

## ENTENDIENDO LA VARIACION DE CERDOS EN CRECIMIENTO

Mike Ellis<sup>1</sup>, Beau Peterson<sup>2</sup>, and Bradley Wolter<sup>2</sup><sup>1</sup>University of Illinois, Urbana, Illinois, USA<sup>2</sup>The Maschhoffs, Carlyle, Illinois, USA**Antecedentes**

Existe un viejo adagio Ingles que dice: “La variedad es el condimento de la vida”, lo que rudamente traducido significa que la variación del mundo en que vivimos es lo que hace la vida interesante. Sin embargo, y respecto a la porcicultura comercial, la variación en el desempeño de los animales puede ser considerada como una “bendición mixta”, es decir, o algo que tiene sus “pros y sus contras”. Variación entre animales en pruebas de desempeño, particularmente la porción que está relacionada con la acción de genes aditivos, es esencial para el mejoramiento genético y es, por lo tanto, altamente deseable. El mejoramiento genético en las poblaciones de cerdos comerciales, tanto en el pasado como en el futuro, no hubiese sido posible si la variación en la respuesta productiva entre animales no existiera. Sin embargo, y en relación con la producción de cerdos, la variación del rendimiento productivo dentro de un grupo de cerdos es considerada como algo no deseado, y debe ser minimizada si no es que totalmente eliminada. Este es el caso particular del cerdo en crecimiento-finalización donde la variación en la tasa de crecimiento resulta en una variación muy grande del peso vivo dentro de un grupo de animales contemporáneos. Esta variación de peso a una edad determinada en una población de cerdos provoca problemas en muchos aspectos de manejo, y resulta de particular interés cuando el manejo de las instalaciones emplea un sistema de producción “todo dentro todo fuera”. En este caso, al cerdo más ligero del grupo le tomara más tiempo en llegar al peso deseado de mercado y, finalmente, retrasara el vaciado final de la granja o tendrá que ser enviado fuera de las instalaciones con un peso inferior al óptimo con el objetivo de permitir que el siguiente grupo de animales entre en el edificio. En cualquiera de los casos, el resultado neto es que se incrementara el costo de producción y/o se reducirá el valor comercial de los cerdos, por lo tanto, la variación en la tasa de crecimiento y peso vivo tiene un efecto negativo en la rentabilidad de la granja.

El objetivo de este documento es, en primer lugar, el describir el grado de variación sobre la tasa de crecimiento que normalmente observamos en las explotaciones comerciales en grupos de cerdos contemporáneos desde el destete hasta el sacrificio, y en segundo lugar, el revisar algunas opciones para reducir dicha variación. El material presentado se basa principalmente en un programa extensivo de investigación y colaboración entre la Universidad de Illinois y la empresa “The Maschhoffs”, la cual es un sistema de producción típico de Illinois. Toda la información presentada se generó en dichas instalaciones comerciales.

**Variación en peso dentro de una población de animales contemporáneos**

Este documento se enfocara en discutir la variación en el peso y la tasa de crecimiento dentro de una población de cerdos contemporáneos (de la misma edad). En la práctica, es común tener un rango de edades dentro de una población determinada de cerdos, y por lo tanto, parte de la variación observada en el peso corporal en cualquier momento se debe a esta variación en la edad. Comúnmente, las unidades de cría destetan a los cerdos y los mueven a la sala de destete o al destete-finalización en uno o dos días a la semana, consecuentemente, la variación normal en edad dentro de las granjas puede tener un rango tan bajo como 3 y tan alto como 7 días o más, dependiendo de los días de destete requeridos para el llenado de las instalaciones. Sin embargo, muchas de las operaciones comerciales tienen la capacidad de llenar un edificio al destete con cerdos con un rango de edades relativamente bajo, y el primer punto enfático en cualquier discusión para minimizar variación de peso dentro de un grupo de cerdos será el de mantener un rango mínimo de edades (tan pequeño como sea posible). Interesantemente, hormonas sintéticas disponibles comercialmente, se están comenzando a utilizar en los sistemas de producción con el objetivo de asegurar grandes poblaciones de cerdos con fechas de nacimiento homogéneas.

