

DISEÑO DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL CON SABOR A CAFÉ.

Juliana Monsalve Machado^a, Laura Velez Restrepo^a,

Jaime Andrés Gutiérrez Monsalve^b

^a Estudiante de Ingeniería de Procesos, Universidad EAFIT, Medellín Colombia

^b Profesor, Asesor del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería de Procesos, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia

Resumen

Se diseñaron 10 recetas de cerveza artesanal con sabor a café y de ellas se seleccionaron cinco para una prueba sensorial con un panel no experto de 30 personas. En dicho proceso se reemplazó el lúpulo aromatizante por extracto de café en la etapa de fermentación y se establecieron las condiciones de las variables en las etapas de maceración, cocción, fermentación y maduración, con el fin de lograr una receta viable para escalar industrialmente. Se hizo uso de una metodología de diseño de experimentos (diseños factoriales fraccionados) para establecer y evaluar las diferentes condiciones de operación con el fin de maximizar la gustosidad del producto, así como análisis multivariantes y correlaciones múltiples. Se encontró que la receta tipificada como la cerveza 2 fue la más apetecida en cuanto al nivel de preferencia, sabor, aroma y apariencia; sin diferencias significativas con la cerveza 1 (cerveza comercial producida por la planta de Juliana Monsalve); por su parte las cervezas tipificadas como cerveza 4 y 5, fueron las peores presentando diferencias significativas con las dos primeras; la cerveza 3 fue una de transición y puede mejorarse (Discriminante canónico con una varianza explicada del 83,8%). Para las cervezas 1 y 2 se estableció que el nivel de preferencia y sabor de las mismas se correlacionaba en un 89% y 56% con respecto a la apariencia; hecho que evidencia que la apariencia es una de las variables que más influyen en la gustosidad de la cerveza artesanal. Por último se estableció que la mejor receta se puede obtener con concentraciones bajas de extracto de café (correlación significativa con la apariencia ($r \geq 0.7$) y la preferencia ($r \geq 0.7$)); trabajar con el nivel bajo de la concentración de agua; nivel bajo de lúpulo aromatizante y tipo de malta en el nivel alto. Por último se pudo establecer que el tamaño de partícula en la molienda no afecta la percepción de la cerveza en función de las variables analizadas. Los resultados obtenidos en este trabajo constituyen una innovación en la producción y evaluación del proceso productivo de una cerveza artesanal con sabor a café, y la receta obtenida puede ser comercializada sin temor a que sea un fracaso comercial en el negocio de Juliana Monsalve.

1. Introducción

En los últimos años han surgido una serie de cervecerías artesanales las cuáles elaboran cerveza con una variedad de aromas, texturas y sabores. Este tipo de cervecerías se centra en satisfacer las necesidades de públicos muy específicos, con gran capacidad de compra y con gustos especiales. [1] Adicional a ello, se ha empezado a observar en Colombia, una creciente tendencia del mercado a preferir cervezas alternativas a las convencionales: ahora en los principales supermercados, los consumidores esperan encontrar nuevas opciones de productos; esto evidencia el potencial que tiene el desarrollo de procesos para la producción de cervezas artesanales en Colombia, adicional a ello en el país la cerveza artesanal tiene un incremento de tasas de consumo anual aproximado de un 30%. [2]

En Antioquia la cervecería artesanal Premium 3 cordilleras es la única empresa que dentro de los seis tipos de cerveza que ofrece, utiliza el café dentro de sus materias primas para dar aroma más no sabor en la cerveza negra; dicha cerveza tiene un sabor característico a chocolate con notas de aroma a café, lo que la diferencia de la cerveza propuesta en este proyecto, la cual tiene tanto aroma como sabor a café. [3] Es importante tener en cuenta que el sabor (gusto) es una característica diferente al olor[4] –presente en la cerveza 3 cordilleras-; por tal motivo la cerveza que se desarrolló en este trabajo es innovadora dado que no existe en el mercado antioqueño una empresa de cervecería artesanal que comercialice y produzca este tipo de cerveza con sabor y aroma a café. Por otro lado, el precio de venta de las cervezas artesanales reconocidas es costoso y por ello se requiere del diseño de un proceso de producción óptimo permita impactar un sector del mercado cervecero antioqueño no explorado suficientemente y buscar la manera de abaratar los precios de venta del producto [5].

En la ciudad de Pereira se realizó un proyecto de viabilidad y factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de cerveza artesanal, en el cual se llevó a cabo un estudio estadístico sobre la preferencia de los consumidores para comprar este tipo de cerveza, los resultados mostraron que los participantes manifestaron un gran interés por probar una cerveza de café. Finalmente, aún teniendo toda la información anterior, el proyecto solo se realizó en términos investigativo, más no se llegó a la producción y comercialización a escala de la cerveza. [6]

En el mercado mundial se encuentran algunas cervezas artesanales con sabor a café tales como la Black River Coffee® (Sur África) [7], Dawat Pure Café® (España) [8], las cuales en su mayoría han tenido aceptación por parte de los consumidores. De manera particular, la cerveza artesanal Dawat Pure Café® es un ejemplo de cómo este tipo de cerveza tiene altas probabilidades de incursionar en el mercado con una alta demanda, ya que dicha cerveza utiliza un proceso de elaboración muy similar al presentado en este trabajo y aunque en el método que utilizan no adicionan extracto de café, combinan aromas ligeros a maltas tostadas para crear esa sensación de sabor a café [8]. A diferencia de la Duwet Pure Café®, en este proyecto se desarrolló un proceso que incluye la adición de extracto de café y busca beneficiarse de la oportunidad que se tiene en Medellín para replicar y adaptar el modelo de negocio planteado para la mencionada cerveza comercial.

El diseño estadístico experimental, y en particular el diseño factorial fraccionado utilizado para el desarrollo del proceso de producción de la cerveza con sabor a café, es una de las principales herramientas para la mejora y la optimización de procesos productivos, en estos diseños se seleccionan los factores críticos en dos niveles específicos. El diseño utilizado se puede construir y aleatorizar a partir de un software especializado como el utilizado en este trabajo (R paquete RDOE), con las corridas y las variables de respuesta se construye una matriz en Microsoft Excel® y se establece un modelo lineal de orden 1 o 2 que permite observar los componentes de los factores que son significativos; luego se construye la tabla ANOVA que permite probar las hipótesis nulas asociadas a los efectos significativos de cada uno de los factores utilizados en el proceso y por último a partir de las gráficas de interacción y superficie de respuesta, se puede visualizar cuál fue el tratamiento o receta que mostró mejor aceptabilidad. Igualmente los modelos de regresión simple y múltiple permiten establecer los niveles de correlación entre las diferentes variables analizadas utilizando tablas o gráficas: en este caso coeficientes de correlación de Pearson cercanos a |1| permiten establecer relaciones significativas; es decir explicar en función de modelos de correlación si existe relación entre una variable

como Sabor y Preferencia. Esta herramienta estadística, se convierte en una metodología apropiada para el rápido desarrollo de procesos industriales con bajos recursos de tiempo y económicos[17], [18].

