



X Congreso Ibérico de Agroingeniería X Congresso Ibérico de Agroengenharia

Huesca, 3-6 septiembre 2019



Evaluación de los descriptores organolépticos de subproductos producidos durante la fermentación alcohólica de la cerveza

V. Moya¹, B. Diezma¹, E. C. Correa¹

¹ Laboratorio de Propiedades Físicas y Técnicas Avanzadas en Agroalimentación. E.T.S.I. Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas. Universidad Politécnica de Madrid; va.moya@alumnos.upm.es

Resumen: Se ha realizado dos encuestas a cerveceros profesionales y no profesionales y a jueces cerveceros de diferentes procedencias y niveles de experiencia, con el objetivo de determinar la influencia que un grupo de descriptores organolépticos puede tener sobre la calidad final de la cerveza. Se preguntó acerca de descriptores relacionados principalmente con la fermentación alcohólica, pero también varios provenientes de contaminaciones, de ingredientes o de los procesos de elaboración. El resultado se ha tabulado en forma de clasificación numérica. De forma general los compuestos sulfurados, la humedad, el dimetil sulfuro y los solventes constituyen los principales indicadores negativos. Por otro lado, los ésteres, fenoles, diacetilo, y benzaldehído, son aceptados como los que menor influencia pueden tener.

Palabras clave: defectos, jueces cerveceros, control de procesos, microcervecías

1. Introducción

El auge de las microcervecías y las cervezas artesanas ha dado lugar a una oferta diferenciada de productos individualizados y no estandarizados. En este sector se ha ampliado la variedad de los procesos fermentativos tanto desde el punto de vista de los protocolos tiempo-temperatura, como de la microbiología de estos.

En cualquier caso, la creciente profesionalización de este sector exige incrementar el nivel de control de los procesos de fabricación, siendo de especial relevancia el control de la fermentación. Durante la fermentación se producen una serie de subproductos químicos que, sin el adecuado tratamiento, pasan a la cerveza, ocasionando muchos de estos productos características organolépticas desagradables. Entre los compuestos producidos se encuentran el dimetil sulfuro (DMS), el etanol, ésteres, fenoles, y fúseles, entre otros [1].

La finalidad última de la línea de investigación que se inicia con el presente trabajo es el análisis, desarrollo y adaptación de algoritmos basados en lógica difusa, aplicados a biorreactores trabajando con mosto cervecero [2]. Se busca optimizar el proceso fermentativo tanto en los tiempos de fermentación como en la concentración de los diferentes subproductos mencionados, para conseguir mejoras tanto en la calidad organoléptica de la cerveza como en el tiempo requerido para la misma.

Los distintos descriptores organolépticos tienen diferentes niveles de influencia en la calidad de la cerveza. Varios de estos descriptores son críticos y su presencia puede provocar un rechazo inmediato por parte del consumidor, o incluso superar los niveles permitidos por la legislación sanitaria en vigor [3]. Por ello anular o disminuir la concentración de estos subproductos a niveles por debajo del umbral de percepción es materia de este estudio. Una complicación es que existen descriptores organolépticos que pueden ser considerados defectos en unos estilos de cerveza,

pero aceptables o incluso deseables en otros casos, como el conocido caso del diacetilo en las lager checas o el DMS (sulfuro de dimetilo) en las pilsener [4].

Como primera aproximación, el objetivo principal de este trabajo es determinar el nivel de aceptación o rechazo de los diferentes descriptores organolépticos relacionados con los subproductos resultantes del proceso de fermentación alcohólica mediante la consulta a un panel de expertos. Se considera imprescindible conocer la valoración subjetiva de la influencia de los descriptores mencionados con el fin de identificar los indicadores sobre los que ha de actuar un posible sistema de control durante la fermentación. Como objetivo secundario se considera la comparación entre la percepción organoléptica entre personas con entrenamiento sensorial (jueces cerveceros) y quienes, aunque pertenecen al movimiento no cuentan con entrenamiento sensorial (cerveceros profesionales). Además, se considera el origen de los jueces (Latinoamérica – Europa), en la segunda encuesta, con el fin de establecer si el lugar de origen influye en la percepción organoléptica de ellos.

2. Materiales y métodos

Se ha recopilado datos mediante la realización de dos encuestas dirigidas a un grupo variado de cerveceros con experiencia mínima certificable: Se cuenta con jueces cerveceros internacionales expertos, jueces cerveceros noveles, cerveceros profesionales y cerveceros no profesionales.

Los jueces fueron consultados en el contexto de la Copa Cervezas del Ecuador 2018, Copa Cervezas Ecuador 2019, Copa Cervezas del Caribe 2018, Copa ACCE - Bilbao 2019, Granada Beer Festival 2019, y del Barcelona Beer Challenge 2019. Los cerveceros proceden del Curso de Especialista en Cervezas Artesanas y del Curso de Microcervecerías como Modelo de Negocios de la Universidad de Alicante, y de la Asociación de Cerveceros Caseros Españoles (ACCE). Se envió una invitación electrónica a participar, siendo un total de 61 personas las que contestaron la encuesta, de las que 36 son jueces y 25 cerveceros. Se descartó 1 registro en la primera encuesta y 1 en la segunda debido a que las respuestas brindadas mostraban una clara distorsión frente al resto de encuestados. El total de jueces que contestó la encuesta fue del 28,1% del total de jueces invitados. El porcentaje de cerveceros profesionales participantes es desconocido, debido a que se distribuyó por las redes de comunicaciones internas de las organizaciones anteriormente mencionadas, y se desconoce el número de personas que las conforman. En todo caso, el presente trabajo se encuentra en desarrollo, por lo cual se espera que se incremente el número de registros a medida que jueces y cerveceros sigan aportando a la investigación.

Los jueces, independientemente de su nivel de experiencia, se especializan mediante entrenamiento sensorial en la búsqueda de defectos y virtudes organolépticas. Los cerveceros conocen en detalle los métodos de elaboración de cervezas, y cómo corregir los diferentes defectos que en estas se encuentran.

Las encuestas se realizaron mediante invitación directa a través de una plataforma digital.

