

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales

Desarrollo tecnológico y generación de riqueza sustentable

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)

Proceso Tecnológicos e Industriales



ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara

P2022_PAP4F04C PAP PROGRAMA PARA MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD,
PRODUCTIVIDAD Y LOGISTICA EN LA INDUSTRIA REGIONAL I

Propuesta Integral para la Reducción del Impacto Ambiental de la Cervecería Fortuna con
énfasis en la Neutralización de Desechos Ácidos y Alcalinos y en la Compensación de
Emisiones de CO₂ en el Proceso de Fermentación

PRESENTAN

Programas Educativos y Estudiantiles

Ingeniería en Biotecnología. Karen Daniela Rueda Gómez

Profesor PAP: María Yolotxochitl Ramírez García y Sara Ratkovich Gonzalez

Tlaquepaque, Jalisco, mayo del 2022

ÍNDICE

Contenido

REPORTE PAP	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	2
Resumen	0
1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional.....	0
1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto	0
1.2 Caracterización de la organización.....	3
1.3 Identificación de la(s) problemática(s)	4
1.4. Planeación de alternativa(s).....	5
1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora	6
1.6. Valoración de productos, resultados e impactos	¡Error! Marcador no definido.
1.7. Bibliografía y otros recursos	14
1.8. Anexos generales	14
2. Productos	15
3. Reflexión crítica y ética de la experiencia.....	16
3.1 Sensibilización ante las realidades	16
3.2 Aprendizajes logrados	17

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son experiencias socio-profesionales de los alumnos que desde el currículo de su formación universitaria- enfrentan retos, resuelven problemas o innovan una necesidad sociotécnica del entorno, en vinculación (colaboración) (co-participación) con grupos, instituciones, organizaciones o comunidades, en escenarios reales donde comparten saberes.

El PAP, como espacio curricular de formación vinculada, ha logrado integrar el Servicio Social (acorde con las Orientaciones Fundamentales del ITESO), los requisitos de dar cuenta de los saberes y del saber aplicar los mismos al culminar la formación profesional (Opción Terminal), mediante la realización de proyectos profesionales de cara a las necesidades y retos del entorno (Aplicación Profesional).

El PAP es un proceso acotado en el tiempo en que los estudiantes, los beneficiarios externos y los profesores se asocian colaborativamente y en red, en un proyecto, e incursionan en un mundo social, como actores que enfrentan verdaderos problemas y desafíos traducibles en demandas pertinentes y socialmente relevantes. Frente a éstas transfieren experiencia de sus saberes profesionales y demuestran que saben hacer, innovar, co-crear o transformar en distintos campos sociales.

El PAP trata de sembrar en los estudiantes una disposición permanente de encargarse de la realidad con una actitud comprometida y ética frente a las disimetrías sociales. En otras palabras, se trata del reto de “saber y aprender a transformar”.

El Reporte PAP consta de tres componentes:

El primer componente refiere al ciclo participativo del PAP, en donde se documentan las diferentes fases del proyecto y las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo de este y la valoración de las incidencias en el entorno.

El segundo componente presenta los productos elaborados de acuerdo con su tipología.

El tercer componente es la reflexión crítica y ética de la experiencia, el reconocimiento de las competencias y los aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.

Resumen

La cerveza es una de las bebidas más consumidas a nivel mundial, sin embargo, como cualquier proceso industrial genera un impacto ambiental mediante la liberación de gases de efecto invernadero y el desecho de residuos que pueden contaminar el suelo y los cuerpos de agua finales. La cervecería Fortuna, ubicada en Zapopan, Jalisco, plantea como prioridad industrial convertirse en una empresa con menor impacto ambiental. Por tanto, establece dos vertientes importantes: el tratamiento de sus efluentes líquidos provenientes de la limpieza de los equipos del proceso cervecero y la compensación de las emisiones de dióxido de carbono. Ante ello, se realizó un protocolo para la neutralización de residuos ácidos y alcalinos provenientes del lavado de los equipos del proceso cervecero y un manual para la compensación de CO_2 del proceso cervecero a través de la captación del gas por árboles.

1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional

El PAP es una experiencia de aprendizaje y de contribución social integrada por estudiantes, profesores, actores sociales y responsables de las organizaciones, que de manera colaborativa construir sus conocimientos para dar respuestas a problemáticas de un contexto específico y en un tiempo delimitado. Por tanto, la experiencia PAP supone un proceso en lógica de proyecto, así como de un estilo de trabajo participativo y recíproco entre los involucrados.

1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto

La cerveza es una de las bebidas más consumidas a escala mundial. El conocimiento de su proceso data de la antigüedad. Sin embargo, como toda industria de transformación, la producción de esta bebida genera diversos residuos y gases de efecto invernadero. De acuerdo con la información publicada por Cerveceros de México (Cámara de la cerveza) en 2018 en México se produjeron 120 millones de hectolitros de cerveza. Esto posiciona a México como cuarto productor de cerveza a nivel mundial y como tal, el cuarto país con la mayor generación de residuos por su producción (Barrera, 2019).

La producción de la cerveza se divide en varias operaciones sucesivas: molienda, maceración, filtración, adición de lúpulo o extracto de lúpulo y ebullición del mosto de cerveza con estos aditivos, eliminación del lúpulo gastado y de los sedimentos precipitados, enfriamiento del mosto y aireación, fermentación con levaduras, eliminación de levadura,

acondicionamiento (maduración, crianza) y envasado (**Fig. 1**). El objetivo del proceso es convertir el almidón derivado de granos en azúcares simples, extraer estos azúcares y fermentarlos con el uso de levadura para producir una bebida ligeramente carbonatada con cierto contenido de alcohol. Tal producción a gran escala da como resultado la generación de grandes cantidades de materiales de desecho orgánicos e inorgánicos, así como la producción de dióxido de carbono, específicamente en la etapa de fermentación (Rachwał *et Al.*, 2020).