Por tal motivo, este proyecto presenta el diseño de un proceso de producción de cerveza artesanal con sabor a café en una planta piloto ubicada en la ciudad de Medellín. Para el diseño del proceso de producción se hizo uso de una metodología de diseño experimental factorial fraccionado donde se determinaron los factores más críticos del proceso y sus variables para producir 10 recetas artesanales; luego por medio de pruebas sensoriales en consumidores recurrentes de la cerveza se seleccionaron las 5 mejores recetas y se determinó el nivel de aceptabilidad de las diferentes recetas de cerveza obtenidas. Comparando el comportamiento de las diferentes recetas con una marca reconocida de cerveza artesanal se estableció estadísticamente si la cerveza desarrollada es mejor o igual que la de los competidores. El método aquí desarrollado es innovador pues desarrolla un proceso de producción de cerveza con sabor a café, se determinan las condiciones de las etapas críticas de diseño y se valoran las diferentes recetas producidas con el fin de encontrar la mejor receta para ser comercializada.

2. Materiales y métodos

Para la producción de la cerveza artesanal con sabor a café, se hizo uso de las siguientes materias primas y equipos:

Materiales: Agua, Malta base de cebada (Pilsen), Malta chocolate, Malta negra, Malta caramelo, Avena arrollada, Lúpulo Cascade 5-9%aa, Levadura Safale us-05 ALE, Tabletas Whirlfloc, Extracto de café, Azúcar, Botellas de vidrio, Yodo. Todos los insumos fueron comprados en la plaza de mercado local y pueden ser considerados como de pureza comercial.

Equipos: Molino de rodillos, Macerador, Tanque de agua, Tanque de cocción, Enfriador contracorriente, Tanque Fermentador, Tanque Madurador, Agitador, Airlock, Balanza, Probeta, Densímetro, Termómetro, Malla de tul, Recipientes, Beaker, PH metro, Espectrofotómetro, Cromatógrafo de gases, Alcoholímetro, Malla de acero de 2 micras, Colador, Aspersor, Bomba de agua; para ver los equipos con más detalle puede consultarse el Anexo 3

2.1. Proceso de producción de cerveza artesanal con sabor a café

Las maltas se pesan de acuerdo a los gramajes de la receta, y se enciende el calentador para el agua hasta alcanzar los 80°C. Una vez molidas las maltas, se pasan al macerador por medio de la malla de tul –para evitar sólidos muy grandes- y se mezclan con agua hasta alcanzar una altura de 2 centímetros por encima de los granos; el proceso de maceración dura 90 minutos. Finalizados los 90 minutos, se procedió a realizar una recirculación con la ayuda de una bomba de agua durante 30 minutos, en la cual fue necesario hacer uso de un aspersor para evitar que las partículas de las maltas traspasaran el filtro. Culminados los 30 minutos se encendió el calentador del tanque de cocción y toda la mezcla del macerador se transportó por medio de una bomba de agua, en esta etapa es importante realizar la prueba de yodo y cerciorarse que la densidad es la adecuada. La mezcla se coce por alrededor de 50 minutos luego del primer hervor, en este proceso debe retirarse en forma simultánea el exceso de espuma utilizando para ello un colador. Finalizado el proceso del espumado se agrega el lúpulo dentro de la malla de acero de 2 micras. Transcurridos 40 minutos del tiempo de cocción se añaden las pastillas del floculante whirlfloc; al culminar los 50 minutos se apaga el calentamiento y se realiza una agitación fuerte del mosto para hacer más efectiva la clarificación, este proceso dura 15 minutos. Transcurrido el proceso de clarificado, la mezcla se enfría hasta los 30°C y se pasa hacia fermentador donde se siembra la levadura, en este punto se mide la densidad y la temperatura, y el fermentador se sella con una válvula airlock, la cual dejar salir el CO₂ producido por la levadura y evita la entrada del oxígeno; la fermentación dura 7 días. Una vez terminado el proceso de fermentación el mosto se lleva al tanque de maduración, allí se agrega el extracto de café y se deja actuar por otros 7 días. Para finalizar, se envasa la cerveza en las botellas de vidrio a las cuales se les agregó azúcar para terminar el proceso de

carbonatación, el cual se debe dejar mínimo por 8 días en reposo después de sellada la botella (Elaboración propia de la cerveza, ver Anexo 1)

2.2. Establecimiento de las etapas y las condiciones críticas que permitan la viabilidad de un proceso de producción de cerveza con sabor a café a partir de una metodología de diseño de experimentos.

Para determinar las condiciones de producción de cerveza artesanal con sabor a café, se seleccionaron las etapas del proceso y los rangos de operación de cada etapa de acuerdo a la experiencia en la planta piloto (ver Anexo 1) [12]. Para determinar las condiciones de producción de la cerveza se planteó un diseño experimental en donde para cada etapa se determinaron los factores (operaciones unitarias, concentraciones de los ingredientes, variables físicas como temperatura y variables temporales) asociados en por lo menos dos niveles, en este se midieron variables físico químicas tales como: PH, color, alcohol, entre otros [13].

Las etapas que se modificaron fueron el molino de rodillos en donde se establecieron dos niveles de tamaño de malta; en el tanque de cocción se varió en dos niveles la cantidad de lúpulo y la cantidad de agua; en el proceso de maduración se varió la cantidad de extracto de café en por lo menos dos niveles y se utilizaron mezclas de 3 tipos de maltas (para más detalle ver el Anexo 1). Las cantidades y proporciones de cada uno de los tratamientos se mantendrán en confidencialidad por motivos de propiedad intelectual. El diseño experimental utilizado fue un factorial fraccionado $2^5(5-2)$ con 2 puntos al centro y la matriz del experimento se muestra en el Anexo 4.

En el laboratorio de Fenómenos Químicos adscritos al Departamento de Ingeniería de Procesos de la Universidad EAFIT se midieron algunas condiciones fisicoquímicas como pH; el color y el nivel de alcohol se determinó en porcentaje volumen con equipos disponibles en el laboratorio de Instrumental de la misma universidad. Los pasos para realizar las mediciones se encuentran en los protocolos disponibles en cada laboratorio de la Universidad EAFIT. Solamente se publicaron resultados de variables que afectaron significativamente las variables de gustosidad o que permitieron caracterizar adecuadamente un tipo de receta de cerveza.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%. La suposición de normalidad se verificó por medio del P-valor de Shapiro-Wilks y los supuestos de igualdad de varianzas por medio del test de Levene. Para los diseños unifactoriales, la diferencia entre las medias de los tratamientos se evaluó con un análisis de rangos múltiples por medio de la prueba de Tuckey HSD. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el software estadístico gratuito R stats y los paquetes PlotsR, StatR, DOE [14]. Para el análisis de las encuestas se utilizaron tablas de contingencia bi y tri-variantes y pruebas de Chi-Cuadrado para determinar incidencias significativas de grupos y estratos; estos análisis se realizaron utilizando paquetes de R como dplyr, ggplot2 entre otros. Se utilizó como control positivo una cerveza artesanal reconocida en el mercado. Todos los análisis se hicieron con un 95% de confianza.

Igualmente se hizo uso de modelos canónicos multivariantes, en particular se utilizó el discriminante canónico con el fin de establecer diferencias significativas entre los diferentes niveles de un factor a partir de múltiples variables de respuesta, se iteraron diferentes tipos de modelos y se seleccionaron aquellos cuyo coeficiente de determinación fuera superior a 0.7; por último, se utilizaron análisis de regresión simples y múltiple entre los parámetros de gustosidad y los fisicoquímicos, con el fin de establecer la influencia de estas variables en las cervezas de las mejores cervezas, los resultados de estos análisis se presentaron en forma gráfica y analítica

2.3. Determinación del nivel de aceptabilidad de las diferentes recetas de la cerveza obtenidas del objetivo anterior a partir de un análisis sensorial del consumidor final.