Se han realizado dos encuestas. En la primera se busca determinar el nivel de criticidad de 22 descriptores distintos relacionados con la presencia de defectos provenientes de distintas fuentes. En la segunda encuesta, en cambio, se habla únicamente de los defectos provenientes de la fermentación alcohólica, y se ha pedido que sea completada por jueces exclusivamente.

Tabla 1. Cabeceras de las encuestas

Encuesta 1	Encuesta 2
Impacto de descriptores organolépticos en la cerveza	Valoración de descriptores organolépticos en la fermentación

Como método estadístico de comparación se ha utilizado el análisis de varianza (ANOVA).

2.1. Primera encuesta

La encuesta consta de 1 pregunta dividida en dos bloques. Los defectos organolépticos que son y los que no parte de un estilo cervecero. 22 descriptores del primer grupo y 11 del segundo.

Se preguntó: Califique si los siguientes descriptores podrían estar presentes en una cerveza, de 0 a 10 puntos, siendo 10 "NUNCA" y 0 "SIEMPRE".

Posteriormente, se realizó un promedio de los datos obtenidos y los resultados fueron reorganizados en forma de clasificación desde el más (10) hasta el menos (0) indeseable. Los casos numéricamente iguales comparten posición.

Adicionalmente los datos se organizaron en función de si la respuesta fue dada por un Juez o un Cervecerero no profesional.

Los descriptores consultados en el primer bloque (defectos que no constituyen parte del estilo) son:

- 1) Acetaldehído - Manzana verde.
- 2) Alcohólico, alcoholes superiores - Especiado picante, vínico, de calentamiento.
- 3) Astringencia - Persistente aspereza en lengua, como una lija.
- 4) Diacetilo - Mantecoso, caramelo, a popcorn (canguil).
- 5) DMS (Dimetil Sulfuro) - A maíz cocido, a choclo en conserva.
- 6) Ésteres - Afrutado (fresa, pera, banana, manzana, uva, cítricos).
- 7) A césped - Pasto recién cortado, hojas verdes podadas.
- 8) Golpe de luz - A orina de zorrillo.
- 9) Clorofenoles - A botiquín, a hospital.
- 10) Metálico - Hierro, cobre, monedas, a sangre.
- 11) Mohoso, húmedo.
- 12) Oxidaciones.
- 13) Fenoles: Plástico - Cinta aislante.
- 14) Solvente - Acetona.
- 15) Ácidos/Sour - Láctico, cítrico, etc., (no acético).
- 16) Fenoles: especiado - Clavo de olor, pimienta, vainilla, etc.
- 17) Sulfuroso - Huevos podridos, fósforos, cebollas.
- 18) Vinagre - Ácido acético, como avinagrado, acetona.
- 19) Levadura - A pan o con gusto a levadura.
- 20) Ácido isovalérico - A queso, medias sucias, sudor.
- 21) Ácido butírico - Se percibe como queso o mantequilla rancia, vómito de bebé.
- 22) Benzaldehído - A jerez, a almendras, mazapán.

Los descriptores del segundo bloque (defectos que sí pueden formar parte del estilo) son:

- 1) Acetaldehído - Manzana verde.
- 2) Alcohólico, alcoholes superiores - Especiado picante, vínico, de calentamiento.
- 3) Astringencia - Persistente aspereza en lengua, como una lija.
- 4) Diacetilo - Mantecoso, caramelo, a popcorn (canguil).
- 5) DMS (Dimetil Sulfuro) - A maíz cocido, a choclo en conserva.
- 6) Ésteres - Afrutado (fresa, pera, banana, manzana, uva, cítricos).
- 7) A césped - Pasto recién cortado, hojas verdes podadas.
- 8) Mohoso, húmedo.
- 9) Ácidos/Sour - Láctico, cítrico, etc., (no acético).
- 10) Fenoles: especiado - Clavo de olor, pimienta, vainilla, etc.
- 11) Sulfuroso - Huevos podridos, fósforos, cebollas.

2.2. Segunda encuesta

La encuesta consta de 1 pregunta acerca de 9 descriptores relacionados con la fermentación alcohólica.

Para esta segunda fase se encuestó a 17 jueces. Cerrando el grupo objetivo a jueces certificados. 6 fueron los jueces expertos o de mayor experiencia, y 11 jueces noveles, de menor experiencia. En cuanto al lugar de procedencia, 9 son europeos (España y Portugal), y 8 latinoamericanos (Panamá, Perú, Argentina, y Ecuador).

* 3. Ranking de descriptores.

Se debe organizar los descriptores en función de cuál es el más indeseado o más grave (1), y cuál el menos indeseado o más leve (9).



Figura 1. Lista de descriptores consultados en la segunda encuesta.

Se preguntó: Ranking de descriptores. Se debe organizar los descriptores en función de cuál es el más indeseado o más grave (1), y cuál el menos indeseado o más leve (9).

Posteriormente, se realizó un promedio de los datos obtenidos y los resultados fueron reorganizados en forma de clasificación desde el más (1) hasta el menos (9) indeseable. Los casos numéricamente iguales comparten posición.

Adicionalmente los datos se organizaron en función de si la respuesta fue dada por un Juez experto, o un Juez con menos experiencia. Otra clasificación utilizada fue europeos y latinoamericanos, con el fin de observar si existen discrepancias en función del lugar de procedencia.

Los descriptores consultados fueron:

- 1) Acetaldehído - Manzana verde.
- 2) Alcohólico, alcoholes superiores - Especiado picante, vínico, de calentamiento.
- 3) Diacetilo - Mantecoso, caramelo, a popcorn (canguil).
- 4) Ésteres - Afrutado (fresa, pera, banana, manzana, uva, cítricos).
- 5) Fenoles: Plástico - Cinta aislante.
- 6) Solvente - Acetona.
- 7) Otros ácidos. Sour - Láctico, cítrico, etc., (no acético).

- 8) Sulfuroso - Huevos podridos, fósforos, cebollas.
9) Vinagre - Ácido acético, como avinagrado, acetona.

