



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**



**FACULTAD DE QUÍMICA**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD SENSORIAL DEL AGUA DE  
LLUVIA PURIFICADA DEL INSTITUTO DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y RURALES (ICAR) MEDIANTE PRUEBAS DE  
ACEPTABILIDAD**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
QUÍMICO EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:**

**ANDREA FERNANDA ALVAREZ HERNÁNDEZ**

**ASESOR ACADÉMICO:**

**DRA. ANDREA YAZMÍN GUADARRAMA LEZAMA**

**ASESOR EXTERNO:**

**DR. ANGEL ROBERTO MARTÍNEZ CAMPOS**

**TOLUCA, MÉXICO**

**(Mes), 2023**

"Trabajar duro es importante, pero hay algo que importa más, creer en ti mismo"

-Harry Potter y la orden del Fenix

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales por haberme permitido desarrollar este proyecto dentro de sus instalaciones.



# ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ii
RESUMEN .....	iv
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	2
3. JUSTIFICACIÓN .....	3
4. HIPÓTESIS .....	4
5. OBJETIVOS .....	5
5.1. OBJETIVO GENERAL .....	5
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
6. MARCO CONCEPTUAL .....	6
6.1. Agua .....	6
6.2. Agua para consumo humano .....	6
6.3. Agua de lluvia .....	6
6.4. Agua Embotellada .....	6
6.5. Purificación del agua .....	7
6.5.1. Desinfección ultravioleta (UV) .....	8
6.5.2. Ozonización .....	8
6.5.3. Ósmosis inversa .....	9
6.5.4. Intercambio iónico .....	10
6.6. Planta de purificación de agua del ICAR .....	10
6.7. Análisis sensorial .....	16
6.7.1. Pruebas orientadas al consumidor .....	16
6.7.2. Prueba de aceptación .....	17
6.8. Método estadístico .....	18
7. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EMPLEADAS .....	20
7.1. Materiales .....	20
7.2. Preparación de las muestras .....	20
7.2.1. Lavado de materiales .....	20
7.2.2. Llenando de botellas .....	20
7.2.3. Reclutamiento de panelistas .....	20
7.2.4. Preparación de la prueba .....	21

<b>7.3. Evaluación Sensorial</b> .....	12
<b>7.3.1. Evaluación de características organolépticas por panelistas</b> .....	12
<b>7.3.2. Evaluación de aceptabilidad de muestras</b> .....	13
<b>7.4. Recolección de datos</b> .....	13
<b>7.5. Análisis de datos</b> .....	13
<b>8. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	14
<b>8.1. Resultados de los participantes</b> .....	14
<b>8.2. Resultados de la evaluación de características organolépticas de las muestras</b> .....	23
<b>8.3. Resultados de la evaluación general de la aceptabilidad de las muestras</b> ..	50
<b>9. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS</b> .....	53
<b>9.1. Conclusiones</b> .....	53
<b>9.2. Sugerencias</b> .....	54
<b>10. REFERENCIAS DE CONSULTA</b> .....	56
Referencias.....	56
<b>11. ANEXO</b> .....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> ANOVA de las diferencias entre las medias de la limpieza y los fumadores.....	14
<b>Tabla 2.</b> ANOVA de las diferencias entre las medias del color y los fumadores....	15
<b>Tabla 3.</b> ANOVA de las diferencias entre las medias del olor a tierra y los bebedores de alcohol.....	15
<b>Tabla 4.</b> ANOVA de las diferencias entre las medias del olor a frescura y quienes enfermaron de COVID.....	16
<b>Tabla 5.</b> ANOVA de las diferencias entre las medias del olor a frescura y los fumadores.....	17
<b>Tabla 6.</b> ANOVA de las diferencias entre las medias del olor a frescura y los bebedores de café.....	18
<b>Tabla 7.</b> ANOVA de las diferencias entre las medias del sabor dulce y los bebedores de café.....	19
<b>Tabla 8.</b> ANOVA de las diferencias entre las medias del sabor ácido y los bebedores de alcohol.....	20

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Planta purificadora de agua de lluvia por fuera .....	11
Figura 2 Planta purificadora de agua de lluvia por dentro .....	12
Figura 3 Diagrama de flujo de operación de la PPAL parte 1 .....	13
Figura 4 Diagrama de flujo de operación PPAL parte 2 .....	14
Figura 5. Salón acomodado para realizar la prueba sensorial .....	21
Figura 6. Elementos para realizar la evaluación sensorial .....	12
Figura 7. Número de participantes que enfermaron de COVID-19 antes de la aplicación de la prueba. ....	21
Figura 8 Hábitos de los participantes .....	22
Figura 9. Valores medios del atributo apariencia para las 6 muestras analizadas	23
Figura 10. Valores medios del sub-atributo de limpieza de las 3 muestras pertenecientes al ICAR .....	24
Figura 11 Valores medios del sub-atributo de limpieza de las 3 muestras comerciales.....	25
<i>Figura 12 Valores medios del sub-atributo de brillo de las 3 muestras pertenecientes al ICAR .....</i>	<i>26</i>
Figura 13. Valores medios del sub-atributo de brillo de las 3 muestras comerciales .....	26
Figura 14. Valores medios del sub-atributo de transparencia de las 3 muestras pertenecientes al ICAR .....	27
Figura 15. Valores medios del sub-atributo de transparencia de las 3 muestras comerciales.....	28
<i>Figura 16. Valores medios del sub-atributo de color de las 3 muestras pertenecientes al ICAR .....</i>	<i>29</i>
Figura 17. Valores medios del sub-atributo de color de las 3 muestras comerciales .....	30
Figura 18. Valores medios del atributo olor para las 6 muestras analizadas .....	31
Figura 19. Valores medios del olor a cal para las 3 muestras pertenecientes al ICAR.....	32
Figura 20 Valores medios del olor a cal para las 3 muestras comerciales .....	33
Figura 21. Valores medios del olor a tierra para las 3 muestras pertenecientes al ICAR.....	34
Figura 22. Valores medios del olor a tierra para las 3 muestras comerciales.....	35
Figura 23. Valores medios del olor a hierro para las 3 muestras pertenecientes al ICAR.....	36
Figura 24. Valores medios del olor a hierro para las 3 muestras comerciales.....	37
Figura 25. Valores medios del olor a frescura para las 3 muestras pertenecientes al ICAR.....	38
Figura 26. Valores medios del olor a frescura para las 3 muestras comerciales...	39
<i>Figura 27. Valores medios del atributo sabor para las 6 muestras analizadas.....</i>	<i>40</i>



Figura 28. Valores medios para el sabor dulce para las 3 muestras pertenecientes al ICAR.....	42
Figura 29. Valores medios para el sabor dulce para las 3 muestras comerciales .	42
Figura 30. Valores medios para el sabor salado para las 3 muestras pertenecientes al ICAR .....	44
Figura 31. Valores medios para el sabor salado para las 3 muestras comerciales	45
Figura 32. Valores medios para el sabor ácido para las 3 muestras pertenecientes al ICAR.....	46
Figura 33. Valores medios para el sabor ácido para las 3 muestras comerciales .	47
Figura 34. Valores medios para el sabor amargo para las 3 muestras pertenecientes al ICAR .....	48
Figura 35. Valores medios para el sabor amargo para las 3 muestras comerciales .....	49

## RESUMEN

El agua es el cimiento de la vida y forma la mayor parte de cuerpo humano. En general, las personas necesitan beber en promedio 1.5 litros de agua potable por día para llevar una vida normal. Es importante controlar la calidad del agua que consumimos, un simple cambio en el contenido de sustancias cambiará su percepción de consumo haciendo que los consumidores la rechacen. El propósito de este trabajo fue evaluar las características organolépticas del agua de lluvia purificada a través de un sistema de osmosis inversa de siete etapas que se aplica a agua de lluvia, para determinar si esta agua tiene la misma aceptabilidad que el agua embotellada comercial. La evaluación se llevó a cabo por un perfil sensorial con un panel no entrenado de 51 personas, evaluando los atributos sensoriales de apariencia, olor y sabor, así como su aceptabilidad de las muestras entre los consumidores; una vez teniendo los datos de la evaluación se analizaron por medio del programa excel usando la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis. Los panelistas no encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las seis muestras en cuanto a las características de apariencia y sabor, pero si observaron una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en cuanto a la característica de olor, resaltando que el olor más presente en todas las muestras es el de frescura en comparación de los olores de cal, tierra y hierro que pudieran estar presentes.

## 1. INTRODUCCIÓN

La crisis climática, la desconfianza en el sistema de suministro de agua potable, la contaminación y más problemas han hecho que el agua embotellada sea la opción más segura para su consumo entre la población mexicana. México es el país con el mayor consumo de agua embotellada per cápita en el mundo. Donde cada persona consume 273 litro cada año, de acuerdo al Centro de Control y Prevención de Enfermedades, OMS/UNICEF (Molina, 2022). Esto está generando más problemas medioambientales haciendo que se sobreexploten los mantos acuíferos para obtener este vital líquido.

El agua embotellada crea impactos ambientales significativos, muchos de ellos relacionados con la estabilidad química intrínseca del PET, lo que lo hace altamente resistente a la biodegradación ambiental. De hecho, requiere un tiempo de degradación muy largo que puede durar hasta 500 años, produciendo acumulación de desechos en el medio terrestre y marino. Se analizó la cantidad de consumo de energía para todo el ciclo de vida y se utilizan al menos  $100 \text{ MJ Kg}^{-1}$  de energía para procesar material para botella de plástico. Además de los costos de energía, la fabricación de agua embotellada también requiere un consumo considerable de agua. En promedio, se necesitan alrededor de 3 L de agua regular para producir 1 L de agua embotellada esto incluye el agua consumida durante el procesamiento, agua perdida y agua de lavado para las botellas (Gambino, et al., 2020).

Por ello es esencial encontrar respuestas a esta cuestión. Una opción consiste en aprovechar el agua de lluvia, una alternativa que no es nueva, pues en épocas pasadas se utilizaba como método para obtener este recurso y emplearlo en las labores cotidianas de las personas.

El Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) es un instituto de investigación perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx) el cual tiene la tecnología para poder purificar el agua de lluvia por medio de un sistema de purificación de siete etapas. Gracias a este proceso es posible que el agua pueda beberse con total seguridad. El ICAR cuenta con un sistema de captación de agua de lluvia instalado y distribuido en  $2000 \text{ m}^2$  de superficie, luego esta agua es transportada a tres cisternas que se encuentran dentro de la Planta Purificadora de Agua de Lluvia (PPAL) y finalmente conducida al proceso de potabilización. Todo este proceso se lleva a cabo dentro de la PPAL que se encuentra a contigua al ICAR, esto permite obtener agua potable de alta calidad a bajo costo, de naturaleza blanda y con una huella de carbono mínima, lo cual forma parte de nuevas tecnologías sustentables.

El siguiente trabajo tiene como finalidad realizar un análisis sensorial al agua de la PPAL para evaluar sus características organolépticas, apariencia, olor y sabor del agua del ICAR en sus diferentes presentaciones; Además, de conocer si esta agua tiene la misma aceptabilidad que el agua embotellada comercial, esto con el fin de que posteriormente pueda ser vendida y distribuida fuera del ICAR.

## 2. ANTECEDENTES

En la búsqueda por sobrevivir, la humanidad ha desarrollado ingeniosas alternativas para obtener agua a lo largo de los siglos. Esta práctica generalmente se conoce como cosecha del agua o crianza, y engloba diversas estrategias como la recolección de agua de lluvia y niebla, la condensación del vapor, el almacenamiento de agua en superficies, la captación de agua subterránea y la recolección de agua de ríos, entre otras técnicas creativas (Torres, 2019).

El agua de lluvia, al ser un proceso natural de purificación, puede ser utilizada en numerosas actividades cotidianas que no requieren agua potable de alta calidad. En estos casos, el agua de lluvia se presenta como una alternativa eficiente y apropiada.

El agua pura es inodora e incolora, pero cuando entra en contacto con el suelo u otras superficies, experimenta reacciones que la alteran. Durante este contacto con el suelo, se incorporan minerales que son beneficios para los seres humanos, algunos de los cuales se consideran esenciales. Sin embargo, también existen otros minerales que se consideran potencialmente tóxicos, entre los que se destacan el arsénico, plomo, cadmio, mercurio, aluminio, litio y estaño (Ordaz, et al., 2022).

Para que el agua sea apta para el consumo humano, debe estar libre de microorganismos y sustancias tóxicas que representen un riesgo para la salud. Desgraciadamente, la calidad del agua se deteriora significativamente debido a influencias naturales como antropogénicas

Determinar objetivamente el sabor del agua no es una tarea fácil, ya que se supone que el agua potable, por definición, no tiene un sabor particular. De hecho, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha emitido recomendaciones para definir criterios de comodidad y placer (agua agradable de beber, clara y con un contenido mineral equilibrado). Estos parámetros nos ayudarán a determinar la calidad organoléptica del agua de lluvia de nuestras muestras.

En trabajos previos se ha indicado que las aguas envasadas en botellas de vidrio tienen mayor preferencia contrario a las aguas envasadas en PET o garrafones de PVC (Policloruro de Vinilo). Esto es comprensible porque el vidrio es un material insípido e inodoro que mantiene toda la frescura, olor y sabor de la bebida. Además, que no necesita revestimientos o capas de plástico adicionales, que pongan en riesgo la salud humana ante una posible filtración de sustancias químicamente dañinas, para garantizar su almacenamiento de forma segura durante un largo periodo de tiempo.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La evaluación de la calidad sensorial del agua de lluvia es un tema de relevancia en la actualidad, debido a que el agua es un recurso natural esencial para la vida y su calidad es necesaria para asegurar su aceptabilidad y seguridad para el consumo humano. La purificación del agua de lluvia se ha convertido en una técnica cada vez más utilizada para suministrar agua potable en áreas donde el agua dulce es escasa o está contaminada. Sin embargo, la calidad sensorial del agua de lluvia purificada no ha sido objeto de una evaluación adecuada.

El Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales ante la falta de un sistema de suministro de agua potable directo a ciertos sectores de la población, ha resuelto el problema de suministro de agua, construyendo una planta purificadora, que permita el abastecimiento de este líquido, Además, de proporcionar agua bebible. Para el suministro de agua bebible, el instituto, desea que esta se distribuya fuera de para su venta en diferentes presentaciones

Por lo tanto, la justificación de esta investigación radica en la necesidad de evaluar la calidad sensorial del agua de lluvia purificada mediante pruebas sensoriales, para garantizar su consumo humano.

