



GESTIÓN DEL OXÍGENO, MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS EN BODEGA

PROYECTO VIN-O2

MEJORA DE LA CALIDAD DE LOS VINOS DE RIOJA A TRAVÉS DE LA MONITORIZACIÓN Y REDUCCIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO MEDIANTE TÉCNICAS NO INTRUSIVAS”

**Grupo Rioja
Ingeniería e Innovación
Laboratorios Excell Ibérica
Bodegas Riojanas
Bodegas Ontañon
Bodegas Santalba
Bodegas Dinastía Vivanco**



Proyecto VIN-O2

Gestión del oxígeno, manual de buenas prácticas en bodega

Elvira Zaldivar¹, Fernando Rodríguez¹, David Carrillo¹, Antonio Palacios^{1y2}
(1), Laboratorios Excell Ibérica S.L. y (2), Universidad de La Rioja
Laboratorio Excell Ibérica, C/ Planillo Nº 12, 26006 Logroño, La Rioja. Tel. 941-445106,
excelliberica@labexcell.com. www.labexcell.com

1-. INTRODUCCIÓN:

El oxígeno es un factor clave en el proceso de elaboración de los vinos. Interviene de forma crucial en el proceso enológico completo, desde la recogida de la uva hasta el embotellado del vino. Los procesos en los que interviene han sido estudiados y analizados desde hace ya unos cuantos años, entendiéndose que con mayor o menor intensidad, el oxígeno determina el desarrollo del proceso de elaboración y define las características sensoriales finales de los vinos.

A diferencia de lo que sucede con otros productos agroalimentarios, la exposición controlada al oxígeno es fundamental para producir vinos de calidad. En la práctica, la oxigenación de mostos y vinos durante su procesamiento es muy recomendable, por lo que el producto está constantemente siendo expuesto al contacto con el aire. Por ende, la gestión del oxígeno y las reacciones de óxido-reducción son parte de los principales retos que los enólogos deben afrontar durante la producción y el envejecimiento de los vinos (Laurie y Clark, 2010).

Una gestión inadecuada del oxígeno puede producir interrupciones en el proceso de la fermentación. Los aportes indeseados de oxígeno por el tránsito del vino en bodega (despalillado-estrujado, prensado, remontado, descube, trasiego, filtración, centrifugación, embotellado, etc.), así como el exceso o defecto de oxígeno durante la crianza de los vinos pueden ser causa de aparición de defectos organolépticos. De forma contraria, cuando el vino está expuesto a concentraciones moderadas de oxígeno, se han reportado beneficios como la estabilización del color, la reducción de la astringencia y el amargor (Singleton 1987, Castellari *et al.* 1998, Atanasova *et al.* 2002), además del empleo de menores dosis de sulfuroso. Sin embargo, cuando la exposición al oxígeno es substancial o sucede sin la presencia de protectores o inhibidores de la oxidación, el vino sufre transformaciones organolépticas muy significativas que pueden perjudicar su calidad final (Boulton *et al.* 1996, Danilewicz 2003, Waterhouse y Laurie, 2006).

Es inevitable además que en cada etapa del proceso de elaboración se añada cierta cantidad de oxígeno, pudiéndose alcanzar niveles incluso de saturación. En condiciones normales de bodega

este oxígeno es consumido principalmente por el SO₂ libre y por los componentes oxidables del vino. En la *tabla 1* se muestran las fuentes de oxígeno según los procesos enológicos de bodega y sus valores medios:

Operación	Aporte de O ₂ [mg/L]	Fuente bibliográfica
Trasiego	0,4-1,3	Castellari et al. 2004
Bombeo (en función de la bomba)	0,2 – 1,4	Alinc et al. 2008
Microfiltración	0,1	Vidal <i>et al.</i> (2001-2004)
Filtración tangencial	1,5	Vidal <i>et al.</i> (2001-2004)
Centrifugación	1,2	Castellari <i>et al.</i> (2004)
Estabilización tartárica en continuo	2,4-4,0	Castellari <i>et al.</i> (2004)
Trasiego de barricas	0,4-1,3	Castellari <i>et al.</i> (2004)
Embotellado	2,0-7,0	Valade et al. 2006

Tabla 1: aporte de oxígeno en diferentes operaciones de bodega en base a estudios publicados

La solubilidad del oxígeno en el vino depende en gran medida de la presión y la temperatura. Así, por ejemplo, actividades donde se disminuye la temperatura del vino, como puede ser la estabilización tartárica pueden favorecer que se alcancen niveles de hasta 4 ppm de oxígeno disuelto según los estudios publicados por Castellari *et al.* (2004).