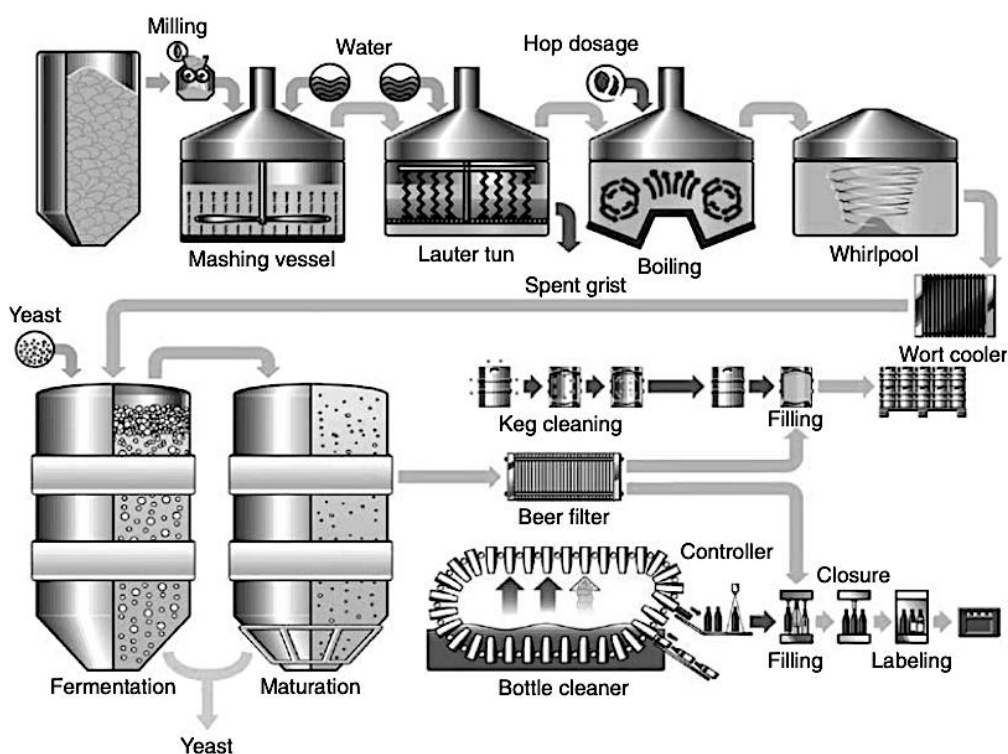


Figura 1. Proceso de la cerveza que describe etapas de molienda, maceración, filtración, adición de lúpulo o extracto de lúpulo y ebullición del mosto de cerveza con estos aditivos, eliminación del lúpulo gastado y de los sedimentos precipitados, enfriamiento del mosto y aireación, fermentación con levaduras, eliminación de levadura, acondicionamiento (maduración, crianza) y embotellado. Fuente: (Wunderlich, 2009).

Uno de los principales residuos orgánicos en el proceso de la cerveza, se obtiene después del proceso de maceración. La parte insoluble del grano de cebada que está en solución con el mosto, se le conoce como malta de cerveza o grano gastado. Este residuo de malta cerveza representa el 85% de los residuos totales generados por esta industria. Sin embargo, este suele ser utilizado por las ganaderas locales como alimento para sus animales, por lo que, no se desperdicia como tal (Barrera, 2019).

Otro tipo de residuo se genera tras hervir el mosto en la cocción Kettle. En esta etapa tiene lugar la desnaturalización térmica de las proteínas, lo que provoca la precipitación de proteínas de alto peso molecular (residuos denominados turbios calientes). El trub caliente, que contiene lúpulo gastado, se elimina del mosto con un separador. A continuación, se añaden las levaduras y comienza la fermentación. Después de este paso, la mayoría de las levaduras se eliminan (levadura gastada de cervecería) de la cerveza joven (Rachwał *et Al.*, 2020).

Así mismo, la fermentación alcohólica es un proceso bioquímico complejo durante el cual las levaduras convierten los azúcares en etanol, dióxido de carbono y otros subproductos metabólicos que contribuyen a la composición química y las propiedades sensoriales de los alimentos fermentados (Buratti, 2016). Sin embargo, el dióxido de carbono al ser un gas de efecto invernadero, tiene efectos ambientales y de salud de gran alcance. Provoca el cambio climático al atrapar el calor y también contribuyen a las enfermedades respiratorias por el smog y la contaminación del aire. El clima extremo, las interrupciones en el suministro de alimentos y el aumento de los incendios forestales son otros efectos del cambio climático causados por los gases de efecto invernadero (Nunez, 2019).

Por último, una vez que la cerveza fue embotellada, se requiere la limpieza y sanitización de todos los equipos utilizados para el siguiente lote de la bebida. A menudo se utilizan detergentes y/o sustancias que poseen pH (potencial hidrógeno) alcalinos y pH ácidos que, al desecharlos sin previo tratamiento, generan daño a los cuerpos de agua finales. Estas sustancias inorgánicas también son residuos importantes generados del proceso cervecero de manera implícita. Así mismo, para su correcta disposición, La Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado Urbano O Municipal, establece que el rango permisible de pH en las descargas de aguas residuales es de 10 y 5.5 unidades, determinado para cada una de las muestras simples.

La eliminación de desechos de manera ambientalmente sostenible es un desafío importante. Todavía existe la necesidad de diseñar y desarrollar procesos factibles y financieramente viables para la utilización o revalorización de los residuos de una cervecería, en donde más

allá de un correcto desecho, se generen productos valiosos de los subproductos del proceso cervecero. Si bien se han realizado algunos intentos para incorporar los componentes bioactivos del proceso de la cerveza en productos alimenticios, se deben realizar más investigaciones en esta área.

A menudo las cerveceras de volumen industrial mayor poseen procesos que mitigan, reducen y/o reciclan los residuos en la producción de cerveza. Gracias a su alto poder adquisitivo, pueden invertir en nuevos equipos, personal y mantenimiento de los mismos. Sin embargo, son las pequeñas y medianas cerveceras las que tienen mayor área de oportunidad en cuanto al tratamiento y/o desecho de sus residuos pues dentro de su economía no se pueden permitir, de la misma manera que una cervecera grande, un gasto extra dentro del proceso.

Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el proceso y producción de residuos de la cervecera local artesanal, Fortuna, que se ubica en Carretera Guadalajara-Nogales No. 4380 Anexo a, La Primavera, 45011 Zapopan, Jalisco, para la generación de una propuesta integral que mitigue o reduzca su impacto medioambiental como primera etapa de un proyecto que pretende formar productos valiosos a partir de los subproductos del proceso para un mejor desempeño ambiental y económico.

1.2 Caracterización de la organización

En las cercanías del pueblo de Tequila, nace en 2014 Cervecería Fortuna con 8,000 m^2 rodeada de paisaje agavero. La planta de Fortuna se ubica en Carretera Guadalajara-Nogales No. 4380 Anexo a, La Primavera, 45011 Zapopan, Jalisco y tiene una capacidad de producción de 80,000 L anuales. Sus ventas giran en torno a 11 estilos de cerveza entre las que se encuentran Ippolita, California, Stout, Cañita, Pale Ale, Sake, Afortunada, entre otras. Así mismo, poseen la capacidad de maquilar para restaurantes locales y/o colaboraciones con otras marcas.