La aceptabilidad se evaluó a partir de encuestas a una muestra de consumidores de cerveza en Medellín [9]. A los participantes del estudio se les presentaron diez cervezas tipificadas de la A a la J, de las cuales el encuestador escogió las 5 mejores en su orden de preferencia (mismas que se llevaron a evaluación hasta el final de las pruebas), luego se le pidió que calificara en una escala de 1-5 aspectos como: olor, sabor y apariencia en comparación con una cerveza artesanal de reconocida marca. La muestra se seleccionó teniendo en cuenta el género y se midieron otros indicadores sociodemográficos como la edad, el estrato, lugar de origen y nivel de estudio. La encuesta se realizó a consumidores interesados en probar el producto; se tuvo una muestra mínima de 30 personas. Esta metodología se engloba en el concepto de prototipado en Design Thinking [10] [11]. En el Anexo 2 se encuentra el esquema de la encuesta a realizar.

2.4. Mejores condiciones la receta que permita la reproducción del proceso de producción de cerveza con sabor a café.

Una vez obtenidos los resultados de las metodologías desarrolladas anteriormente, se llevó a cabo la formulación de la receta más adecuada para la reproducción del proceso de producción. En la receta se incluyó los tipos de materia prima, las concentraciones o composiciones de dichas materias primas, las especificaciones de cada uno de los procesos y las posibles consecuencias que se pueden derivar de cambios en concentración y en condiciones de procesos, igualmente se compararon estadísticamente si efectivamente las recetas desarrolladas fueron iguales o mejores en comparación con una cerveza artesanal ampliamente comercializada en la ciudad de Medellín.

3. Resultados y análisis

Con el fin de modelar los resultados obtenidos, se procedió a la elaboración de las recetas de acuerdo a lo descrito en los apartados 2.2. y 2.3.; las recetas fueron puestas a consideración ante un panel de 30 consumidores No Expertos pero recurrentes de cerveza. A continuación se muestran los resultados obtenidos con el análisis de los resultados. Los resultados que se presentan a continuación corresponden a las 5 mejores recetas producidas y a las calificaciones generadas luego de aplicar el formato descrito en el Anexo 2

3.1. Nivel de aceptabilidad de las diferentes recetas de la cerveza obtenidas a partir de un análisis sensorial del consumidor final

Para determinar el nivel de aceptabilidad de las mejores cinco recetas de cerveza, se hizo uso de un discriminante canónico con el fin de establecer si existen diferencias notables que permitan discriminar entre los cinco tipos de cerveza y las variables de respuesta evaluadas, como se observa en la Figura 1, se encontraron tres grupos de cerveza: en el primero de ellos sobresalen la cerveza 1 y 2 que mostraron tener la calificación más alta en aroma, apariencia, sabor y preferencia; un segundo grupo está caracterizado por la cerveza 3, la cual podemos decir que es una cerveza de transición entre el mejor grupo y las que mostraron tendencias más bajas- es de recordar que la cerveza 1 ha sido la receta vendida en la empresa de Juliana Monsalve por muchos años y por tanto se convierte en un control positivo-, por último se observa que las cervezas 4 y 5 fueron las que mostraron menores calificaciones de aroma, apariencia, sabor y preferencia. En cuanto a las variables sociodemográficas como Estrato y Edad, en el muestreo de 30 personas, no se observó diferencias significativas, por lo que puede decirse que las recetas 1 y 2 fueron las preferidas entre todos los estratos y edades. Este modelo mostró una varianza explicada del 83.81%.

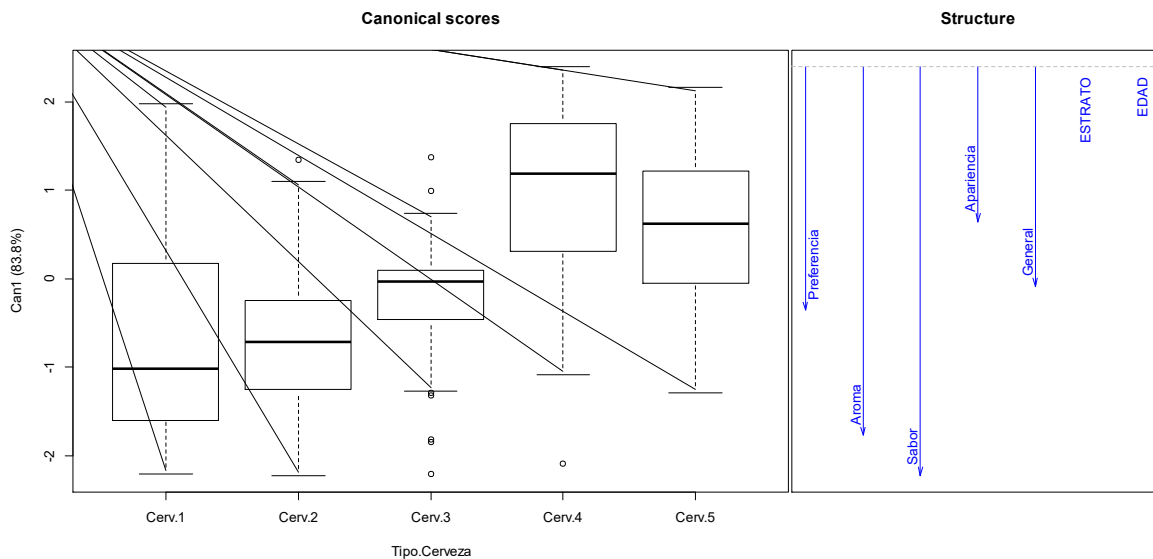


Figura 1: Discriminante canónico que refleja las diferentes calificaciones en función del tipo de cerveza para una muestra de 30 personas encuestadas. En esta gráfica se obtuvo un modelo canónico que explica en un 83,8% la varianza en función de los tipos de cervezas evaluados.

Con el fin de entender mejor las variables que influyeron en la percepción de sabor, aroma y apariencia, en las mejores cervezas, se utilizó una matriz de correlación múltiple para las mejores cervezas (Control positivo cerveza 1) y la cerveza 2; en la Figura 2 se muestran los resultados:

En la Figura 2 se puede apreciar que para la cerveza 1 la apariencia se encuentra altamente correlacionada con la preferencia, es decir la preferencia de la cerveza aumentó significativamente en función de la apariencia con una correlación del 89%, es decir el usuario valoró en mayor medida la apariencia a la hora de preferir la bebida; este resultado está de acuerdo con Chollet en el 2009 [15], quién describe de manera rotunda la influencia que tiene el factor visual en el momento de escoger una cerveza, igualmente este autor determinó que el entrenamiento sensorial no parece tener un efecto sobre los criterios utilizados para organizar las percepciones de cerveza [15]. Sin embargo, en este estudio se observó que la preferencia de la cerveza en función de la apariencia tiene validez, debido a que por lo general las personas que de verdad gustan de la cerveza prefieren colores oscuros, característica principal de la cerveza 1, ya que esto les genera la sensación de que entre más oscuro sea el color, más intenso es el sabor.

En cuanto a la cerveza 2 la correlación entre la preferencia y la apariencia también fue alta. Sin embargo, la más significativa fue entre el sabor y la apariencia con una correlación del 55%, de acuerdo con la literatura los individuos asocian ciertos sabores con colores específicos y cuando los colores se alteran, la identificación del sabor disminuye: cuanto más fuerte es la asociación color-sabor mayor es el impacto de color [16]. A nuestro conocimiento esto se debe a que las maltas oscuras utilizadas como materias primas en el proceso de producción de la cerveza intensifican tanto el sabor como la apariencia de la misma y citando el autor [15], también la apariencia influyó en gran medida en el sabor de la cerveza.