Otro punto muy crítico es el del embotellado. En el momento del llenado se intenta dejar unos niveles de SO₂ libre en vino lo suficientemente elevados como para que el vino se conserve en el tiempo sin deteriorarse ni oxidarse. Esta tarea resulta muy delicada, ya que niveles bajos acortan la vida útil del producto y los elevados pueden aportar olores químicos desagradables e irritantes.

A la hora de medir el oxígeno alojado en la botella debemos de tener en cuenta tres factores:

1. El oxígeno alojado en el espacio de cabeza.
2. El oxígeno disuelto en el vino.
3. El oxígeno que entra a través del tapón y que es apreciable especialmente al mes y medio del embotellado una vez consumido el oxígeno del espacio de cabeza y disuelto por el vino.

Se sabe además que cada mg de O₂ disuelto es capaz de consumir 4 mg de SO₂ libre, lo cual es de remarcada importancia. Por ello es fundamental estudiar qué cantidades de oxígeno se están empaquetando en las botellas para poder calcular la proporción de dióxido de azufre libre y así evitar posibles evoluciones del producto, sobre todo en vinos blancos y rosados. Esto también permitirá a la bodega embotellar con niveles más bajos de sulfuroso libre, lo que es un reto fundamental hoy en día. Así, teniendo en cuenta el contenido de oxígeno disuelto en

el vino, el del espacio de cabeza, la permeabilidad del cierre y el contenido en dióxido de azufre libre, se podría estimar de alguna forma el periodo de vida útil de un vino.

2-. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRITICOS EN BODEGA

Estudios previos, como los realizados por Vidal *et al.* y por Castellari *et al.*, pusieron de manifiesto que existen diferentes niveles en el aporte de oxígeno dependiendo de las operaciones concretas a las que se le somete al vino, como se puede observar en la *figura 1*, donde se marcan en rojo las actividades consideradas de mayor riesgo en procesos oxidativos.

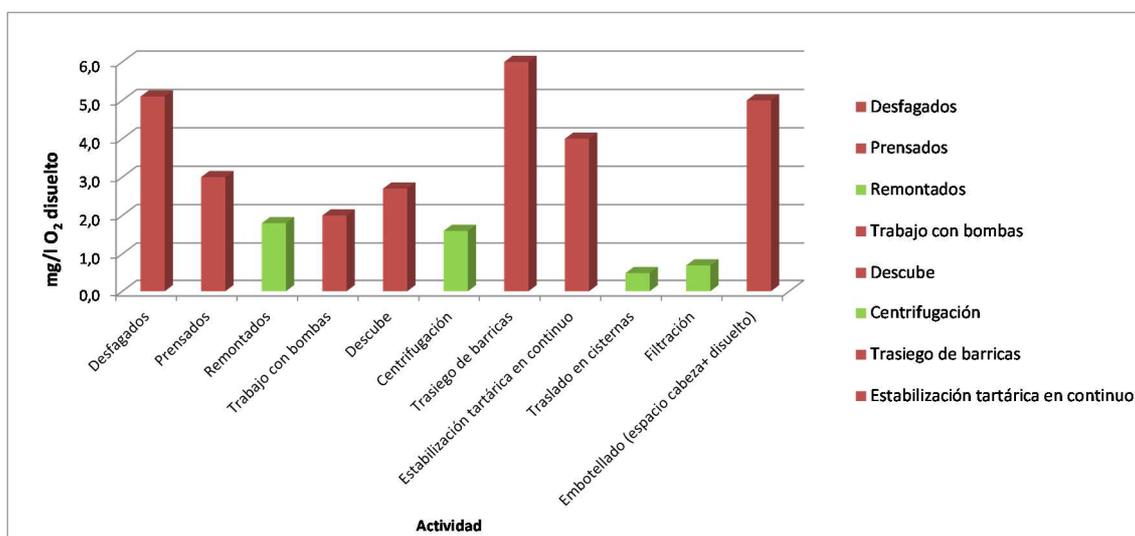


Figura 1: comparativa del oxígeno incorporado en diferentes tareas de bodega.

