

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN**



**TÍTULO**

Evaluación de la eficacia del carbón vegetal activado y la gelatina como agentes clarificantes, y sus efectos en la limpidez del vino de piña (*Ananas comosus*)

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

**AUTORES**

<b>Nombre</b>	<b>Institución y Dirección</b>	<b>Teléfono y E-mail</b>	<b>Firma</b>
Hernández Cruz Pedro Alberto	El Salvador, San Salvador, Apopa, Colonia Ermita 2, avenida Principal, pasaje 9, casa #5	+503 7985-2896 pedrohernandez90@outlook.com	
Mejía Arteaga Sara Anabel	El Salvador, San Salvador, Mejicanos, Colonia Zacamil, Pasaje 7, casa #46	+503 7887-7274 saraarteaga.sm@gmail.com	
Vásquez Reyes Saúl Alfredo	El Salvador, La Paz, San Pedro Nonualco, cantón La Comunidad, casa #18	+503 7840-4650 vasquez2891@gmail.com	
Lic. Mag. Sc. Norbis Salvador Solano Melara	Departamento de Química Agrícola, UES. El Salvador, San Salvador, Panchimalco, Residencial Quintas Doradas.	+503 7931-0888 norbis_21@yahoo.es	

**Visto bueno:**

Firma: \_\_\_\_\_

Coordinador de departamento: Ing. Agr. Juan Milton Flores Tensos

Firma: \_\_\_\_\_

Director General de Procesos de Graduación: Ing. Agr. Mag. Sc. Elmer Edgardo Corea Guillén

Firma: \_\_\_\_\_

Jefe de departamento: Ing. Agr. Oscar Mauricio Carrillo Turcios

**Sello:**

San Salvador, Mayo de 2016

Título: Evaluación de la eficacia del carbón vegetal activado y la gelatina como agentes clarificantes, y sus efectos en la limpidez del vino de piña (*Ananas comosus*)

Hernández-Cruz, P.A<sup>1</sup>, Mejía-Arteaga, S.A<sup>1</sup>, Vásquez-Reyes, S.A<sup>1</sup>, Solano-Melara, N.S<sup>2</sup>

## RESUMEN

El experimento se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas en San Luis Talpa, La Paz. La limpidez en el vino se obtiene utilizando agentes clarificantes proteicos o no proteicos como gelatina o carbón vegetal activado, sin embargo, muy poco se conoce de los efectos generados por estos agentes clarificantes en vino de frutas. El objetivo fue evaluar la eficacia del carbón vegetal activado y la gelatina como agentes clarificantes en la limpidez del vino de piña (*Ananas comosus* L.).

Se utilizó piña variedad Golden para la elaboración del mosto, se agregó azúcar invertido en forma de jarabe, se inoculó con levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) y la fermentación se desarrolló en nueve días. Se evaluaron tres dosis por cada agente clarificante, 0.1, 0.125, 0.15 g/L para el carbón vegetal activado, y 0.1, 0.2, 0.3 g/L para gelatina. En el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, se determinó la densidad, extracto seco y contenido de cenizas, además, la transmitancia considerándose tres longitudes de onda (445, 495 y 550 nm) medidas en el espectrofotómetro, previo y posterior a la clarificación. Se utilizó un diseño completamente al azar, seis tratamientos, tres repeticiones por tratamiento y tres zonas de muestreo (determinadas por la altura del cilindro en donde se clarificó el vino) por cada repetición. Se realizó análisis de varianza y varianza multivariante, análisis de correlación y regresión lineal a un nivel de confianza del 5% ( $p \leq 0.05$ ).

Al no existir parámetros de referencia para vino de piña, se utilizaron parámetros para vino blanco respecto al contenido de cenizas, extracto seco y densidad. Ambos agentes clarificantes se mantuvieron dentro de los rangos aceptables.

Las densidades del vino de piña obtenidas fueron inferiores a la densidad del agua. Además, las dosis de gelatina y carbón aportaron cantidades mínimas de extracto seco las cuales están dentro del límite aceptable para vinos blancos (<2.51%). El contenido de cenizas para ambos agentes clarificantes se encontró dentro del rango aceptable para vinos blancos (0.15% a 0.30%). Independientemente del tipo de agente clarificante utilizado, los resultados de transmitancia fueron similares, exceptuando la dosis de gelatina 0.2 g/L y la dosis de carbón vegetal activado 0.1 g/L que se comportaron diferente entre sí. De manera que la gelatina y el carbón activado en todas sus dosis clarificaron similar y eficazmente el vino de piña, produciendo una bebida límpida.

**Palabras clave:** vino de piña, carbón vegetal activado, gelatina, clarificante, limpidez.

1. Estudiantes tesistas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, El Salvador.

2. Docente director, Departamento de Química Agrícola. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, El Salvador.

Title: Evaluation of the effectiveness of activated charcoal and gelatin as clarifying agents, and their effects on the limpidity of pineapple wine (*Ananas comosus*)

Hernández-Cruz, P.A<sup>1</sup>, Mejía-Arteaga, S.A<sup>1</sup>, Vásquez-Reyes, S.A<sup>1</sup>, Solano-Melara, N.S<sup>2</sup>

### ABSTRACT

The experiment was carried out in the Practice and Experimental Station in San Luis Talpa, in the Department of La Paz. The limpidity in wine is obtained by using protein refining agents and non-protein refining agents such as gelatin or activated charcoal, nevertheless, very little is known about the effects generated by these clarifying agents in fruit wines. The objective of the experiment was to evaluate the effectiveness of the activated charcoal and the gelatin as fining agents in the clarification of pineapple wine (*Ananas comosus* L.).

Pineapple of the Golden variety was used for the making of the must. Inverted sugar in the form of syrup was added and inoculated with commercial yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). The fermentation developed in nine days. Three different doses were evaluated for each refining agents, 0.1, 0.125, 0.15 g/L to activated charcoal and 0.1, 0.2, 0.3 g/L to gelatin. In the laboratory of Agricultural Chemistry in the School of Agricultural Sciences at the University of El Salvador, the density, dry extract and ash content were determined, along with the transmittance considering three wavelengths (445, 495 y 550 nm measured at spectrophotometer equipment), pre- and post clarification. A completely randomized design was used; six treatments, three repetitions for each treatment and three sampling zones for each repetition. An analysis was made of variance and multivariate variance, correlation and linear regression to a 5% ( $p \leq 0.05$ ) confidence level.