Para esta segunda encuesta se ha considerado únicamente los descriptores como defectos organolépticos.

3. Resultados y discusión

3.1. Primera encuesta

En total se encuestó a 44 personas, de 12 países entre América Latina y Europa. En el análisis de datos se realiza una ponderación basada en la experiencia del catador. 19 son jueces y 25 cerveceros no profesionales.

En la Tabla 1 se listan los resultados de los descriptores que en las cervezas son considerados como defectos.

Tabla 2. Defectos organolépticos que no forman parte de los estilos de cerveza

	Promedio	\bar{x}	σ	Jueces	\bar{x}	σ	Cerveceros no profesionales	\bar{x}	σ
1.	Sulfuros*	9,09	2,42	Sulfuros*	9,67	1,15	Húmedo, mohoso	8,76	2,82
2.	Húmedo, mohos	9,02	2,38	Clorofenoles	9,44	2,06	Sulfuros*	8,68	2,95
3.	DMS	8,84	2,45	Húmedo, mohos	9,39	1,50	DMS	8,52	2,94
4.	Astringencia	8,81	2,30	Fenoles plásticos*	9,39	1,86	Astringencia	8,48	2,70
5.	Fenoles plásticos*	8,79	2,67	Golpe de luz	9,39	2,09	Ácido butírico	8,64	2,85
6.	Ácido butírico	8,77	2,64	Diacetilo*	9,28	1,37	Solvente, acetona*	8,44	2,79
7.	Solvente, acetona*	8,71	2,51	DMS	9,28	1,41	Ácido isovalérico	8,40	2,74
8.	Metálico	8,70	2,56	Astringencia	9,28	1,45	Metálico	8,36	2,78
9.	Clorofenoles	8,67	2,69	Metálico	9,17	2,11	Fenoles plásticos*	8,36	3,06
10.	Golpe de luz	8,67	2,79	Solvente, acetona*	9,12	1,97	Golpe de luz	8,16	3,11
11.	Ácido isovalérico	8,65	2,45	Alcoholes superiores*	9,00	1,91	Clorofenoles	8,12	2,94
12.	Diacetilo*	8,53	2,50	Ácido isovalérico	9,00	1,91	Diacetilo*	8,00	2,95
13.	Oxidación	8,35	2,31	Ácido butírico	8,94	2,30	Acetaldehído*	7,96	2,49
14.	Alcoholes superiores*	8,26	2,53	Oxidación	8,89	1,45	Oxidación	7,96	2,71
15.	Acetaldehído*	8,14	2,55	Otros ácidos**	8,83	1,54	Ácido acético*	7,67	3,20
16.	Pasto cortado	8,05	2,48	Pasto cortado	8,67	1,45	Alcoholes superiores	7,72	2,78
17.	Otros ácidos**	8,02	2,58	Fenoles especiados*	8,39	1,74	Pasto cortado	7,60	2,93

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

	Promedio	\bar{x}	σ	Jueces	\bar{x}	σ	Cerveceros no profesionales	\bar{x}	σ
18.	Ácido acético*	7,81	2,96	Acetaldehído*	8,39	2,61	Otros ácidos**	7,44	2,99
19.	Fenoles especiados*	7,53	2,34	Ácido acético*	8,00	2,60	Fenoles especiados*	6,92	2,51
20.	Ésteres afrutados*	6,98	2,38	Ésteres afrutados*	7,50	1,77	Ésteres afrutados*	6,60	2,67
21.	Benzaldehído	6,07	2,94	Benzaldehído	6,06	3,01	Benzaldehído	6,08	2,90
22.	Levadura	5,65	2,26	Levadura	5,72	2,30	Levadura	5,60	2,23

* Defectos provenientes de la fermentación.

** Incluye ácidos como el láctico y cítrico. Aunque aparecen durante la fase de fermentación no son realmente subproductos de esta, sino que suelen aparecer por presencia de otros microorganismos o por adiciones voluntarias.

Después de realizar un análisis de varianza entre los descriptores, se ha encontrado que el único caso estadísticamente considerable de discrepancia entre jueces y cerveceros se da en los fenoles especiados ($p=0,043$), en la que los Jueces otorgaron de media una calificación más alta ($\bar{x} = 8,389$) que los Cerveceros no profesionales ($\bar{x} = 6,92$). En todos los demás casos, las diferencias entre jueces y cerveceros no son significativas, por lo que podemos afirmar que existe un consenso general entre ambos grupos.

Observando las diferencias de varianzas, los jueces otorgan puntuaciones más altas (más desfavorables) con varianzas más bajas para prácticamente todos los descriptores, con excepción del acetaldehído ($\sigma_{jueces}^2 = 7,193$; $\sigma_{cerveceros}^2 = 6,457$), la levadura ($\sigma_{jueces}^2 = 5,624$; $\sigma_{cerveceros}^2 = 5,167$), y el benzaldehído ($\sigma_{jueces}^2 = 9,585$; $\sigma_{cerveceros}^2 = 8,743$), que las otorgadas por los cerveceros. Con esto queda en evidencia que los Jueces tienen una mayor sensibilidad y precisión en la detección de los defectos.

Los compuestos sulfurosos y la humedad son en promedio los descriptores más desfavorables, coincidiendo con los descriptores cabecera de cada uno de los grupos.

A continuación, se listan el DMS y la astringencia, los cuales son defectos relacionados con los ingredientes o con los métodos de elaboración. En sexta posición aparecen los fenoles plásticos, que normalmente provienen directamente de fermentaciones a temperaturas relativamente altas.

Por el contrario, los sabores a levadura, el benzaldehído, los ésteres afrutados, los fenoles especiados, el ácido acético, otros ácidos, pasto cortado, alcoholes superiores, y la oxidación son los descriptores menos castigados por ambos grupos. Probablemente porque todos estos pueden tener connotaciones agradables desde el punto de vista organoléptico, dando sabores y aromas similares a frutas, especias, pan, frutos secos y que, aunque no son correctos, son tolerables; otros pueden confundirse con descriptores positivos y requieren un cierto grado de entrenamiento para diferenciarlos.