La apreciación y cuantificación de la variación en peso corporal dentro de una población de cerdos requiere cierto entendimiento de una “distribución normal” y sus propiedades. Algunos de los parámetros de producción como la tasa de crecimiento y el peso a una edad determinada están distribuidos normalmente, como se observa en la figura 1. Las propiedades de esa distribución normal pueden ser usadas para cuantificar la variación dentro de esa población. La distribución normal de una población puede ser definida con dos estadísticas básicas: el promedio de la población y la variación asociada alrededor de la media, expresada normalmente como desviación estándar (DS), que es el promedio aritmético de las desviaciones con respecto a la media elevadas al cuadrado. Una vez que conocemos estas dos estadísticas, podremos definir el número de observaciones en cualquier parte de la distribución normal basados en el hecho de que:

68.3% de la población está dentro de  $\pm 1$  DS de la media95.5% de la población está dentro de  $\pm 2$  DS de la media99.7% de la población está dentro de  $\pm 3$  DS de la media

Otra estadística muy usada es el coeficiente de variación (CV), el cual es la desviación estándar expresada como el porcentaje del promedio.

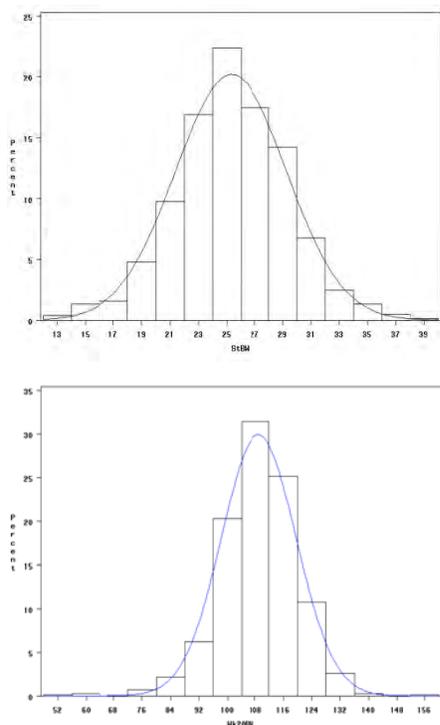


Figura 1. Distribución del peso corporal dentro de una población de machos castrados a la semana 6 (figura superior) y semana 20 (figura inferior) pos destete.

Tomando como referencia la Figura 1, el promedio de la población de machos castrados a la semana 6 post destete es de 25.3 kg con una DS de 3.95 kg, un CV de 15.6%, y un rango ( $\pm 3$  DS) de 13.5 a 37.2 kg. Los valores equivalentes para la semana 20 post destete son: promedio 108.9 kg, DS 10.67 kg, CV 9.8%, y un rango de 76.9 a 140.9kg.

El conocer el CV de una variable, puede ayudarnos a calcular rápidamente características importantes de variación dentro de una población. Por ejemplo, hemos encontrado que el CV de peso vivo al sacrificio es usualmente  $\sim 10\%$  y, por lo tanto, podemos predecir que el rango en pesos ( $\pm 3$  SD) dentro de un grupo de cerdos con un peso promedio de 110 kg sea probablemente de entre  $\sim 77$  a  $\sim 143$  kg, con un rango de 66 kg. Obviamente este tipo de información nos permite ubicar el número de cerdos en cada parte de la distribución de peso vivo, lo cual es útil en el cálculo, por ejemplo, del número de cerdos que están dentro la ventana de peso requerida para mercado.

Consideraciones de las dos distribuciones de peso presentadas en la figura 1, nos permite concluir que el CV de peso vivo se reduce con el incremento del peso de los cerdos. Esto se ha demostrado en los resultados de diferentes estudios comerciales los cuales se resumen en la figura 2 y cuadro 1, donde se presenta la relación entre el peso promedio de la población y el CV a un peso determinado dentro de una población. Obviamente, el CV del peso corporal disminuye con el incremento del peso promedio pasando de  $\sim 17\%$  al destete a  $\sim 10\%$  a los  $\geq 110$ kg de peso corporal (figura 2; cuadro 1).