In the absence of benchmarks for pineapple wine, white wine parameters were used to track the ash content, dry matter and density. Both clarifying agents remained within the acceptable range,

The obtained density was lower than the density of water. In addition, the clarifying agents provided minimal amounts of dry matter content which were lower than the highest acceptable value of dry matter (2.5%) for white wine. The ashes content for both refining agents was always in the range of ashes values (0.15 to 0.30%) for white wine. Independent of the type of clarifying agent used, the transmittance result were similar, except for the 0.2 gelatin g/L dose and the 0.1 activated charcoal g/L dose. Since all doses of gelatin and activate charcoal behaved similarly, both proved effective ways to refine pineapple wine and ultimately produce a cleaner drink.

**Key Words:** pineapple wine, activated charcoal, gelatin, clarifier, limpidity.

1. Thesis students in the School of Agricultural Sciences, University of El Salvador, El Salvador.

2. Teaching director, Department of Agricultural Chemistry. School of Agricultural Sciences, University of El Salvador, El Salvador.

## 1. INTRODUCCIÓN

En El Salvador el área sembrada de piña es de aproximadamente 650 mz, distribuidas en las zonas piñeras por tradición: Santa María Ostuma, Ciudad Barrios, Chalchuapa, Cojutepeque y Jiquilisco. La producción en estas zonas no es suficiente para satisfacer la demanda nacional, volviendo necesario mejorar las técnicas de manejo e incrementar las áreas de siembra (CENTA 2011).

El vino es una bebida alcohólica elaborada a partir de la fermentación del zumo de uva fresca (*Vitis vinifera*). Los vinos elaborados del zumo de otras especies vegetales deben ser declarados como tal en relación al nombre de la fruta de la cual se elaboran. Por ejemplo: vino de piña (González 2013).

Los progresos tecnológicos y el desarrollo de nuevos estudios en la enología han permitido mejorar considerablemente la calidad visual de los vinos. La química del vino aborda los tratamientos de clarificación y plantea una clasificación general como agentes clarificantes proteicos y no proteicos dependiendo del tipo de taninos presentes en el mosto fermentado (Ribéreau-Gayon *et al.* 2003).

La limpidez es una de las cualidades que el consumidor exige en un vino, tanto en la botella como en la copa. La limpidez se obtiene luego de aplicar un eficaz tratamiento de clarificación en el vino, el cual permite remover la materia coloidal suspendida en la solución o medio (Badui *et al.* 2013). En los vinos de frutas, la limpidez también es una característica de evaluación de calidad, y por lo tanto, es necesario realizar prácticas de clarificación que aceleren la floculación de los sólidos a fin de conferir limpidez a la bebida (Vogt 1972).

Se evaluó la eficacia del carbón vegetal activado y la gelatina como agentes clarificantes en la limpidez del vino de piña (*Ananas comosus* L.). Se determinó la densidad, contenido de extracto seco, cenizas y transmitancia previamente y posteriormente a la clarificación; la diferencia entre ambas etapas (antes y después), define la eficacia de clarificación. La densidad del vino, extracto seco y cenizas son indicadores de la cantidad de partículas en estado de dispersión (Ribéreau-Gayon *et al.* 2003). En el vino, cuando el contenido de partículas en dispersión es bajo, es posible estimar la cantidad de alcohol que contiene; dada esta condición, cuanto más alcohol tenga un vino más baja será su densidad (De Lucas 1994).

El análisis de extracto seco y cenizas se realizaron con el propósito de determinar si la gelatina adicionaba materia orgánica y si el carbón vegetal activado adicionaba excedentes de cenizas al vino de piña. Debido a que la gelatina es un producto orgánico que no contiene minerales, se hizo una comparación entre la cantidad de extracto seco y cenizas y se determinó que las diferencias encontradas no fueron estadísticamente significativas. Es decir, la gelatina no adicionó más materia orgánica que el carbón, ni el carbón más cenizas que la gelatina. Finalmente, la prueba de transmitancia permitió conocer la cantidad de luz a tres longitudes de onda (445, 495 y 550 nm) que fue capaz de atravesar por una columna de vino de piña. Este análisis es ampliamente utilizado para medir objetivamente la limpidez del vino blanco a longitudes de onda de 400 a 600 nm según Zoecklein *et al.* (1995).

Los parámetros antes mencionados permitieron evaluar la eficacia de carbón vegetal activado y la gelatina como agentes clarificantes en la limpidez del vino de piña (*Ananas comosus* L.), a fin de estudiar los aspectos que permitan la obtención de una bebida límpida y más ampliamente aceptada por los consumidores.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 UBICACIÓN, DURACIÓN, UNIDADES EXPERIMENTALES

La investigación se realizó de agosto de 2015 a enero de 2016, regida por el método hipotético deductivo. Estuvo dirigida al desarrollo de conocimientos en el área de clarificación de vino de piña, utilizando un clarificante proteico (gelatina) y uno no proteico (carbón vegetal activado). Las unidades experimentales estuvieron constituidas por cilindros que contuvieron el vino a clarificar. La elaboración y clarificación del vino se realizó en la planta de procesamiento de la Estación Experimental y de Prácticas (EEP) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, situada en el Municipio de San Luis Talpa, Departamento de La Paz.

### 2.2 METODOLOGÍA DE CAMPO

Se elaboraron 75 litros de mosto a partir del jugo de 24 piñas de la variedad Golden. Se utilizó hipoclorito de sodio a 200 ppm para sanitizar el equipo y superficies de contacto e hipoclorito de sodio a 150 ppm para sanitizar las piñas. Todas cumplieron con los requerimientos físicos y químicos establecidos: fruto sin daños mecánicos o por insectos, libre de hongos y con una pulpa con  $\text{pH} \geq 3$  y con un cociente total de sólidos disueltos  $\geq 12$  ( $\geq 12$  °Brix). Se utilizó un despulpador marca Comek con motor de  $1\frac{1}{2}$  Hp, luego se extrajo parte de la fibra con un colador plástico, finalmente, se utilizaron dos mantas para retirar la mayor cantidad de fibra posible, ejerciendo presión con ambas manos para obtener el jugo.

Se elaboró jarabe de azúcar invertido según Rauch (1987), donde se utilizaron 8 litros de agua destilada, 30 libras de azúcar comercial y se mezclaron con 4.36 gramos de ácido cítrico, se calentó a  $93$  °C por 45 minutos. Finalmente, se agregaron 4.90 gramos de bicarbonato de calcio. El jarabe se adicionó hasta alcanzar 22 grados Brix en el mosto, el cual se inoculó con levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) un gramo por cada litro de mosto.