La evaluación sensorial es un método que implica el uso de sentidos humanos para evaluar las propiedades sensoriales de los alimentos. Las pruebas de aceptabilidad son una herramienta importante en la evaluación sensorial del agua, ya que con ello los consumidores aceptan ciertos parámetros, como su apariencia, olor y sabor

La evaluación sensorial del agua de lluvia purificada, puede brindar información importante sobre su calidad, ya que puede identificar características sensoriales que pueden afectar su aceptabilidad para varios usos. Además, la evaluación sensorial se utilizaría como una herramienta para la evaluación de la calidad de las aguas pluviales.

#### **4. HIPÓTESIS**

Las muestras de agua de lluvia pertenecientes al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR); y las muestras de agua embotellada de marcas comerciales, organolépticamente son iguales para los consumidores debido a que tienen tratamientos de purificación muy similares (osmosis inversa).

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las características organolépticas del agua de lluvia purificada a través de un sistema de osmosis inversa de siete etapas obtenida de la planta purificadora de agua del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), para determinar si esta agua tiene la misma aceptabilidad que el agua embotellada comercial.

### **5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar las características organolépticas, apariencia, olor y sabor, de las muestras de agua de lluvia en sus diferentes formas de envasado.
- Evaluar las características organolépticas, apariencia, olor y sabor, de tres muestras comerciales de agua embotellada de las principales marcas más consumidas en la región.
- Evaluar la aceptabilidad de las muestras de agua de lluvia en sus diferentes formas de envasado.
- Evaluar la aceptabilidad de muestras comerciales de agua embotellada de diferentes marcas (Bonafont, Ciel y Skarch) más consumidas en la región.

## **6. MARCO CONCEPTUAL**

### **6.1. Agua**

El agua es el componente principal que cubre el 71% de la tierra. Pero el uso irresponsable del agua hace que no esté disponible para las generaciones futuras. El agua pura es blanda sin olor característico, pero cuando entra en contacto con suelos en la superficie de la tierra, ocurren diferentes reacciones químicas y diferentes minerales útiles se disuelven para volverlo duro. El agua se usa de muchas maneras diferentes, que incluyen: lavado jardinería, limpieza, etc., pero el uso para beber es el más importante (Jain, et al., 2019).

### **6.2. Agua para consumo humano**

De acuerdo con la NOM-201-SSA1-2015, el agua para el consumo humano se define como a toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud. Se considera que no causa efectos nocivos a la salud, cuando se encuentra libre de gérmenes patógenos y de sustancias tóxicas, y cumpla, Además, con los requisitos que se señalan en la presente Norma.

### **6.3. Agua de lluvia**

Las aguas pluviales se refieren al agua de lluvia que se produce de manera natural. En entornos urbanos, las aguas pluviales urbanas son aquellas que no se absorben en el suelo y fluyen por edificios, calles, estacionamientos y otras superficies. Estas aguas luego se dirigen a los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial de cada ciudad (Valdivielso, 2020).

La escasez de agua en áreas vulnerables, causada por el agotamiento de acuíferos o la dificultad de acceder a agua de calidad, requiere la implementación de alternativas para su obtención. La captación de agua de lluvia se presenta como la opción más común económica y accesible (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2021).

El agua recolectada puede complementar el suministro existente en los hogares. Sin embargo, si se desea utilizar el agua de lluvia para su consumo humano, es necesario someterla a un proceso de potabilización para garantizar su seguridad y calidad.

### **6.4. Agua Embotellada**

Food and Drug Administration (FDA) (2022), describe el agua embotellada como agua apta para el consumo humano y sellada en botellas u otros recipientes sin ingredientes añadidos, excepto que puede contener agentes antimicrobianos seguros y adecuados. También se puede agregar fluoruro dentro de los límites establecidos por la FDA.



Las principales razones detrás del uso creciente de agua embotellada en lugar del agua del grifo son las siguientes:

1. Organolépticos: los factores que afectan el sabor del agua crean insatisfacción del en las personas.
2. Salud y riesgo: Además, del sabor, los problemas relacionados con la salud son principalmente responsables del consumo de agua; existe la creencia común de que agua embotellada es más saludable que el agua del grifo (Jain, et al., 2019).

### **6.5. Purificación del agua**

El suministro de agua potable es una necesidad humana elemental y un derecho humano importante, especialmente para mantener una buena salud. El planeta tierra contiene alrededor del 70 % de los depósitos de agua en forma de océanos, mares, ríos, lagos y corrientes subterráneas. Las personas que viven en áreas subdesarrolladas y en países con economías pobres por lo general beben agua directamente de ríos y estanques que provocan enfermedades mortales como fiebre tifoidea, diarrea, cólera, hepatitis, poliomielitis, disentería y tenias (Ahmad & Azam, 2019).

A nivel mundial existen numerosos desafíos para garantizar el suministro de agua potable segura debido a la frecuente contaminación de nuestras fuentes de agua. Lamentablemente, las agencias responsables muestran poco interés por diversos motivos. Es crucial motivar a los gobiernos y agencias a nivel mundial para que aborden seriamente los problemas de calidad del agua y tomen las medidas correctivas necesarias de manera inmediata. Además, se debe fomentar la participación de organizaciones no gubernamentales y el público en este asunto crítico. Es importante promover de manera sistemática y coordinada los esfuerzos de la comunidad científica. (Ahuja, 2019)

Un objetivo principal en el suministro de agua potable segura es el desarrollo de tecnologías económicas y eficientes que garanticen el suministro de agua saludable a la población. Para alcanzar este objetivo, es necesario desinfectar el agua de patógenos tanto tradicionales como emergentes, sin alterar sus características durante el proceso de desinfección. Algunas tecnologías de filtración están trabajando en el desarrollo de unidades de filtros compactas que se combinan con sistemas de radiación ultravioleta (UV) y ozonizadores para llevar a cabo la desinfección del agua, eliminando los microorganismos. Estas tecnologías son de gran importancia para los diseñadores y constructores de plantas de filtración de agua (Ahmad & Azam, 2019)

### **6.5.1. Desinfección ultravioleta (UV)**

Los efectos bactericidas de la luz solar intensa o luz artificial son debido principalmente a la radiación ultravioleta o radiaciones de longitud de onda corta

La purificación de agua se realiza con productos químicos; pero las luces UV también son efectivas para la inactivación de microorganismos. La desinfección UV inactiva los patógenos en lugar de matarlos. La luz ultravioleta atraviesa las células de los microorganismos y se absorbe por las proteínas y los nucleótidos. Se forman dímeros de timina en el ADN cuando dos moléculas de timina adyacentes son excitadas por la radiación UV, lo que impide la replicación del ADN y la reproducción de los patógenos. Los microorganismos responden de manera diferente a los rayos UV, y la sensibilidad varía en bacterias, virus, protozoos y otros microorganismos. La reactivación del daño en el ADN y el ARN puede ocurrir a través de mecanismos de reparación, lo cual es más problemático en aguas potables tratadas. Las bacterias dependen de la reactivación en condiciones de oscuridad, mientras que las reacciones a la luz pueden revertir la formación de dímeros de timina. La sensibilidad a los rayos UV varía según el organismo y se mide en irradiancia. Las dosis típicas de UV requeridas para inactivar los microorganismos transmitidos por el agua varían según el organismo. La exposición a la luz natural después del tratamiento con UV requiere dosis más altas para evitar la reactivación en bacterias, mientras que los virus y los protozoos no son afectados por la reactivación (Gray, 2014).

Para ser eficaz contra microorganismos, la luz ultravioleta debe tener un rango de longitud de onda específico, este límite está entre el rango de 200 a 300 nm. Esta actividad ha permitido el uso de la luz ultravioleta en todo el mundo como un método de protección y esterilización del agua contra microbios nocivos, ecológicamente seguro, libre de químicos y limpio, y extremadamente real (Ahmad & Azam, 2019). Además, que después de su tratamiento no se obtienen ni sabores ni olores (Weber & Posselt, 2014).

### **6.5.2. Ozonización**

El ozono, O<sub>3</sub>, es un agente oxidante extremadamente potente que se utiliza ampliamente en Europa para tratar el agua y lograr la desinfección, eliminando así el sabor, olor, color, hierro y manganeso (Weber & Posselt, 2014)

A diferencia del cloro, el ozono tiene una mayor capacidad de desinfección y puede ser efectivo contra ciertos patógenos que son resistentes al cloro, según lo mencionado por Weber (2014).

Cuando el ozono reacciona con el contenido de azufre y metales presentes en el agua, puede producir azufre elemental y óxidos de metales insolubles. Estos subproductos pueden eliminarse utilizando ciertos medios en las instalaciones de tratamiento después de la filtración. Durante este proceso, es necesario tratar otros

contaminantes orgánicos e inorgánicos, así como productos químicos, mediante oxidación química o procesos de coagulación. Es importante tener en cuenta que el ozono es una sustancia inestable y su velocidad de deterioro depende de la química del agua, el pH y la temperatura del agua, como se señalan Ahmad y Azam en 2019.

### **6.5.3. Ósmosis inversa**

La tecnología de Ósmosis Inversa (OI) es ampliamente reconocida y utilizada como el método principal para obtener agua pura a partir de fuentes con alto contenido mineral. Se estima que aproximadamente la mitad de los sistemas de purificación de agua instalados en todo el mundo prefieren la tecnología de OI debido a su capacidad de adaptación, costos de energía comparativamente bajos y eficiencias más altas en comparación con otros métodos térmicos utilizados para la purificación del agua (Ahmad & Azam, 2019).

Un sistema convencional basado en Ósmosis Inversa (OI) consta de cuatro procesos principales: pretratamiento, presurización, separación y postratamiento.

1. Pretratamiento: Este paso incluye varias etapas como detección, cloración, tratamiento con ácido, filtración multimedia, microfiltración y di-cloración. El objetivo del pretratamiento es eliminar la turbidez excesiva y los sólidos en suspensión, así como controlar la formación de compuestos que podrían obstruir las membranas (Cruver, 2014). Se utilizan filtros de medios profundos que contienen antracita, arena y capas de empaque con tamaños de partículas de 5 a 10  $\mu\text{m}$ . La microfiltración se emplea para retener partículas de hasta 0,2  $\mu\text{m}$ . Se requieren diferentes productos químicos en el pretratamiento, como hipoclorito de sodio, cloruro férrico como floculante, bisulfito de sodio para eliminar el cloro y ácido sulfúrico.

2. Presurización: En esta etapa, se bombea agua sin tratar utilizando bombas de alta presión de acero. Los requisitos de presión dependen del tipo de agua utilizada, ya sea agua de mar o agua salobre. La membrana utilizada en esta etapa debe ser capaz de soportar altas presiones mecánicas. El uso de bombas de alta presión aumenta la carga del sistema de OI.

3. Separación: La membrana desempeña un papel crucial en el sistema de Ósmosis Inversa. Actúa como una barrera semipermeable que permite el paso selectivo del agua y retiene las sales. Aplicando alta presión, la mayoría de las sales pueden pasar al lado permeable de la membrana. Además, es posible que el agua contenga gases disueltos que se eliminan en etapas posteriores del tratamiento. Las membranas más comúnmente utilizadas en la Ósmosis Inversa son de acetato de celulosa y diacetatos, pero últimamente se han utilizado membranas de poliamida ultrafinas en la mayoría de los mercados. Estas membranas están disponibles en formas como fibra hueca o diseño enrollado en espiral.

4. Postratamiento: En esta etapa, el permeado obtenido se somete a cambios de pH, que van desde ácido a neutro. Las etapas posteriores incluyen procesos como recarbonatación, eliminación de dióxido de carbono, eliminación de H<sub>2</sub>S mediante aireación, y descontaminación o desinfección mediante hipoclorito de calcio o cloro gaseoso. La desmineralización se puede lograr mediante métodos como la filtración o la inyección de productos químicos. Estas etapas son esenciales para mejorar el sabor del agua y cumplir con los estándares de calidad requeridos para el agua tratada.

En resumen, el sistema de OI consta de pretratamiento para eliminar impurezas, presurización para bombear el agua sin tratar, separación a través de membranas semipermeables y postratamiento para ajustar el pH y eliminar contaminantes adicionales.

#### **6.5.4. Intercambio iónico**

El intercambio iónico es un proceso en el que los iones de carga similar se intercambian entre un sólido y una solución, a través de grupos funcionales cargados en la superficie del sólido. Este proceso se considera una forma de sorción, ya que implica la transferencia de iones de la solución a la superficie del sólido. El intercambio iónico se utiliza ampliamente en el tratamiento de aguas y aguas residuales para eliminar la dureza causada por los iones de calcio y magnesio en el suministro de agua, así como para eliminar el hierro y el manganeso en las aguas subterráneas. También se aplica en el tratamiento de aguas industriales para recuperar materiales valiosos o subproductos, como metales preciosos (plata, oro y uranio) en forma iónica. Además, se utiliza en la eliminación y recuperación de materiales radiactivos en aguas de reactores nucleares, hospitales y laboratorios (Weber, 2014).

Además, en comparación con otros métodos de exclusión inorgánica como la técnica de ablandamiento con cal, la adopción de tecnología de intercambio de iones tiene un costo adicional menor, así como también en comparación con ppt de alto pH y membranas de alta presión, como las membranas RO (Ahmad & Azam, 2019).

#### **6.6. Planta de purificación de agua del ICAR**

El Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), de la Universidad Autónoma del Estado de México, ha creado un modelo de captación de agua pluvial distribuido en 2000 m<sup>2</sup> de superficie, que luego es transportada a tres cisternas de 104 m<sup>3</sup> de capacidad y finalmente conducida al proceso de potabilización (Maya, 2021).

El proceso empieza con la caída del agua de lluvia dentro de los captadores que se encuentran distribuidos en el techo del ICAR, estos están protegidos con una malla

que impide el paso de animales, insectos, hojas u otro objeto que pudiera ir directo a las cisternas y afecte el proceso.

El agua es depositada en tres cisternas cada una con una capacidad de 104 m<sup>3</sup>, Sin embargo, por su diseño solo se ocupa al 80% de su capacidad.

La Figura 1 y Figura 2 son fotografías de las instalaciones de la PPAL vistas por dentro y por fuera. En la fotografía Figura 1 se logra observar la infraestructura de la PPAL por fuera y la ubicación de una de las cisternas de almacenamiento, señalada con verde. En la fotografía Figura 2 se observa la infraestructura de las PPAL por dentro, así como los equipos utilizados para el proceso de purificación.



*Figura 1. Planta purificadora de agua de lluvia por fuera*



*Figura 2. Planta purificadora de agua de lluvia por dentro*

El diagrama de flujo de operación de la PPAL, Figura 3 y Figura 4 , se observa el proceso por el que el agua pasa. Este proceso consta de siete etapas las cuales más adelante se explicarán.

