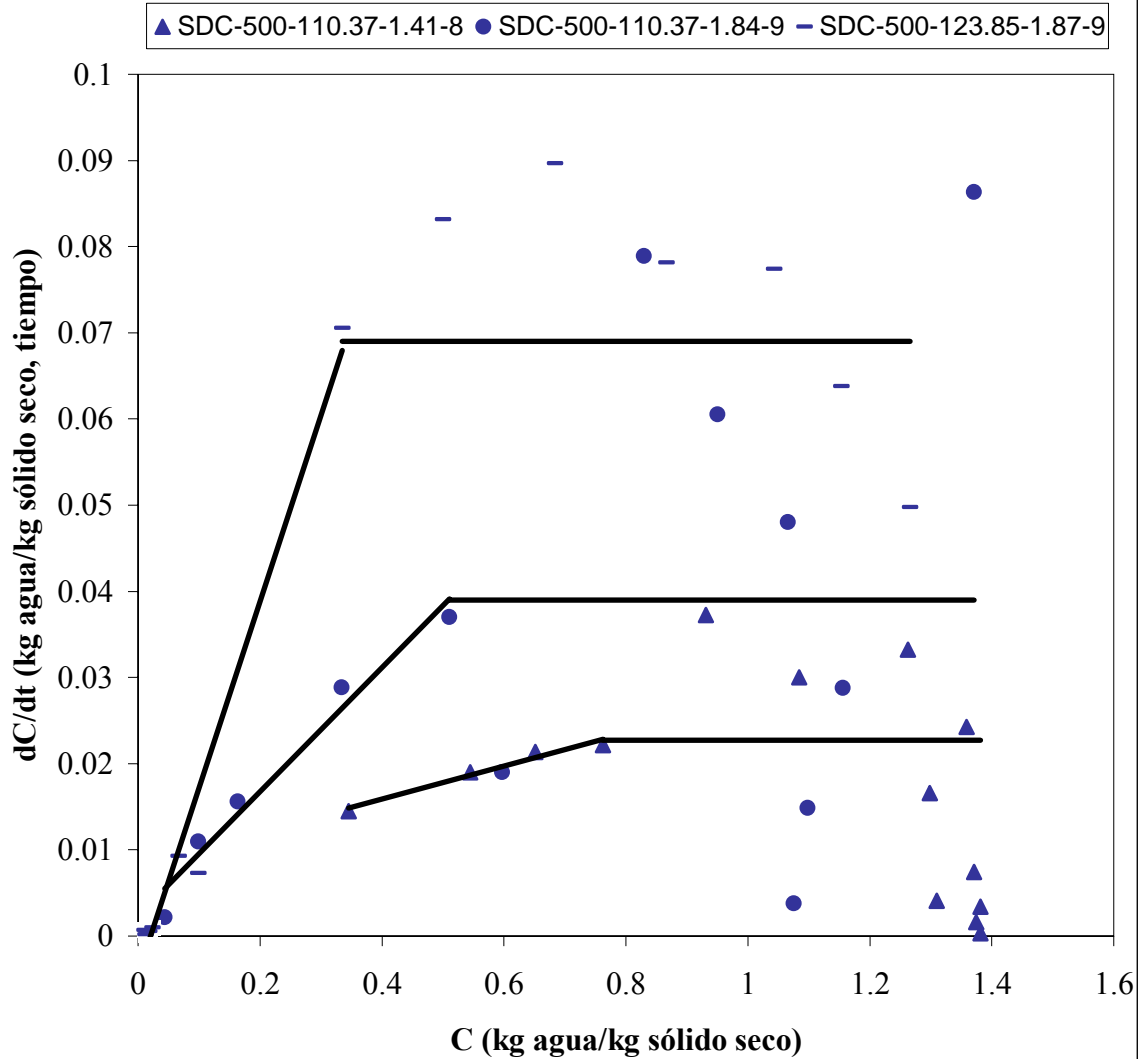


Figura 9.3.2 Comparación de velocidades de secado: Series-SDC-500's

VELOCIDAD DE SECADO: SERIES-PCH-300'S

PIMIENTA CHICA		
$P_{\text{absoluta}} = 300 \text{ mm Hg}$, $m = 300 \text{ g}$, $D_p = 4500 \mu\text{m}$, $\rho = 838.87 \text{ kg/m}^3$, $\bullet = 0.95$		
PCH-300-89.23-2.31-1 $T_{\text{linea}} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{entrada}} = 89.23 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{lecho1}} = 82 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{lecho2}} = 78.59 \text{ }^\circ\text{C}$ $V = 2.31 \text{ m/s}$	PCH-300-100.71-2.34-2 $T_{\text{linea}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{entrada}} = 100.71 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{lecho1}} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{lecho2}} = 86.73 \text{ }^\circ\text{C}$ $V = 2.34 \text{ m/s}$	PCH-300-109.27-2.37-3 $T_{\text{linea}} = 110 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{entrada}} = 109.27 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{lecho1}} = 96.74 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_{\text{lecho2}} = 91.1 \text{ }^\circ\text{C}$ $V = 2.37 \text{ m/s}$ $U_{\text{mf}} = 2.06 \text{ m/s}$ $U_{\text{exceso}} = 0.31 \text{ m/s}$