La misión principal de la empresa es producir, desarrollar y distribuir productos de gran calidad logrando obtener un beneficio que ayude al crecimiento de la institución y personal, mientras construyen un excelente ambiente de trabajo y se distribuye la riqueza. Parte de su

visión es poder ser una de las mejores empresas fabricantes de bebidas alcohólicas reconocidas a nivel mundial por su gran calidad.

En cuanto a sus objetivos se pretende: lograr un crecimiento acelerado, pero ordenado de manera natural y correcta buscando obtener un posicionamiento creciente continuo el cual ayude a conquistar nuevos mercados. Así mismo, utilizar la llegada de capital generado de manera autosuficiente para la implementación de tecnología de punta con la cual es proceso pueda estandarizarse y eficientarse para mejor la producción con el mínimo esfuerzo. Por último, reconocer el mayor activo que son los colaboradores y recompensarles de manera satisfactoria para propiciar un ambiente de trabajo adecuado. Dicho lo anterior, esta reciente cervecera pretende posicionarse como una empresa sustentable sin dejar de lado la calidad de los productos.



Figura 2. Algunos estilos de cerveza de Fortuna

1.3 Identificación de la(s) problemática(s)

Fortuna, ante la necesidad de ser una empresa con menor impacto ambiental establece dos vertientes importantes: el tratamiento de sus efluentes líquidos provenientes de los equipos y la compensación de las emisiones de dióxido de carbono.

1. Desecho de los efluentes líquidos provenientes del proceso cervecero

Fortuna, presenta una problemática de manejo de aguas residuales. Al no tener acceso a la red de drenaje, la empresa, colecta y dispone parte de sus efluentes líquidos contratándose los servicios de un camión cisterna. Estas comprenden aguas de sanitario y los desechos de levadura y lúpulo. Por otro lado, se cuenta con un pozo de difusión el cual desemboca en la calle. La urgencia del problema gira en torno a los efluentes utilizados para la limpieza de los equipos. Aquí se utilizan Detergente Alcalino Concentrado con un pH cercano a 13, posteriormente utilizan Limpiador Ácido Concentrado con un pH de 2 y, por último, se utiliza PERAC-20 con un pH de 3.5. El desecho de estos efluentes sin previo tratamiento ocasiona la acidificación de los suelos y de los cuerpos de agua cercanos.

2. Emisiones de dióxido de carbono

El proceso industrial de la cerveza posee un costo para el medio ambiente como cualquier proceso industrial existente. Una de las principales formas de contaminación de esta industria son las grandes emisiones de CO_2 liberadas al ambiente, principalmente en la etapa de fermentación. CO_2 en esta etapa es inherente al proceso.

1.4. Planeación de alternativa(s)

Por el comienzo de una propuesta integral, las alternativas giran en dos diferentes vertientes:

1. Realización de un protocolo que pueda neutralizar los efluentes líquidos de la etapa de limpieza de los equipos. Donde se traten las tres sustancias principales para el aseo: Detergente Alcalino Concentrado con un pH cercano a 13; Limpiador Ácido Concentrado con un pH de 2 y, por último, se utiliza PERAC-20 con un pH de 3.5.
 - a. Evaluar la posible neutralización entre ellos con el objetivo de no causar un gasto extra en la economía de la cervecera.
 - b. Evaluar la producción de sales en la reacción para evitar el deterioro de las tuberías de la cervecera.
 - c. Hacer especial énfasis en las medidas de protección al ser reactivos que causan irritación en la piel, ojos y boca.
2. Realización de un manual en dónde se establezca la cantidad de dióxido de carbono emitido al año en la planta de Fortuna. Así mismo, acompañarlo de un

análisis para su compensación por medio de una plantación consiente de árboles que capten el dióxido de carbono emitido.

En la **Tabla 1** se muestra el cronograma a seguir para el cumplimiento de las alternativas planteadas.

Tabla 1. Planeación Cronológica de Actividades

	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Conocimiento del proceso completo cervecera. Identificar las etapas en las que se generan los desechos				
Caracterización de los residuos Evaluar sistema de desecho (infraestructura de la planta)				
Analizar				
Cuantificar				
Proponer, evaluar alternativas				
Entregar resultados				

1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora y Valoración de productos, resultados e impactos

Para comenzar con el proyecto se acudió a la planta con frecuencia para conocer el proceso cervecero empleado en Fortuna. Este consiste en 9 etapas principales (Fig.3):

La molienda: en esta etapa se muele la malta para generar pequeños trozos que pasaran a la maceración (Fig. 4a); La maceración: Una vez en el tanque de macerado, el agua y los granos molidos de malta de cebada se mezclan perfectamente y se aumenta la temperatura normalmente hasta los 68°C para obtener el mosto. Con esto se busca que las enzimas corten en lugares específicos las largas cadenas de carbonos que forman el almidón y así, se

generen los azúcares fermentables (Fig. 4b). Colado o Lauter: en este equipo con un fondo falso se separa la parte insoluble del grano, llamada malta gastada, del mosto (Fig. 4c). Cocimiento (Kettle): comienza el cocimiento en dónde se le añade la mitad del lúpulo total del proceso. Cocimiento (Whirlpool): se termina el cocimiento y se genera una torta de lúpulo que será desechada (Fig. 4d). Enfriamiento: el mosto obtenido es enfriado con un intercambiador de calor (Fig. 4e). Fermentación: se añade la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) que consumirá los azúcares fermentables y los transformará a alcohol y dióxido de carbono. Esta etapa dura alrededor de 30 días, dependiendo del estilo de cerveza (Fig. 4f). Así mismo, depende la disposición de tanques y del estilo de cerveza, se acondiciona la bebida en el fermentador o se pasa a una etapa de filtración, en donde por medio de un filtro de perlas diatomeas (Fig. 4g), se pasa la cerveza a un acondicionamiento final (Fig. 4h). Por último, se embotella la cerveza en barriles o en botella dependiendo la demanda del producto (Fig. 4i).