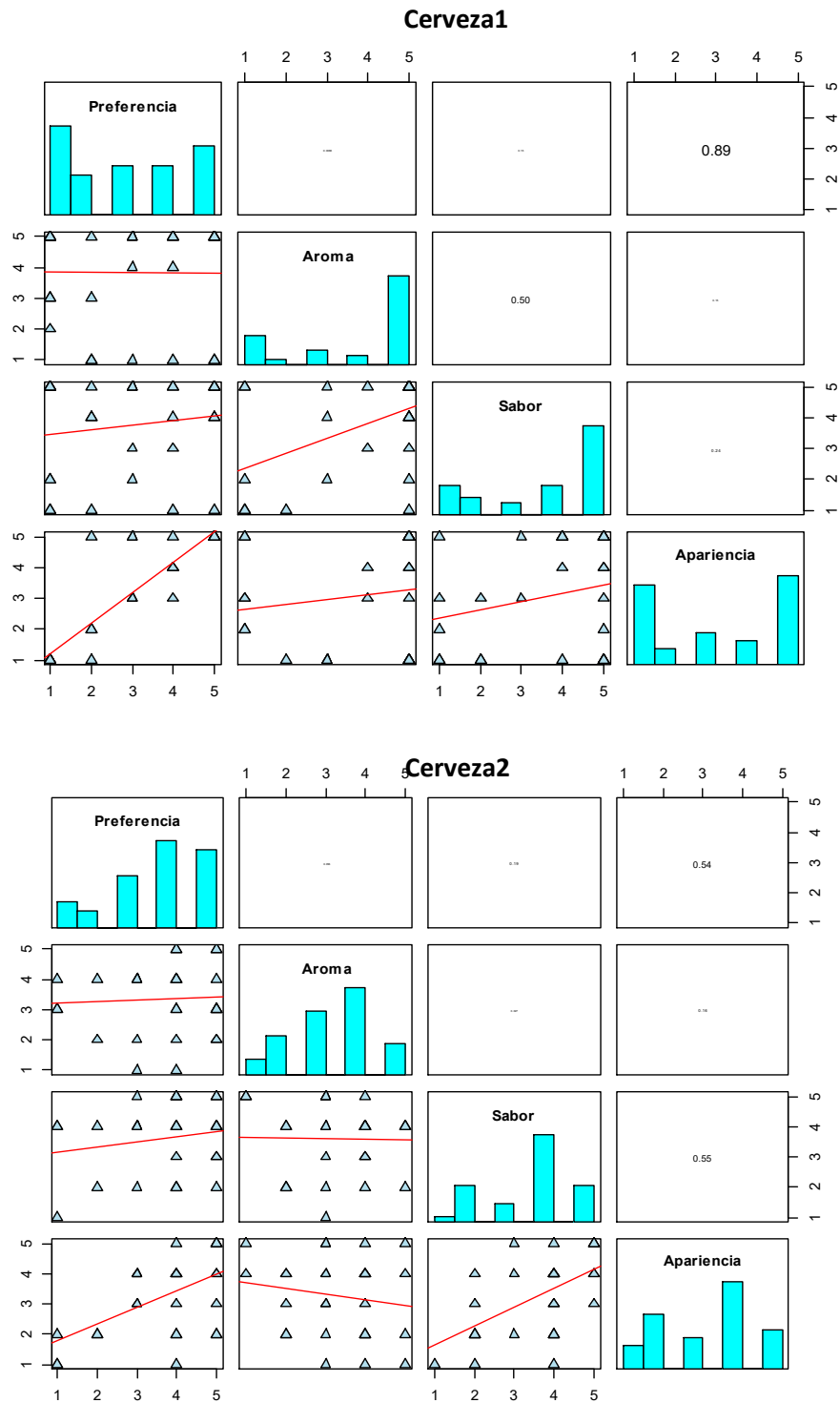


Figura 2: Matriz de correlación entre las variables Preferencia, Aroma, Sabor y Apariencia para las Cervezas 1 y 2: En los paneles por encima de la diagonal se muestra el coeficiente de correlación de Pearson que expresa el nivel de correlación entre las variables; por debajo de la diagonal se muestran las tendencias lineales que describen la correlación.

Como conclusión, de las 10 recetas desarrolladas, se seleccionaron las 5 mejores, entre ellas la receta 1 es la que más se vende en la planta de Juliana Monsalve, sitio donde se produce y comercializa la cerveza. De las recetas 2, 3, 4 y 4 se encontró que la receta 2 fue la mejor al no tener diferencias en sabor, aroma y preferencia respecto a la cerveza 1 (control positivo): en el caso de la Cerveza 1 se observó una fuerte correlación (coeficiente de correlación del 89%) entre la preferencia y la apariencia, esto pudo ser debido a que el usuario asoció la predilección con el color oscuro de la cerveza; igualmente para la cerveza sabor a café 2; el usuario asoció más el sabor con la apariencia (coeficiente de correlación del 56%), también debido a la fuerza que tiene la apariencia con el sabor. En conclusión la variable más importante para juzgar la preferencia de una cerveza es el cuidado de la Apariencia, según el muestreo y las pruebas realizadas.

3.2. Establecimiento de las etapas y condiciones críticas que permitan la viabilidad de un proceso de producción de cerveza artesanal con sabor a café.

Como se mencionó anteriormente, se seleccionaron las variables críticas del proceso de producción como se muestra en el Anexo 1, las cuales afectaron las características generales del producto final; cada una de estas etapas se varió en dos niveles. A partir del diseño experimental aplicado en el Anexo 4 se obtuvo los resultados publicados en esta sección. El objetivo principal de este apartado fue determinar cuáles son las condiciones del proceso de producción de la cerveza que afectaron las variables fisicoquímicas y de gustosidad. Los análisis aquí presentados se centraron en aquellas variables que mostraron diferencias estadísticas notables.

3.1.2. Para determinar cómo los diferentes niveles de los factores evaluados en el diseño experimental afectan las variables de preferencia de la cerveza, aroma, sabor y apariencia se realizó un mapa de calor que correlacionó los factores críticos del proceso de elaboración de la cerveza en los niveles evaluados, adicional a ello se diseñó un Pareto a partir de la metodología de particionamiento jerárquico [17] para explicar la variabilidad observada de cada factor respecto a la variable de respuesta o percepción. En las Figuras 3, 4 y 5 se presentan los resultados de dicho análisis.

- Nivel de Preferencia de las mejores cervezas a partir de las condiciones de proceso:

En la Figura 3 se presenta un análisis de Pareto bajo el método de particionamiento jerárquico [17], que permite establecer en orden descendente las variables que explican en mayor o menor medida las variaciones observadas en la variable de respuesta preferencia de la cerveza (la cuál era calificada por el usuario de 1 a 5). En dicha Figura se observa que la concentración de extracto de café es el factor más influyente en cuanto a la preferencia de la cerveza, ya que ella misma es capaz de explicar el 60% de la variación observada en la preferencia de la cerveza. Referente al tipo de malta utilizado para la producción de cerveza, se observa que su efecto es del 18%, el cual es muy bajo a comparación de la concentración de extracto de café, pero que aun así está por encima del efecto que tiene la cantidad de agua y la cantidad de lúpulo a la hora de preferir una cerveza, con un porcentaje de 15% y 10% respectivamente.