Para empezar a purificarse, el agua pasa por una bomba multietapas horizontal, que permite el paso del agua a los 2 siguientes filtros.

El primer filtro al que se somete el agua, Figura 3 etapa 1, es un filtro multimedia de resinas mixtas en lecho profundo, que es un proceso en el que las partículas suspendidas se eliminan al pasar a través de un medio granular o fibroso. Este proceso utiliza materiales inertes como arena y antracita para filtrar eficientemente el agua, eliminando algas, bacterias y turbidez. El filtro que se encuentra dentro de la PPAL contiene grava, arena y carbón activado como filtros. Los filtros multicapa permiten una clasificación hidráulica de las partículas, colocando las más finas y densas debajo de las más gruesas y menos densas. Esto resulta en una filtración en profundidad efectiva con alto caudal y baja pérdida de presión. En resumen, la filtración en lecho es un método confiable para purificar el agua, garantizando su calidad al eliminar impurezas y mejorar su claridad (Sparks & Chase, 2016; Tien, 2012).

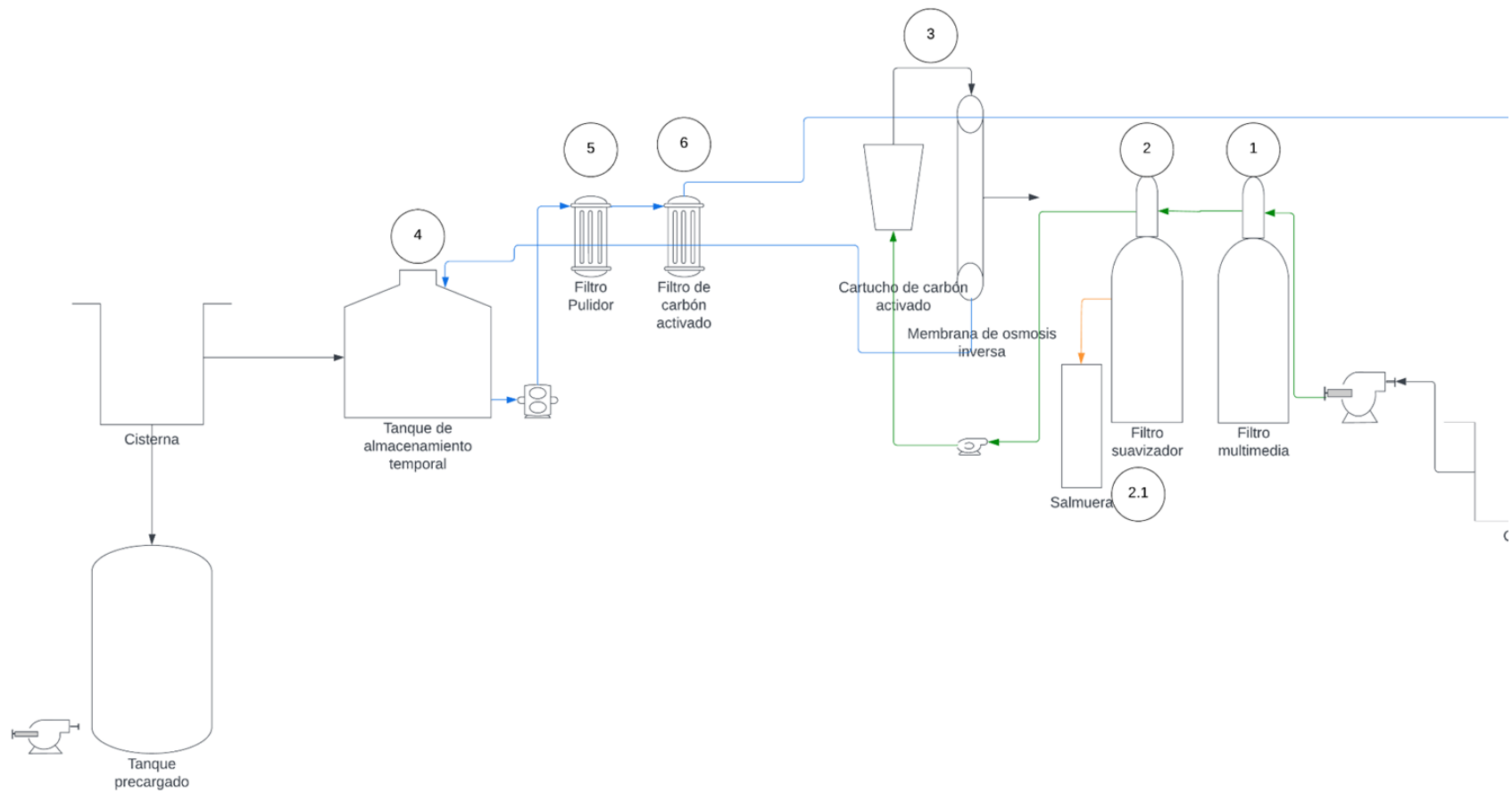


Figura 3 Diagrama de flujo de operación de la PPAL parte 1

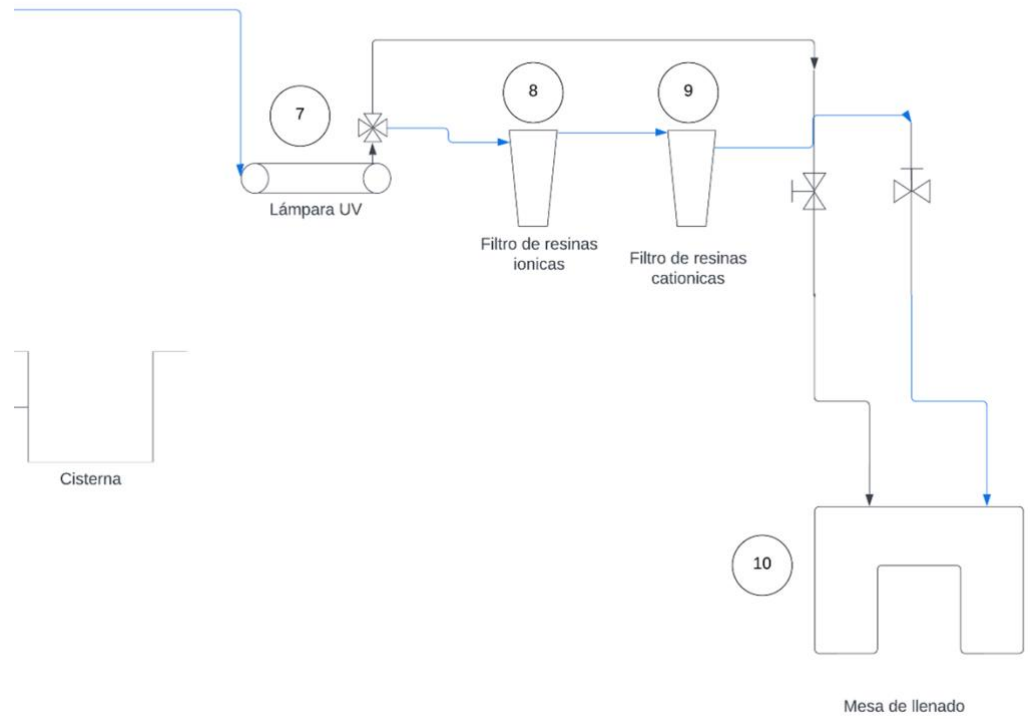


Figura 4. Diagrama de flujo de operación PPAL parte 2



El segundo filtro es un dispositivo de tratamiento de agua conocido como un sistema de suavización o ablandamiento, fFigura 3 etapa 2. Funciona mediante el paso del agua dura a través de una capa de resinas de intercambio iónico, lo que resulta en un agua de baja dureza en la salida. Su propósito principal es prevenir la formación de depósitos o acumulación de sarro en superficies, tuberías y equipos. El proceso de suavización se lleva a cabo en un tanque de salmuera, Figura 3 etapa 2.1 donde se añade la resina de intercambio iónico (Carbotecnia, 2021).

Pasados estos filtros, el agua ingresa al sistema de ósmosis inversa, primero pasa por un cartucho de carbón activado, para después pasar por una membrana específica, Figura 3 etapa 3. Las membranas de ósmosis inversa son fundamentales en este proceso, ya que actúan como una barrera semipermeable que permite el paso selectivo de moléculas de agua mientras inhiben el contenido de sal a altas presiones. Estas membranas tienen un tamaño de poro promedio de 1 nm y requieren presiones muy altas, alrededor de 80 bares. Se considera que una membrana OI perfecta puede eliminar más del 99% de la sal. Además, de su capacidad para eliminar la sal, las membranas de ósmosis inversa también son porosas y lo suficientemente restrictivas como para filtrar microorganismos patógenos y bacterias presentes en el agua, que pueden causar enfermedades (Ahmad & Azam, 2019).

Ya filtrada el agua pasa a la etapa de 4 de la Figura 3, que es un tanque de agua de almacenamiento temporal, en el que el agua se almacena para su uso posterior.

Esta agua almacenada cuando se ocupa pasa por un filtro pulidor, Figura 3 etapa 5, el cual ayuda a eliminar impurezas de 5 micras en el agua que pudieron haberse generado durante un largo almacenado, además este filtro contribuye a mejorar la calidad del agua en términos de color, sabor y olor, lo que resulta es un agua clara y brillante.

Luego pasa por un filtro de carbón activado, Figura 3 etapa 6, que tiene la capacidad de eliminar sabores, restos de cloro, colores y contaminantes orgánicos que puedan estar presentes en el agua, así como también eliminar contaminantes orgánicos e inorgánicos disueltos en el agua en partículas de hasta 25  $\mu\text{m}$  (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Después pasa por una lámpara de luz ultravioleta, Figura 4 etapa 7, que garantiza la eliminación de hasta un 99.99% de microorganismos y agentes patógenos contenidos en el agua. Las lámparas ultravioleta contienen un gas, generalmente mercurio, que se excita con corriente eléctrica, produciendo luz ultravioleta. La longitud de onda de la luz emitida depende de la diferencia de energía entre los estados excitado y fundamental de los átomos de mercurio. Las lámparas de vapor de mercurio emiten luz ultravioleta a 254 nm. Se utiliza cuarzo porque permite el paso de longitudes de onda entre 200 y 300 nm. Para un rendimiento efectivo, se requiere un suministro de energía constante mediante transformadores especiales. Se recomienda conectar y encender la lámpara 15 minutos antes de su uso (Gray, 2014).

Puesto que este proceso genera dos productos finales que están conectados a la misma tubería, agua desionizada y agua bebible, es importante ajustar las llaves de paso para el producto deseado. Para el agua bebible la llave izquierda debe estar en posición vertical mientras que la llave derecha debe estar en posición horizontal, como se muestra en la Figura 4, esto se debe hacer antes de pasar a la siguiente etapa.

Las etapas 8 y 9, Figura 4, corresponden al proceso de agua desionizada las cuales son filtros con resinas aniónicas y catiónicas que eliminan los iones presentes en el agua. Esta agua se utiliza para los laboratorios

La última etapa de este proceso es la estación de llenado de garrafones, la cual es una mesa de acero inoxidable que tiene una capacidad de llenar 2 garrafones de 20 lt de agua al mismo tiempo.

## **6.7. Análisis sensorial**

La evaluación de la calidad sensorial implica el uso de los sentidos humanos. Los aspectos sensoriales como la apariencia, el sabor, el olor y la textura influyen en las preferencias y las calificaciones de gusto, pero no se ha demostrado que afecten directamente la cantidad de alimentos consumidos o los patrones alimentarios en general. Sin embargo, comprender estas propiedades sensoriales es fundamental para el desarrollo de nuevos productos alimenticios (Owusu-Apenten & Vieira, 2023)

La evaluación sensorial es una ciencia cuantitativa en la que se recopilan datos numéricos para establecer relaciones legales y específicas entre las características del producto y la percepción humana. Los métodos sensoriales se basan en gran medida en las técnicas de investigación del comportamiento para observar y cuantificar las respuestas humanas. Por ejemplo, podemos evaluar la proporción de veces que las personas son capaces de discriminar pequeños cambios de productos o la proporción de un grupo que expresa preferencia por un producto sobre otro. Otro ejemplo es hacer que las personas generen respuestas numéricas que reflejen su percepción de qué tan fuerte puede saber u oler un producto. Las técnicas de la investigación del comportamiento y la psicología experimental ofrecen pautas sobre cómo deben emplearse dichas técnicas de medición y cuáles pueden ser sus peligros y desventajas potenciales (Lawless & Heymann, 2011).

### **6.7.1. Pruebas orientadas al consumidor**

La evaluación sensorial del consumidor generalmente se realiza hacia el final del ciclo de desarrollo o reformulación del producto. Con frecuencia, las pruebas sensoriales van seguidas de pruebas adicionales realizadas a través de estudios de mercado. La gran diferencia entre las pruebas de investigación sensorial del consumidor y de mercado es que la prueba sensorial generalmente se realiza con

productos codificados, no de marca, mientras que la investigación de mercado se realiza con mayor frecuencia con productos de marca. Asimismo, en el análisis sensorial del consumidor el investigador está interesado en si a los consumidores les gusta el producto, lo prefieren sobre otro producto o lo encuentran aceptable en función de sus características sensoriales.

En alimentos y productos de consumo, existen dos enfoques principales para las pruebas sensoriales del consumidor, la medida de la preferencia y la medida de la aceptación. En la medición de preferencias, el consumidor panelista tiene una opción. Un producto debe elegirse entre uno o más productos. En la medición de la aceptación o del gusto, los panelistas de consumidores califican su gusto por el producto en una escala.

El objetivo de ambos tipos de pruebas es evaluar el atractivo de un producto para un consumidor sobre una base sensorial, es decir, obtener la reacción del consumidor sobre la base de la apariencia, el aroma, el sabor, la sensación en la boca y la textura (Lawless & Heymann, 2010).

#### **6.7.2. Prueba de aceptación**

Las pruebas de aceptación son importantes en la evaluación sensorial de productos y se lleva a cabo después de las pruebas analíticas. Su propósito es identificar productos de prueba que no se perciban como diferentes. Estas pruebas no reemplazan las pruebas a gran escala realizadas por la investigación de mercados.

Miden el gusto y la preferencia del consumidor por un producto. La preferencia es la expresión del atractivo de un producto en comparación con otro. La información obtenida es útil para evaluar productos a diferentes escalas.