Así, se constata que existen actividades o puntos críticos con mayor riesgo de provocar oxidación en el vino, su identificación es importante para proteger el vino en su justa medida. Estos puntos críticos podrían resumirse en la siguiente lista:

-*Prensado*- Durante el desarrollo de esta actividad se puede llegar a incorporar hasta 5 mg/L de oxígeno disuelto.

-*Trasiegos con bombas*- La mayor velocidad de trabajo de las bombas es un factor que repercute positivamente en la eficiencia del trabajo en bodega, pero negativamente en el aporte de oxígeno, ya que los altos caudales pueden alcanzar niveles de incorporación de oxígeno de hasta 3,0 mg/L.

-*Trasiego de barricas*- Esta operación supone un gran aporte de oxígeno al vino que se encuentra en el proceso de envejecimiento. En el lavado y trasiego habitual se ha observado una incorporación de oxígeno de hasta 6 mg/L.

-*Filtración por tierras*- Consiste en la formación de un lecho de tierras filtrantes donde quedan retenidas las impurezas del vino. Se utiliza para el devaste y abrillantado del vino. Los niveles medios de oxígeno aportados en este punto son de 2 mg/L.

-*Transporte en cisternas*- Cuando las cubas no están llenas, el incremento de oxígeno puede alcanzar valores de hasta 1,4 mg/L.

-*Embotellado*- Existe una gran variabilidad en el oxígeno incorporado en el momento del embotellado dependiendo de cómo estén regulados los caños y el sistema de vacío. El oxígeno puede oscilar en rangos de 2,1 a 5,4 mg/L.

3. MODELIZACIÓN DE LA ADICIÓN DE OXÍGENO EN BODEGA EN UN VINO TINTO CRIANZA CON Y SIN MEDIDAS CORRECTIVAS

Una idea de como puede influir la correcta aplicación de buenas prácticas de gestión de oxígeno en bodega nos la puede dar la siguiente modelización tomando los datos medios encontrados en diferentes actividades realizadas en bodegas con y sin inertización.

Para realizar esta simulación se ha partido de un hipotético vino tinto crianza, siguiendo un proceso de elaboración desde la entrada del mosto a su embotellado final tras su envejecimiento en bodega y botella.

Es fácil imaginar que si el mismo vino es protegido en su elaboración de la adición de oxígeno mediante la utilización de técnicas de inertización se encontraría más protegido frente a la oxidación y por tanto aumentará la vida útil del mismo conservando todas sus propiedades organolépticas.

No sorprende por tanto observar en la figura 2 como ambos vinos van separándose en su camino en función del oxígeno que van combinando y por tanto consumiendo los compuestos antioxidantes presentes en el mismo.

La gráfica nos permite del mismo modo identificar los puntos críticos señalados previamente, momentos como el desfangado, centrifugado, trasiego o embotellado afectan a la memoria oxidativa de nuestros hipotéticos vinos. El resultado no podría ser más dramático, el vino elaborado sin ningún tipo de medida correctiva anti incorporación de oxígeno ha acumulado en su corta vida un total de 49 ppm frente a las 16,0 ppm del vino elaborado con medidas de inertización.

Actividad	Bodega sin inertización (ppm O2)	Bodega sin inertización Acumulación de O2 disuelto-combinado	Bodega con inertización (ppm O2)	Bodega con inertización Acumulación de O2 disuelto-combinado
Desfagados	5,1	5,1	0,4	0,4
Prensados	3,0	8,1	1,5	1,9
Remontados	1,8	9,9	1,8	3,7
Trabajo con bombas	2,0	11,9	1,0	4,7
Descube	2,7	14,6	0,4	5,1
Centrifugación	1,6	16,2	1,0	6,1
Trasiego 1 cada 6 meses- 24meses	4,0	20,2	1,0	7,1
Mezclado de barricas 1	1,8	22,0	0,5	7,6
Trasiego 2 cada 6 meses- 24meses	4,0	26,0	1,0	8,6
Llenadode barricas 2	1,8	27,7	0,5	9,1
Trasiego 3 cada 6 meses- 24meses	4,0	31,7	1,0	10,1
Llenadode barricas 3	1,8	33,5	0,5	10,6
Trasiego 3 cada 6 meses- 24meses	4,0	37,5	1,0	11,6
Llenadode barricas 3	1,8	39,2	0,5	12,1
Estabilización tartárica en continuo	4,0	43,2	2,0	14,1
Traslado en cisternas	0,5	43,7	0,1	14,2
Filtración	0,7	44,4	0,6	14,8
Embotellado (espacio cabeza+ disuelto)	5,0	49,4	1,5	16,3
TOTAL:	49,4		16,3	