La fermentación duró 9 días a una temperatura promedio de  $32.48$  °C con una desviación estándar de más o menos  $1.93$  °C diarios; al cabo de los cuales se obtuvo el vino de piña. Finalizada la fermentación se homogenizó el vino trasegándolo por decantación a otro recipiente de igual capacidad utilizando una manguera de media pulgada de diámetro y dos metros de largo. Esta práctica se realizó dos veces a fin de alcanzar la correcta homogenización del vino. Una vez homogenizado el vino de piña no clarificado, se trasegó por gravedad a los recipientes en donde se aplicaron las dosis de clarificante establecidas para cada uno de los tratamientos en estudio (Cuadro 2). El proceso de clarificación ocurrió inmediatamente después de finalizar la fermentación, es decir, nueve días después de haber inoculado las levaduras.

La gelatina en polvo se activó diluyéndola en 2.5 mL de agua destilada a  $40$  °C por cada litro de vino a clarificar; se mezcló manualmente con una cuchara plástica y se aplicó a los cilindros con 3.5 L de vino de piña según dosis establecidas. El carbón vegetal activado se trituró hasta obtener polvo fino y se añadió directamente en los cilindros y se agitaron manualmente para evitar las formaciones de grumos de polvo en el vino. Los tratamientos conformados por las dosis de gelatina y carbón vegetal activado (Cuadro 2), reposaron durante seis días a fin de mejorar la limpidez del vino (efecto clarificante).

Se extrajeron muestras de 250 mL por cada una de las tres zonas de los cilindros (Anexo A-1) a fin de realizar análisis de densidad, extracto seco, cenizas, y transmitancia.

### **2.3 METODOLOGÍA DE LABORATORIO**

Los análisis de laboratorio se ejecutaron bajo condiciones controladas en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Las pruebas de laboratorio: determinación de densidad, extracto seco y cenizas se desarrollaron según Carranza (2014).

Para el análisis de densidad se utilizaron frascos volumétricos de 100 mL vacíos y se llevaron a volumen, uno con agua destilada como blanco de referencia y los demás con muestras de vino. Se colocaron en una incubadora (modelo HACH, BOD 205) a 25 °C por 30 minutos. Los frascos se pesaron en balanza analítica dos veces cada frasco para obtener el promedio y se determinó la densidad restando el peso final menos el peso inicial, dividido entre el volumen del frasco volumétrico.

En la determinación de extracto seco se utilizaron 25 mL de vino que se depositaron en un beaker el cual se pesó en una balanza analítica (marca OHAUS) antes y después de contener la muestra. Las muestras se colocaron en baño de maria hasta la evaporación parcial del líquido, los residuos se colocaron en una estufa de aire circulante a 105°C y se secaron durante 12 horas. Finalmente, las muestras secas se colocaron en un desecador (modelo MEMMET 100-800) y luego se determinó la cantidad de extracto seco restando el peso final menos el peso inicial.

Para determinar el contenido de cenizas se depositaron 5 mL de vino en capsulas de porcelana y se pesaron en balanza analítica antes y después de contener el líquido. Las muestras se introdujeron en un horno de mufla (modelo NABERTHORM L-2) a 550 °C hasta lograr la calcinación total de la materia orgánica. Las muestras calcinadas se colocaron en un desecador y finalmente se determinó la cantidad de cenizas restando el peso final menos el peso inicial.

Para el análisis de transmitancia se utilizaron 5 mL de vino de piña y se midieron directamente en el espectrofotómetro modelo Spectronic Genesys 20, marca Thermo Instruments utilizando cubetas de cuarzo de 10 mm. Se obtuvieron las transmitancias para las longitudes de onda de 550, 495 y 445 nm, utilizando como referencia agua destilada. Las longitudes de onda establecidas fueron según UNIRIOJA (s.f.), utilizadas generalmente para vinos producidos industrialmente, a partir de éstas se determinó la longitud de onda más estable para medir transmitancia en vino de piña.

### **2.4 METODOLOGÍA ESTADÍSTICA**

Para comprobar la aseveración a priori de la investigación (Cuadro 1) se ejecutaron pruebas inferenciales (paramétricas y no paramétricas) a fin de dar respuesta a los efectos producidos por los agentes clarificantes (en tres distintas dosis cada uno) en la limpidez del vino de piña.

**Cuadro 1.** Composición de los tratamientos (clarificante-dosis)

Hipótesis	Variables	Indicadores
La eficacia de clarificación con carbón vegetal activado o gelatina, produce distintos efectos en la limpidez del vino de piña ( <i>Ananas comosus</i> ).	X = Eficacia de clarificación con carbón vegetal activado o gelatina	X <sub>1</sub> : Densidad (g/mL)
		X <sub>2</sub> : Extracto seco (g)
		X <sub>3</sub> : Cenizas (g)
	Y = Limpidez del vino de piña	Y <sub>1</sub> : Transmitancia (%)

Se evaluó la eficacia del carbón vegetal activado y gelatina en distintas dosis. La combinación: clarificante-dosis, constituyeron los tratamientos (Cuadro 2). Se determinó si el conjunto de datos cumplía con los supuestos del ANVA mediante la prueba de normalidad de Shapiro Wilk y la prueba de bondad de ajustes de Kolmogorov para los análisis que sobrepasaron las 50 observaciones. A los análisis que cumplieron con el supuesto de normalidad se desarrolló un análisis de varianza paramétrico, no obstante, los que no cumplieron con el supuesto se desarrolló un análisis de varianza no paramétrico.

**Cuadro 2.** Composición de los tratamientos (clarificante-dosis)

Clarificante	Dosis	Tratamiento
<b>Clarificante 1: Carbón vegetal activado</b>	D1 = 0.1 g/L	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> = T1
	D2 = 0.125 g/L	C <sub>1</sub> D <sub>2</sub> = T2
	D3 = 0.15 g/L	C <sub>1</sub> D <sub>3</sub> = T3
<b>Clarificante 2: Gelatina</b>	D4 = 0.1 g/L	C <sub>2</sub> D <sub>4</sub> = T4
	D5 = 0.2 g/L	C <sub>2</sub> D <sub>5</sub> = T5
	D6 = 0.3 g/L	C <sub>2</sub> D <sub>6</sub> = T6