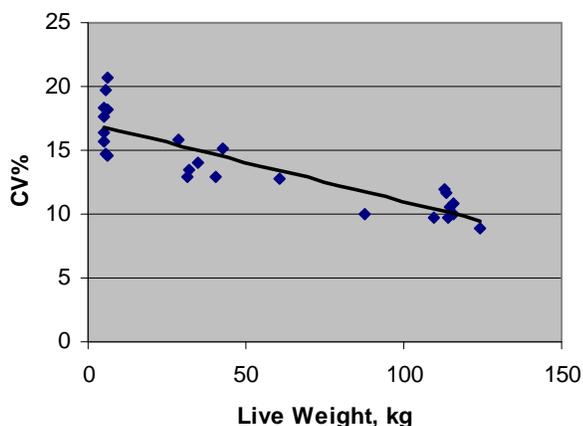


Figura 2. Cambios en el CV de peso vivo dentro de una población al incrementarse el peso promedio de peso corporal.

Es importante apreciar que aun cuando el CV de peso corporal disminuye con el incremento de peso corporal, el rango de peso de la población se incrementa. Por ejemplo, en el cuadro 1, a los 25kg de peso el CV es del 16% con un rango de peso de 25kg, mientras que los valores equivalentes a los 110 kg son del 10% y 66 kg.

Cuadro 1. Relación entre peso promedio, CV y rango de peso dentro de una población

Peso promedio, kg	CV, %	Ligeros a pesados, kg	Rango, kg
25	16	13 to 37	24
50	14	29 to 71	42
70	12	45 to 95	50
110	10	77 to 143	66

### Causas de variación en la tasa de crecimiento y peso por edad

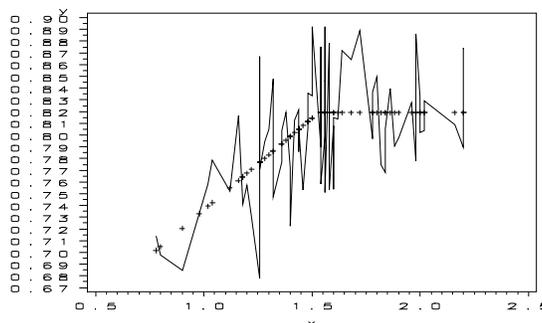
Existe un gran interés en encontrar procedimientos para minimizar la variación en el peso y la tasa de crecimiento dentro de un grupo de cerdos. El punto de partida de esta discusión es el de entender completamente las causas de esta variación. Existe un determinado número de factores animales que pueden causar variación en la tasa de crecimiento dentro de una población de cerdos contemporáneos los cuales pueden resumirse en: genotipo, género y el peso al nacimiento de los animales en cuestión.

En términos del componente genético de variación, la heredabilidad de un rasgo genético no solamente mide la proporción de la superioridad genética que es pasada de lo padres a la progenie, es también un indicador del valor fenotípico de un animal para predecir su genotipo. Estimadores publicados de heredabilidad para la tasa de crecimiento se encuentran generalmente entre el rango de 0.2 a 0.30, lo que sugiere que una cantidad significativa de la variación observada en el peso dentro de una población esta determinada por las diferencias en su potencial genético para el crecimiento. En la ausencia de métodos prácticos aplicables comercialmente para producir poblaciones de cerdos con genotipos idénticos, la única cosa que el productor puede hacer para reducir los efectos genéticos sobre la tasa de crecimiento dentro de una población es la de minimizar el numero de padres (cruzas) en la producción de cerdos. El uso de la inseminación artificial puede obviamente ayudar en este sentido, así como también los avances en las tecnologías de reproducción que minimizan el número de espermias necesarios para una dosis de inseminación.

Las diferencias en las tasas de crecimiento entre sexos han sido bien establecidas. La mayoría de las industrias en el mundo usan hembras y machos castrados, aunque existe un creciente interés en la producción de machos enteros en vez de castrados, particularmente con el advenimiento de tecnologías con aplicaciones comerciales del control del olor sexual en machos enteros. Un método potencial para reducir variación en el peso debido a las diferencias en crecimiento entre sexos es el de dividir las poblaciones en base a su sexo, esta técnica ha sido usada frecuentemente y a evolucionado hasta el uso de programas nutricionales específicos para cada sexo. Sin embargo, para que esta técnica tenga éxito en reducir la variación de peso corporal dentro de una población los sexos tendrán que ser alojados en edificios diferentes.