En el caso particular del golpe de luz, los clorofenoles, el diacetilo, los solventes, y alcoholes superiores, se muestra discrepancia en las posiciones que ambos grupos otorgan. Esto probablemente se deba al desconocimiento de los efectos organolépticos de este tipo de descriptores en los cerveceros. El golpe de luz u olor a mofeta es un defecto producido cuando la radiación UV incide directamente sobre la cerveza y produce 3-metilbut-2-eno-1-tiol a partir de las isohumulonas presentes en el mosto cervecero [5].

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

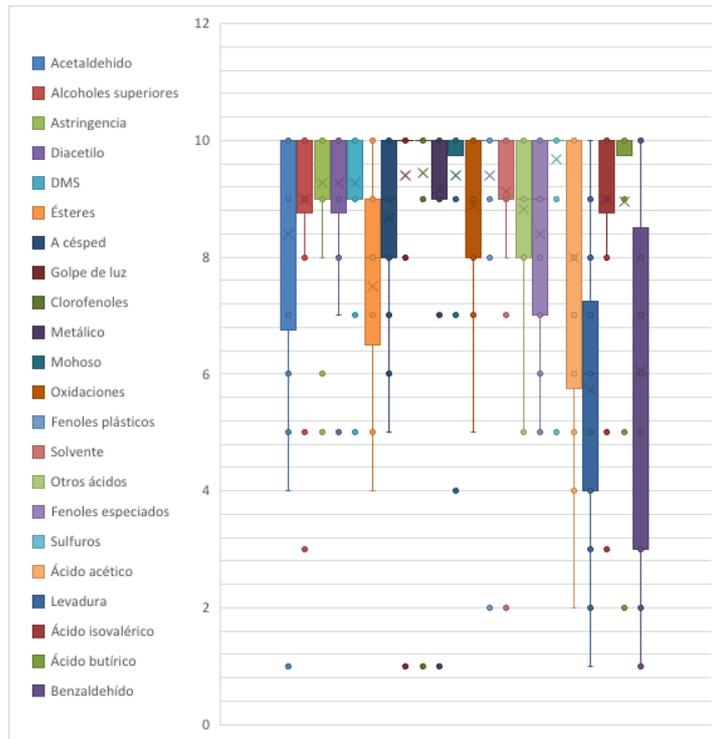


Figura 2. Gráfico de cajas y bigotes de la puntuación de 0 a 9 otorgada a los descriptores que no forman parte del estilo según los Jueces. La distribución de datos se encuentra representada en cuartiles, siendo las X los valores medios, y los puntos exteriores los valores atípicos

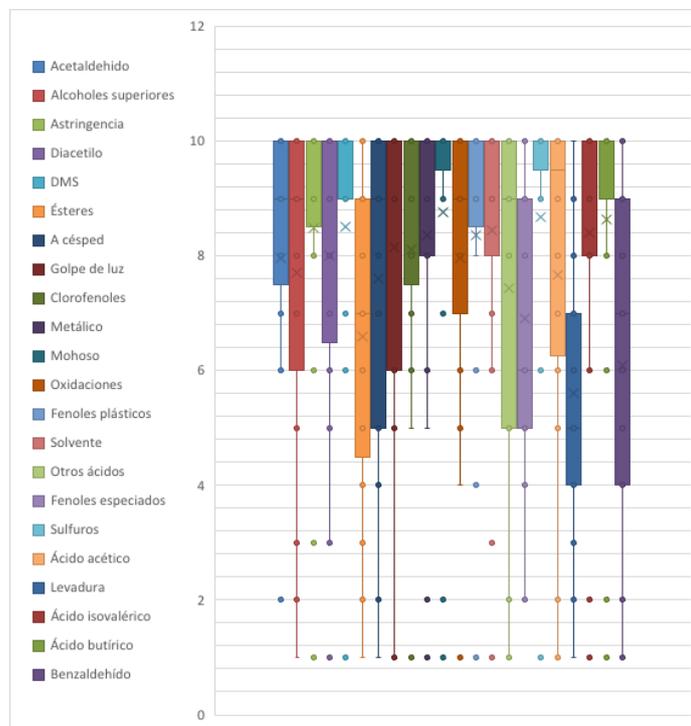


Figura 3. Gráfico de cajas y bigotes de la puntuación de 0 a 9 otorgada a los descriptores que no forman parte del estilo según los Cerveceros no profesionales. La distribución de datos se encuentra representada en cuartiles, siendo X los valores medios, y los puntos exteriores los valores atípicos

Tabla 3. Descriptores que forman parte de los estilos de cervezas

	Promedio	\bar{x}	σ	Jueces	\bar{x}	σ	Cerveceros no Profesionales	\bar{x}	σ
1.	Húmedo, mohoso	6,30	3,20	Húmedo, mohoso	6,61	3,16	Sulfuros*	6,12	3,18
2.	Sulfuros*	6,21	3,01	Astringencia	6,44	3,20	Húmedo, mohoso	6,08	3,21
3.	DMS	5,28	3,08	Sulfuros*	6,33	2,75	DMS	4,92	3,02
4.	Astringencia	5,23	3,26	DMS	5,78	3,10	Astringencia	4,36	3,02
5.	Alcoholes superiores*	4,49	2,48	Alcoholes superiores*	5,17	2,97	Acetaldehído*	4,16	2,72
6.	Acetaldehído*	4,40	2,71	Acetaldehído*	4,72	2,66	Alcoholes superiores*	4,00	1,92
7.	Diacetilo*	4,19	2,65	Diacetilo*	4,56	2,91	Diacetilo*	3,92	2,42
8.	Pasto cortado	3,72	2,55	Pasto cortado	3,89	2,56	Pasto cortado	3,60	2,55
9.	Fenoles especiados*	3,00	2,65	Ésteres afrutados*	2,33	2,16	Fenoles especiados*	3,52	2,84
10.	Otros ácidos**	2,60	2,52	Fenoles especiados*	2,28	2,16	Otros ácidos**	2,84	2,65
11.	Ésteres afrutados*	2,44	2,19	Otros ácidos**	2,28	2,28	Ésteres afrutados*	2,52	2,21

* Defectos provenientes de la fermentación.