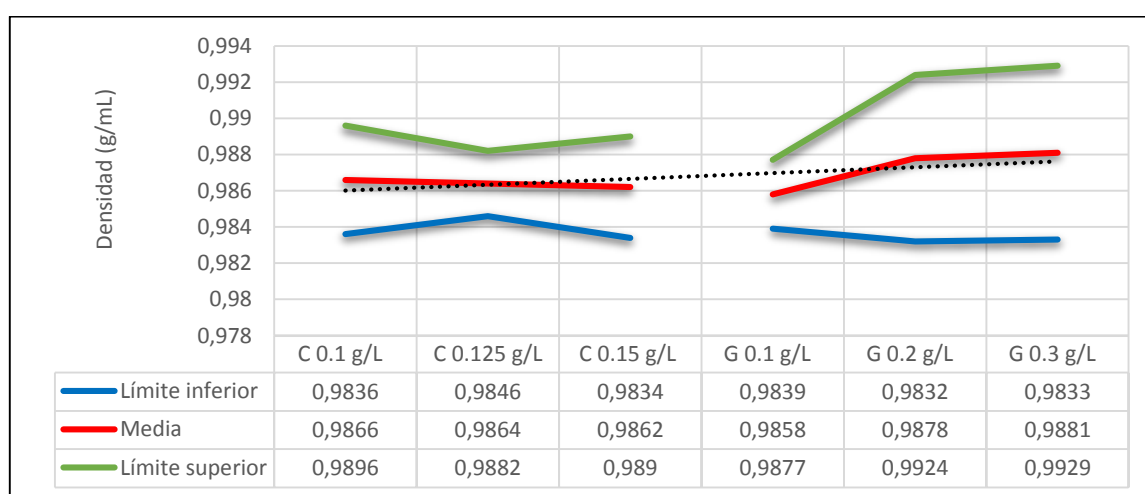
Se realizó un análisis de varianza multivariante según Roy ya que se analizó la transmitancia a tres longitudes de onda simultáneamente en donde se sometieron a prueba los agentes clarificantes y sus dosis. Se realizó una prueba a posteriori según Hotelling para determinar entre cuales elementos de las fuentes de variación existieron diferencias significativas. Posteriormente, se realizaron múltiples análisis de regresión lineal y se cuantificó la correlación entre la densidad y los análisis de transmitancia. En todas las pruebas inferenciales se utilizó un nivel de significancia del 95% (Error  $\alpha=0.05$ ). Se procesaron los datos en el Software Estadístico InfoStat.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinó que las dosis utilizadas en ambos agentes clarificantes fueron adecuadas, puesto que el vino clarificado está dentro de los límites teóricos permisibles respecto a la densidad, contenido de extracto seco y contenido de cenizas. Además, la longitud de onda de 550 nm se considera la más adecuada para la determinación de transmitancia del vino de piña, ya que produjo las menores variaciones de datos independientemente el tipo de agente clarificante y dosis.

### 3.1 DENSIDAD

En el grupo del agente carbón activado, la dosis 0.15 g/L produjo el menor y mayor valor de densidad (0.9834 g/mL-0.9890 g/mL). Esta disminución proporcional se debe a que el carbón actúa como agente adsorbente y tiene afinidad específicamente con los compuestos fenólicos pequeños los cuales los deposita al fondo del recipiente por el mecanismo de arrastre (Badui, *et al.* 2013). Por lo tanto, a mayor dosis, mayor área de arrastre. En la gelatina, el menor valor lo produjo la dosis de 0.2 g/L (0.9832 g/mL), la dosis 0.3 g/L produjo la densidad más alta, (0.9929 g/mL). Las dosis de gelatina muestran un efecto contrario, a medida aumenta la dosis, también aumenta la densidad. Según Ribéreau-Gayon *et al.* (2003), la gelatina en el vino está cargada positivamente y reacciona con la materia fenólica en suspensión cargada negativamente; signos apuestos se atraen y forman agregados que precipitan por su peso. No obstante, cuando hay más gelatina positiva que materia fenólica negativa sucede un fenómeno llamado sobreencolado (Figura 2).



**Figura 1.** Resumen de densidades (g/mL) del vino de piña de acuerdo a la dosis de los clarificantes

Todas las dosis se mantienen en el rango aceptable para la densidad al compararlos los valores establecidos según García (s.f.) (0.9880 – 0.9930 g/mL.). No obstante, el límite máximo de la dosis de gelatina a razón de 0.3 g/L está a 0.0001 unidades de alcanzar el límite crítico. En tal caso, las descargas eléctricas en el vino fueron incompletas, es decir, existió un exceso de gelatina (sobreencolado), lo cual es desfavorable.

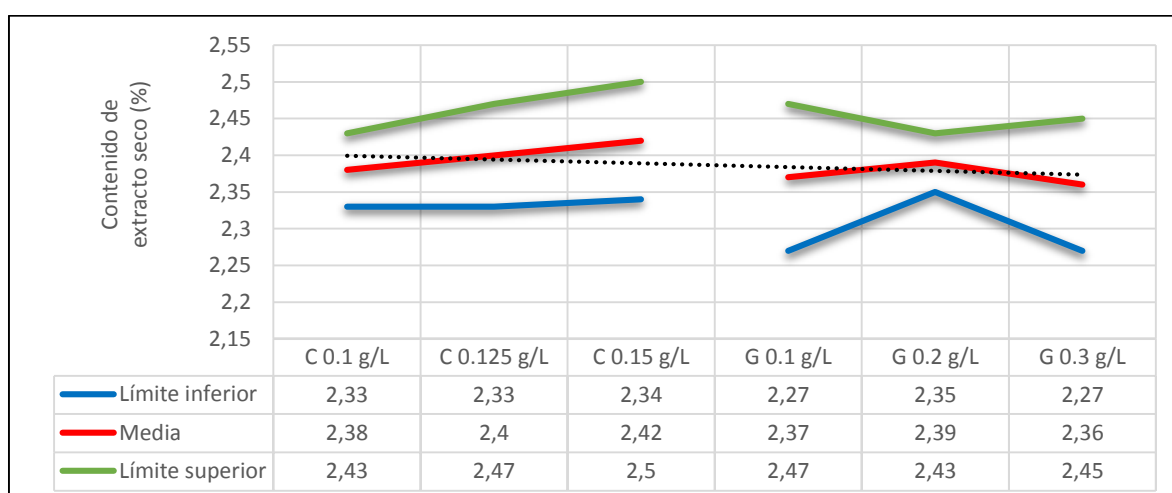
Para determinar si existieron diferencias significativas entre los agentes clarificantes, se aplicó la prueba de «T» para muestras independientes (Anexo A-2). Estadísticamente, los agentes clarificantes produjeron similares efectos en la densidad del vino de piña ( $0.4355 > 0.05$ ), con un nivel de significancia del 5%.