Es importante tener en cuenta que las pruebas de aceptación sensorial no predicen la participación de mercado. Son medidas pasivas y no implican acciones de los consumidores. Debido a que generalmente involucran a un número limitado de consumidores, no representan a todos los segmentos de mercado.

Las pruebas de preferencia pueden medirse directamente comparando productos entre sí o indirectamente al determinar qué producto tiene una calificación más alta en una prueba de múltiples productos.

Las escalas hedónicas se utilizan para medir el gusto y la aceptabilidad de un producto. También se enfatiza la medición del gusto/aceptación en pruebas de múltiples productos para determinar indirectamente la preferencia (Stone, et al., 2020).

Los datos obtenidos a través de escalas de aceptabilidad son útiles para diversos propósitos adicionales. Es posible convertir los resultados de la escala hedónica en datos de preferencias o rangos emparejados, lo cual es posible debido a que los datos de aceptación escalados contienen mayor cantidad de información. Estos datos hedónicos se pueden utilizar en técnicas de mapeo de preferencias,

permitiendo visualizar las direcciones de las preferencias de productos en modelos espaciales. En estos modelos, los productos se representan como puntos en el espacio, y aquellos productos similares se agrupan juntos. A partir de las posiciones de los productos en el espacio, se pueden inferir las dimensiones o atributos que diferencia los productos, así como las direcciones de los ejes del espacio. Los consumidores individuales pueden proyectar sus preferencias como vectores a través del espacio, lo que muestra las direcciones de mayor agrado. Estos vectores pueden sugerir direcciones para optimizar el producto. Además, las diferencias en las direcciones preferidas por diferentes consumidores pueden ayudar a identificar segmentos de mercado o grupos con diferentes gustos y preferencias (Lawless & Heymann, 2010).

## 6.8. Método estadístico

### Prueba de Kruskal-Wallis

La prueba de Kruskal-Wallis (también llamada la prueba  $H$ ) es una prueba no paramétrica que utiliza rangos de muestras aleatorias simples de tres o más poblaciones independientes. Se utiliza para someter a prueba la hipótesis nula ( $H_0$ ) de que las poblaciones tienen medianas iguales (La hipótesis alternativa ( $H_1$ ) es la afirmación de que las poblaciones tienen medianas que no son iguales) (Triola, 2013)

La prueba de Kruskal-Wallis es una alternativa no paramétrica al ANOVA unidireccional que amplía la prueba de U de Mann-Whitney para comparar más de dos grupos independientes.

Debido a que la prueba no es paramétrica, no asume ninguna distribución particular de los datos. Su objetivo es determinar si existe una diferencia significativa entre los grupos. Sin embargo, no proporciona información acerca de qué grupos son diferentes entre sí.

El procedimiento para realizar la prueba  $H$  de Kruskal-Wallis es semejante al empleado para la prueba de suma de rango de Wilcoxon. Suponga que se comparan  $k$  poblaciones basadas en muestras aleatorias independientes  $n_1$  de la población 1,  $n_2$  de la población 2, ...,  $n_k$  de la población  $k$ , donde

$$n_1 + n_2 + \dots + n_k = n$$

El primer paso es ordenar las  $n$  observaciones de la más pequeña (rango 1) a la mayor (rango  $n$ ). A las observaciones con empate se le asigna un rango igual al promedio de los rangos que hubiera recibido de haber sido casi iguales pero no empatadas. A continuación, se calculan las sumas de rangos  $T_1, T_2, \dots, T_k$  para las  $k$  muestras y también el estadístico de prueba

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum \frac{T_i^2}{n_i} - 3(n+1)$$

que es proporcional a  $\sum n_i (\bar{T}_i - \bar{T})^2$ , la suma de desviaciones cuadradas de las medias de rango alrededor de la gran media  $T = n(n+1)/2n = (n+1)/2$ . Entre más grande sean las diferencias en ubicaciones entre las  $k$  distribuciones poblacionales, mayor es el valor del estadístico  $H$ . Por lo tanto se puede rechazar la hipótesis nula de que las  $k$  distribuciones poblacionales son idénticas para valores grandes de  $H$ .

Se puede mostrar que cuando los tamaños muestrales son moderados a grandes y  $H_0$  es verdadera, el estadístico  $H$  tendrá aproximadamente una distribución chi cuadrado con  $(k-1)$  grados de libertad. Por tanto, para un valor determinado de  $\alpha$ , se puede rechazar  $H_0$  cuando el estadístico  $H$  exceda de  $x_{\alpha}^2$  (Mendenhall, et al., 2015)

## **7. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EMPLEADAS**

### **7.1. Materiales**

Las muestras de agua pertenecientes a la Planta de agua de Lluvia se obtuvieron de la estación de llenado dentro de esta. Las muestras comerciales (Bonafont, Ciel y Skarch, se adquirieron en establecimientos comerciales. El material de vidrio para las pruebas, vasos y jarras fueron proporcionados por el ICAR.

### **7.2. Preparación de las muestras**

#### **7.2.1 Lavado de materiales**

Los envases (botellas de vidrio, PET y garrafón) así como sus tapas y material de vidrio (vasos de 45 ml, vasos de 200 ml y jarras de 500ml) se lavaron con 2 distintos detergentes. La parte interna del envase se lavó con un detergente líquido alcalino de lavado interno, que elimina impurezas y suciedad que pudieran estar presentes dentro, este detergente no deja residuos de olor o sabor, se enjuagó con agua desionizada y se procedió a lavar la parte externa del envase con un detergente líquido alcalino de lavado externo, que de igual forma no deja residuos, se enjuagó con agua desionizada. Se procedió a dejar secar los envases y material en un lugar limpio y seco.

#### **7.2.2. Llenando de botellas**

Antes del llenado, se activó la lámpara UV de la planta 15 minutos antes y se verificó que las botellas y sus tapas estuvieran secas. Después de transcurridos los 15 minutos, se drenó el agua de la estación de llenado de garrafones 3 veces para retirar impurezas que pudieran estar presentes en el grifo. Se procedió a llenar las botellas con ayuda de un embudo, se llenaban del líquido dejando un espacio de cabeza de 2 cm entre el borde de la botella y el límite del nivel del agua.

Se cierra la botella y se llevaba a almacenamiento hasta su uso. Se recomendaba hacer el llenado de botellas entre 48 horas y 8 días previos a la evaluación.

#### **7.2.3. Reclutamiento de panelistas**

Se hizo la invitación de participar en la evaluación a personal administrativo, docente y alumno del ICAR y de diferentes facultades dentro del campus "El Cerillo" de la UAEMéx, sin distinción de edad, sexo, escolaridad o cualquier otro criterio.

Lo único que se les pidió a los participantes fue

- Ser puntuales
- No comer ni beber nada con sabores fuertes (cebolla, ajo, alcohol, café, dulces, picantes, chicles, entre otros) 1 hora antes de la prueba
- No fumar 1 hora antes de la prueba
- No lavarse los dientes antes de la prueba, después podrían aseárselos
- No usar perfume o fragancias.

#### 7.2.4. Preparación de la prueba

Los estándares de las buenas prácticas en la realización de estudios de evaluación sensorial de Lawless y Hermann (2010) nos dan indicaciones de como poder llevar a cabo un análisis sensorial.

Es importante que para realizar un buen análisis sensorial los panelistas no se influyan entre sí; por eso fue necesario realizar adaptaciones en el lugar donde se llevó a cabo la evaluación. El salón se acomodó separando las mesas y dejando una silla con cada una, todas en una sola dirección tal como se muestra en la Figura 5. **Error! Reference source not found.**



*Figura 5. Salón acomodado para realizar la prueba sensorial*

Los vasos de 45 ml fueron etiquetados utilizando 6 diferentes códigos para cada muestra, se sirvió de 25 a 30 ml de la muestra en el vaso correspondiente. El vaso de 200 ml no se etiquetó y se llenó a la mitad con otra muestra.

Los códigos que se utilizaron para identificar cada muestra fueron

157-ICAR (ICARG)	Garrafón	640-Bonafont	862-Skarch		
428-Ciel		713-ICAR (ICARV)	Vidrio	935-ICAR (ICARP)	PET

Las muestras se acomodaron en una sola fila con orden diferente para cada participante y mostrando el código a la persona. Para evitar la repetición del orden de los vasos se realizaron permutaciones con los códigos y de estas se eligieron al azar 60.

Cada participante tuvo 6 muestras, 1 vaso de agua para poder limpiar del paladar (se utilizó una muestra diferente) 6 boletas de evaluación (Anexo III), un cuestionario de datos del participante (Anexo I) y un mapa de localización de los sabores en la lengua (Anexo II) tal como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Elementos para realizar la evaluación sensorial

### 7.3. Evaluación Sensorial

#### 7.3.1. Evaluación de características organolépticas por panelistas

En la evaluación sensorial, se evaluaron 3 características organolépticas de 6 muestras diferentes de agua.

Los evaluadores tomaron la primer muestra de la izquierda y realizaron toda la evaluación a esa muestra.

Primero evaluaron la apariencia de la muestra. El evaluador sostuvo la muestra, la observó detenidamente y calificó la limpieza, el brillo la transparencia y el color de acuerdo a su criterio y a la escala hedónica presente en la boleta de evaluación

A continuación, se evaluó el olor de la muestra. El panelista olfateó la muestra e indicó la intensidad de percepción de los siguientes olores: cal, tierra, hierro y



frescura. La evaluación se realizó de acuerdo a una escala lineal ascendente del 0 al 6 donde 0 es la mínima intensidad de percepción del olor descrito y 6 es la máxima intensidad.

Posteriormente, evaluaron el atributo de sabor de la misma muestra. El panelista probó la muestra e indicó la intensidad de percepción de los siguientes sabores dulce, salado, ácido y amargo. Para llevar a cabo esta evaluación el evaluador tomó un sorbo de la muestra y con ayuda del Anexo II lo ubicó en la zona donde se desea conocer la intensidad del sabor. Se repitió este proceso 3 veces más para los sabores restantes. Al igual que la evaluación del atributo olor esta se realizó en una escala lineal ascendente del 0 al 6 donde 0 es el mínimo valor de intensidad de percepción del sabor descrito y 6 es el valor máximo de intensidad.

### **7.3.2. Evaluación de aceptabilidad de muestras**

Al finalizar la evaluación de los 3 atributos de la muestra contestaron 2 preguntas correspondientes a la aceptabilidad de la muestra. Indicaron si les gustó la muestra que evaluaron y después la calificarán en una escala del 1 al 10 siendo 10 el valor más alto de agrado de la muestra.

Por último, el panelista tomó un sorbo de agua del vaso grande para realizar una limpieza del paladar, lo que ayudó a la eliminación de algún sabor residual de la muestra.

Para evaluar las demás muestras se realizaron los pasos 7.3.1. y 7.3.2. los cuales se repitieron 5 veces más hasta completar todas las muestras.

### **7.4. Recolección de datos**

Una vez concluidas las pruebas con todos los participantes se transcribieron los datos obtenidos de ellos a una base de datos en una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel 365 para su posterior análisis.

### **7.5. Análisis de datos**

Los datos de la evaluación de las características organolépticas y evaluación de aceptabilidad de las muestras fueron analizados a través del programa Excel con el complemento Real Statistics utilizando pruebas no paramétricas, específicamente la prueba de Kruskal-Wallis.

## 8. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 8.1. Resultados de los participantes

Las pruebas se programaron para realizarse en diferentes sesiones, todas a la misma hora y en día jueves, con una capacidad máxima de 10 participantes por sesión.

En la evaluación sensorial participaron un total de 51 personas de las cuales 32 fueron mujeres y 19 fueron hombres con un promedio de edad de 24 años entre los participantes.

Se realizó un ANOVA, con un valor  $\alpha=0.1$ , para determinar si hay una relación entre los hábitos de los participantes y las calificaciones de percepción de los doce sub-atributos que se evaluaron en las muestras de agua, tanto comerciales como las de ICAR.

**Tabla 1.** ANOVA de las diferencias entre las medias de la limpieza y los fumadores.

RESUMEN	Apariencia		Limpieza		$\alpha= 0.1$	
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
<b>Si son fumadores</b>	8.0	51.0	6.4	0.1		
<b>No son fumadores</b>	43.0	250.2	5.8	0.9		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2.1	1.0	2.1	<b>2.7</b>	<b>0.1</b>	2.8
Dentro de los grupos	38.6	49.0	0.8			
Total	40.7	50.0				

En la Tabla 1 se presenta el análisis estadístico de percepción de la limpieza del agua en el grupo de fumadores y no fumadores. Se observa que el valor medio de percepción de este sub-atributo fue 1.1 veces más para los que si fuman que para los no tienen el hábito. Es resaltante que la varianza entre los no fumadores es mayor que en el grupo de fumadores.

Aunque los datos indican que los fumadores tienen una percepción más alta de la limpieza del agua, es importante considerar que los estudios en esta área pueden presentar resultados contradictorios debido a factores subjetivos, variaciones en los métodos y la influencia de otros factores, como como las experiencias previas, las expectativas y los sesgos cognitivos.

El uso de lentes también puede afectar la percepción visual y la forma en que se evalúa la apariencia de objetos o sustancias, incluido el agua. Si los participantes no fumadores que usan lentes no los llevaron durante la evaluación del agua, esto podría influir en la precisión de su percepción visual y, por lo tanto, en su capacidad para evaluar la apariencia del agua de manera adecuada.

**Tabla 2.** ANOVA de las diferencias entre las medias del color y los fumadores.

RESUMEN		Apariencia	Color	$\alpha = 0.1$		
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Si son fumadores	8	50.5	6.3	0.2		
No son fumadores	43	249.0	5.8	0.9		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1.83653956	1	1.8	2.3	0.1	2.8
Dentro de los grupos	39.6405846	49	0.8			
Total	41.4771242	50				

En la Tabla 2 se observan el análisis estadístico de percepción del color del agua en el grupo de fumadores y no fumadores. Se observa que el valor medio de percepción de este sub-atributo, al igual que el anterior, fue 1.08 veces más para los que si fuman que para los no tienen el hábito.

De acuerdo con los datos proporcionados, parece haber una diferencia en la percepción de la apariencia del agua entre los fumadores y los no fumadores, donde los fumadores tienden a tener una evaluación más positiva. Sin embargo, para tener una comprensión más completa y precisa de la relación entre el tabaquismo y la percepción visual del agua, sería necesario realizar más investigaciones que consideren otros factores y variables relevantes.