** Incluye ácidos como el láctico y cítrico. Aunque aparecen durante la fase de fermentación no son realmente subproductos de esta, sino que suelen aparecer por presencia de otros microorganismos o por adiciones voluntarias.

En la Figura 2 se observa el gráfico de cajas y bigotes de las calificaciones dadas por los jueces, la distribución de datos se encuentra representada en cuartiles, siendo las X los valores medios, y los puntos exteriores los valores atípicos. Las cajas que se encuentran en la parte superior de la figura son aquellas que han obtenido puntuaciones más altas. Se observa que son los sulfuros el descriptor que mayor consenso obtuvo entre jueces.

En la Figura 3 se muestra el gráfico de cajas y bigotes con las calificaciones otorgadas por los cerveceros. En este caso, el consenso se encuentra con los descriptores mohoso y sulfuros, como se comentó anteriormente.

En la Tabla 3 se listan los descriptores que pueden formar parte de los estilos cerveceros sin necesidad de que se consideren defectos.

La puntuación media obtenida en este bloque de descriptores ha descendido 3,84 puntos con respecto a la puntuación media del primer bloque de descriptores, demostrándose una mayor tolerancia hacia estos compuestos cuando ellos pertenecen al estilo.

Se realizó un análisis de varianza. Se ha encontrado que el único caso estadísticamente considerable de discrepancia entre jueces y cerveceros se da en la Astringencia ($p=0,0395$), en la que los Jueces otorgaron de media una calificación más alta ($\bar{x} = 6,444$) que los Cerveceros no profesionales ($\bar{x} = 4,360$). En todos los demás casos, las diferencias entre jueces y cerveceros no son significativas, por lo que, nuevamente, podemos afirmar que existe un consenso general entre ambos grupos.

Como en el caso anterior, son los compuestos sulfurosos y la humedad en promedio los descriptores más desfavorables, coincidiendo con los descriptores cabecera de cada uno de los grupos.

La astringencia, el DMS y los alcoholes superiores son también poco deseados. Quizás se deba a que de estos descriptores se tolera su presencia como parte del estilo por ser inevitables

durante el proceso de elaboración, mas no significa que sean deseables, y por ello se busca que estén en la menor concentración posible. Aparecen principalmente porque ciertos ingredientes o métodos de elaboración los producen en demasía y son inevitables cuando se buscan ciertos rasgos organolépticos particulares. Un claro ejemplo de esto es la astringencia en las IPA americana; ya que para conseguir los niveles de amargor deseados es necesario utilizar grandes cantidades de lúpulo que provocarán inequívocamente astringencia. Aún así, esta se busca que sea la mínima posible, lo que explica la puntuación de 6,44, y la segunda posición adjudicada por los expertos.

Por otro lado, el acetaldehído, diacetilo y los fenoles especiados, sí suelen ser buscados como parte integral del producto final. Las Weissbier alemanas son por antonomasia ejemplo de estas características, ya que los fenoles que asemejan al clavo de olor son su principal característica, por esto la puntuación obtenida fue de 3,00.

Hay dos casos particulares, el pasto cortado ($\bar{x} = 3,72$) y los otros ácidos ($\bar{x} = 2,60$). En el primer caso, se debe a que en las cervezas que se pretende dar una nota a lúpulo fresco, la materia vegetal puede dejar el aroma de hierbas al cortarse, mas en gran medida se disimula con el mismo aroma del lúpulo, por lo cual no lo han considerado un defecto tan grave como otros. En el segundo caso, normalmente estos ácidos se buscan en los estilos Sour, en donde son agregados directamente, se incentiva su producción natural, o se siembra de microorganismos capaces de producirlos, con el fin de bajar el nivel de pH.

En la tabla 4 observamos las varianzas de todos los descriptores estudiados en este bloque. Se aprecia con claridad los altos valores relativos de la varianza, y la diferencia significativa que se encuentra en varios casos, como los alcoholes superiores, el diacetilo, los fenoles, los sulfuros, y los otros ácidos, indicando que existe mucha discrepancia entre jueces, entre cerveceros, y entre ambos grupos. Posiblemente esto se deba a que la valoración dada por cada individuo obedezca en mayor grado a la percepción individual de tolerancias y gustos. En el caso en el que un descriptor es un defecto queda claro que este lo es y es indeseable, mas, cuando este puede hallarse en la cerveza, su presencia es controvertida.

Tabla 4. Varianzas entre jueces y cerveceros

	Descriptor	Jueces	Cerveceros no profesionales
1.	Húmedo, mohoso	10,605	10,743
2.	Sulfuros	8,000	10,527
3.	DMS	10,183	9,493
4.	Astringencia	10,850	9,490
5.	Alcoholes superiores	9,324	3,833
6.	Acetaldehído	7,056	7,723
7.	Diacetilo	8,967	6,077
8.	Pasto cortado	6,928	6,75
9.	Fenoles especiados	4,918	8,427
10.	Otros ácidos	5,506	7,307
11.	Ésteres afrutados	4,941	5,093

En la Figura 4 se observa el gráfico de cajas y bigotes de las calificaciones dadas por los jueces cerveceros. Las cajas que se encuentran en la parte superior de la figura son aquellas que han obtenido puntuaciones más altas. Se observa que son mohoso y los sulfuros los descriptores con medias más altas. También se puede observar que a excepción de los ésteres afrutados, otros ácidos y los fenoles especiados, todos los demás descriptores presentan desviaciones estándar importantes. Así, los jueces mostraron gran discrepancia.

En la Figura 5, se observa el gráfico de cajas y bigotes según los cerveceros. De forma general mantienen la tendencia de los datos aportados por los jueces, aunque con menos desviación.