Para determinar si existieron diferencias significativas entre las dosis de los agentes clarificantes, se desarrolló el análisis de varianza no paramétrico según Kruskal-Wallis (Anexo A-3). Estadísticamente, las dosis de los agentes clarificantes produjeron similares efectos en la variable densidad del vino de piña ( $0.9735 > 0.05$ ), con un nivel de significancia del 5%.



### 3.2 EXTRACTO SECO

En el grupo de dosis correspondientes al carbón activado, el menor valor producido en el porcentaje de extracto seco fue de: 2.33% generado por las dosis de 0.1 g/L y 0.125 g/L respectivamente, el mayor valor fue de: 2.50%; generado por la dosis de 0.15 g/L. Para el caso de la gelatina el menor porcentaje producido en el extracto seco fue de 2.27% y el mayor valor fue de: 2.47%; generados por la dosis de 0.1 g/L. Las dosis de carbón muestran un efecto contrario al análisis de densidad; es decir, a medida se aumentó la dosis, también aumentó el contenido de extracto seco con variaciones relativamente homogéneas, no así, las dosis de gelatina 0.1 y 0.3 g/L las cuales presentaron el menor valor (0.27%) (Figura 2).



**Figura 2.** Resumen de extracto seco (%) del vino de piña de acuerdo a la dosis de los clarificantes

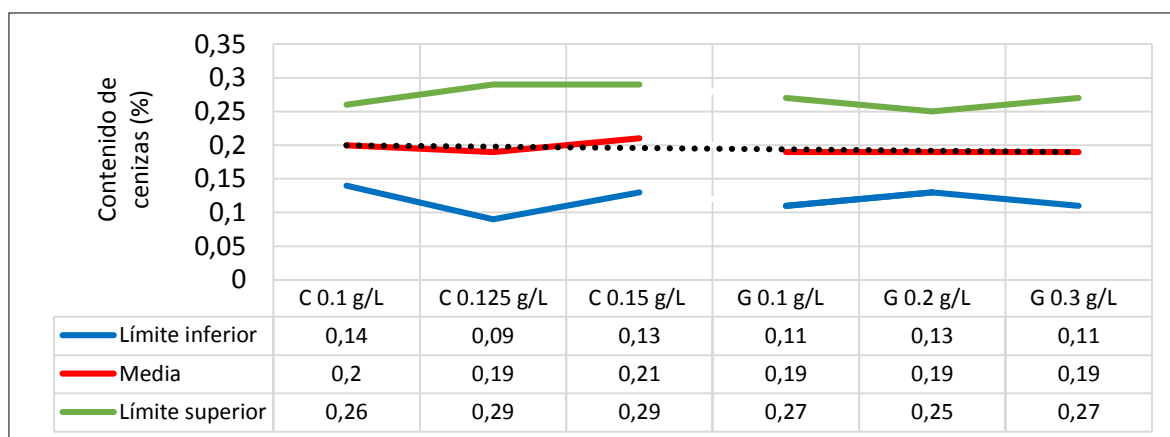
El extracto seco de los vinos blancos secos es menor o igual a 2.51% (Ribéreau-Gayon *et al.* 2003) tomado como referencia al no existir valores para vino de piña. Ambos agentes clarificantes aportan cantidades mínimas de materia orgánica al vino tratado ya que se encuentran en el rango aceptable para vino blanco seco, por lo tanto, las dosis utilizadas en ambos agentes clarificantes han sido adecuadas para clarificar el vino de piña.

Para determinar si existieron diferencias significativas entre los agentes clarificantes, se aplicó la prueba de «T» para muestras independientes (Anexo A-4). Estadísticamente, los agentes clarificantes produjeron similares efectos en el extracto seco del vino de piña ( $0.1864 > 0.05$ ), con un nivel de significancia del 5%.

Para determinar si existieron diferencias significativas entre las dosis de los agentes clarificantes, se desarrolló el análisis de varianza no paramétrico según Kruskal-Wallis (Anexo A-5). Estadísticamente, las dosis de los agentes clarificantes produjeron similares efectos en el contenido de extracto seco del vino de piña ( $0.6801 > 0.05$ ), con un nivel de significancia del 5%.

### 3.3 CENIZAS

En el grupo de carbón activado, el menor valor lo produjo la dosis de 0.125 g/L (0.09%). El valor máximo corresponde a las dosis de 0.125 g/L y 0.15 g/L respectivamente (0.29%). En el grupo de gelatina, el menor y mayor valor lo produjeron las dosis 0.1 g/L y 0.3 g/L respectivamente (0.11%-0.27%). En el resumen del contenido de cenizas de acuerdo a las dosis se observa un comportamiento similar entre las dosis; no obstante, la dosis de carbón 0.125 g/L produjo una mayor variación obteniendo el valor mínimo y máximo respectivamente (Figura 3).



**Figura 3.** Resumen de contenido de cenizas (%) del vino de piña de acuerdo a la dosis de los clarificantes

El rango aceptable de contenido de cenizas para vino blanco seco es de 0.15% a 0.30% (Ribéreau-Gayon *et al.* 2003). Las medias del contenido de cenizas de las dosis de clarificantes se encuentran dentro del rango establecido, por lo tanto, las dosis utilizadas en el experimento han sido adecuadas para clarificar el vino de piña.

Para determinar si existieron diferencias significativas entre los agentes clarificantes, se aplicó la prueba de «T» para muestras independientes (Anexo A-6). Estadísticamente, los agentes clarificantes produjeron similares efectos en el contenido de cenizas del vino de piña ( $0.7440 > 0.05$ ), con un nivel de significancia del 5%.

Para determinar si existieron diferencias significativas entre las dosis de los agentes clarificantes, se desarrolló el análisis de varianza no paramétrico según Kruskal-Wallis (Anexo A-7). Estadísticamente, las dosis de los agentes clarificantes produjeron similares efectos en el contenido de cenizas del vino de piña ( $0.8622 > 0.05$ ), con un nivel de significancia del 5%.