Para determinar la relación entre las diferentes variables sensoriales con la preferencia con respecto al nivel de preferencia de la cerveza, se publica la Figura 4; allí se observa que la concentración de extracto de café es inversamente proporcional a la preferencia de la cerveza con diferencias significativas (No hay presencia de X en la bola), es decir, que a menor concentración de extracto de café, mayor preferencia. En cuanto al tipo de maltas y la cantidad de lúpulo se puede decir que son directamente proporcionales a la preferencia de la cerveza, pero no poseen diferencias significativas por lo que a maltas más oscuras (niveles superiores) y a mayor cantidad de lúpulo; mayor preferencia. Finalmente, la cantidad de agua es inversamente proporcional a la preferencia de la cerveza, pero con pocas diferencias significativas, lo que conlleva a que al disminuir la cantidad de agua aumenta la preferencia.

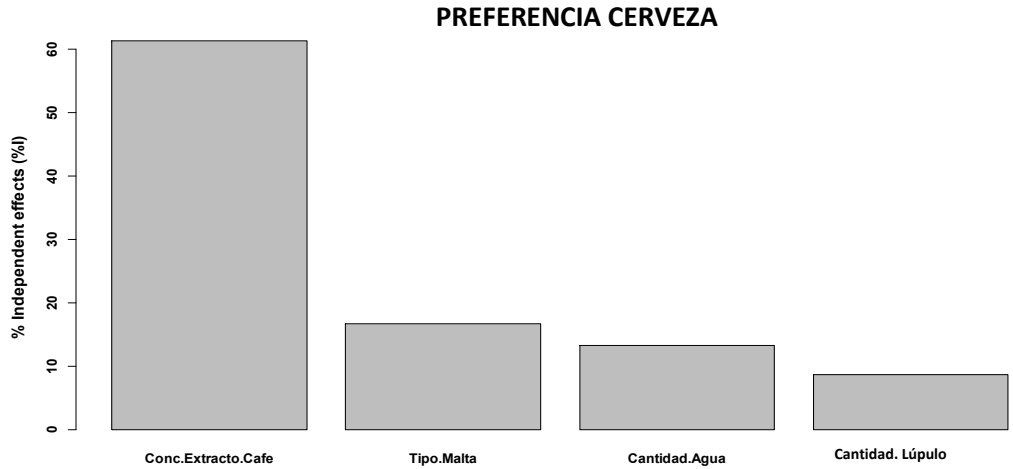


Figura 3: Diagrama de Pareto bajo el particionamiento jerárquico de los factores críticos del proceso de elaboración de la cerveza en los niveles evaluados. Esta Figura fue realizada utilizando el paquete StatR de R [17]

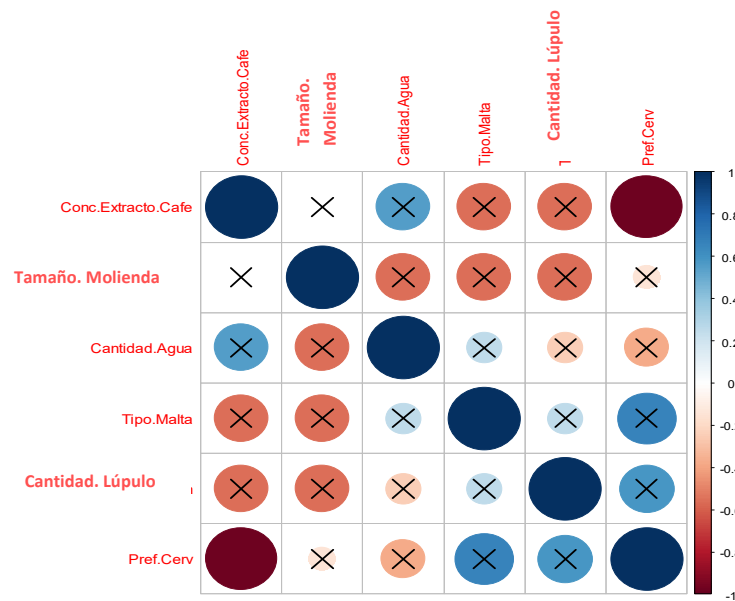


Figura 4: Mapa de calor que correlaciona cada una de las variables analizadas. Colores azules en las bolas indican que la correlación es directa, colores rojos indica que la correlación es inversamente proporcional. La intensidad del color indica el nivel de asociación entre las variables. Las X's dentro de las bolas denotan que no existen correlaciones significativas entre las variables. Estos análisis fueron realizados con el paquete StatR de R.

➤ Aroma y Sabor:

Dado que no se encontró variables que afectaran de manera significativa tanto el sabor como el aroma de la cerveza, no es significativo presentar el Pareto con el particionamiento jerárquico, en este caso se presenta el mapa de calor que expresa los niveles de correlación entre las variables como se muestra en las Figuras 5 y 6. Tanto el aroma como el sabor son inversamente proporcionales a la concentración de extracto de café, la cuál

fue la variable que presenta mayor intensidad en la correlación (por la mayor coloración oscura). En cuanto a la cantidad de agua se observó que para el Aroma se prefieren menores cantidades, mientras que para el sabor se prefieren más cantidades de agua, igualmente para el sabor y el aroma se prefieren niveles más bajos de maltas (igual al resultado Figura 3). Por último hay una leve contradicción: para el aroma se prefieren tendencias a mayores cantidades de lúpulo (Figura 5), pero para el sabor menores cantidades (Figura 6).

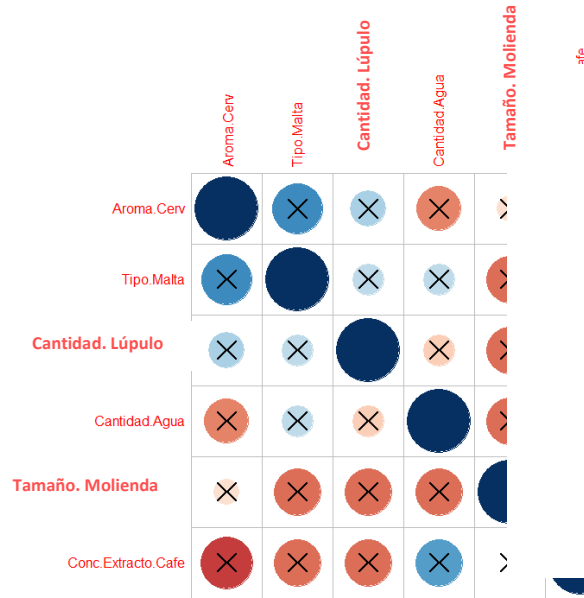


Figura 5: Mapa de calor Aroma.

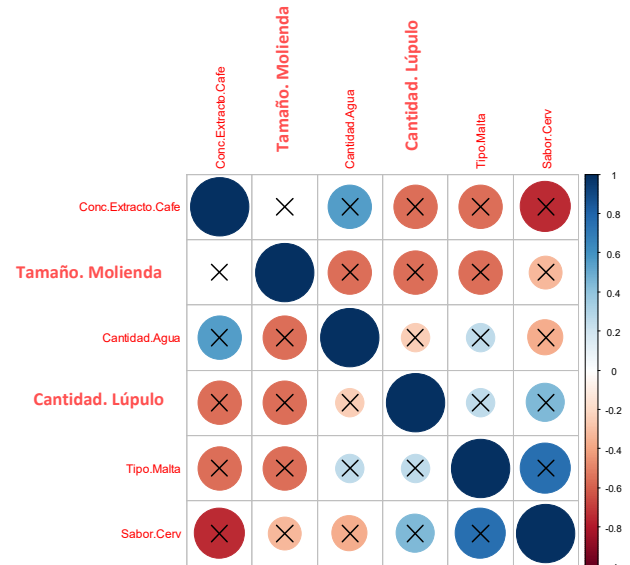


Figura 6: Mapa de calor Sabor.