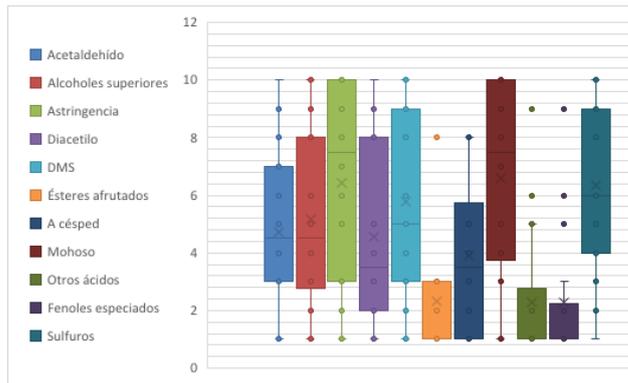


Figura 4. Gráfico de cajas y bigotes de los descriptores que sí pueden formar parte del estilo según los Jueces.

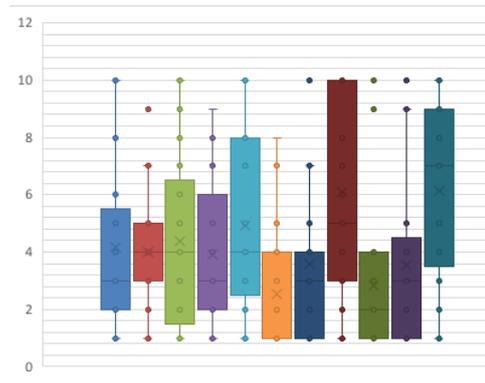


Figura 5. Gráfico de cajas y bigotes de los descriptores que sí pueden formar parte del estilo según los Cerveceros no profesionales.

3.2. Segunda encuesta

En la Tabla 5 se especifican los resultados obtenidos durante la realización de la segunda encuesta, y en la que participaron exclusivamente jueces cerveceros (expertos y noveles). Los datos se encuentran ordenados en función de su nivel de experiencia.

En esta encuesta se tomaron en cuenta únicamente descriptores que se encuentran durante la fermentación alcohólica.

A diferencia de la primera encuesta, los jueces, han ubicado del 1 al 9 cuáles descriptores consideran son más (9) o menos (1) indeseables.

Tabla 5. Defectos provenientes de la fermentación por nivel de experiencia de los catadores

Promedio	Jueces expertos		Jueces noveles	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
1. Ácido acético	2,88	2,06	Ácido acético	1,17 0,37
2. Solventes	3,00	1,50	Solventes	3,67 0,75
3. Sulfuros	3,75	2,05	Ácidos láctico, cítrico, etc.	3,67 2,13
4. Fenoles plásticos	4,06	2,16	Sulfuros	3,83 1,77
5. Ácidos láctico, cítrico, etc.	4,38	1,90	Fenoles plásticos	4,67 2,13
6. Alcoholes superiores	5,69	1,86	Alcoholes superiores	5,83 1,34
7. Acetaldehído	5,94	2,30	Acetaldehído	7,00 1,73
8. Diacetilo	6,75	1,85	Diacetilo	7,00 1,83
9. Ésteres	8,56	0,61	Ésteres	8,17 0,69

En el ANOVA de los descriptores se ha encontrado que hay dos casos estadísticamente considerables de discrepancia entre jueces. Se da en el Ácido Acético ($P=0,0072$), y en los Ésteres ($p=0,0469$). En el primer caso, los Jueces expertos, otorgaron de media una ubicación más baja

($\bar{x} = 1,167$) que los Jueces noveles ($\bar{x} = 3,900$), lo que significa que los expertos consideran que el acético es más indeseable que los noveles. En todos los demás casos, las diferencias no son significativas.

El ácido acético, los solventes, sulfuros y fenoles plásticos, son los considerados más negativos. Estos normalmente están asociados con fermentaciones a altas temperaturas o incluso contaminaciones de otros microorganismos y su presencia siempre resulta de naturaleza desagradable. Los otros ácidos presentes se han descrito en el apartado 3.1.

El caso del acetaldehído, diacetilo y ésteres, son por unanimidad los descriptores de menor impacto. Posiblemente se debe a que los dos primeros son defectos de sencilla solución, tan solo alargando el proceso de maduración en caso de que se encuentren presentes. Los ésteres por su parte se producen por elevadas temperaturas de fermentación [6], pero los aromas y sabores que brindan son afrutados, y aunque en exceso pueden no ser deseables tampoco llegarán a ser desagradables.

Los alcoholes superiores se producen normalmente por estrés celular de las levaduras. En las cervezas con moderado a alto nivel de alcohol se pueden confundir con el etanol propio de ellas. De hecho, para detectarlo organolépticamente se requiere un cierto entrenamiento sensorial.

A continuación, se observa el gráfico de cajas y bigotes de las respuestas dadas por los jueces expertos. El nivel inferior señala los descriptores más indeseados. Se observa con claridad que el ácido acético es al que se le ha otorgado la peor calificación. Por otro lado, los ésteres, son los que menos afectan a la calidad final de la cerveza.

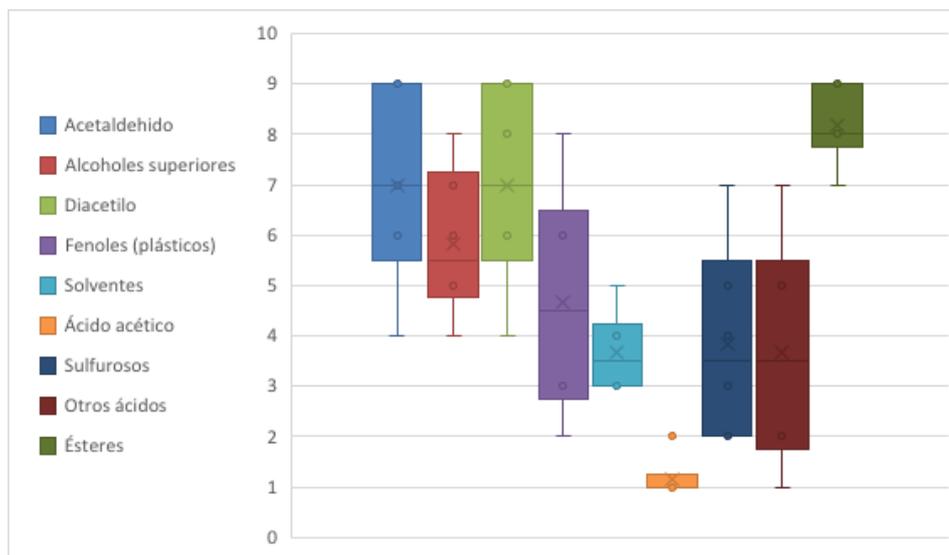


Figura 6. Gráfico de cajas y bigotes de los descriptores de la fermentación según los Jueces Expertos. Los valores más bajos representan los descriptores más indeseados.