Datos estimados (no se dispone de mediciones)

Tabla 2. Modelización de las incorporaciones de oxígeno en un vino tinto crianza con y sin aplicar medidas correctivas

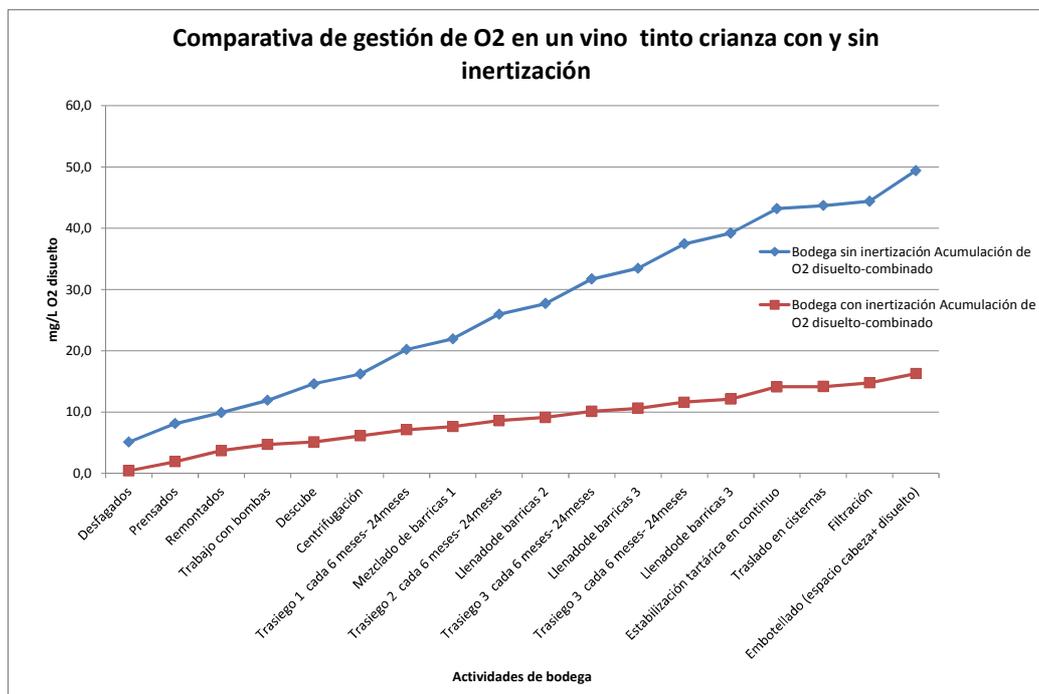


Figura 2- Comparativa del oxígeno total acumulado en un hipotético vino crianza elaborado con y sin inertización.

Este dato no es solo una cifra más, el vino tiene memoria y ese exceso de oxígeno no se mantiene en el vino de forma baladí, sino que desgasta el color y el aroma del mismo. Estas adiciones

implacablemente oxidan toda la estructura protectora de nuestros vinos, su sistema inmune, que ante tal brutal ataque solo es capaz de rendir sus defensas y hacerlo envejecer de manera prematura.

Los mercados internacionales demandan vinos de largo recorrido y nada es eterno en el paraíso, es una lástima, pero todo es perecedero y caduca, hasta el mejor de los vinos. La gran mayoría de los vinos que hay en el mercado no están hechos para largas guardas, muchos son elaborados para beberse jóvenes y algunos para conservarse en el tiempo según estilos y mercados, pero no hasta la eternidad. En realidad, los vinos diseñados para largas crianzas y que tienen una estructura adecuada para soportar el envejecimiento durante largos periodos temporales y/o tránsitos espaciales, conllevan elaboraciones muy rigurosas que suponen grandes esfuerzos tecnológicos, económicos y humanos.