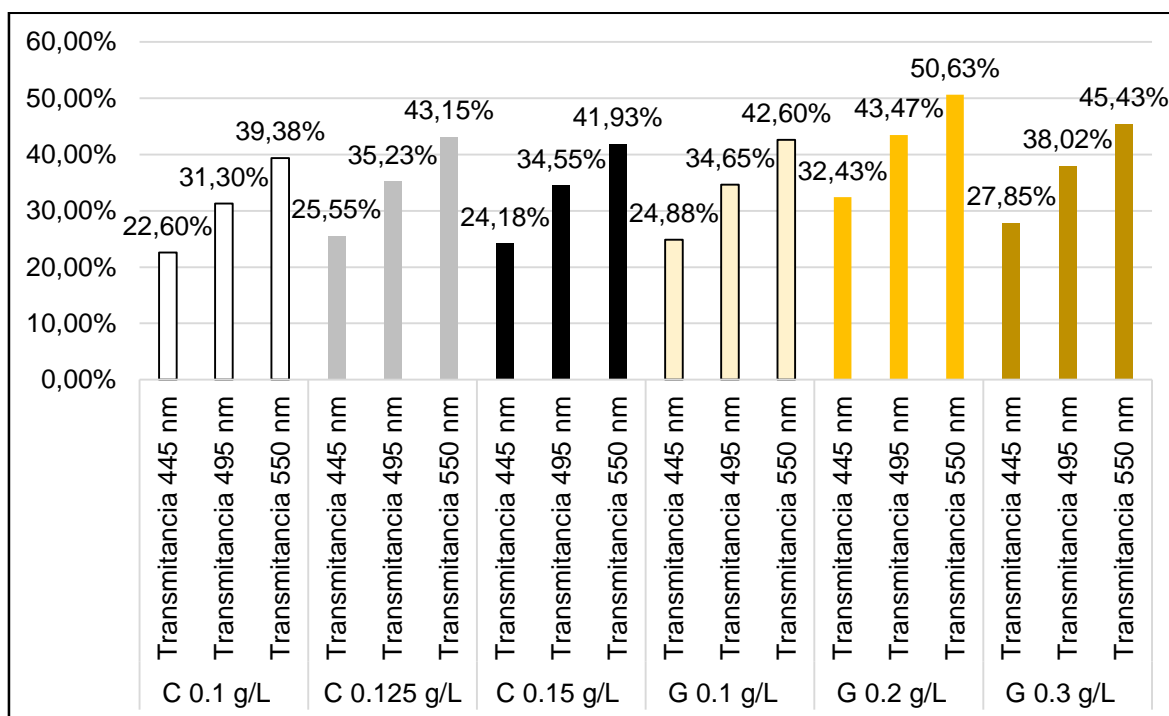
### 3.4 TRANSMITANCIA

Se realizaron mediciones de transmitancia en el vino de piña sin clarificar en las siguientes longitudes de onda: 445 nm, 495 nm y 550 nm (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Parámetros de transmitancia antes de la clarificación

Parámetros		Transmitancia (%)		
		445 nm	495 nm	550 nm
Media		10.75	15.72	19.52
Desviación		2.78	2.56	4.46
Intervalo	Límite mínimo	13.16	15.06	15.06
	Límite máximo	18.28	23.98	23.98

Los valores de transmitancia del vino sin clarificar (límite máximo del Cuadro 3), fueron comparados con los valores de las muestras del vino clarificado; la diferencia entre ambos datos supone la eficacia de clarificación. En la Figura 4 se muestran los resultados de transmitancia después de la clarificación.



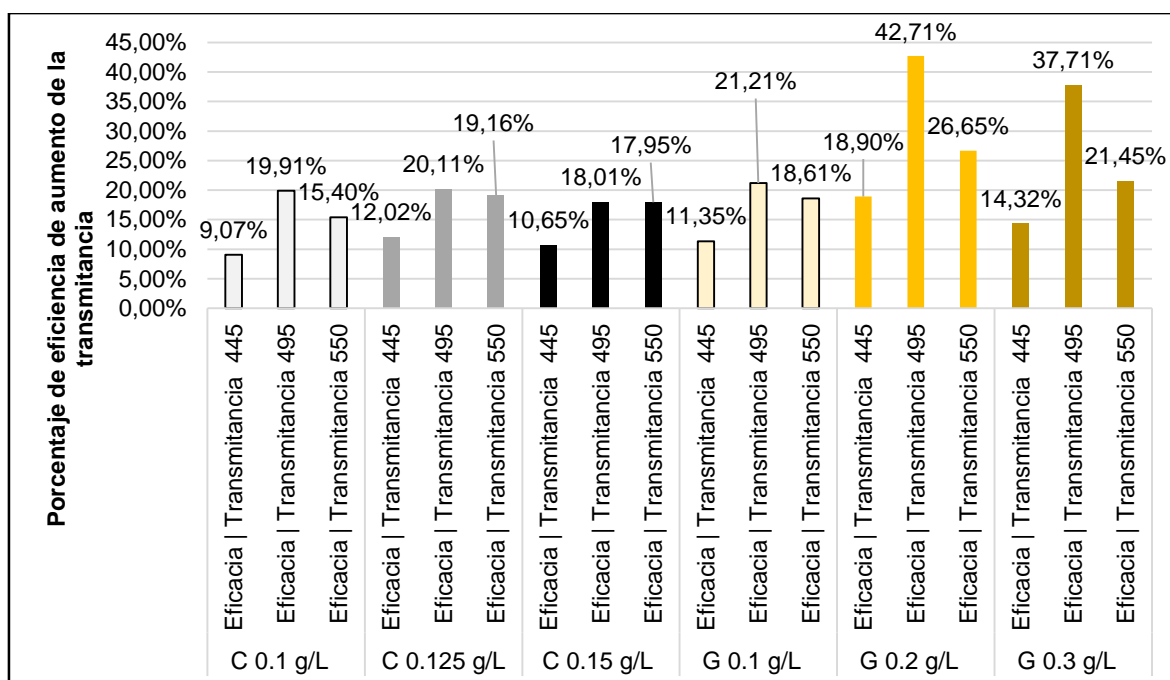
**Figura 4.** Resumen de las medias de los porcentajes de transmitancia según las dosis de clarificantes a tres longitudes de onda

Las dosis de gelatina produjeron promedios de porcentaje de transmitancia más elevados que las dosis de carbón activado en las tres longitudes de onda, dentro de las dosis de gelatina, la dosis 0.2 g/L, presenta el porcentaje promedio más alto (50.63%) para la longitud de onda 550 nm, tal comportamiento según Ribéreau-Gayon *et al.* (2003) se explica debido a que el encolado o clarificación con un agente proteico es un juego de cargas de partículas que depende de su afinidad recíproca en el estado de dispersión; cuanto más completa sea la descarga, tanto más eficaz es la floculación y la clarificación. Por tanto, se dice que la dosis de gelatina de 0.2 g/L produce una descarga más completa de las cargas presentes en el vino.

### 3.4.1 EFICACIA DE TRANSMITANCIA

El mayor valor de la eficacia en el aumento de la transmitancia a 495 nm fue producido por la gelatina a 0.2 g/L (42.71%); mientras que el menor valor lo produjo el carbón

activado a 0.15 g/L (18.01%); la diferencia entre ambos resultados supone una diferencia de 24.7 puntos porcentuales (Figura 5).