En las respuestas dadas por los jueces noveles, son los solventes los que reciben la peor puntuación. Los ésteres, al igual que el caso anterior, son los que menos influyen en la calidad final de la cerveza. Sin embargo, el ácido acético, que en el caso anterior fue localizado como el peor descriptor casi por unanimidad, pasa a encontrarse en la cuarta posición, después de los solventes, fenoles y sulfuros.

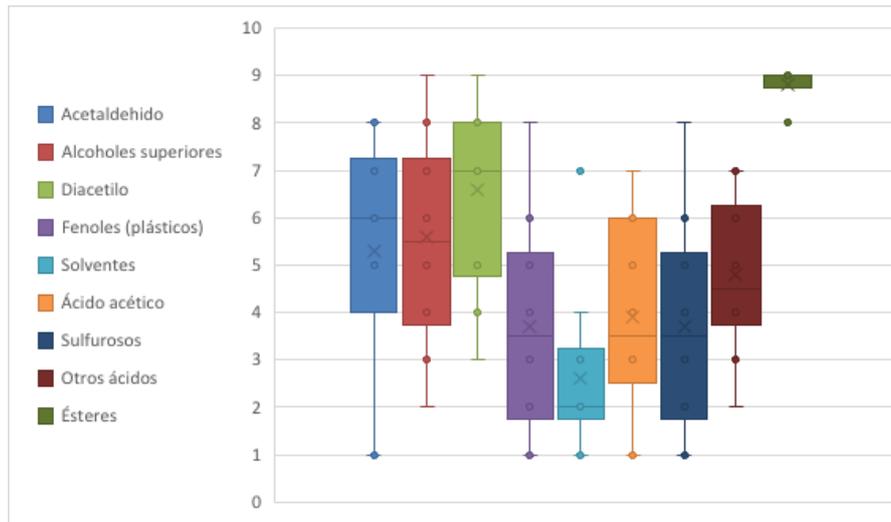


Figura 7. Gráfico de cajas y bigotes de los descriptores de la fermentación según los Jueces Noveles. Los valores más bajos representan los descriptores más indeseados.

En la Tabla 6 se observa una comparativa de los resultados por lugar de procedencia del catador, entre europeos y latinoamericanos.

Tabla 6. Defectos provenientes de la fermentación por origen de los catadores

	Promedio (por experiencia de juez)			Europeos		Latinoamericanos			
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ		
1.	Ácido acético	2,88	2,06	Solventes	2,38	0,70	Ácido acético	2,80	1,64
2.	Solventes	3,00	1,50	Sulfuros	3,25	1,64	Solventes	3,30	1,80
3.	Sulfuros	3,75	2,05	Ácido acético	3,50	2,24	Sulfuros	3,60	2,28
4.	Fenoles plásticos	4,06	2,16	Fenoles plásticos	4,50	2,45	Fenoles plásticos	4,20	1,73
5.	Ácidos láctico, cítrico, etc.	4,38	1,90	Alcoholes superiores	4,63	1,65	Ácidos láctico, cítrico, etc.	4,40	1,54
6.	Alcoholes superiores	5,69	1,86	Acetaldehído	4,75	2,33	Alcoholes superiores	5,90	1,39
7.	Acetaldehído	5,94	2,30	Ácidos láctico, cítrico, etc.	5,63	1,32	Acetaldehído	6,00	1,54
8.	Diacetilo	6,75	1,85	Diacetilo	7,63	1,32	Diacetilo	6,60	1,90
9.	Ésteres	8,56	0,61	Ésteres	8,75	0,43	Ésteres	8,20	0,70

En el ANOVA de los descriptores se ha encontrado que hay tres casos estadísticamente considerables de discrepancia entre jueces. Se da en el acetaldehído ($P=0,0410$), en los alcoholes superiores ($p=0,0209$), y en los otros ácidos ($p=0,0056$). En el primer caso, los jueces europeos otorgaron de media una ubicación más baja ($\bar{x} = 4,750$) que los jueces latinoamericanos ($\bar{x} = 7,125$). En el caso de los alcoholes superiores los jueces europeos otorgaron de media una ubicación más baja ($\bar{x} = 4,625$) que los jueces latinoamericanos ($\bar{x} = 6,750$). En el caso de los otros ácidos los jueces europeos otorgaron de media una ubicación más alta ($\bar{x} = 5,625$) que los jueces latinoamericanos ($\bar{x} = 3,125$). Estos datos indican que para los latinoamericanos el descriptor

acetaldehído y los alcoholes superiores es más tolerable que para los europeos, mientras que los otros ácidos son más tolerables para europeos que para latinoamericanos. En todos los demás casos, las diferencias no son significativas.

Estos datos podrían explicarse porque en Europa existe una tradición más larga de cervezas ácidas, haciendo que, en el registro organoléptico personal, los jueces sean más tolerantes a estos perfiles.

Aunque en promedio el diacetilo ha sido ubicado en la misma posición por los dos grupos de jueces, es evidente en el gráfico de cajas y bigotes (Figura 8 y 9) que, la distribución de las calificaciones se ha dado como menos crítica en el caso de los europeos y más crítica para los latinoamericanos. Esto puede deberse a que los estilos europeos (británicos, checos) suelen tener al diacetilo como parte integral de las cervezas elaboradas en dichos países. Por el contrario, en Latinoamérica, suele estar asociado con maduraciones no completas, y por lo tanto considerado como defecto.