**Tabla 3.** ANOVA de las diferencias entre las medias del olor a tierra y los bebedores de alcohol.

RESUMEN		Olor	Tierra	$\alpha = 0.1$		
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		

<b>Si son bebedores de alcohol</b>	38	29.5	0.8	0.8
<b>No son bebedores de alcohol</b>	13	4.3	0.3	0.1

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1.9007711 3	1	1.90	3.03	<b>0.09</b>	2.81
Dentro de los grupos	30.737573 1	49	0.63			
Total	32.638344 2	50				

En la Tabla 3 se observan el análisis estadístico de percepción del olor a tierra en las aguas embotelladas en el grupo de bebedores y no bebedores de alcohol. Se observa que el valor medio de percepción de olor a tierra por parte de los bebedores de alcohol fue 2.66 veces más que la percepción de los que no toman y fue estadísticamente diferente ( $p < 0.1$ ). Este resultado es consistente con lo mencionado en el estudio de Liu, et al. (2016) en el que se observa que las personas que eran bebedores empedernidos tenían problemas en el gusto pero no en el olfato, mientras que la mayoría de los bebedores ligeros a moderados no sufrieron daños e incluso obtuvieron mejores resultados en las pruebas de olfato que gente que no bebe.

**Tabla 2**

**Tabla 4.** ANOVA de las diferencias entre las medias del olor a frescura y quienes enfermaron de COVID.

RESUMEN		<b>Olor</b>	<b>Frescura</b>		<b><math>\alpha = 0.1</math></b>
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	
<b>Si enfermaron de COVID- 19</b>	23	47.0	2.0	2.5	
<b>No enfermaron de COVID- 19</b>	28	75.0	2.7	1.9	

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	5.1	1.0	5.1	2.4	<b>0.1</b>	2.8
Dentro de los grupos	106.0	49.0	2.2			
Total	111.1	50.0				

Los resultados presentados en la Tabla 4, muestran que el valor medio de percepción del olor a fresca en las aguas embotelladas fue 35% más alto en el grupo de personas que no enfermaron de COVID-19 en comparación con el grupo de personas que sí lo hicieron ( $p < 0.1$ )

A inicios de la pandemia de COVID-19 la anosmia y la disgeusia se identificaban como síntomas primarios de infección por COVID-19 en pacientes. Si bien la pérdida del olfato (anosmia) y la pérdida del gusto (disgeusia) debido a la infección por COVID-19 es transitoria en la mayoría de los pacientes, muchos informan que estos síntomas persisten después de la recuperación. (Krishnakumar, David A. Momtaz, et al., 2023). Los resultados indican que las personas que no enfermaron de COVID-19 tienen una percepción más alta del olor a fresca en las aguas embotelladas en comparación con las personas que sí enfermaron. Esto sugiere que la experiencia de tener COVID-19 puede influir en la percepción sensorial y en la evaluación de la fresca del agua.

**Tabla 5.** ANOVA de las diferencias entre las medias del olor a fresca y los fumadores.

RESUMEN		Olor	Frescura	$\alpha = 0.1$		
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
<b>Si son fumadores</b>	8	11.0	1.4	1.2		
<b>No son fumadores</b>	43	111.0	2.6	2.2		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	9.82	1.00	9.82	4.75	<b>0.03</b>	2.81
Dentro de los grupos	101.28	49.00	2.07			
Total	111.10	50.00				

Los resultados de la Tabla 5 muestra que el valor medio de percepción del olor a fresca en las aguas embotelladas fue 85% mayor en el grupo de personas que no son fumadoras a comparación del grupo de fumadores. Esto es estadísticamente

diferente ( $p < 0.1$ ). Esta diferencia puede estar relacionada con el hábito de fumar, ya que se sabe que el tabaquismo puede afectar el sentido del olfato.

Aunque el estudio de Liu menciona que el fumar no causa un desgaste en la percepción de olores hay estudios como el de Campos (2015) que indica que el humo del cigarrillo afecta al sentido gustativo provocando una disminución de la capacidad de distinguir olores y sabores. Conforme pasa el tiempo, los exfumadores van recuperando paulatinamente la capacidad olfativa.

El hecho de que los fumadores presenten una menor percepción del olor a frescura en el agua embotellada sugiere que el tabaquismo puede afectar negativamente la sensibilidad olfativa. Esto podría deberse a los componentes químicos presentes en el tabaco y sus efectos en las células sensoriales del olfato.

**Tabla 6.** ANOVA de las diferencias entre las medias del olor a frescura y los bebedores de café.

RESUMEN		Olor	Frescura	$\alpha = 0.1$		
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
<b>Si son bebedores de café</b>	42	94.7	2.3	2.2		
<b>No son bebedores de café</b>	9	27.3	3.0	2.0		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4.54	1.00	4.54	2.09	<b>0.15</b>	2.81
Dentro de los grupos	106.56	49.00	2.17			
Total	111.10	50.00				

La Tabla 6 presenta los resultados del análisis estadístico de la percepción del olor a frescura en las aguas embotelladas, considerando los grupos de personas que beben café y las que no lo hacen. Se observa que el grupo de no bebedores de café tuvo un valor medio de percepción para este olor un 30% más alto en comparación con el grupo de bebedores de café. Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativo.

Consumir café puede afectar temporalmente el sentido del olfato. El café contiene compuestos químicos, como la cafeína, que pueden tener un efecto estimulante en el sistema nervioso central, incluyendo los receptores olfativos. Esto puede resultar en una disminución temporal de la sensibilidad olfativa después de consumir café.

Un estudio de Stafford y Orgill en 2020 encontró que, no hubo efectos significativos de la cafeína sobre la función del olor, pero sí evidencia de que solo para los no consumidores, la cafeína tuvo efectos beneficiosos sobre el umbral del olor, pero perjudicó la identificación del olor.

Es importante destacar que los efectos en el sentido del olfato pueden variar de una persona a otra y pueden depender de factores como la cantidad de café consumido, la frecuencia de consumo y la sensibilidad individual. Además, los efectos son generalmente temporales y se revierten a medida que los compuestos del café son metabolizados y eliminados del organismo.

**Tabla 7.** ANOVA de las diferencias entre las medias del sabor dulce y los bebedores de café.

RESUMEN		Sabor	Dulce	$\alpha = 0.1$		
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
<b>Si son bebedores de café</b>	42	55	1.3	0.9		
<b>No son bebedores de café</b>	9	20	2.2	3.1		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	6.17	1	6.17	4.81	<b>0.03</b>	2.81
Dentro de los grupos	62.87	49	1.28			
Total	69.04	50				

La Tabla 7 muestra los resultados del análisis estadístico de la percepción del sabor dulce en las aguas embotelladas. Los resultados indican si hubo una diferencia significativa ( $p < 0.1$ ) y que el grupo de no bebedores de café tuvo un valor medio de percepción del sabor dulce en las aguas embotelladas 1.69 veces más alto en comparación con el grupo de bebedores de café. Esto sugiere que el consumo frecuente de café puede influir en la sensibilidad del sentido del gusto, específicamente en la percepción del sabor dulce.

El consumo de café altera el sentido del gusto, lo que resulta en una percepción más intensa de la dulzura en alimentos como el chocolate. Según los expertos, el café aumenta la sensibilidad al sabor dulce y, al mismo tiempo, disminuye la sensibilidad al sabor amargo. Después de consumir café, se observaron cambios en los umbrales de detección de los sabores dulce (mayor sensibilidad) y amargo

(menor sensibilidad) en un lapso de tiempo posterior a la ingesta. Estos cambios no se manifestaron de manera inmediata. Los resultados indican que, aunque el aumento en la sensibilidad al sabor dulce no está relacionado con el consumo diario de café, la reducción en la sensibilidad al sabor amargo está influenciada por los hábitos de consumo de café (Fjaeldstad & Fernández, 2020).

**Tabla 8.** ANOVA de las diferencias entre las medias del sabor ácido y los bebedores de alcohol.

RESUMEN		Sabor	Ácido	$\alpha = 0.1$		
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
<b>Si son bebedores de alcohol</b>	38	43.3	1.1	1.1		
<b>No son bebedores de alcohol</b>	13	8.3	0.6	0.4		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2.4	1	2.4	2.5	<b>0.1</b>	2.8
Dentro de los grupos	46.7	49	1.0			
Total	49.2	50				

En la Tabla 8 se presentan los resultados del análisis estadístico de la percepción del sabor ácido en las aguas embotelladas, considerando a los grupos de personas que consumen alcohol y las que no lo hacen. Se observa que el grupo de bebedores de alcohol mostró un valor medio 1.83 veces mayor en comparación con el grupo de no bebedores.

El consumo frecuente de alcohol puede aumentar la sensibilidad del sentido del gusto, lo que significa que las personas que son bebedoras frecuentes pueden tener una mayor capacidad para detectar y percibir el sabor ácido en el agua embotellada. Al consumir alcohol de manera regular, el sentido del gusto puede adaptarse y desarrollar una mayor tolerancia al sabor ácido. El consumo de más de cuatro tragos de alcohol al día se asoció con una prevalencia significativamente mayor de deterioro del gusto en comparación con las personas que no bebían (Liu, et al., 2016).

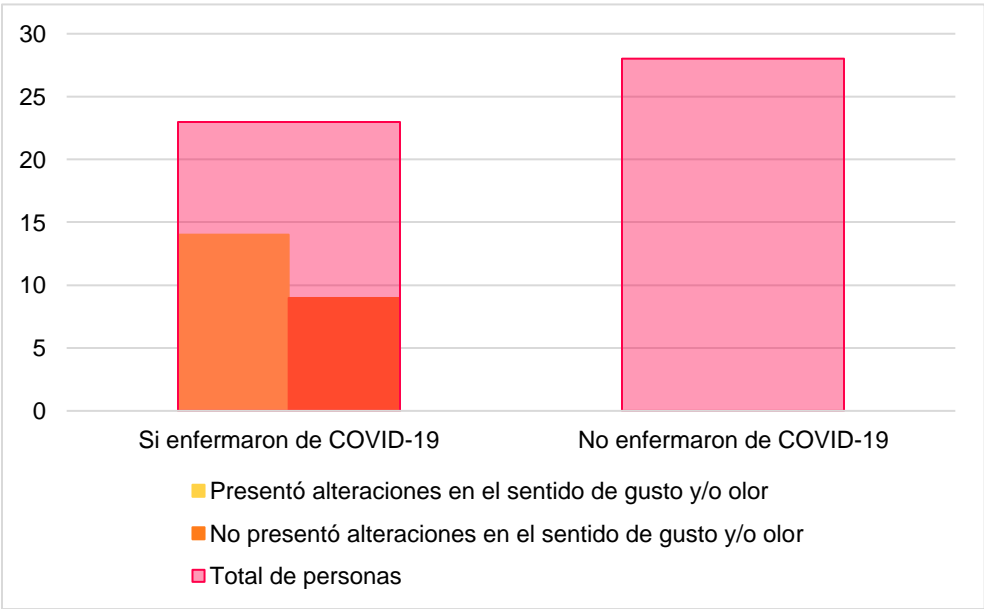
El análisis realizado en este estudio, sobre la percepción del olor y el sabor en aguas embotelladas han revelado diferentes resultados según los diferentes grupos de estudio. El consumo de café, el hábito de fumar, el consumo de alcohol y la enfermedad de COVID-19 han demostrado tener efectos en la percepción sensorial.



En general, estos análisis resaltan la complejidad de la percepción sensorial y cómo diferentes factores pueden influir en ella. Estos resultados también subrayan la importancia de considerar las características individuales y los hábitos de consumo al evaluar y diseñar productos para satisfacer las preferencias de los consumidores.

Con el fin de ser tomados en cuenta para la evaluación de los resultados de la evaluación sensorial, los participantes debían cumplir mínimo con 3 de 5 criterios: No haber enfermado de COVID-19, no ser bebedor habitual de alcohol ni de café, no ser fumadores y ser consumidores habituales de agua embotellada o purificada. Únicamente 32 de los panelistas cumplieron los requisitos y sus resultados fueron los evaluados.

En la Figura 7 se muestra que, del total de personas, 28 negaron haber enfermado de COVID-19 en algún momento entre el inicio de la pandemia a la fecha de aplicación de la prueba mientras que 23 de ellas afirmaron haber padecido la enfermedad; 14 de estos participantes si presentaron alguna alteración en el sentido del olfato y/o del gusto, los 9 restantes negaron presentar algún cambio.



*Figura 7. Número de participantes que enfermaron de COVID-19 antes de la aplicación de la prueba.*

La Figura 8 nos muestra que 38 de los participantes son bebedores frecuentes de alcohol en comparación con la mínima cantidad de 13 personas que no son bebedoras. 42 personas son consumidores regulares de café mientras que 9 de ellas consumen poco o nada esta bebida. Solamente 8 participantes son fumadores habituales.

Para que se consideraran consumidores habituales de agua embotellada o purificada debían tener un consumo semanal de 10 litros o más de esta agua. Solamente 40 personas cumplían este requisito.

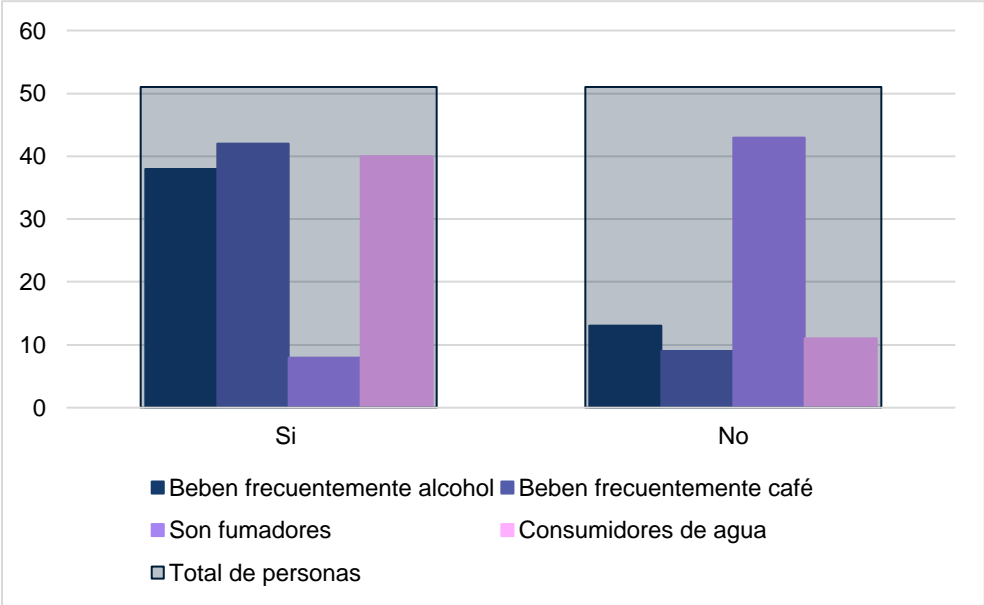


Figura 8. Hábitos de los participantes

## 8.2. Resultados de la evaluación de características organolépticas de las muestras

La Figura 9 representa los valores medios que los panelistas les otorgaron al atributo de apariencia a cada una de las muestras.