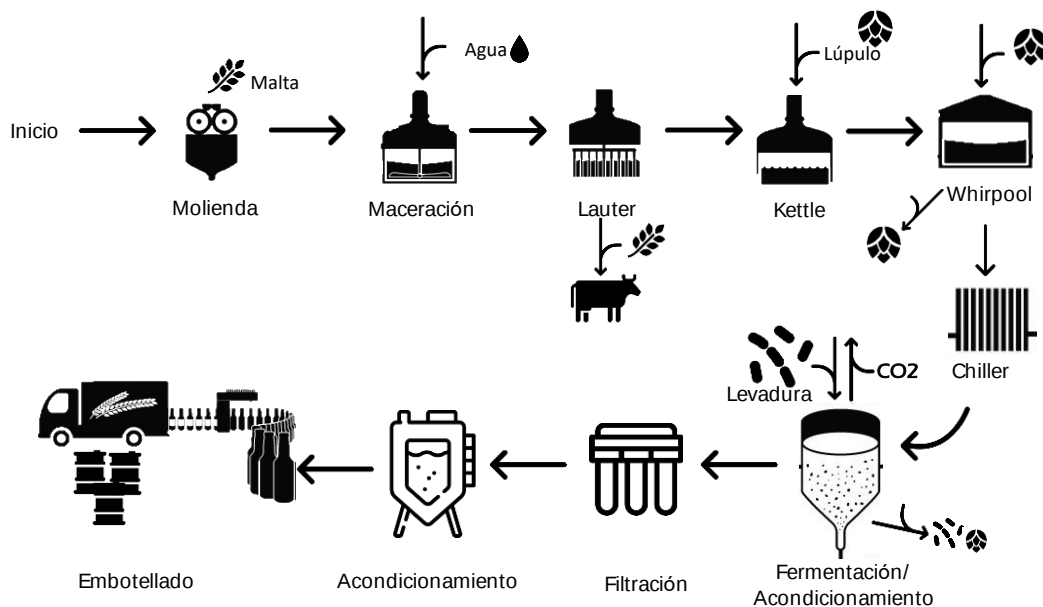


Figura 3. Proceso general de cerveza Fortuna



Figura 4. Proceso de la cerveza que describe etapas de a) molienda, b) maceración, c) Lauter o colado, d) cocimiento, adición de lúpulo o extracto de lúpulo y ebullición del mosto de cerveza con estos aditivos, eliminación del lúpulo gastado y de los sedimentos precipitados, e) enfriamiento del mosto con un chiller, f) fermentación con levaduras, g) filtración con perlas diatomeas, h) acondicionamiento y i) envasado.

1. Desecho de los efluentes líquidos provenientes del proceso cervecero

Una vez explicado el proceso de la cerveza, se indagó en el proceso de limpieza de cada equipo. En primera instancia se limpia una vez por semana el brew house que consiste en el macerado, Lauter, Kettle y Whirpool. Así mismo, una vez por semana se da limpieza al fermentador que esté listo para su envasado. Se utilizan tres diferentes reactivos, según el equipo es la concentración a utilizar. Cabe destacar que cuando se utiliza DTA se hacen dos lotes de 100 L para la limpieza de los cuatro equipos, es decir, en el macerado se preparan 100 L al 1% de DTA y se recircula al Lauter. En el Kettle se vuelve a preparar una solución de 100 L pero ahora al 2%. En cambio, en el PL y Perac-20 se prepara una sola vez a la concentración específica y se recircula por los equipos faltantes (**Tabla 2**). En el caso de los fermentadores, estos se limpian por separado, por lo que se genera una solución nueva en cada reactivo.

Tabla 2. Limpieza de los equipos

	Detergente Alcalino Concentrado (DTA)	Limpiador Ácido Concentrado (PL)	PERAC-20
Macerado	1%*	1%*	0.025%*
Lauter	1%	1%	0.025%
Kettle	2%*	1%	0.025%
Whirpool	2%	1%	0.025%

Fermentador	2%	1%	0.025%
-------------	----	----	--------

*: solución nueva con 100 L de volumen final

Así mismo, se tomaron muestras en cada una de las etapas para observar la variación de pH a través de la recirculación de las etapas (Fig. 5). Tras no haber diferencia significativa se llegó a la conclusión de que se podría considerar darle un segundo uso al PL y Perac-20. Es decir, no desecharlo enseguida de su primera utilización, sino guardarlo en contenedores para

la siguiente limpieza. En cuanto al DTA, se observó que por ser el primer reactivo y el que desprende todos los cereales remanentes en los tanques, no sería conveniente utilizarlo una segunda vez pues se podría en riesgo la higiene del tanque. Sin embargo, esta sustancia sí podría funcionar para la neutralización de los otros componentes.

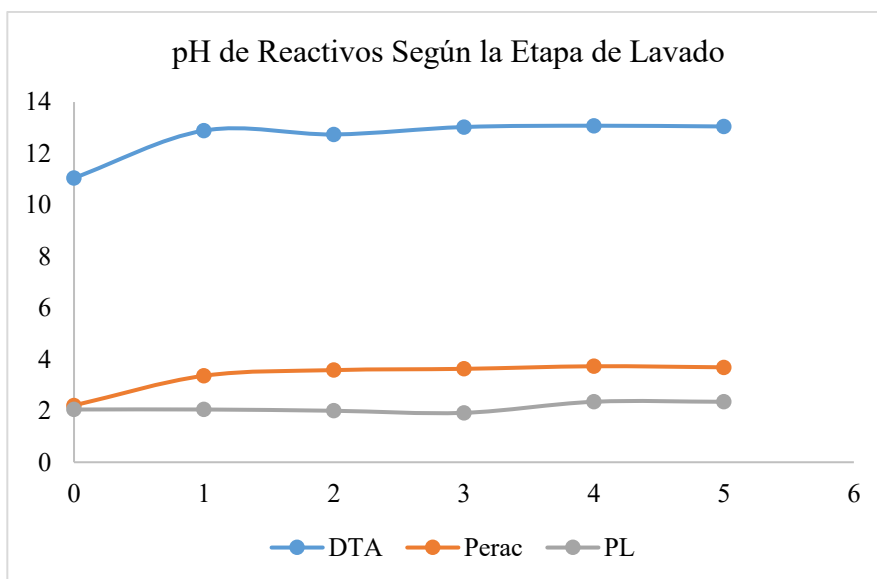
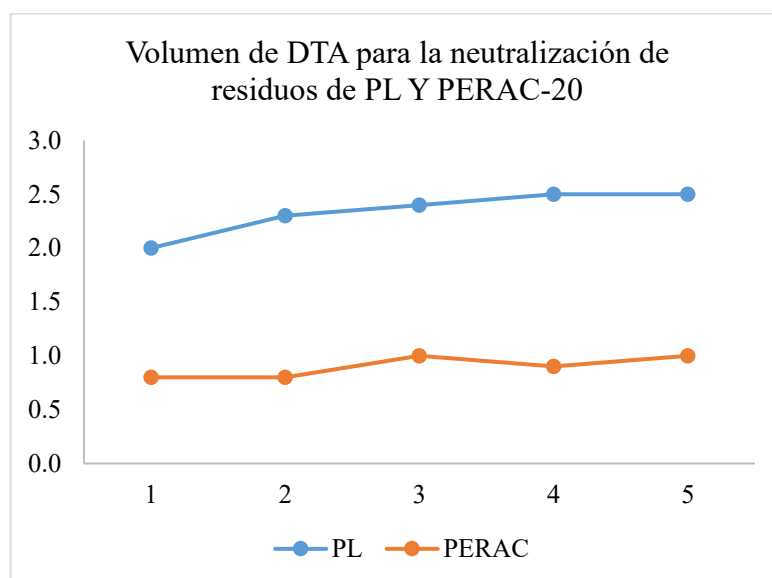