En general, la calidad de los vinos está íntimamente relacionada con su capacidad de maduración, sobre todo una vez que abandonan su lugar de nacimiento, la bodega. Si el vino no está lo suficiente bien acondicionado a nivel de cierres, capacidad antioxidante, volumen de llenado, aislamientos térmicos y un largo etc., o no posee la composición química lo suficientemente robusta como para aguantar las duras condiciones del camino, morirá en el intento y el consumidor final se sentirá defraudado, ya que éste no tiene por qué saber cómo llegó hasta sus manos, ni a que tuvo que enfrentarse en su largo viaje.

El envejecimiento de un vino no es más que un proceso lento de oxidación. Por lo que parece obvio pensar que la capacidad de envejecimiento de un vino dependa de su capacidad para hacer frente a esta oxidación, entonces del contenido, calidad y equilibrio de sus componentes.

4. RECOMENDACIONES PARA UNA BUENA GESTIÓN DE OXÍGENO EN BODEGA

A continuación se describen algunas recomendaciones en base a la literatura científica disponible hasta la fecha que pueden servir de guía en posibles planes futuros de acciones preventivas en la gestión de oxígeno en bodega:

BOMBEOS Y TRASIEGOS

Las etapas críticas de las operaciones de bombeo y trasiego son el inicio y final de la operación. Si el recipiente de llegada es llenado por arriba, la altura de caída así como la posición del tubo influyen de forma importante la disolución.

RECOMENDACIONES	OBJETIVO
Colocar la bomba cerca del depósito de salida	Limitar la duración de la aspiración
Preferir las bombas de pistón	Inducir un régimen menos turbulento que las bombas de pistón, especialmente en el arranque.
Evitar las bombas centrífugas	Evitar el riesgo de cavitación en el arranque o en la reanudación tras una parada. Muy penalizador para el aporte.
Limpiar los codos, los empalmes, los tubos suspendidos.	Obtener una mejor inertización y llenado de las canalizaciones.
Inertizar las tuberías y depósitos antes del arranque.	Empobrecer en oxígeno las fase gaseosa en contacto con el vino para limitar la disolución
Inyectar nitrógeno durante los primeros hectolitros y para empujar los últimos. Bombear con velocidad lenta al principio y al final de la transferencia, cuando las tuberías no están llenas de vino	Limitar el aumento del aporte en los momentos más críticos.

Tabla 3. Recomendaciones prácticas para reducir el contenido de oxígeno a lo largo de un bombeo. (Vidal Jean Claude, Moutounet Michel, 2008)

PROCESO DE EMBOTELLADO

Como se observa, es en la etapa de embotellado con en sus diferentes procesos (llenado, encorchado...) donde el aporte de oxígeno es mayor.

Adjuntamos a continuación otra tabla de recomendaciones desglosada por diferentes operaciones o materiales del proceso de embotellado, a fin de controlar mejor esta última etapa de preparación final del producto.

OPERACIÓN O MATERIAL	RECOMENDACIONES	OBJETIVO
Depósito de almacenamiento	Anteriormente respecto a la línea de envasado	Evita la cavitación de la bomba centrífuga o cortocircuitar la bomba de alimentación y el depósito inicial.
	Próximo al local de embotellado	Reducir la longitud del recorrido para disminuir el volumen
	Inertizar el depósito antes de llenarlo (3 veces el volumen del depósito) y mantenerlo bajo gas neutro	Empobrecer en oxígeno la fase gaseosa en contacto con el vino para limitar la disolución