Recientemente, el efecto del peso al nacimiento sobre la tasa de crecimiento desde el nacimiento hasta el peso de mercado ha sido sujeto de considerable investigación y debate. No hay duda de que los cerdos de bajo peso al nacimiento crecerán más

espacio que los animales nacidos con un peso corporal alto. Sin embargo, lo que no está claro es si la relación entre el peso al nacimiento y la subsiguiente tasa de crecimiento hasta el peso de sacrificio es lineal a través del tiempo o si existe una meseta en esta relación. En el cuadro 3 (Peterson, 2008), se muestra investigación realizada recientemente en la Universidad de Illinois y sugiere que esta última relación es el caso y que existe un punto o meseta en el cual el peso al nacimiento no tiene efecto en el desarrollo subsecuente de la tasa de crecimiento. Los datos presentados en el cuadro 3 sugieren que el peso al nacimiento en el que la tasa de crecimiento es afectada negativamente es alrededor de los 1.5 kg; sin embargo, se debe de tener cuidado en la interpretación de estos resultados por que esta basado en una muestra relativamente pequeña (72 cerdos). Estudios mucho más grandes que tomen en cuenta factores como tamaño de camada son necesarios para establecer claramente la relación entre peso al nacimiento y la tasa de crecimiento subsiguiente. Sin embargo, la variación en peso al nacimiento es responsable de una proporción significativa de la variación observada en la tasa de desarrollo subsiguiente y es muy poco lo que el productor puede hacer en este momento para reducir esta variación.



Peso al nacimiento, kg

Figura 3. Analysis de regression de línea quebrada del peso al nacimiento y la ganancia diaria de peso desde el nacimiento hasta los 145 kg de peso corporal (Peterson, 2008).

El programa nutricional empleado también contribuye en la variación de la tasa de crecimiento y de peso observada dentro de una población de cerdos. En muchas situaciones, las dietas para cerdos en crecimiento son formuladas con la tasa promedio de crecimiento de la población. Por definición, esto resulta en una larga proporción de animales dentro de la población que están alimentándose de dietas por debajo de su requerimiento y una proporción similar de cerdos estarán alimentándose de dietas que están sobre su requerimiento. Ambas situaciones, por encima y por debajo de las necesidades de nutrimentos necesarios para el crecimiento, reducirán la tasa de crecimiento lo que resulta en un componente más de la variación observada en la tasa de crecimiento dentro de una población.

Obviamente, el factor que puede impactaren mayormente la tasa de crecimiento es el medio ambiente efectivo al que los cerdos están expuestos. De esta forma, los cerdos pueden ser expuestos a una amplia gama de medio ambientes diferentes aún dentro de un mismo sistema de producción debido a la variación entre y dentro de los edificios en aspectos como el clima y acceso a recursos como espacio de comedero y de piso. El asegurarse que todos los cerdos estén experimentando un ambiente similar reducirá la variación en la tasa de crecimiento y de pesos a una edad determinada en una población dentro de un mismo sistema de producción. Estandarizar el número de cerdos dentro de un edificio así como también el proveer un medio ambiente adecuado y consistente son consideraciones importantes para remover el potencial de variación en la tasa de crecimiento debida al medio ambiente efectivo.

El estado de salud del animal y la presencia o ausencia de enfermedades pueden ser factores muy importantes que contribuyan a la variación de peso corporal dentro de una población. Cerdos en grupos contemporáneos pueden ser afectados de forma diferente por un desafío sanitario el cual puede incrementar la variación en la tasa de crecimiento y pesos dentro de una población. Obviamente, tomar cualquiera de los pasos apropiados para mantener un estado sanitario alto de la población reducirá la variación en crecimiento entre animales y de peso dentro de la población.

### **Reduciendo variación en la tasa de crecimiento y peso por edad**

Basándose en la discusión anterior referente a las posibles causas de variación en la tasa de crecimiento dentro de una población de animales contemporáneos, existen ciertos pasos obvios que los productores pueden adoptar para minimizar ésta variación. Éstos pasos incluyen el minimizar el rango de edad y la variación genética dentro de las poblaciones, crear grupos del mismo sexo, proveer un ambiente de crecimiento efectivo y consistente, y mantener un estatus sanitario alto en los animales. Sin embargo, aún cuando todos éstos pasos son llevados a cabo, seguirá existiendo una variación considerable en la tasa de crecimiento de los cerdos y, consecuentemente, en el peso vivo de la población. ¿Cuál es la variación mínima en

peso que se puede obtener dentro de una población de cerdos de la misma edad? Ésta pregunta no ha sido estudiada adecuadamente, por lo tanto, la respuesta es que simplemente no sabemos. En nuestros estudios realizados dentro de poblaciones comerciales, el CV mínimo de peso vivo al final de la etapa de finalización se ha encontrado entre 9 y 10%. No está claro cuánto más se podría reducir ésta variación. En la realidad, los productores seguirán enfrentando considerable variación en peso por edad, aún después de haber llevado a cabo todos los pasos discutidos previamente.