Figura 5. Variación de pH de los reactivos utilizados a través de los diferentes equipos. 0: concentrado, 1: inicio mash, 2: final mash/inicio lauter 3: final lauter/inicio kettle, 4: final kettle/inicio whirlpool e intercambiador 5: final whirlpool e intercambiador

Así mismo, como segunda alternativa se titularon las muestras obtenidas de las limpiezas del brew house siguiendo la presente estrategia:

- Identificar el punto de neutralización de los residuos de PL y PERAC, utilizando como agente alcalino el residuo de DTA.



Ante la poca variación de del volumen de DTA para la neutralización de residuos de PL y PERAC-20 a partir de DTA, se unifaron las siguientes relaciones:

- Para el **ácido limpiador concentrado (PL)**, se recomienda calcular el 20% del volumen total a desechar y adicionar ese volumen de la solución DTA proveniente de la última etapa de lavado, es decir, proveniente de una solución al 1% de DTA.

Ejemplo:

Se tiene una solución de PL al 1% con un volumen de 100 L . Esta solución proviene del último lavado del Brew House, es decir, de la utilización en el equipo Whirpool. Para su neutralización, se necesitaría 20 L de una solución de DTA al 1%. Esta solución puede provenir ya sea del desecho del lavado del equipo Lauter o del equipo Whirpool.

- Para el **PERAC-20** se recomienda calcular el 10% del volumen total a desechar y adicionar ese volumen de la solución DTA proveniente de la última etapa de lavado, es decir, proveniente de una solución al 1% de DTA.

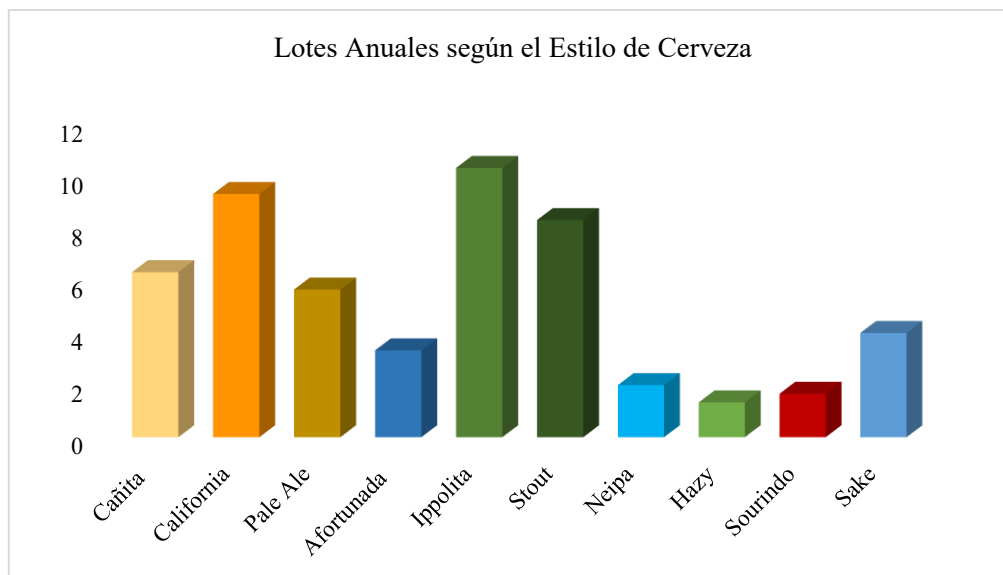
Ejemplo:

Se tiene una solución de PERAC al 0.025% con un volumen de 100 L . Esta solución proviene del último lavado del Brew House, es decir, de la utilización en el equipo Whirpool. Para su neutralización, se necesitaría 10 L de una solución de DTA al 1%. Esta solución puede provenir ya sea del desecho del lavado del equipo Lauter o del equipo Whirpool.

2. Emisiones de Dióxido de carbono

Por otro lado, con respecto a las emisiones de dióxido de carbono en la etapa de fermentación, se realizaron una serie de pasos para obtener los kg de CO_2 anuales que emite la planta en esta etapa del proceso.

Primero, se contabilizaron los lotes realizados desde el 2018 (se hizo desde ese año porque eran los datos disponibles de la empresa) por cada estilo de cerveza. Cabe mencionar que cada una al llevar un proceso diferente, emite una cantidad de CO_2 diferente. En la **figura 6** se muestra el número de lotes de cada cerveza al año. Con base a este número y a la **ecuación 1**, se realizó la estimación de volumen anual por cada estilo de cerveza. En la **figura 7** se muestran los kg de CO_2 obtenidos por cada estilo. En total arrojaron la cantidad de **17,059 kg de CO_2 anuales**.



$$\frac{(\Delta\rho)}{FC1 \times 1000} \times FC2 \times \frac{PM\ CO_2 * \frac{\text{moles } CO_2}{\text{moles } Glu}}{PM\ CO_2} \times \frac{x\ Litros}{1\ Lote} \times \frac{1,000\ g}{1\ Kg}$$

Ecuación 1. Cálculo para la obtención de CO_2 por cada lote

Donde:

$\Delta\rho$: ($\rho_{original} - \rho_{final}$)

$FC1 = 4$: Factor de conversión de $\Delta\rho$ a $^{\circ}Plato$

$FC2 = 10$: Factor de conversión de $^{\circ}Plato$ a $\frac{g\ carbohidrato}{L}$

PM : peso molecular

$\frac{\text{moles } CO_2}{\text{moles } Glu}$: Relación estequiométrica entre las moléculas