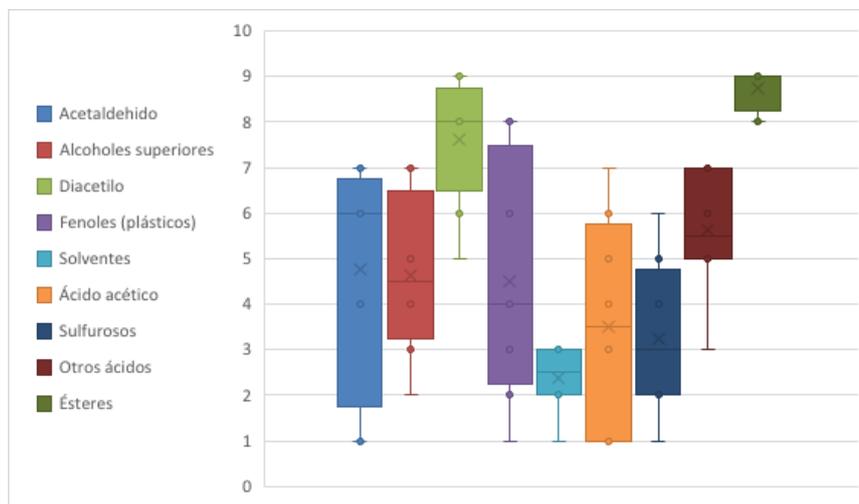


Figura 8. Gráfico de cajas y bigotes de los descriptores de la fermentación según los jueces europeos. Los valores de ordenación más bajos representan los descriptores más indeseados.

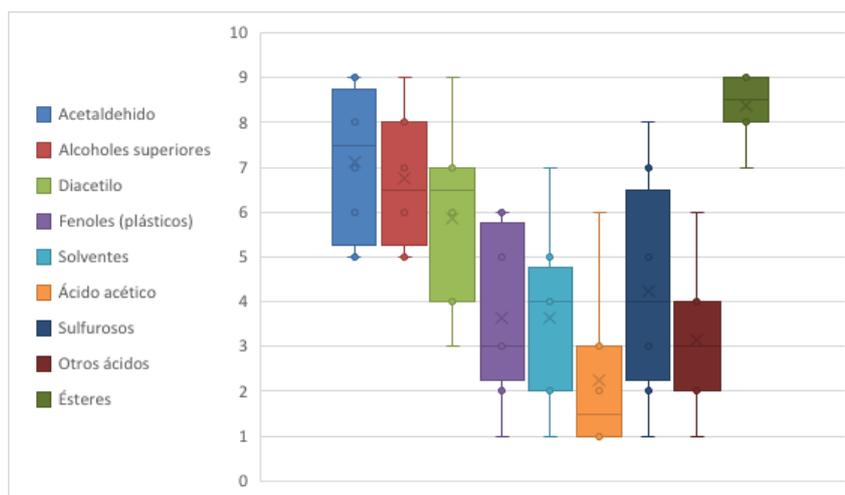


Figura 9. Gráfico de cajas y bigotes de los descriptores de la fermentación según los jueces latinoamericanos. Los valores de ordenación más bajos representan los descriptores más indeseados.

Las similitudes generales se pueden deber a que la mayoría de los jueces han sido capacitados en programas similares de entrenamiento, como por ejemplo el BJCP (Beer Judge Certification Program), el cual actualmente es el mayor programa de certificación de jueces a nivel mundial, o el programa Cicerone. Los kits de entrenamiento sensorial suelen provenir de los mismos desarrolladores, como el del Siebel Institute of Technology.

4. Conclusiones

Con miras al desarrollo de un futuro sistema de control, el ácido acético, los solventes, sulfuros y fenoles plásticos, serían los descriptores organolépticos susceptibles de ser considerados como prioritarios.

Los jueces cerveceros mostraron desviaciones estándar menores que los cerveceros, por lo que se deduce que existe un fuerte consenso en cuanto a las afectaciones dadas por los diferentes descriptores.

Se ha demostrado que de forma general la opinión entre jueces de más y menos experiencia, además de los cerveceros experimentados es similar.

Las diferencias entre los resultados presentados entre jueces europeos y latinoamericanos son significativas, teniendo discrepancias considerables en 3 de los 9 descriptores.

Los compuestos sulfurosos y la humedad son en promedio los descriptores más desfavorables. Los compuestos sulfurosos son considerados como los de mayor afectación o menos deseados en las cervezas. Estos compuestos normalmente aportan aromas como a huevos podridos, azufre, cebollas, incluso caucho.

Aunque indeseado entre los cerveceros, el diacetilo resulta ser uno de los descriptores que menor preocupación causa a estos. Análogamente, los ésteres y todos los descriptores que se perciben similares a frutas, especias, pan, o granos, a pesar de que no deberían estar presentes, su presencia es tolerable frente a otros que siempre resultan desagradables.

5. Agradecimientos

Reconocimiento al Gobierno del Ecuador que, a través de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), financia la investigación principal de la cual es parte este documento.

Referencias

1. Šmogrovičová, D., & Dömény, Z. (1999). Beer volatile by-product formation at different fermentation temperature using immobilised yeasts. *Process Biochemistry*, 34(8), 785-794.
2. Rani, K. Y., & Rao, V. R. (1999). Control of fermenters—a review. *Bioprocess Engineering*, 21(1), 77-88.
3. Dev.bjcp.org. (2019). Beer Faults – Beer Judge Certification Program. [online] Available at: <http://dev.bjcp.org/education-training/education-resources/beer-faults/> [Accessed 1 May 2019].
4. Dev.bjcp.org. (2019). Beer Style Guidelines – Beer Judge Certification Program. [online] Available at: <http://dev.bjcp.org/beer-styles/beer-style-guidelines/> [Accessed 1 May 2019].
5. De Keukeleire, Denis & Heyerick, A & Huvaere, Kevin & Skibsted, L.H. & Andersen, M.L. (2008). Beer lightstruck flavor: The full story. *Cerevisia*. 33. 133-144.
6. Riverol, C., & Cooney, J. (2007). Estimation of the ester formation during beer fermentation using neural networks. *Journal of food engineering*, 82(4), 585-588.