Si no es posible reducir la variación a un nivel mínimo, aunque aún no claramente definido, entonces, la única alternativa para los productores es la de manejar ésta variación para maximizar la producción del sistema. Una estrategia que ha sido propuesta para reducir la variación en peso dentro de un grupo, es la de agrupar a cerdos con un peso similar durante las etapas iniciales del periodo de crecimiento. La teoría es que ésta disminución en la variación será mantenida hasta el peso de mercado. Esto fue evaluado en un estudio llevado a cabo por Wolter et al. (2002) en el que grupos de 108 cerdos, que durante la etapa de destete fueron alojados al doble de la densidad normal, fueron divididos en 2 grupos de 54 cerdos a los ~30kg de peso vivo. Se formaron grupos de cerdos ligeros, medianos, y pesados, los cerdos en los grupos ligeros y pesados tuvieron un CV menor al del grupo promedio (Tabla 2). Sin embargo, al final del periodo de estudio a un peso vivo promedio de 112kg, no se encontró ninguna diferencia sobre el CV entre los diferentes grupos. La variación en peso en los grupos ligero y pesado se incrementó durante el periodo de estudio, mientras que la de el grupo promedio se redujo.

Tabla 2. Efecto de la agrupación de cerdos en base al peso en el desempeño subsecuente (Wolter et al., 2002)

	Peso vivo después de la agrupación		
	Promedio	Ligero	Pesado
Peso vivo, kg:			
Inicio (después de agrupar)	31.1	28.6	34.2
Final	112	112.8	112.3
Coefficiente de variación de peso vivo, %			
Inicio (después de agrupar)	10.7	7.6	6.3
Final	9.3	8.5	9.2

Una estrategia que ofrece cierto potencial en la reducción de la variación poblacional del peso de los animales enviados a mercado, es la de remover a los animales más pesados cuando alcanzan el peso de mercado. De esta forma no sólo se maximiza la proporción de la población que se encuentra dentro del peso de mercado, sino que además resulta en un incremento en el desempeño de los animales restantes en el corral. Esto ha sido demostrado en diversos estudios llevados a cabo en la Universidad de Illinois, en los que se ha investigado los efectos de la remoción de animales de un corral sobre el desempeño de los animales restantes dentro del corral, los cuales son resumidos en la Tabla 3 (DeDecker, 2006). Un total de 13 estudios fueron incluidos en el resumen, y hubo entre ellos importantes diferencias en diversos aspectos como la proporción de animales removidos, el tiempo remoción, y el periodo de tiempo posterior a la remoción de animales en el que el desempeño fue medido. Sin embargo, los estudios mostraron en promedio una importante y relativamente constante mejora en el desempeño de los animales que permanecieron en el corral después de la remoción de animales, en comparación con aquellos corrales que permanecieron intactos (Tabla 3).

Es importante considerar que los estudios han sugerido que el incremento en el desempeño productivo de los animales cuando otros animales han sido removidos del corral, se debe principalmente al espacio extra de piso que se vuelve disponible para los animales restantes en el corral. Por lo tanto, es probable que la respuesta de crecimiento que se da cuando los animales son removidos, sea mayor en aquellos animales que se encontraban en confinamiento intenso, y es probable que la respuesta sea mínima en aquellos animales con mayor espacio.

La combinación de tecnologías como ractopamina con la remoción de animales podría impulsar aún más el desempeño productivo de los animales restantes en el corral y probablemente incrementar la proporción de animales ligeros que alcanzan pesos aceptables para sacrificio. Sin embargo, existe poca investigación en la que se evalúe la mejor estrategia para la remoción de animales del corral (por ejemplo, la frecuencia y el tiempo de remoción, y la proporción de animales que serán removidos) en combinación con ractopamina.