▲ PCH-300-89.3-2.31-1 ● PCH-300-100.71-2.34-2 - PCH-300-109.27-2.37-3

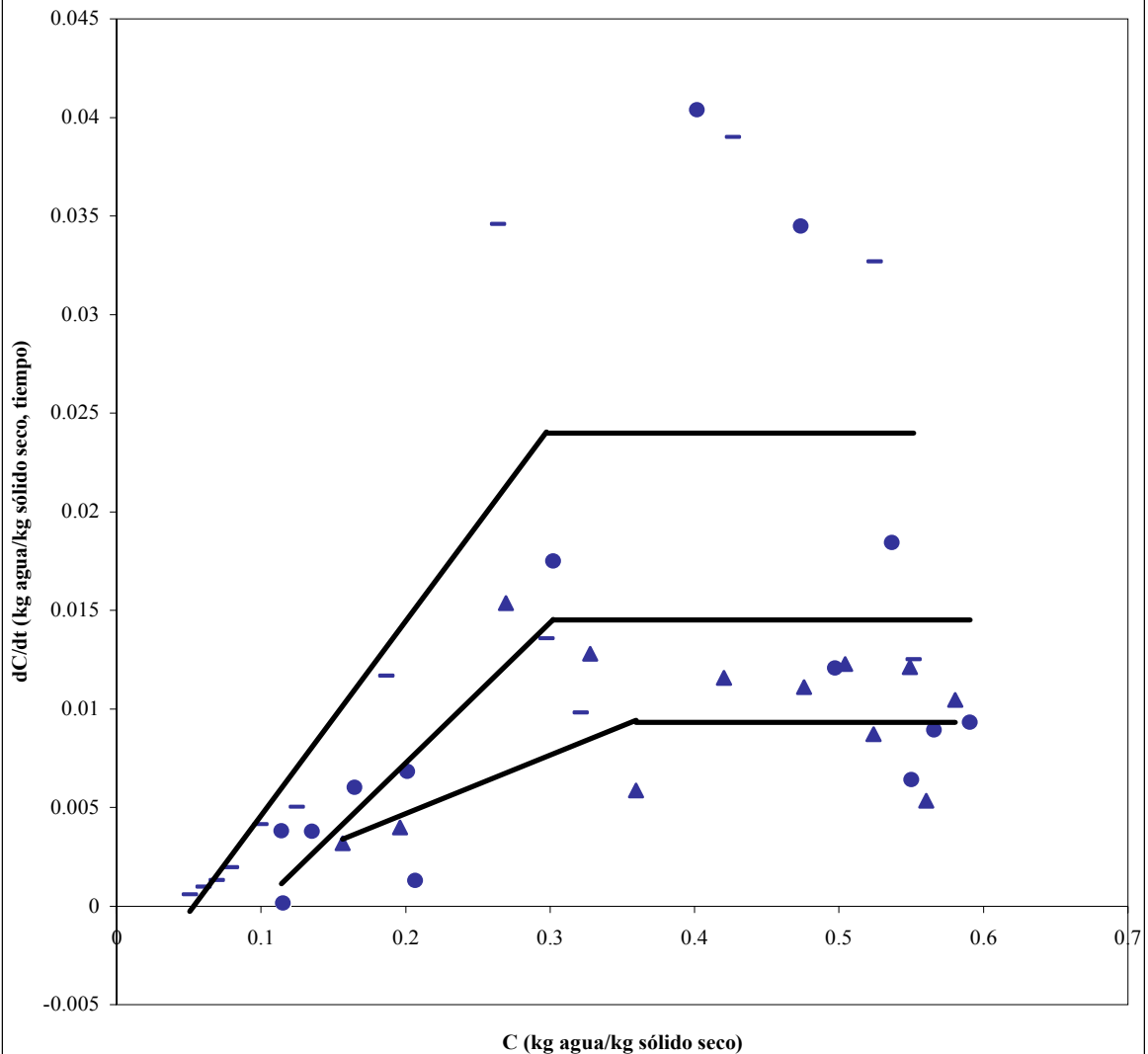


Figura 9.4.2 Comparación de velocidades de secado: Series-PCH-300's.