**Figura 5.** Resumen de los valores de la eficacia en el aumento de la transmitancia a tres longitudes de onda de acuerdo a las dosis y tipo de agente clarificante

El efecto de la gelatina (superior al carbón) se debió a que en la floculación con cola proteica permite la eliminación de las partículas en suspensión y de las partículas coloidales; lo cual está dado por la acción de los taninos sobre la gelatina, formando compuestos de adsorción de alto peso molecular. Mientras que el carbón activado limita su acción a compuestos de bajo peso molecular (Badui *et al.* 2013).

Para determinar si existieron diferencias significativas entre las dosis de los agentes clarificantes se aplicó un análisis de varianza multivariante según Roy. Las dosis de los agentes clarificantes produjeron distintos efectos en la eficacia en el aumento de la transmitancia del vino considerando las tres longitudes de onda ( $p < 0.05$ ); a un nivel de significancia del 5% (Anexo A-8). Para determinar las dosis que fueron significativamente distintas entre sí, se aplicó la prueba a posteriori según Hotelling (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Prueba a posteriori según Hotelling de acuerdo a la dosis de agentes clarificantes - Eficacia en el aumento de la transmitancia a 445, 495 y 550 nm

Dosis	Eficacia   Transmitancia 445	Eficacia   Transmitancia 495	Eficacia   Transmitancia 550	n	Letras	
G 0.3 g/L	14.3200	19.7300	21.4500	6	A	B
G 0.1 g/L	11.3500	16.3600	18.6100	6	A	B
C 0.15 g/L	10.6500	16.2600	17.9500	6	A	B
C 0.125 g/L	12.0200	16.9500	19.1600	6	A	B
C 0.1 g/L	9.0700	13.0100	15.4000	6	A	
G 0.2 g/L	18.9000	25.1800	26.6500	6		B

Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ), de modo que la dosis de gelatina 0.2 g/L produjo resultados superiores que la dosis de carbón a 0.1 g/L, no obstante, la dosis de gelatina antes mencionada produjo resultados similares al resto de dosis; a un nivel de significancia del 5%.

### 3.5 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN PARA GELATINA

Únicamente en la aplicación de la gelatina como agente clarificante, la correlación entre densidad y transmitancia fue significativa. (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Análisis de correlación entre la densidad y la transmitancia para la gelatina

Variable dependiente	Coefficiente de correlación	p-valor
Transmitancia 445 nm	0.67	0.0024
Transmitancia 495 nm	0.64	0.0044
Transmitancia 550 nm	0.64	0.0040

La correlación entre densidad y transmitancia (445,495 y 550 nm) para la gelatina fueron significativas ( $p$ -valor  $< 0.05$ ). Por lo tanto, fue pertinente ejecutar un análisis de regresión lineal.

### 3.6 ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL PARA GELATINA

El Cuadro 6 muestra el análisis de regresión lineal entre la variable regresora: densidad de vino (variable independiente X) y la transmitancia (variable dependiente Y); incluyen además las ecuaciones de regresión.

**Cuadro 6.** Análisis de regresión lineal según agente clarificante: gelatina – Densidad (X) y transmitancia (Y)

Variable dependiente	Origen (a)	Pendiente (b)	Ecuación de regresión	p-valor
Transmitancia 445 nm	-1,307.51	1,353.20	$Y = -1,307.51 + 1,353.20 (x)$	0.0025
Transmitancia 495 nm	-1,311.60	1,367.80	$Y = -1,311.60 + 1,367.80 (x)$	0.0045
Transmitancia 550 nm	-1,304.68	1,368.41	$Y = -1,304.68 + 1,368.41 (x)$	0.0041

El modelo de regresión lineal aplicado a la variable dependiente: transmitancia, y, la variable regresora: densidad, fue significativo ( $p < 0.05$ ) a las tres longitudes de onda. Por lo tanto, las ecuaciones de regresión se ajustaron para el agente clarificante: gelatina, en todas las longitudes de onda de transmitancia. Es decir, que es posible predecir la transmitancia del vino de piña a partir de una medición de densidad utilizando las ecuaciones de regresión de acuerdo a la longitud de onda deseada.

#### **4. CONCLUSIONES**

La gelatina produjo densidades del vino de piña estadísticamente similares al carbón vegetal activado. Las dosis también fueron estadísticamente similares entre sí. De manera que independientemente del agente clarificante y las dosis utilizadas, las densidades en el vino fueron similares. No obstante, las dosis de gelatina 0.1 g/L y 0.2 g/L produjeron los menores promedios de densidades en el vino, lo cual descartó el exceso de cola (sobreencolado). Al aplicar la dosis de 0.3 g/L se produjo sobreencolado y consecuentemente la mayor densidad (0.9948 g/mL), lo cual fue el único resultado desfavorable en el proceso de clarificación del vino.

Ambos agentes clarificantes aportaron cantidades mínimas de extracto seco las cuales están dentro del límite aceptable para vinos blancos (<2.51%). Las medias del contenido de cenizas en ambos agentes clarificantes se encuentran dentro del rango aceptable para vinos blancos (0.15% a 0.30%). Así mismo, también produjeron similares efectos en la eficacia del aumento de la transmitancia. Es decir, independientemente del tipo de agente clarificante utilizado, los resultados de transmitancia fueron similares, exceptuando la dosis de gelatina 0.2 g/L y la dosis de carbón vegetal activado 0.1 g/L que se comportaron diferente entre sí.

Las ecuaciones de regresión lineal generadas para la gelatina, a las tres longitudes de onda, son estadísticamente válidas para la estimación de la transmitancia a partir de un método de determinación gravimétrico (densidad a 25 °C). De manera que es una alternativa viable para predecir la eficacia de clarificación y la limpidez del vino en ausencia de un espectrofotómetro.

#### **5. RECOMENDACIONES**

Utilizar el agente clarificante que mejor se estime conveniente para fines operativos o sistemas de procesamiento de vino de piña, pues ambos tienen similares efectos en la eficacia de clarificación. No obstante, la gelatina requiere de un proceso de activación, mientras que el carbón activado no, lo cual podría considerarse como una ventaja del último agente.

Dado que todas las dosis produjeron efectos estadísticamente similares en la eficacia de clarificación del vino, podría considerarse conveniente utilizar las menores dosis a fin de reducir el gasto en uso de estos insumos. Aunque también podría considerarse la dosis de gelatina a razón de 0.2 g/L como la mejor alternativa en la clarificación, pues produjo en promedio, vinos más lípidos (transmitancias medias más elevadas).