➤ Apariencia de la cerveza:

Dado que la Apariencia fue una de las variables que más afectó la preferencia de la cerveza, en la Figura 7 se muestra que la variable concentración de extracto de café es el factor más influyente en cuanto a la apariencia de la cerveza, explicando el 40% de la variabilidad observada en la preferencia de la cerveza. Referente al tipo de malta y la cantidad de agua utilizados para la producción de cerveza, se observa que su efecto es del 20% aproximadamente, el cual tiene una influencia media en comparación de la concentración de extracto de café, pero que aun así está por encima del efecto que tiene la cantidad de lúpulo y el tamaño de molienda en las cuales se observó un porcentaje de 12% y 8% respectivamente.

Para determinar la relación que tiene cada uno de estos factores con respecto a su influencia en el nivel de apariencia, se analizaron los resultados de la Figura 8; en donde se observó que la concentración de extracto de café es inversamente proporcional a la apariencia de la cerveza con diferencias significativas, mismo resultado encontrado en el numeral anterior, es decir, que a menor concentración de extracto de café mayor la apariencia y por tanto mayor preferencia. En cuanto a la cantidad de agua y tamaño de moliendo se puede decir que también tienen un efecto inversamente proporcional, pero en este caso sin diferencias significativas. Finalmente, el tipo de malta y la cantidad de lúpulo son directamente proporcionales a la apariencia de la cerveza, pero sin diferencias significativas.

APARIENCIA CERVEZA

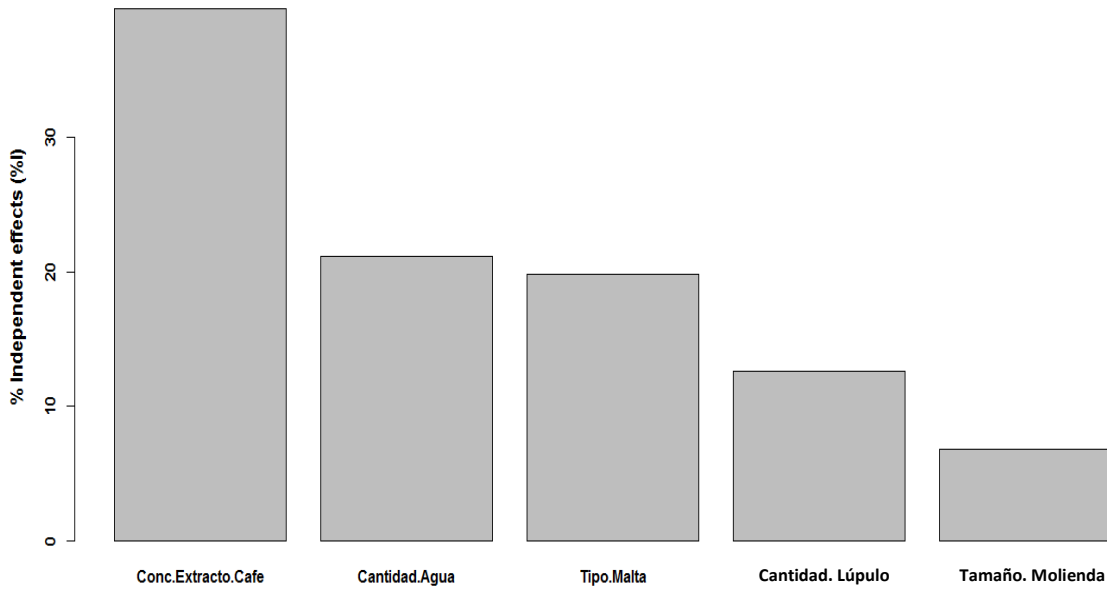


Figura 7: Diagrama de Pareto de los factores críticos del proceso de elaboración de la cerveza en los niveles evaluados.

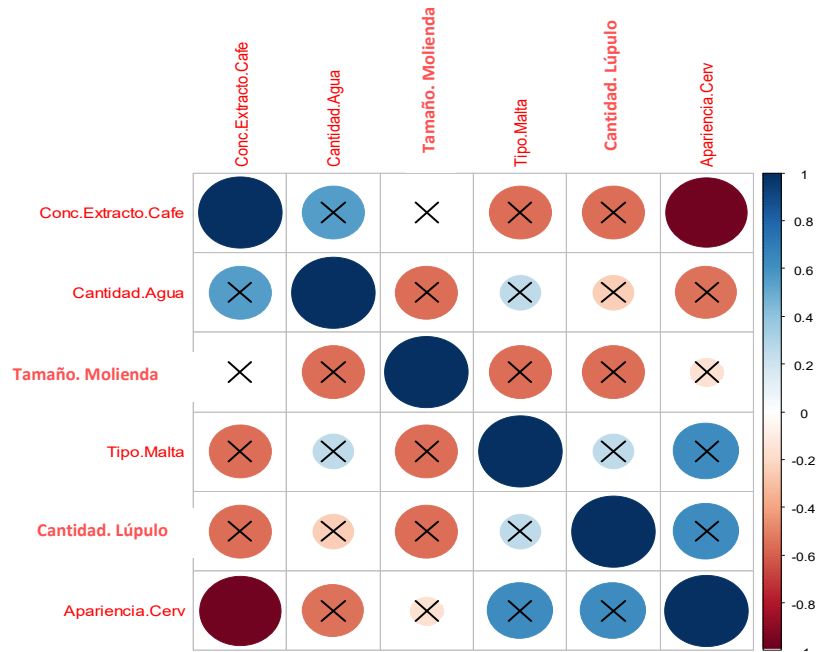


Figura 8: Mapa de calor

A partir de los resultados obtenidos en este numeral es importante resaltar que la concentración de extracto de café en el proceso es un factor muy importante a la hora de asegurar una alta preferencia, sabor, aroma y apariencia; se observó que concentraciones bajas de extracto de café fueron las que mejoraron significativamente la apariencia y la preferencia. Las otras variables no presentaron efectos significativos en la preferencia, el sabor, el aroma y la apariencia; sin embargo se observaron tendencias tales como trabajar con el nivel bajo de la concentración de agua (aunque fue el factor de menor correlación y efecto); nivel bajo de lúpulo aromatizante, aunque se observó tendencias de que bajas concentraciones de lúpulo afectaron el aroma (Figura 5); tipo de malta en el nivel alto ya que para la preferencia se observó una fuerte tendencia a un nivel

alto de malta (Figura 4), sin embargo las variables sabor, aroma y apariencia mostraron descendimientos leves a niveles altos de malta; por último el tamaño de partícula en la molienda no afecta la percepción de la cerveza en función de las variables analizadas.