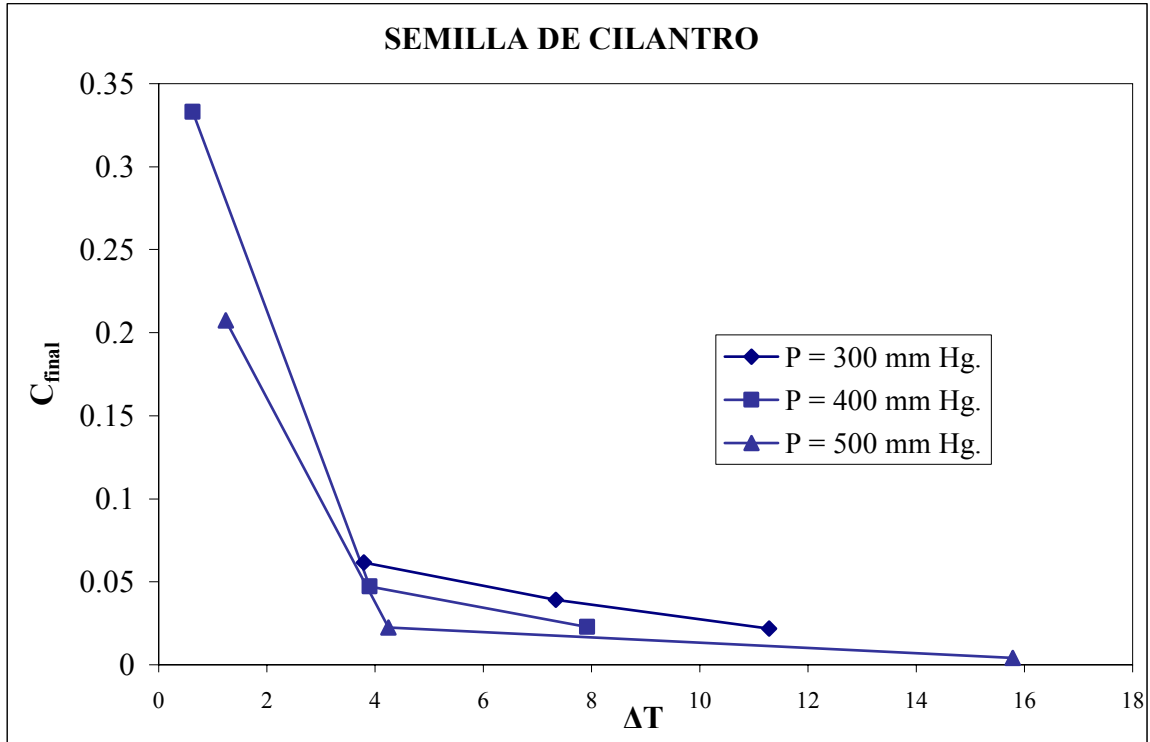


Figura 9.5 Comparación de humedad final de semilla de cilantro.

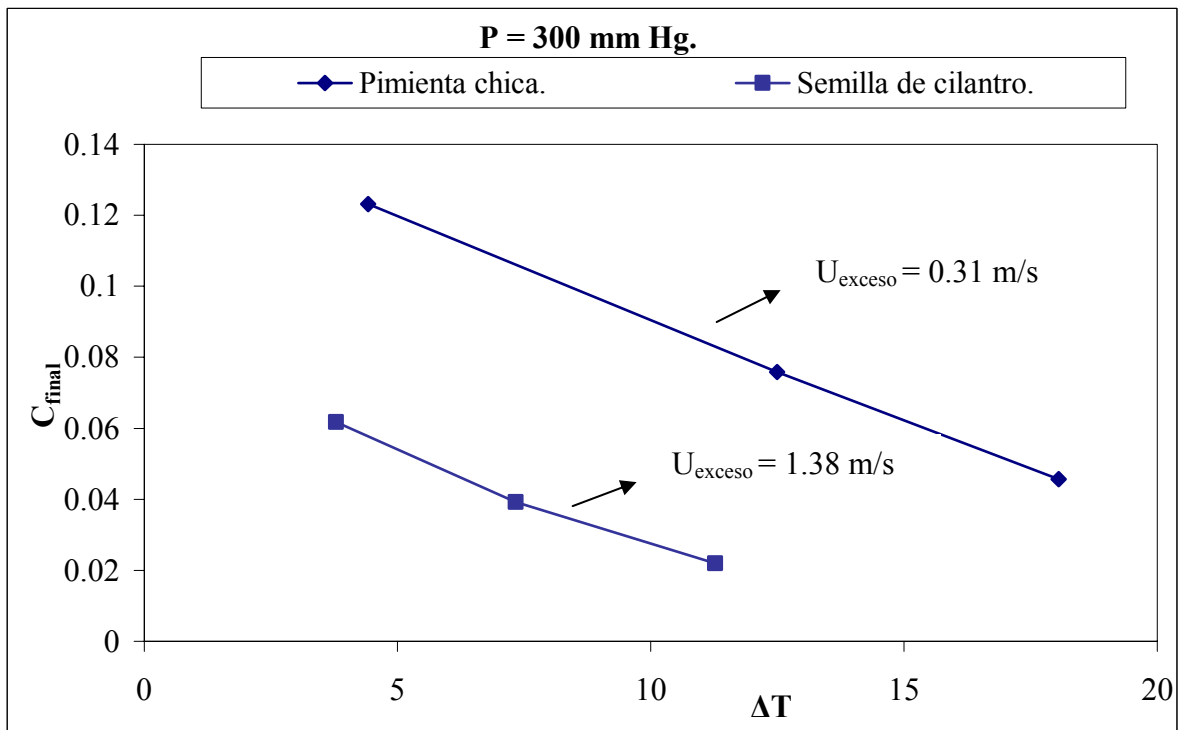


Figura 9.6 Comparación de humedad final de semilla de cilantro vs. pimienta chica.