El análisis estadístico (prueba de Kruskal-Wallis) aplicado a los sub-atributos de apariencia de las 6 muestras analizadas indica que no hubo diferencia significativa, siendo la media de 5.91 para los sub-atributos de limpieza y brillo, 5.94 para transparencia y 5.88 para color.

Como podemos observar la muestra ICARP destaca como la más aceptada en limpieza y brillo así también la muestra ICARG destaca por tener los valores más altos para transparencia y color. Por el contrario, la muestra menos favorecida en todos los sub-atributos de apariencia fue Ciel.

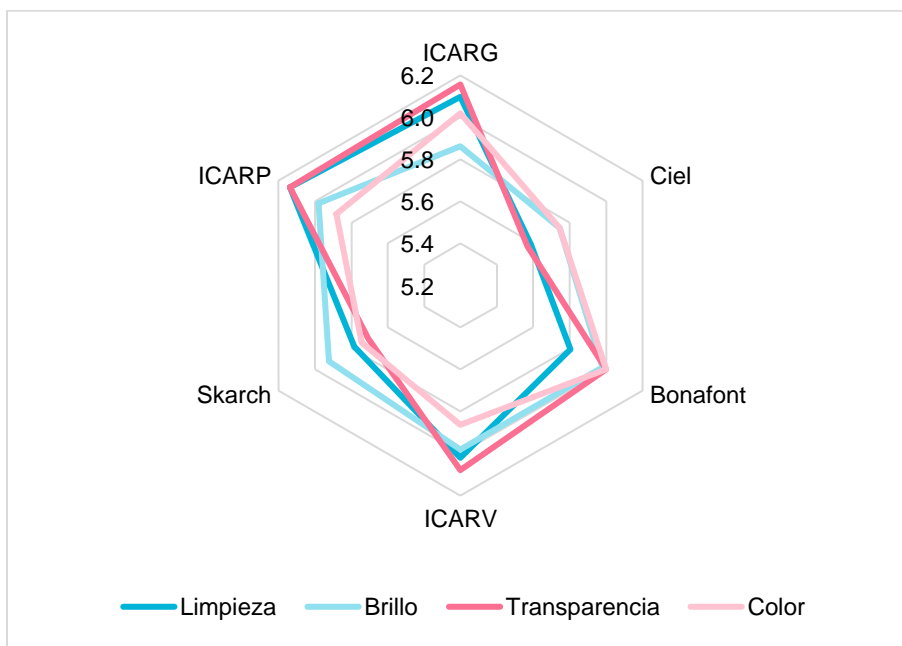
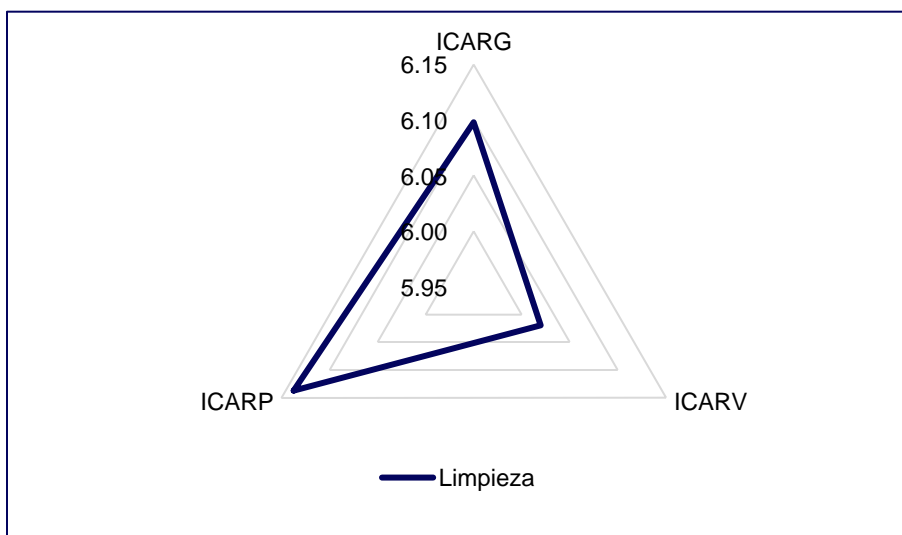


Figura 9. Valores medios del atributo apariencia para las 6 muestras analizadas

Como mencionan las Guías para la calidad del agua de consumo humano (2018) el aspecto estético inaceptable del agua puede generar problemas en la confianza de los consumidores y llevar a quejas. Aunque los consumidores no pueden evaluar directamente la seguridad del agua, su actitud hacia el sistema de abastecimiento y los proveedores se ve afectada por la calidad que pueden percibir con sus sentidos. Aunque características como la suciedad o partículas que afectan la transparencia del agua no tienen un impacto directo en la salud, los consumidores suelen desconfiar de dicha agua. La tolerancia de los consumidores a estas sustancias desagradables varía según factores locales e individuales, así como

consideraciones sociales, ambientales y culturales. Aunque no se han establecido valores de referencia para componentes que afectan la calidad del agua sin vínculos directos con la salud, se han establecido valores de referencia para sustancias que pueden causar problemas de sabor u olor en el agua a concentraciones mucho más bajas debido a la variabilidad en la capacidad de detección de los consumidores.

En la Figura 10 podemos observar los valores medios dados al sub-atributo de limpieza para las tres muestras pertenecientes al ICAR. La media entre estas muestras fue de 6.1 las cuales están dentro del rango de la escala hedónica de me gusta moderadamente (6), lo que indica que la limpieza entre estas muestras fue bien aceptada entre los consumidores, tomando en consideración que la escala máxima de percepción, para esta evaluación, es 7. La muestra que destacó en esta característica fue ICARP por su mayor preferencia entre estas tres muestras con una calificación promedio de 6.1.



*Figura 10. Valores medios del sub-atributo de limpieza de las 3 muestras pertenecientes al ICAR*

Debido a que estas tres muestras tuvieron el mismo origen, se descarta que la limpieza de las muestras se vea afectada por el proceso de purificación, ya que al pasar por 7 etapas de depuración es poco probable que tuvieran impurezas. De acuerdo con algunas de las anotaciones de los participantes, algunas muestras presentaban partículas extrañas, posiblemente al momento de la preparación de las muestras los envases de estas se contaminaron, pese a tener el mayor cuidado e higiene durante la preparación.

En la Figura 11 se encuentran los valores promedio del sub-atributo de limpieza para las 3 muestras comerciales. La muestra de Bonafont fue la mejor evaluada con un promedio de calificación de 5.8. El promedio de calificación otorgado a esta

característica fue de 5.7 calificación que posiciona a las muestra entre los rangos de evaluación de Me gusta levemente y Me gusta moderadamente.

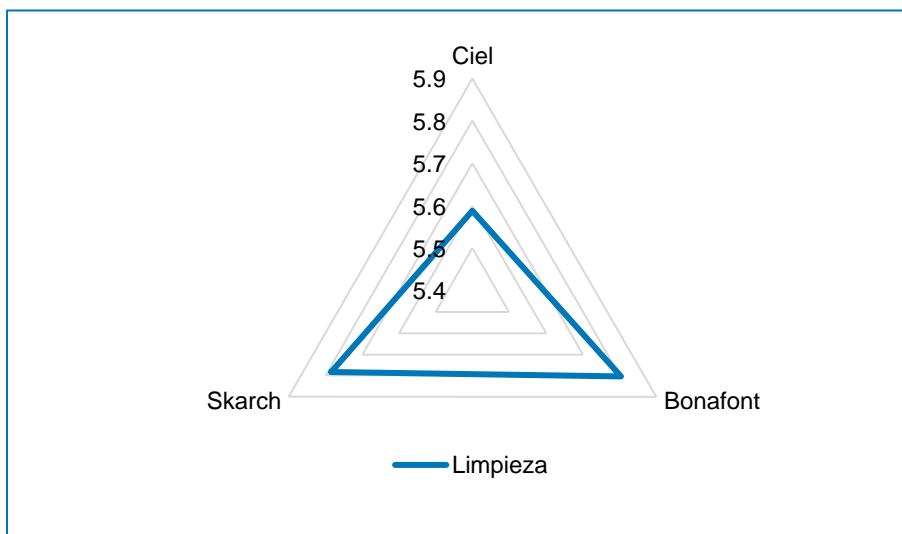


Figura 11. Valores medios del sub-atributo de limpieza de las 3 muestras comerciales

Al igual que las anteriores muestras, algunas muestras recibieron comentarios por parte de los panelistas de la presencia de impurezas. En estas ocasiones las muestras no provenían de la misma planta de procesamiento, pero por norma deben cumplir los estándares de calidad asegurándonos que nuestras muestras están limpias, además, al momento de su compra se verificó que el sello de garantía no estuviera roto, así como la fecha de caducidad. Posteriormente se limpió la superficie de las botellas con una toallita húmeda desinfectante para retirar el polvo acumulado. Sin embargo, al igual que las anteriores muestras, existe la posibilidad de que al momento de la preparación de las muestras se hayan ensuciado las muestras o los envases, dando como resultado la presencia de impurezas.

La limpieza del agua es un factor importante para la decisión de compra de los consumidores, y que un agua limpia se asocia a una mejor calidad e inocuidad del producto. Irala y Ramos (2022) mencionan que en diversas investigaciones han evidenciado que los consumidores perciben el agua embotellada como un producto de alta calidad y, principalmente, como una opción libre de contaminantes que podrían causar enfermedades.

En la Figura 12 se muestran los valores medios dados al sub-atributo de brillo para las tres muestras pertenecientes al ICAR. La media entre estas muestras es de 5.9 las cuales están dentro del rango de la escala hedónica de me gusta levemente (5) y me gusta moderadamente (6), lo que indica que el brillo entre estas muestras fue aceptable entre los consumidores. En esta ocasión las muestras ICARP e ICARV fueron las mejores evaluadas por los panelistas con calificaciones promedio de 5.98 en ambas muestras.

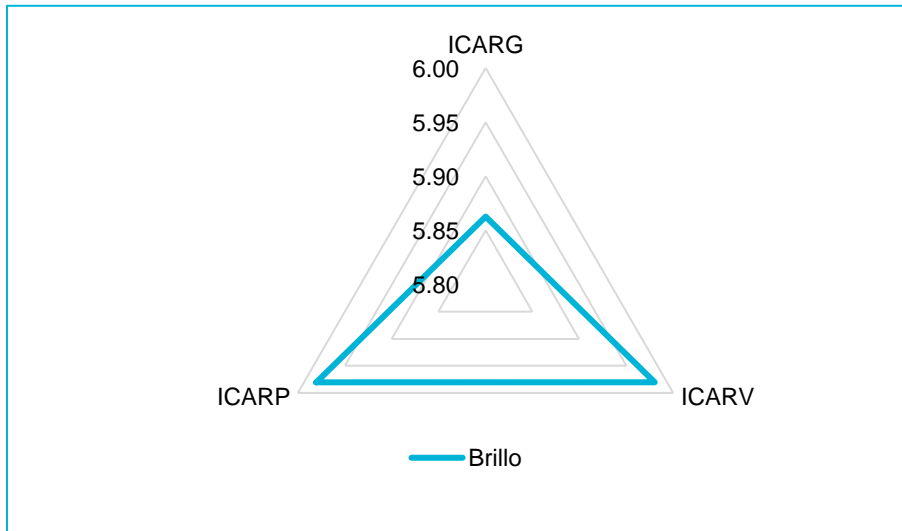


Figura 12. Valores medios del sub-atributo de brillo de las 3 muestras pertenecientes al ICAR

De acuerdo con Muarif y colaboradores (2019) el brillo es un indicador de la intensidad total de la luz en el cuerpo de agua. Es una porción de la luz que se transmite al agua como un % de múltiples longitudes de onda en el espectro visible de la luz a través de una capa a 1 metro de distancia, bastante recta sobre la superficie del agua. Si el brillo no es bueno, significa que el agua está turbia

En la Figura 13 se muestran las calificaciones promedio del brillo de las muestras comerciales. El promedio entre las 3 calificaciones fue de 5.9 que al igual que la anterior característica se posicionó entre los rangos de me gusta levemente y me gusta. Nuevamente la muestra mejor evaluada por los participantes fue Bonafont con una calificación de 6.

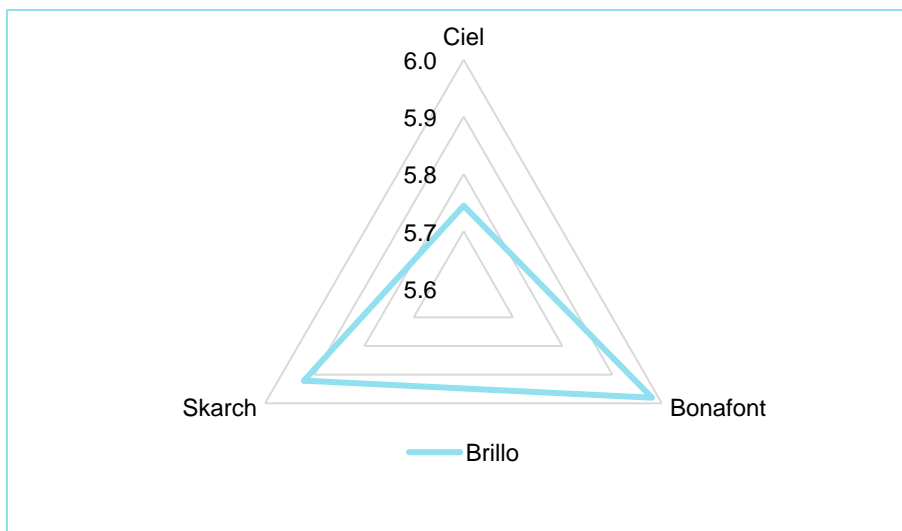
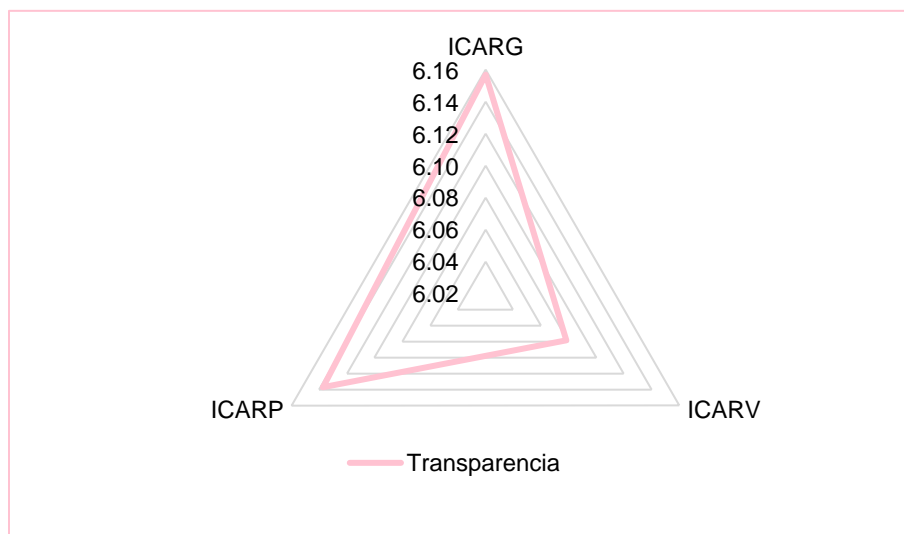


Figura 13. Valores medios del sub-atributo de brillo de las 3 muestras comerciales

Este parámetro está relacionado con la limpieza del agua, si el agua no es lo suficientemente brillante para el consumidor o presenta turbiedad, fácilmente será descartado ya que su decisión para su consumo ha dependido principalmente de la calidad (Ahmad & Azam, 2019).