3.3. Condiciones de proceso que permiten obtener la mejor receta para la producción de la cerveza artesanal con sabor a café

Con el fin de establecer las cervezas que fueron mejor calificadas por los consumidores, se presenta en la Tabla 1 las estadísticas descriptivas de las encuestas realizadas a los usuarios:

Tabla1. Distribución de calificaciones para los tipos de cerveza evaluados por un panel de experto de 30 personas. En la columna Variable se presenta el concepto que fue calificado por cada persona; n significa el número de encuestados; la media corresponde a la media de la calificación relativa, Desv.Std la desviación estándar, Error.Std. el error estándar y Cv. El coeficiente de variación de Pearson en porcentaje. Las cervezas que aparecen subrayadas en negrilla corresponden a las mejores calificadas en la variable determinada a partir de la media. Cerv.1 es el control positivo y Control es una cerveza artesanal comercial

Variable	Tipo de Cerveza	n	Media	Desv.Std	Error.Std	Cv.
Preferencia	Cerv.1	30	2.90	1.56	0.29	54.60
<u>Preferencia</u>	<u>Cerv.2</u>	<u>30</u>	<u>3.67</u>	<u>1.25</u>	<u>0.23</u>	<u>34.60</u>
Preferencia	Cerv.3	30	3.40	1.05	0.20	31.47
Preferencia	Cerv.4	30	2.50	1.20	0.22	48.99
Preferencia	Cerv.5	30	2.53	1.54	0.29	61.97
<u>Aroma</u>	<u>Cerv.1</u>	<u>30</u>	<u>3.83</u>	<u>1.61</u>	<u>0.30</u>	<u>42.83</u>
Aroma	Cerv.2	30	3.33	1.11	0.21	33.73
Aroma	Cerv.3	30	3.17	0.86	0.16	27.61
Aroma	Cerv.4	30	2.20	1.25	0.23	57.74
Aroma	Cerv.5	30	2.47	1.45	0.27	59.97
<u>Sabor</u>	<u>Cerv.1</u>	<u>30</u>	<u>3.73</u>	<u>1.55</u>	<u>0.29</u>	<u>42.17</u>
Sabor	Cerv.2	30	3.60	1.11	0.21	31.46
Sabor	Cerv.3	30	3.10	1.08	0.20	35.29
Sabor	Cerv.4	30	2.07	1.15	0.21	56.73
Sabor	Cerv.5	30	2.50	1.36	0.25	55.34
Apariencia	Cerv.1	30	3.10	1.72	0.32	56.42
<u>Apariencia</u>	<u>Cerv.2</u>	<u>30</u>	<u>3.27</u>	<u>1.26</u>	<u>0.23</u>	<u>39.33</u>
Apariencia	Cerv.3	30	3.23	1.12	0.21	35.11
Apariencia	Cerv.4	30	2.63	1.28	0.24	49.35
Apariencia	Cerv.5	30	2.77	1.50	0.28	55.09
General	Cerv.1	30	3.30	1.92	0.36	59.10
<u>General</u>	<u>Cerv.2</u>	<u>30</u>	<u>3.90</u>	<u>1.68</u>	<u>0.31</u>	<u>43.82</u>
General	Cerv.3	30	3.80	1.28	0.24	34.14
General	Cerv.4	30	2.63	1.45	0.27	55.96
General	Cerv.5	30	3.00	1.71	0.32	58.07
General	Control	30	4.37	1.52	0.28	35.32

Como se observa en la Tabla 1 la cerveza 2 fue la cerveza con sabor a café predilecta por los usuarios, y a su vez la mejor calificada en función a la media para la Apariencia, la preferencia y a nivel general cuando se comparó con la cerveza artesanal comercial; con calificaciones medias por encima de 3,6; en cuanto a la cerveza 1, que no es de café pero ha sido la fabricada y comercializada históricamente en la empresa de Juliana Monsalve, se observa que fue preferida en función al Aroma y al Sabor.

Para concluir, se decidió comparar todas las 5 mejores recetas, teniendo en cuenta que la cerveza 1 corresponde a la receta que se ha producido históricamente y la cerveza control a una referencia comercial, se realizó una tabla ANOVA con un 95% de confianza y se aplicó un test de Tuckey para establecer los grupos homogéneos. Los resultados se presentan a continuación en un diagrama de frijol [17]:

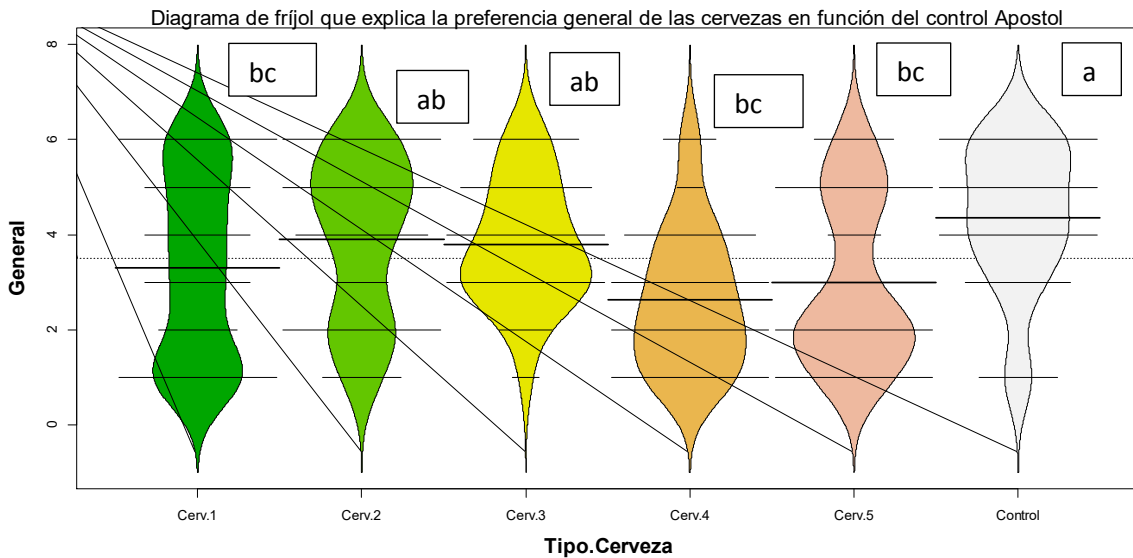


Figura 9: Diagrama de frijol que explica la preferencia general de las cervezas en función del control

```
Anova Table (Type III tests)

Response: datos2$valores
          Sum Sq Df F value    Pr(>F)
(Intercept) 2205.00  1 827.3505 < 2.2e-16 ***
datos2$F1     61.27  5  4.5976 0.0005778 ***
Residuals   463.73 174
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

[[3]]
```

Figura 10: Tabla ANOVA

Dado que la cerveza 2 y la 3 comparten grupos homogéneos con el control, es posible establecer que tuvieron un comportamiento similar a la cerveza comercial control, estas cervezas son las que se aproximan más a la cerveza testigo en cuanto a la calificación general. Las cervezas 1, 4 y 5; en comparación con la cerveza control comercial, presentaron diferencias significativas (valor $P < 0.05$) por lo que debe mejorarse su receta o definitivamente no utilizarse. Es de anotar que aunque la cerveza 1 presentó un buen comportamiento en los análisis anteriores, en dichos experimentos al usuario no se le puso a comparar con la cerveza comercial artesanal.

A manera de Conclusión, se establece que la mejor receta es la correspondiente a la cerveza 2, que ésta no presenta diferencias muy significativa con la cerveza testigo comercial (Figura 9), adicional a ello esta cerveza mostró un comportamiento similar a la cerveza producida y comercializada históricamente por la empresa de Juliana Monsalve; por lo tanto esta receta puede repicarse y escalarse para aumentar el portafolio de productos y marcas de la empresa.