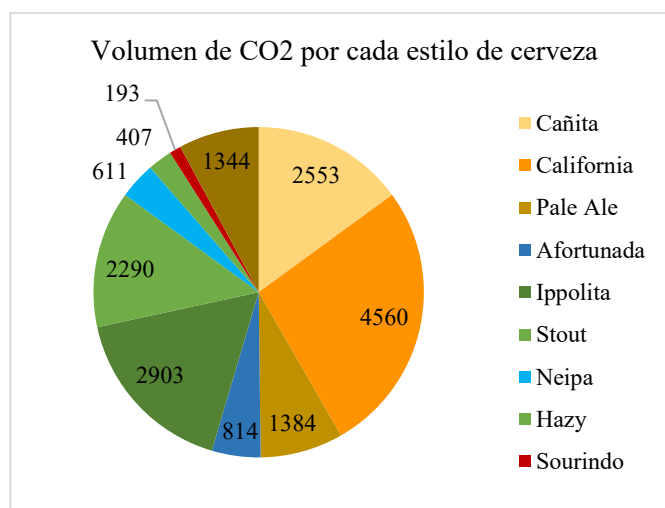
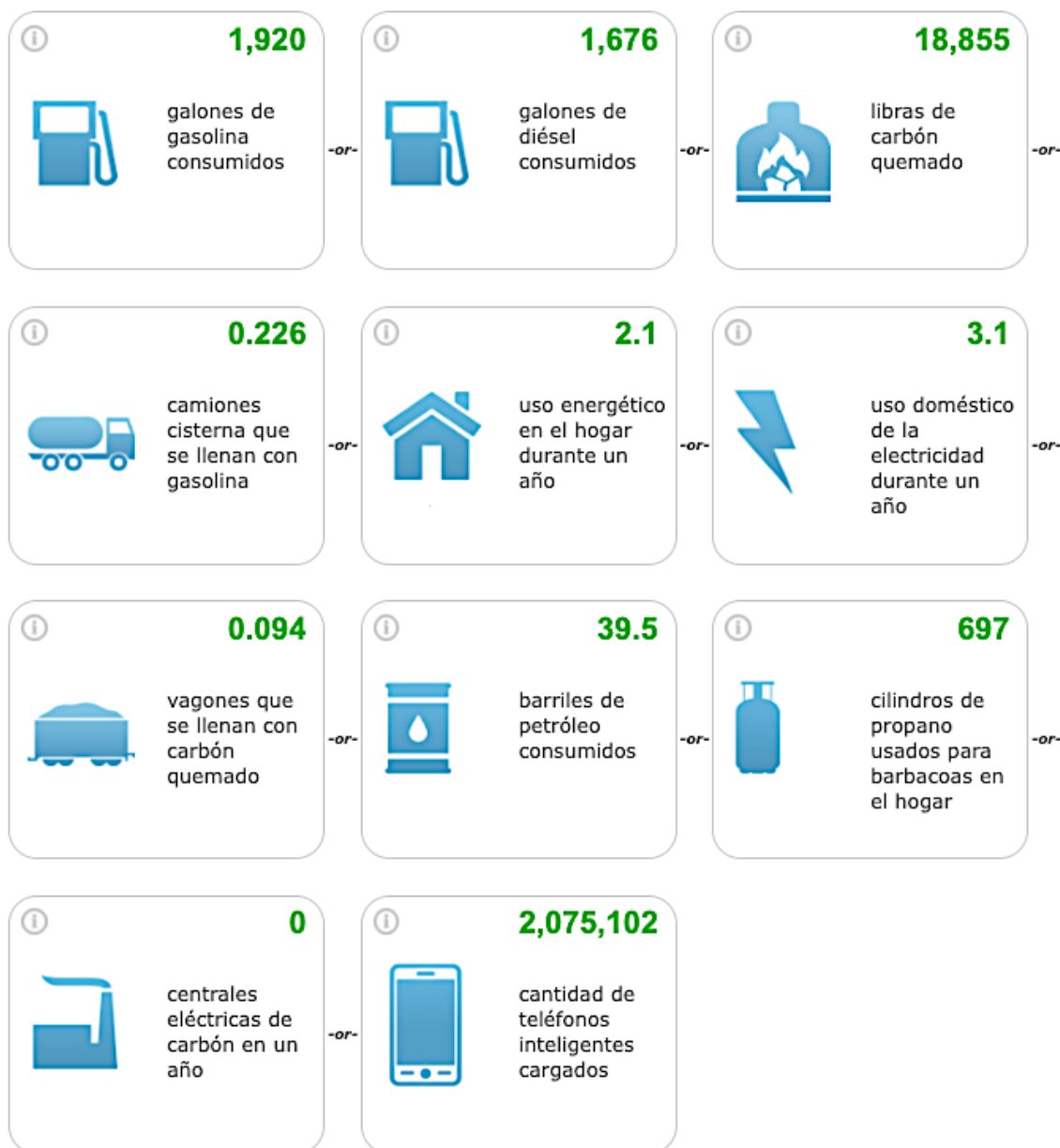


Figura 7. Volumen (kg) obtenido de CO_2 por cada estilo de cerveza.

Con la cantidad anual de CO_2 emitido al año, 17,059 kg, se utilizó el calculador de equivalencias de gases de efecto invernadero de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos para obtener los siguientes resultados de la **figura 8**. Con los resultados obtenidos se puede dimensionar en términos más tangibles la cantidad obtenida. Así mismo, se pudieron proponer soluciones para compensar las emisiones de CO_2 , como tal enfocada en la parte de “carbono capturado por” en donde se concluye que se necesitarían 282 plántulas anuales para compensar la liberación de este gas (EPA, 2019).

Emisiones de CO_2 de



Emisiones de gases de efecto invernadero evitadas por



Carbono capturado por



Figura 8. Equivalencia de la cantidad de CO_2 de 17,059 kg emitido al año

1.7. Bibliografía y otros recursos

- Calculador de equivalencias de gases de efecto invernadero. (2021). EPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Recuperado: <https://espanol.epa.gov/>
- Barrera, Iliana. (2019). Revalorización de residuos de la industria cervecera. CIATEJ. Recuperado de: <https://www.ciatej.mx/el-ciatej/>
- Buratti, Susanna (2016). Electronic Noses and Tongues in Food Science || Alcoholic Fermentation Using Electronic Nose and Electronic Tongue. , (), 291–299. doi:10.1016/B978-0-12-800243-8.00028-7
- Nunez, Christina. (2019). Carbon dioxide levels are at a record high. Here's what

you need to know. National Geographic. Recuperado de:
<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/greenhouse-gases>
 La Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996. (s.f). La Norma Oficial
 Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996. [PDF]

Rachwał, K., Waśko, A., Gustaw, K., & Polak-Berecka, M. (2020). Utilization of
 brewery wastes in food industry. PeerJ, 8, e9427.
<https://doi.org/10.7717/peerj.9427>

Wunderlich, S., & Back, W.P. (2009). Overview of Manufacturing Beer:
 Ingredients, Processes, and Quality Criteria. Beer in Health and Disease
 Prevention, 3-16.

2. Productos

Dicho lo anterior, se presenta la oportunidad de proponer dos diferentes productos a entregar:
 un protocolo para la neutralización de residuos ácidos y alcalinos provenientes del lavado de
 los equipos del proceso cervecero y un manual para la compensación de las emisiones de
 CO2 en la etapa de fermentación en el proceso cervecero.