## 6. BIBLIOGRAFÍA

**Badui, S; Gálvez, A; Flores, I; González, A; Quirasco, M; Munguía, A; Guerrero, I; López, E; Armenta, R; García, R; Ponce, E; Escalona, H; Montejano, J; Valle, P; Barrios, A; Avilés, A; Fernández, M. 2013.** Química de los alimentos. Ed. RP Islas. 5 ed. Distrito Federal, MX. PEARSON. 723 p.

**Carranza, F. 2014.** Manual de laboratorio de química agrícola. San Salvador, SV. 73p

**CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdova), 2011.** Guía Técnica del Cultivo de Piña (en línea), consultado 17 feb. 2016. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20TECNICA%20PIN%CC%83A%202011.pdf>

**De Lucas, J. 1994.** Transformaciones químicas, Bioquímicas y Análisis del Vino. (en línea). Consultado ene. 2016. Disponible en: <http://platea.pntic.mec.es/jdelucas/fermentacion.htm>

**García, J; Xirau, V. s.f.** Técnicas en análisis de enología (en línea). Consultado ene. 2016. Disponible en: <http://www.usc.es/caa/MetAnalisisStgo1/enologia.pdf>

**González, M. 2013.** Haciendo Vino de Frutas en la Cocina (en línea). Consultado may. 2015. Disponible en: <http://www.vinodefruta.com/descargas/Haciendo%20Vino%20de%20Frutas%20-%20Muestra.pdf>

**Rauch, G. 1987.** Fabricación de mermeladas. Zagarozza, ES. Acribia. 199 p.

**Ribéreau-Gayon, P; Glories, Y; Maujean, A; Dubourdieu, D. 2003.** Tratado de enología: Química del vino estabilización y tratamientos. Trad. MT Miccio. Buenos Aires, AR. Hemisferio Sur. v.2, tomo 2, 537 p.

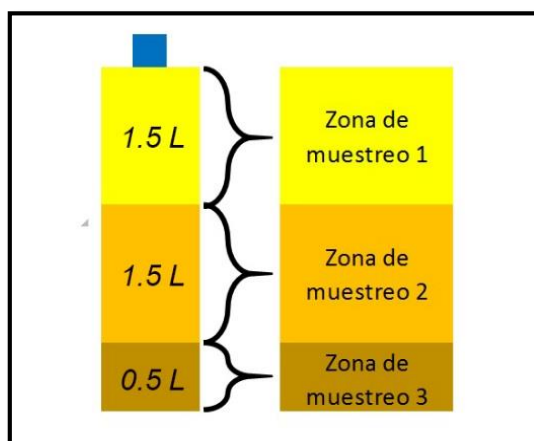
**UNIRIOJA (Universidad de La Rioja), s.f.** Método oficial de determinación del color del vino (en línea). La Rioja, ES. Consultado 26 mar. 2015. Disponible en: [http://www.unirioja.es/cu/fede/color\\_de\\_vino/capitulo06.pdf](http://www.unirioja.es/cu/fede/color_de_vino/capitulo06.pdf)

**Vogt, E. 1972.** Fabricación de vinos. Trad. S Herberg. Zaragoza, ES. Acribia. 292 p.

**Zoecklein, B.; Fugelsang, K.; Gump, B.; Nury, F. 1995.** Wine Analysis and Production. (en línea). Consultado 24 may. 2016. Disponible en: [https://books.google.com.sv/books?id=MwLqBwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.sv/books?id=MwLqBwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

## 7. ANEXOS

**Anexo A-1. Zonas de muestreo**



**Anexo A-2. Prueba de «T» para muestras independientes – Densidad (g/mL) - Agentes clarificantes**

Variable	Grupo 1	Grupo 2	p(HomVar)	p-valor
Densidad	Carbón activado	Gelatina	0.0551	0.4355

**Anexo A-3. ANVA según Kruskal-Wallis de la densidad de acuerdo a las dosis de clarificante (g/mL)**

Variable	Dosis	N	Medias	D.E.	H	p
Densidad	C 0.1 g/L	6	98.66	0.30	0.85	0.9735
Densidad	C 0.125 g/L	6	98.64	0.18		
Densidad	C 0.15 g/L	6	98.62	0.28		
Densidad	G 0.1 g/L	6	98.58	0.19		
Densidad	G 0.2 g/L	6	98.78	0.46		
Densidad	G 0.3 g/L	6	98.81	0.48		

**Anexo A-4. Prueba de «T» para muestras independientes – Extracto seco (%) - Agentes clarificantes**

Variable	Grupo 1	Grupo 2	p(HomVar)	p-valor
Extracto seco (%)	Carbón activado	Gelatina	0.3383	0.1864

**Anexo A-5. ANVA según Kruskal-Wallis de porcentaje de extracto seco de acuerdo a las dosis de clarificante (g/mL)**

Variable	Dosis	N	Medias	D.E.	H	p
Extracto seco (%)	C 0.1 g/L	9	2.38	0.05	3.13	0.6801
Extracto seco (%)	C 0.125 g/L	9	2.40	0.07		
Extracto seco (%)	C 0.15 g/L	8	2.42	0.08		
Extracto seco (%)	G 0.1 g/L	9	2.37	0.1		
Extracto seco (%)	G 0.2 g/L	9	2.39	0.04		
Extracto seco (%)	G 0.3 g/L	9	2.36	0.09		



**Anexo A-6.** Prueba de «T» para muestras independientes – cenizas (%) - Agentes clarificantes

Variable	Grupo 1	Grupo 2	pHomVar	p-valor
Cenizas (%)	Carbón activado	Gelatina	0.5192	0.7440

**Anexo A-7.** ANVA según Kruskal y Wallis de la cantidad de cenizas de acuerdo a las dosis de clarificante (%)

Variable	Dosis	N	Medias	D.E	H	p
Cenizas	C 0.1 g/L	9	0.20	0.16	1.90	0.8622
Cenizas	C 0.125 g/L	9	0.19	0.10		
Cenizas	C 0.15 g/L	9	0.21	0.08		
Cenizas	G 0.1 g/L	9	0.19	0.08		
Cenizas	G 0.2 g/L	9	0.19	0.06		
Cenizas	G 0.3 g/L	9	0.19	0.08		

**Anexo A-8.** Análisis de la varianza multivariante según Roy de acuerdo a la dosis de agentes clarificantes – Eficacia en el aumento de la transmitancia a 445, 495 y 550 nm

Cuadro de Análisis de la Varianza (Roy)					
Fuente de variación	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Dosis	0.62	3.7	5	30	0.01