El brillo del agua puede variar según diversas condiciones, como la intensidad y el ángulo de la luz incidente, así como la presencia de impurezas, sedimentos u otros organismos en el agua. En condiciones ideales, el agua limpia y clara, tiene a tener un aspecto brillante, reflejando la luz del sol o de otras fuentes luminosas. Nuestras muestras cumplían las condiciones, reflejaban la luz de las lámparas del techo y con este parámetro los panelistas daban la calificación, pero como se menciona anteriormente las impurezas presentes en algunas muestras pudieron afectar en el resultado opacando el brillo de las muestras.

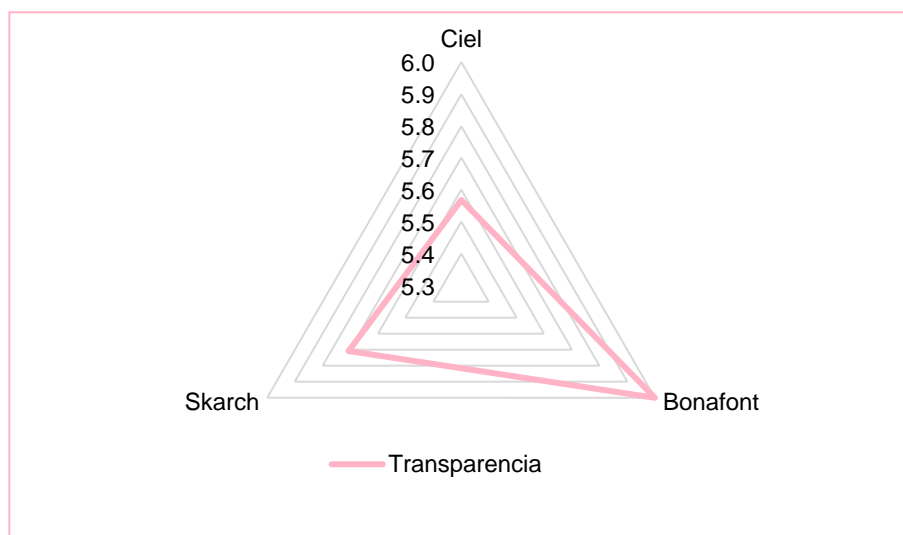
La Figura 14 nos muestra valores otorgados por los participantes a las muestras del ICAR para la característica de transparencia. La media entre estas muestras fue de 6.1, esta calificación se encuentra en el rango de me gusta moderadamente (6) de la escala hedónica en la que fue evaluada. La muestra de ICARG fue la mejor evaluada por los participantes con una calificación promedio de 6.16.



*Figura 14. Valores medios del sub-atributo de transparencia de las 3 muestras pertenecientes al ICAR*

De acuerdo con la NMX-AA-038-SCFI-2001 la turbiedad en agua se debe a la presencia de partículas suspendidas y disueltas. Materia en suspensión como arcilla, materia orgánica e inorgánica, etcétera. La transparencia del agua es muy importante cuando está destinada al consumo del ser humano, a la elaboración de productos destinados al mismo y a otros procesos de manufactura que requieren el empleo de agua con características específicas, razón por la cual, la determinación de la turbiedad es muy útil como indicador de la calidad del agua.

En la Figura 15 se presenta las calificaciones promedio dadas a la característica de transparencia de las muestras comerciales, la calificación general de estas muestras fue de 5.8 que al igual que anteriores muestras se sitúa entre los rangos de me gusta levemente y me gusta moderadamente. En la misma gráfica se observa que la muestra mejor evaluada en este aspecto fue Bonafont, con una calificación promedio de 6.



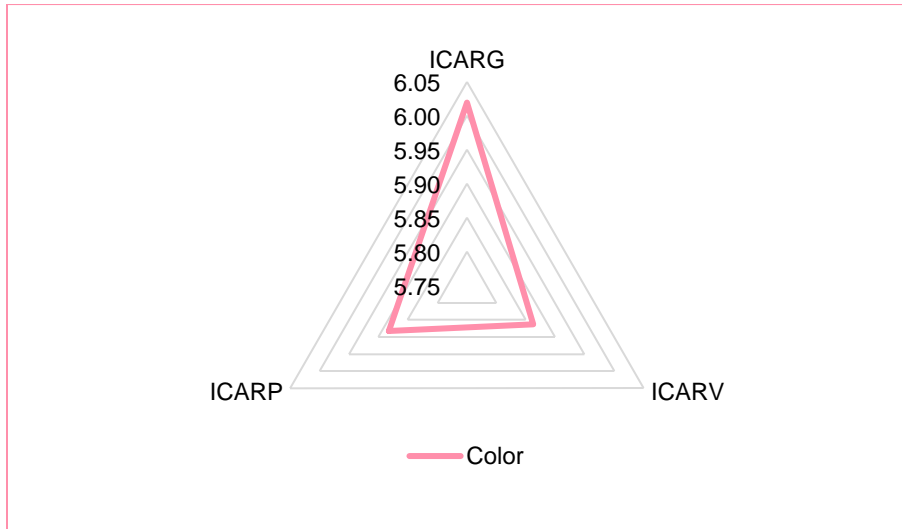
*Figura 15. Valores medios del sub-atributo de transparencia de las 3 muestras comerciales*

La transparencia del agua es un factor importante a considerar en la calidad del agua potable, los consumidores suelen asociar la transparencia con una mayor confiabilidad y seguridad en cuanto a la calidad del agua que están consumiendo. La apariencia visual del agua embotellada, incluyendo su transparencia, puede afectar la experiencia sensorial del consumidor. Un agua clara y transparente puede resultar más atractiva y apetecible, lo que influye en la satisfacción general al beberla.

Según las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en sus guías para la calidad del agua (2018), si el agua presenta turbidez debido a la presencia de partículas sólidas, su aceptabilidad se ve reducida. Aunque la mayoría de las partículas que causan la turbidez no representan un riesgo directo para la salud, muchos consumidores asocian la turbidez con la seguridad y consideran que el agua turbia no es apta para el consumo.

La Figura 16 se observa el promedio de calificaciones del sub-atributo de color de las muestras de ICAR. La calificación promedio entre las muestras fue de 5.9 que se encuentra dentro de los rangos de me gusta levemente (5) y me gusta moderadamente (6) de la escala hedónica con las que fueron calificadas. La muestra ICARG nuevamente fue la que mayor valor, 6.02, le dieron los panelistas.





*Figura 16. Valores medios del sub-atributo de color de las 3 muestras pertenecientes al ICAR*

Nuevamente la OMS indica que idealmente, el agua de consumo humano no debe tener ningún color visible. Por lo general, el color en el agua de consumo humano se debe a la presencia de materia orgánica coloreada asociada al humus del suelo. Asimismo, la presencia de hierro y otros metales, ya sea como impurezas naturales o como resultado de la corrosión, también tiene una gran influencia en el color del agua. Si el agua de un sistema de abastecimiento tiene color, se debe investigar su origen, sobre todo si se ha producido un cambio sustancial.

Es aquí donde entran los filtros de carbón activado de la PPAL, los cuales nos ayudan a la eliminación de sabores que pudieran estar presentes en el agua recolectada.

Durante la evaluación los participantes posiblemente no contaban con luz suficiente o el color del fondo del vaso tuviera alguna coloración que no fuera del agrado del participante y este se reflejara en la muestra dando estos resultados.

La Figura 17 se muestra los valores dados al sub-atributo de color para las muestras comerciales. En promedio la calificación dada a esta característica fue de 5.8 posicionándose en el mismo rango de calificación que las muestras de ICAR. De igual manera la muestra mejor evaluada fue Bonafont con una calificación promedio de 6.

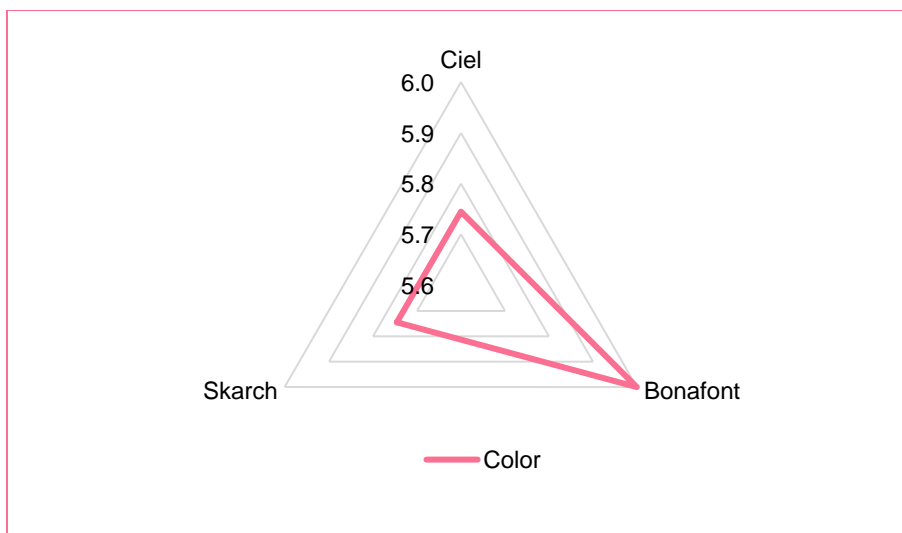


Figura 17. Valores medios del sub-atributo de color de las 3 muestras comerciales

El color del agua embotellada es otro aspecto visual importante que los consumidores consideran al evaluar la calidad y la aceptabilidad del producto. El agua embotellada generalmente se espera que tenga un color claro y transparente, similar al agua pura y natural. Un agua embotellada con un color inusual o anormal puede generar preocupación en los consumidores. Sin embargo, si el agua embotellada presenta un color fuertemente pronunciado, turbio o no se asemeja al agua clara y transparente, podría ser un indicativo de problemas de calidad o contaminación.

En general los cuatro sub-atributos de las seis muestras tuvieron valores altos, superiores a 5, considerando que la calificación máxima es de 7. Es destacable que las tres muestras de ICAR fueron las mejor evaluadas por los panelistas, obteniendo las siguientes calificaciones promedio: ICARG e ICARP tuvieron una calificación de 6.03 mientras que ICARV obtuvo una calificación de 5.99. En cuanto a las muestras comerciales Bonafont obtuvo una calificación de 5.9, Skarch obtuvo una calificación de 5.8; finalmente, se observó que Ciel obtuvo una calificación promedio ligeramente inferior, con un valor de 5.7, en comparación con las demás muestras evaluadas

La Figura 18 muestra los valores promedio asignados por los panelistas al atributo de olor a las seis muestras.

El análisis estadístico aplicado a los diferentes olores: cal, tierra, hierro y frescura, en las 6 muestras analizadas reveló diferencias significativas en los resultados de estos olores. Destaca que el olor frescura fue el más percibido por los panelistas, en comparación con los demás olores. Las puntuaciones promedio fueron 0.6 para el olor a cal, 0.7 para tierra, 0.9 para hierro y 2.4 para frescura.

En la figura se observa que las muestras ICARV e ICARP fueron donde fue más notable el olor a cal, con una calificación promedio de 0.7, Ciel fue la muestra donde se hizo más presente los olores a tierra y frescura, con calificaciones promedio de 0.8 y 2.7 respectivamente, y el olor a hierro se hizo más presente en ICARV, con una calificación promedio de 1.1. Contrario al atributo anterior, los valores altos indican un rechazo por parte de los consumidores, con excepción del olor a frescura.

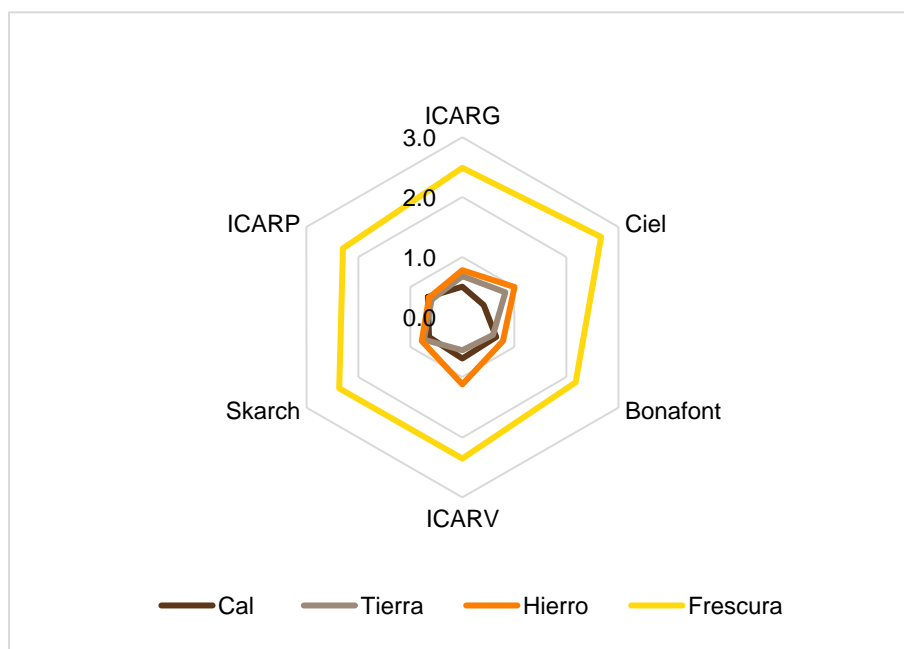


Figura 18. Valores medios del atributo olor para las 6 muestras analizadas

El método 2150 del Standard Methods (2017) indica que olor depende del contacto de una sustancia estimulante con la célula receptora humana apropiada. El agua es un medio neutro, siempre presente sobre o en los receptores que perciben la respuesta sensorial. En su forma pura, el agua no tiene olor. El olor es reconocido como un factor de calidad que afecta la aceptabilidad del agua potable. Los consumidores domésticos requieren de agua esencialmente libre de olores.