Nombre y código del PAP	PAP Programa para mejoramiento de la calidad, productividad y logística en la industria regional I. (O2021 PAP4F04C)
Nombre del proyecto	Protocolo para la Neutralización de Residuos Ácidos y Alcalinos Provenientes del Lavado de los Equipos del Proceso Cervecerero en la Empresa Fortuna
Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es):	El presente protocolo pretende describir el proceso para el desecho de los efluentes generados en el proceso de la limpieza de los equipos. De manera que los residuos después del protocolo, los residuos se apeguen a la Norma Oficial Mexicana Nom-002-Semarnat-1996 y se mitige o reduzca su impacto medio-ambiental.
Autores:	Karen Daniela Rueda Gómez

Nombre y código del PAP	PAP Programa para mejoramiento de la calidad, productividad y logística en la industria regional I. (O2021_PAP4F04C)
Nombre del proyecto	Manual para la Compensación de CO ₂ del Proceso Cervecerero a través de la Captación del gas por árboles.
Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es):	Estima la cantidad de CO ₂ emitida en el proceso de fermentación del proceso cervecero y plantea la opción de captar las emisiones a través de la cantidad de plántulas adecuada. Así mismo, pretende dar guía de una correcta planteación y cuidado de las plantúlas para que esta alternativa sea factible al largo plazo.
Autores:	Karen Daniela Rueda Gómez

3. Reflexión crítica y ética de la experiencia

El RPAP tiene también como propósito documentar la reflexión sobre los aprendizajes en sus múltiples dimensiones, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto para compartir una comprensión crítica y amplia de las problemáticas en las que se intervino.

3.1 Sensibilización ante las realidades

Una vez que una empresa se ve inmersa en ofrecer un producto de calidad que a la vez sea rentable, se suele dejar de lado cuestiones relacionadas con el cuidado del medio ambiente. Esto se complica aún más para las pequeñas y medianas empresas, que simplemente encuentran complicado solventar una inversión que provea una buena práctica de desecho de residuos industriales. Esto, que precisamente leía en la teoría, pero no lo comprendía del todo en la práctica, me quedó más claro cuando curse este PAP. Básicamente, el proyecto me dio la oportunidad de conocer de primera mano los procesos industriales y lo empírico

que pueden llegar a ser. Así mismo, durante el planteamiento y desarrollo del proyecto, que constantemente presentaba retos, comprendía que para poder crear un crecimiento económico e industrial que sea responsable y factible a largo plazo, se deben de desarrollar procesos que estén en equilibrio con el entorno, pensando en la permanencia y cuidado de los recursos que son limitados. El cuidado de los recursos incluso mientras se investiga y busca un proceso más limpio y eficiente, es una práctica que limita el rango de acción, sin embargo, dio pie a buscar desde etapas tempranas, procesos y metodologías que sean amigables con el medio ambiente.

3.2 Aprendizajes logrados

Los constantes retos presentados, me incentivaron a desarrollar capacidades más focalizadas en cuanto a resolución de problemas e investigación. Así mismo, la constante toma de decisiones con base a un contexto determinado me hizo adquirir mayor seguridad y satisfacción en cuanto a mi criterio profesional y personal.

Los mayores desafíos se presentaron al tratar de realizar un proyecto que es contrareloj, mientras que aprendes e intentas utilizar equipos y metodologías nuevas. Sin embargo, antes del proyecto percibía mis conocimientos un poco dispersos, es decir, no sabía del todo en que se podría aplicar de manera práctica. Ahora, concluyó este proyecto satisfecha de como aplique mis conocimientos y habilidades en un producto que es tangible.

3.3 Inventario de competencias Inicial (ingreso del PAP) e Inventario de competencias Final (salida al PAP).

Competencias Iniciales			
Competencia		Evidencia	Relevancia/Fortaleza*
Conocimientos	Revalorización de residuos industriales para el cultivo de microorganismos probióticos	Reporte de becaría en la realización de un proyecto semestra	Concientización de daños al medio ambiente y creación de estrategias que ayuden a mitigar el impacto.
	Conocimientos teóricos y prácticos de laboratorio para la producción de microorganismos en biorreactores automatizados para su posterior análisis de viabilidad para escalamiento mediante programación en Matlab.	Proyecto de comparación, análisis y conocimiento para selección del método y condiciones óptimas para el crecimiento de un hongo de interés comercial utilizando simulación con modelos matemáticos en Matlab para la disminución de tiempos de producción, aumento de biomasa y flujos de oxigenación sin desgaste en el sustrato.	Capacidad de identificar cuellos de botella y predecir producciones cuando se pretende un escalamiento / Disminución de tiempo y recursos para evaluar la viabilidad de escalamiento.
	Cultivos microbiológicos para seguir la cinética de crecimiento y producción de metabolitos de una levadura.	Proyecto de crecimiento de <i>Saccharomyces boulardii</i> para la integración de procesos de biorrefinería para el aprovechamiento de efluentes y residuos de la industria láctea.	Capacidad de identificar residuos que pudieran unirse a un negocio redondo mediante la utilización de microorganismos / Toma de decisiones a partir de las cinéticas de crecimiento tomando en cuenta tiempo y costos.
	Manejo de equipos y material de laboratorio.	Múltiples materias aprobadas con teoría y aplicación experimental en laboratorio.	Dependiendo el objetivo del proyecto pueden seguir protocolos de laboratorio para la realización de experimentos.

	Excel avanzado y programación de macros.	Materia aprobada enfocada a Excel.	Posibilidad de automatización de hojas de cálculo, bases de datos, etc.
	Reacciones químicas y biológicas principalmente.	Proyectos escolares relacionados.	Metodología necesaria y propuestas para el mejoramiento de las mismas.
Habilidades	Diseño de experimentos para encontrar las condiciones óptimas en la experimentación.	Diferentes experimentos para rescatar las mejores combinaciones experimentales dependiendo de los resultados obtenidos.	Gastar lo menos posible obteniendo los resultados óptimos.
	Entendimiento sobre distintos procesos industriales y capacidad de generar análisis económico de los proyectos.	Presentación y análisis del proyecto PAP.	Mejor idea para enfocar la inversión inicial.
Actitudes	Proactiva, responsable, organizada, tenaz	Encabezar diferentes proyectos académicos y empresariales	Madurez necesaria y conocimiento para aprender y desarrollar actividades en empresas importantes.