En la Tabla 3, se muestra la región en la cuál es posible seguir investigando para optimizar la gustosidad de la cerveza en las diferentes variables evaluadas:

Tabla 3: Niveles de los factores que mejoran las propiedades de la cerveza

Factor	Mejor Nivel	Qué mejora
Concentración Extracto de Café	-1: Menos concentración	Sabor, Apariencia, Aroma y Preferencia
Cantidad de Agua	0: Preferencia por nivel medio	Niveles altos: Mejora la preferencia, pero tener cuidado porque disminuye el aroma y el sabor
Tipo de Malta	0: Preferencia por nivel medio a bajo	Niveles bajos mejoran: preferencia, sabor y aroma, niveles altos mejoran apariencia
Cantidad de Lúpulo	-1: Preferencia por una cantidad baja de lúpulo	Menores cantidades de lúpulo aumentan la apariencia, preferencia, sabor y apariencia; sin embargo no mejora de manera significativa el aroma de la cerveza
Tamaño de Molienda	No afecta ninguna variable	Se puede especificar el tiempo de molienda bajo, ya que no se encontró ningún tipo de correlación

4. Conclusiones

4.1. De las recetas cerveza 2, 3, 4 y 5 se encontró que la receta de la cerveza 2 fue la mejor, al no tener diferencias en sabor, aroma y preferencia respecto a la cerveza 1 (control positivo y receta de venta en la planta de Juliana Monsalve): Para ambas cervezas se observó una fuerte correlación entre la preferencia y el sabor respecto a la apariencia (coeficiente de correlación (r) del 89% para la correlación entre apariencia y preferencia cerveza 1 y un r de 56% entre el sabor y la apariencia para la cerveza 2), esto permite concluir que para este estudio la preferencia y al sabor de una cerveza depende significativamente de la apariencia de la misma.

4.2. La concentración de extracto de café es el factor que más influye en el nivel de preferencia, sabor, aroma y apariencia. Se observó que concentraciones bajas de extracto mejoraron significativamente la apariencia ($r \geq 0.7$) y la preferencia ($r \geq 0.7$). Las otras variables no presentaron efectos significativos en la preferencia, el sabor, el aroma y la apariencia; sin embargo estos resultados permitieron establecer tendencias de mejoramiento tales como: trabajar con el nivel bajo de la concentración de agua; nivel bajo de lúpulo aromatizante; tipo de malta en el nivel alto (todas estas variables presentaron correlaciones por debajo del 70%). Por último se pudo establecer que el tamaño de partícula en la molienda no afecta la percepción de la cerveza en función de las variables analizadas (Tabla 2).

4.3. Según este trabajo, la mejor receta es la correspondiente a la cerveza 2, como se observa en la figura 9 ésta no presentó diferencias muy significativa con la cerveza testigo comercial, adicional a ello esta cerveza mostró un comportamiento similar a la cerveza producida y comercializada históricamente por la empresa de Juliana Monsalve (cerveza 1); por lo tanto esta receta puede repicarse y escalarse para aumentar el portafolio

de productos y marcas de la empresa y constituye una nueva receta que puede registrarse y comercializarse bajo las mismas características de la cerveza control.

4.4. Este trabajo constituye un antecedente valioso para aquellos Investigadores o productores que requieran desarrollar recetas cerveceras, adicional a ello puede utilizarse el modelo estadístico y el diseño de encuesta para probar nuevos procesos y recetas de cervezas

5. Tabla de Anexos o Apéndices

Tabla 4. Documentos adicionales incluidos con el proyecto de grado.

Nombre	Desarrollo (propio/terceros)	Tipo de Archivo	Enlace google drive (https://goo.gl/)
Anexo 1: BFD	Propio	Imagen	https://goo.gl/hWGihn
Anexo 2: Encuesta	Propio	Word	https://goo.gl/Lkfios
Anexo 3: Fotos proyecto	Propio	Pptx	https://goo.gl/evo7SR
Anexo 4: Diseño Cribado	Propio	Excel	https://goo.gl/pwGP8y

Referencias

- [1] F. Rubio, «Expansion en alianza con CNN,» 24 Noviembre 2010. [En línea]. Available: <http://expansion.mx/estilo/2010/11/24/cerveza-artesanal-el-secreto-de-mexico>.
- [2] V. Mugno, «Cerveza artesanal gana mercado y consumo crece 30% al año,» *LR La Republica*, pp. 1-2, 2017.
- [3] 3 Cordilleras, «3 Cordilleras,» 3 Cordilleras, [En línea]. Available: http://www.3cordilleras.com/nuestras_cervezas.html. [Último acceso: Junio 2017].
- [4] M. Boan y C. Perez, «Evaluacion sensorial de cerveza,» B.A. Malt S.S, Argentina, 2008.
- [5] A. Posada, «Proyecto de viabilidad y factibilidad para la creacion de una empresa productora y comercializadora de cerveza artesanal,» 2015.
- [6] M. Franco Ramirez, A. Posada Castro y J. Sepulveda Valencia, «Proyecto de viabilidad y factibilidad para la creacion de una empresa productora y comercializadora de cerveza artesanal,» Universidad Tecnologica de Pereira, Pereira, 2015.
- [7] L. Van der Merwe, «Perfect Daily Grind,» 27 01 2017. [En línea]. Available: <https://www.perfectdailygrind.com/2017/01/cafe-y-cerveza-una-combinacion-paradisiaca/>. [Último acceso: 08 2017].
- [8] Gourmettia Club, «Gourmettia Club,» [En línea]. Available: <https://gourmettia.com/comprar/cervezas/dawat-pure-cafe-cerveza-artesanal/>. [Último acceso: 08 2017].
- [9] e-encuesta, «Desarrollo y comercializacion de una nueva cerveza,» 21 Enero 2013. [En línea]. Available: <http://www.e-encuesta.com/answer?testid=JwPuGkRKtjw=>.

- [10] C. Amadi y E. M. Sunday, «Factors Influencing Brand Preference of Beer Consumption In Port-Harcourt Metropolis, Rivers State, Nigeria,» *European Journal of Business and Management*, Nigeria, 2013.
- [11] E. Bohemia, J. Liedtka y A. Rieple, *Leading Innovation Through Design*, Boston MA. USA: Design Management Institute, 2012.
- [12] Cerve Bel, «Cervebel,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.cervebel.es/malta.htm>. [Último acceso: 29 Agosto 2016].
- [13] QA-Brewer, «Controles de calidad en la cerveza,» 10 Agosto 2016. [En línea]. Available: <http://qabrewer.com/controles-de-calidad-en-la-cerveza/>.
- [14] P. Gonzalez, «about,» 2013. [En línea]. Available: <http://encolombia.about.com/od/cocina/tp/Chervezas-Artesanales-Colombianas.htm>. [Último acceso: 2017].
- [15] S. Chollet, H. Abdi y D. Valentin, «Beer-trained and untrained assessors rely more on vision than on taste when they categorize beers,» *Chemosensory Perception*, vol. 2, n° Issue 3, pp. 143-153, 2009.
- [16] J. Delwiche, «The impact of perceptual interactions on perceived flavor,» *ELSEVIER*, vol. 15, n° Issue 2, pp. 137-146, 2004.
- [17] C. G. Gonzalez y A. V. Lise, *Gráficos estadísticos y mapas con R*, Diaz de santos.
- [18] D. Montgomery, *Design Analysis of Experiments*, Capitulo 5, 2012.