	Ajustar el contenido de oxígeno disuelto hasta menos de 0,5 mg/L mediante inyección de gas durante el llenado del depósito o por burbujeo con el tubo de mezclado	Disminuir el contenido de oxígeno final disuelto en botella
	Elegir un depósito cuyo volumen sea igual o ligeramente superior al volumen a envasar	Limitar el vaciado del depósito y el consumo de gas inerte
Tubería	Lo más corta posible y de acero inoxidable impermeable al oxígeno. Limitar el uso de tubos flexibles.	Reducir la longitud del recorrido para disminuir el volumen. Evitar la toma de aire a nivel de los empalmes en la zona de aspiración de la bomba.
	Adaptar el diámetro al flujo requerido por el ritmo de embotellado.	Limitar los fenómenos de turbulencia y las tuberías medio vacías.
	Purgas situadas en los puntos altos de la canalización	Permitir una mejor evacuación del aire por inertización y facilitar tuberías llenas de vino.
	Minimizar los codos y las tuberías suspendidas del techo.	Mejor inertización y llenado
	Controlar el contenido de oxígeno residual tras la inertización a nivel de las purgas, una vez instalada.	Determinar tiempos de inertización necesarios para alcanzar un umbral del 2% v/v de oxígeno gaseoso en el recorrido
Inicio del envasado	Inertizar el recorrido	Limitar el aumento del aporte en el momento del arranque
	Aclarar el recorrido (incluida la llenadora), sin recuperar el vino en el depósito de almacenamiento	
Inertizadora	Regular el sistema de vacío a -90KPa	Eliminar el 90% del oxígeno contenido en la botella antes de la inyección de gas neutro
	Inyección de gas neutro entre 1 y 5 g/botella según el ritmo y la naturaleza del gas.	Botella llena de gas neutro justo antes del llenado.
Llenadora	Regular el vacío a -8KPa	Limitar la desviación causada por el control del nivel del líquido en la botella.
Fase final	Empujar con gas neutro	Limitar el aumento del aporte al final del envasado.

Botellas	Verificar las dimensiones del gollete	Limitar problemas durante el taponado, disminución de la estanqueidad al oxígeno atmosférico y derrames
	Elegir unos formatos de botella con un nivel de llenado máximo	Limitar el volumen del espacio de cabeza compatiblemente con el riesgo de sobrepresión debida a un fuerte aumento de la temperatura durante el transporte o conservación

Tabla 4. Recomendaciones prácticas para reducir el contenido de oxígeno en botella. (Vidal Jean Claude, Moutounet Michel, 2008)

Conocer los puntos críticos de incorporación de oxígeno en la bodega es vital para saber cómo prevenirlos y corregirlos. En nuestra mano está por tanto elaborar vinos con una mayor vida útil, que prolonguen su estancia en el mercado manteniendo la misma calidad organoléptica con la que fueron liberados. Para ello disponemos de herramientas como las buenas prácticas de gestión del oxígeno en bodega previamente expuestas cuya implementación en bodega ayudarán sin duda a resguardar toda la potencialidad aromática y visual de nuestro producto.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Boulet, J.C.; Moutounet, M.; Vidal, J.C. & Toitot, C.; (2004). Comparison of methods for measuring oxygen in the headspace of a bottle of wine. *International Journal des Sciences de la Vigne et du Vin*. Nº 38 (3), 191-200.
- Castellari, M.; Simonato, B.; Torielli, G.B.; Spinelli, P. & Ferrarini, R.; (2004). Effects of different enological treatments on dissolved oxygen in wines. *Italian journal of food science*, Nº16(3).
- Falkenburg, N.; (1986). Practical application of mixed gases in wineries. *The Australian Grapegrower & Winemaker*, 55-58.
- Fornairon-Bonnefond, C.; Aguera, E.; Deytieux, C.; Sablayrolles, J.M.; & Salmon, J.M.; (2003). Impact of oxygen addition during enological fermentation on sterol contents in yeast lees and their reactivity towards oxygen. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Nº 95 (5), 496-503.
- GLORIES Y.; (1987). Le bois et la qualité des vins et des eaux-de-vie. Guimberteau Ed. Spécial Connaiss Vigne Vin., Nº 81.
- Vidal, J.C.; Dufourcq, T.; Boulet, J.C. & Moutounet, M.; (2001). Les apports d'oxygene au cours des traitements des vins. Bilan des observations sur site. 1ª partie. *Revue Francaise de Oenologie*, 24-31.
- Vidal, J.C. & Moutounet, M.; (2009). La Maîtrise des apports d'oxygène au conditionnement. *Revue Française d'Oenologie*, (229), 19-29.



- Volade, M.; Tribout-Sohier, I.; Bunner, D.; Pierlot, C.; Moncomble, D. & Tusseau, D.; (2006). Les apports d'oxygène en vinification et leurs impacts sur les vins (2ème partie). Le Vigneron champenois, 127(9), 60-95.