	Competencias Finales		
	Competencia	Evidencia	Relevancia/Fortaleza*
Conocimientos	Entendimiento de las operaciones unitarias del proceso cervecero	Base teórica para el protocolo de residuos y el manual de compensación de CO ₂	Capacidad de entender el proceso para proponer soluciones que sean factibles en la propuesta integral de disminución de impacto ambiental
	Caracterización y análisis de residuos industriales	Protocolo para la Neutralización de	Capacidad de comprender las características de los residuos

		Residuos Ácidos y Alcalinos Provenientes del Lavado de los Equipos del Proceso Cerveceo en la Empresa Fortuna	para proponer su desecho de manera responsable.
	Análisis y Cálculo en la etapa de fermentación para la estimación de CO ₂ emitido en esta etapa	Manual para la Compensación de CO ₂ del Proceso Cerveceo a través de la Captación del gas por árboles..	Capacidad de evaluar las reacciones emergentes de un microorganismo presente en la etapa de fermentación del proceso.
Habilidades	Manejo de equipos y material de laboratorio.	Múltiples materias aprobadas con teoría y aplicación experimental en laboratorio.	Dependiendo el objetivo del proyecto puedo seguir protocolos de laboratorio para la realización de experimentos.
	Excel avanzado y programación de macros.	Materia aprobada enfocada a Excel.	Posibilidad de automatización de hojas de cálculo, bases de datos, etc.
	Reacciones químicas y biológicas principalmente.	Proyectos escolares relacionados.	Metodología necesaria y propuestas para el mejoramiento de las mismas.
	Experimentación con fundamentos en la química analítica.	Proyecto escolar relacionado.	Determinación de humedad, composición, pH, etc. En muestras orgánicas.
Habilidades	Proactiva, responsable, organizada, tenaz	Encabezar diferentes proyectos académicos y empresariales	Madurez necesaria y conocimiento para aprender y desarrollar actividades en empresas importantes.

3.4 Dimensión persona

La Fortuna del Cuento

Por: Karen Rueda

Como música de fondo se escuchaba una chava de cabello corto y vestido negro narrar el proceso de la cerveza, mencionaba la malta, la levadura, el agua y lúpulo. Karen que había ido a Cervecería Loba por una visita escolar, se encontraba maravillada entre los reactores de acero inoxidable que yacían en la planta de producción. Aunque el proceso se le hacía vagamente conocido por sus clases, en realidad no comprendía el trasfondo del procedimiento, pero si comprendía que necesitaba conocer más de él.

Fue en diciembre del 2021 cuando Karen se propuso con necesidad el incluir a una cervecera dentro de su último proyecto de la carrera de Ingeniería en Biotecnología. Primero, contacto a cervecería Minerva y después de un largo periodo de jugar con sus sentimientos, decidieron informarle sin previo aviso que no estaban interesados en trabajar con ella.

Combinado con una mala racha de días, la noticia le cayó como balde de agua fría. Karen no solo se sintió desprecada por su proyecto, sino que esa experiencia fue la primera vez que sintió algo similar a un rechazo laboral. No es que fuera a trabajar para ellos, pero así lo sintió.

Un Ángel llamado Ángel le insistió en que si ese era el camino que quería tomar no se diera por vencida. Por Fortuna, un mes después la mamá de Karen (organizadora de eventos) realizó una boda en una cervecera/terracea llamado Fortuna, Karen por ayudar a su mamá tuvo que asistir al lugar y después de un día de trabajo le ofrecieron una cerveza brillante y burbujeante llamada Cañita. Llámalo destino o casualidad, pero Karen supo, con su cerveza en mano, que ahí haría su último semestre.

Después de formalidades con los jefes y ajustar horarios de visita, le dieron la bienvenida a Karen. Cuando asistió por primera vez conoció a 5 humanos que hicieron de sus días en Fortuna una experiencia enriquecedora y divertida.

“Hola, Karen” escuchó cinco veces ese día. Una fue por Alex encargado de calidad, otra fue por Juan Pablo maestro cervecero, la tercera por Alex BrewMagic, la cuarta fue por Juan Pablo y la última la escuchó de Mario. Ellos eran diferentes, pero en esencia iguales. Como si fueran todos cerveza, pero cada uno, un estilo diferente. Le explicaron con paciencia, risas y amabilidad el proceso que para ellos parecía tan obvio. ¡Qué maravilla de procesos, de olores, de complejidad y simpleza! ¡Qué deleite es probar la bebida del tanque u oler el lúpulo fresco! Pero sobre todo que deleite es saber el proceso detrás de ella.

La historia se vuelve técnica a medida que avanzamos en el curso del tiempo, aunque al principio no sabía que vertiente tomar, al final fue difícil para Karen escoger solo una. Por el enfoque humanista que su alma mater le incita a tener, decidió enfocarse en la sustentabilidad del proceso.

En ocasiones se preguntaba si el tiempo sería suficiente, si su esfuerzo valía la pena y si lo estaba haciendo bien. El no tener a otro par para compartir las tragedias y beneficios que un nivel ofrece, puede ser agotador. Sin embargo, Karen no se sintió sola. Entre las 5 cervezas caminantes y sus brillantes profesorAs, hicieron un proyecto con dos caras.

El sol de la moneda consistió en un manual para compensar los gases emitidos en el proceso cervecero ¿Cómo se preguntará el lector? Con árboles.

Resulta que ellos captan el dióxido de carbono, el mismo que te hace daño a ti y a cualquier otro humano. Según los cálculos de Karen, se necesitarían 282 árboles por año para compensar los gases emitidos. Karen no quería quedarse en el cálculo y dentro del manual incluyó como tratar a este ser vivo.

Hablando de Caras, la segunda etapa fue un protocolo de residuos líquidos en la limpieza de los tanques. Debido al arduo trabajo al que se someten los equipos, se ven obligados a hacer limpiezas semanales. Sin embargo, los productos no son amigables para el medio ambiente al menos que se neutralicen, ¿Cómo? Con la cantidad precisa de sustancias neutralizadora. Karen también se los dijo.

Lo cuentan fácil, pero en realidad más de una vez Karen se vio estancada entre millones de posibles opciones, pero decidió respirar tres veces y plantear objetivos. Esto le salvó el semestre, el darse cuenta de que “Su trabajo vale y vale mucho”. El repetir esto, ayudó a Karen a enfocarse en lo que podía hacer del proyecto y no en todo lo que no incluyó del proyecto.

Casi como burbuja subiendo a la superficie, Karen se encontró en la semana 14, cerrando su proyecto con halagos y felicitaciones.

Ahí recordó que la Karen de diciembre del 2021 sentada en el árbol grande con una cañita en mano y en la víspera de una boda, estaría muy orgullosa de la Karen de ahora.

- Gracias especiales a todas las personas que formaron parte del proceso.