Tabla 3. Efecto de la remoción de animales del corral sobre el desempeño de los animales restantes (Resumen de 13 estudios; DeDecker, 2006)

	Respuesta, % <sup>1</sup>		
	Día 0 al 7	Día 7 al final	General
GDA %	+10.4	+12.3	+11.3
CDA %	+5.7	+5.5	+5.6
G:A	+6.5	+8.0	+7.2

<sup>1</sup> Diferencia en el desempeño productivo entre corrales con remoción de animales (proporción variable de animales removidos) y corrales control (sin remover animales)

El aumento en la tasa de crecimiento de los animales durante cualquier etapa del crecimiento debería aumentar el número de cerdos que alcanzan el peso de mercado antes de que el edificio tenga que ser vaciado, siempre y cuando la mejora en el crecimiento sea mantenida hasta el sacrificio. Existe evidencia que un aumento temprano en crecimiento puede perderse posteriormente en la curva de crecimiento y vice versa (Wolter et al., 2003).

Existe una importante cantidad de información publicada acerca de los efectos del espacio de piso en el desarrollo productivo, la cual ha sido principalmente enfocada a determinar el espacio de piso por debajo del cual la tasa de crecimiento se ve reducida, y además del espacio de piso que brinde un máximo rendimiento de las instalaciones (en específico, el máximo peso vivo producido por unidad de espacio de piso). El espacio de piso que brinde el máximo rendimiento de las instalaciones es generalmente menor que aquel en que se obtenga la máxima tasa de crecimiento, y es por esto que la mayoría de los productores en los Estados Unidos seguirán manteniendo los animales en un espacio de piso relativamente bajo. Interesantemente, nosotros hemos encontrado la ausencia de efecto en espacios de piso relativamente bajos (substantialmente más bajos que el nivel mínimo requerido para la máxima tasa de crecimiento) en los niveles de morbilidad y mortalidad. Otro aspecto interesante de esto, es que, a pesar de que esta práctica reduce la tasa de crecimiento promedio, tiene poco o ningún efecto en la variación del peso de los animales dentro del grupo (ver revisión de Shull, 2010). Obviamente, esto sugiere que cualquiera que sea el factor responsable de reducir la tasa de crecimiento en los animales bajo niveles intensos de confinamiento, tiene un efecto relativamente similar en todos los animales del grupo.

## Conclusiones

La variación en los pesos vivos y tasas de crecimiento dentro de un grupo de animales contemporáneos presenta importantes ventajas y considerables desventajas en el manejo del mercado de los animales al final del periodo de finalización. La revisión presentada en este artículo se ha llevado a cabo con la intención de identificar las fuentes de variación y de resaltar los procedimientos para reducirla. Sin embargo, incluso en situaciones prácticas en las que cada paso ha sido tomado para minimizar la variación dentro de la población de los animales, seguirá existiendo una importante, aunque aún no cuantificada, cantidad de variación. Afortunadamente, existen herramientas disponibles para los productores, como el uso de ractopamina y manejar la forma en la que los cerdos son removidos del corral al alcanzar el peso de mercado, lo cual puede ser usado para manejar ésta variación e incrementar la proporción de cerdos que llegan al peso deseado antes de que el edificio tenga que ser vaciado. Sin embargo, la relación entre las tasas de crecimiento promedio de un grupo, y la variación en el peso de los animales dentro de un grupo es compleja. Se requiere de más investigación para entender como la variación dentro de un grupo de animales es influenciada por un gran número de factores que afectan el crecimiento de los cerdos en condiciones comerciales. Éste tipo de investigación no es fácil de llevar a cabo, ya que requiere de estudios controlados a gran escala en granjas comerciales, e involucra la frecuente toma de pesos individuales de un gran número de animales. La captura del peso de los animales normalmente requiere el moverlos a través de una báscula, práctica que por sí misma puede impactar el desempeño productivo de los animales y podría influir en los resultados del estudio. Hasta que se cuente con un sistema confiable que capture el peso de los animales de una forma automática sin afectar su desempeño o comportamiento, será poco probable que se haga un importante progreso en el entendimiento de cómo los cerdos crecen en unidades comerciales, y cómo el ambiente al que están expuestos influencia la tasa y la variación de crecimiento.

## Referencias

- DeDecker, 2006, Tesis de Doctorado, University of Illinois.  
 Peterson, 2008. Tesis de Doctorado, University of Illinois.  
 Shull, 2010. MS Tesis de Maestría, University of Illinois.  
 Wolter et al., 2002. JAS 80:2241-2246.  
 Wolter et al., 2003. JAS 81:836-842.