Un olor anormal o desagradable puede ser señal de problemas de calidad o contaminación. Algunas posibles causas del olor anormal pueden incluir la presencia de compuestos químicos, productos de desinfección como el cloro residual, materia orgánica en descomposición o la presencia de algas o bacterias.

En la Figura 19 se muestra los valores medios del olor a cal para las muestras pertenecientes al ICAR. El promedio de calificación de las tres muestras es de 0.62, este valor es muy bajo de acuerdo a la escala de intensidad que se presentó, donde 0 es el valor mínimo de intensidad y 6 el valor máximo. ICARG fue la muestra donde los panelistas casi no percibieron este olor, obtenido una calificación de 0.5, en comparación con las muestras ICARV e ICARP, las cuales tuvieron 0.7 de calificación.

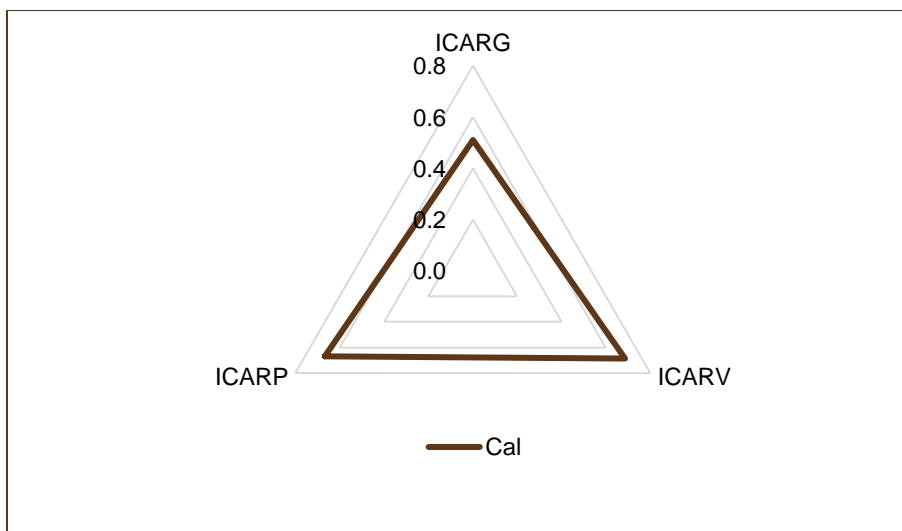


Figura 19. Valores medios del olor a cal para las 3 muestras pertenecientes al ICAR

De acuerdo con la Real Academia Española (RAE) la cal es una sustancia alcalina constituida por óxido de calcio, de color blanco o grisáceo, que al contacto con el agua se hidrata o se apaga. La presencia de calcio en los suministros de agua resulta del paso sobre depósitos de piedra caliza. Debido a que la precipitación de cal en las tuberías y en los intercambiadores de calor pueden causar daños, la cantidad de calcio en aguas domésticas a menudo se controla mediante el ablandamiento del agua.

El olor a cal en el agua puede variar dependiendo de la concentración de minerales, específicamente compuestos de calcio, que están presentes en el agua. En general, el olor a cal se describe como un olor similar al yeso o la tiza

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) disuelto en el agua puede afectar la percepción del olor a cal, especialmente en un agua con bajo contenido de sales. Cuando el CO<sub>2</sub> se disuelve en el agua, se produce ácido carbónico, que es responsable de generar una ligera acidez. Esta acidez puede interactuar con los componentes químicos presentes en el agua, como los carbonatos, y contribuir a la formación de precipitados de calcio, es decir, la cal.

La calificación media para las 3 muestras comerciales para el olor a cal fue de 0.57. Las muestras de Bonafont y Skarch fueron las muestras donde el olor a cal fue más intenso para los panelistas, con un valor promedio de 0.65, mientras que la muestra Ciel tuvo un valor más bajo de 0.41. Como se puede observar en la Figura 20 la percepción de este olor, no es de mucha relevancia debido que el valor es muy bajo al igual que las anteriores muestras.

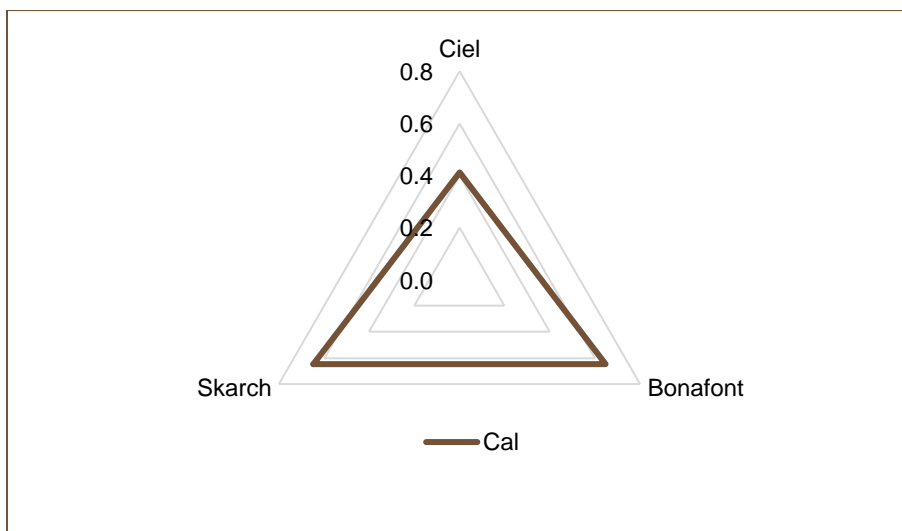


Figura 20. Valores medios del olor a cal para las 3 muestras comerciales

Cuando el agua contine una alta concentración de minerales de calcio, puede generar un olor característico. Este olor suele ser descrito como terroso a veces se percibe como un olor a tierra o a piedra caliza. Algunas personas también pueden percibir un ligero aroma amargo o metálico asociado con la presencia de la cal en el agua.

Es importante destacar que el olor en el agua no está relacionado con la seguridad para el consumo humano. La cal en sí misma no es perjudicial para la salud, pero puede afectar el sabor o el olor del agua. Además, la presencia de cal en el agua puede ser indicativa de la dureza del agua, que puede tener implicaciones para la formación de incrustaciones en las tuberías.

Cuando se evalúa el olor a cal en el agua por parte un panel no entrenado, se observa que generalmente se perciben niveles bajos. Esto puede deberse a varias razones, como la baja concentración de minerales de calcio en el agua, la adaptación del panel a este tipo de olor o la falta de sensibilidad para detectarlo.

Es importante destacar que la percepción del olor a cal puede variar entre individuos, y un panel no entrenado no es tan sensible para detectar o identificar el olor a cal en el agua en comparación con un panel experto en evaluación sensorial. Si bien un panel sin entrenamiento puede presentar niveles bajos de percepción del olor a cal en el agua, se requiere una evaluación más exhaustiva por parte de expertos en análisis sensorial para determinar la presencia y la intensidad del olor a cal en diferentes muestras de agua.

La Figura 21 se muestran los valores medios del olor a tierra de las muestras de ICAR, el promedio de calificación para este olor es de 0.61, de igual manera este valor es muy bajo. En esta ocasión la muestra envasada en garrafón fue donde más

se reconoció el olor mientras que la muestra envasada en vidrio fue la que menos percibieron el olor.

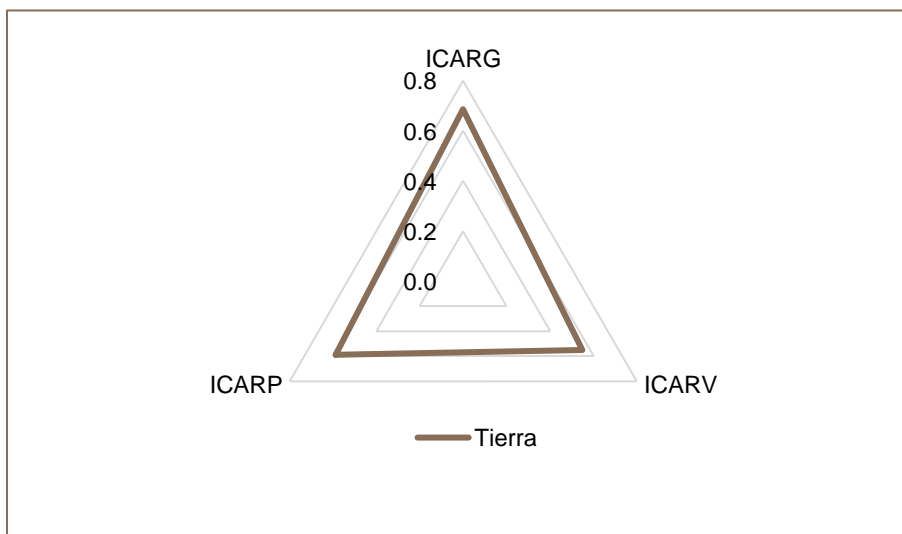
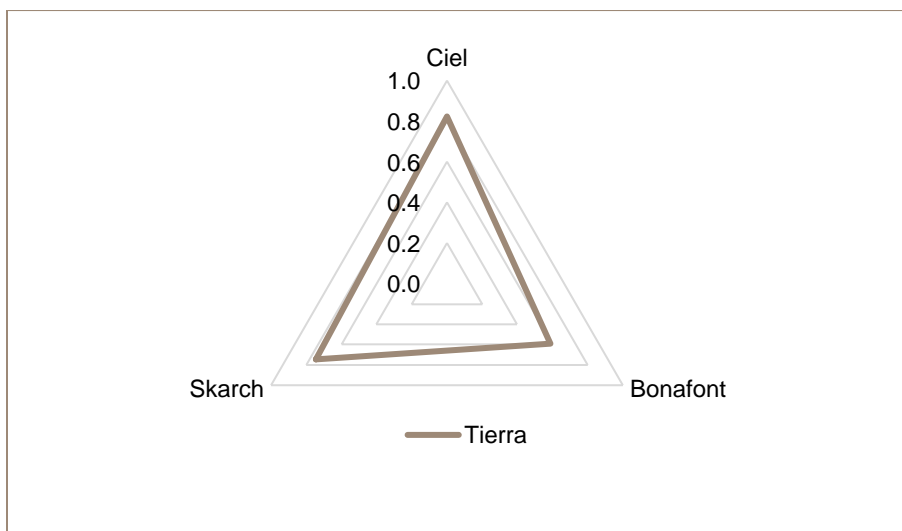


Figura 21. Valores medios del olor a tierra para las 3 muestras pertenecientes al ICAR

El método 9250 del Standard Methods (2017) dice que algunos actinomicetos se consideran microorganismos molestos en la industria de la gestión del agua porque pueden emitir olor a tierra o moho que afectan la calidad y la aceptación del agua.

Mientras la OMS (2018) menciona que los actinomicetos y hongos pueden estar presentes en grandes cantidades en fuentes de agua superficial, como embalses, y también pueden crecer en materiales inadecuados utilizados en los sistemas de distribución de agua. Estos microorganismos tienen la capacidad de producir compuestos como la geosmina (olor a tierra mojada, también conocido como petricor), el 2-metil isoborneol (olor a humedad) y otras sustancias que generan sabores y olores desagradables en el agua destinada para uso y consumo humano.

En el caso de las muestras comerciales, el olor a tierra no fue muy pronunciado, como se puede observar en la Figura 22. Los panelistas les asignaron una calificación promedio de 0.72, lo cual es considerado un valor bajo y aceptable. En particular, la muestra de Bonafont fue la que presentó la menor detección del aroma, con un promedio de calificación de 0.6. Le siguió la muestra de Skarch con un valor de 0.7 y por último, la muestra de Ciel obtuvo una calificación de 0.8.



*Figura 22. Valores medios del olor a tierra para las 3 muestras comerciales*

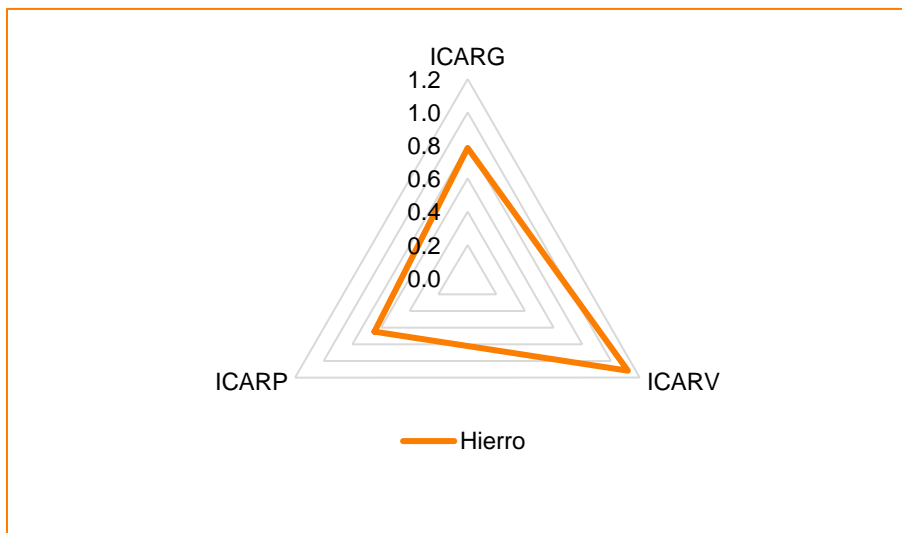
La OMS señala que existen organismos que pueden carecer de relevancia para la salud pública, pero que no son deseables debido a su capacidad de producir sabores y olores en el agua. Estos sabores y olores no solo afectan la aceptabilidad del agua, sino que también resultan desagradables para algunas personas y afectan la experiencia de beberla. La presencia de estos organismos en el agua indica que el tratamiento del agua o el estado de mantenimiento y reparación del sistema de distribución, o ambos, son insuficientes.

Al igual que el olor a cal, cuando se evalúa el olor a tierra en el agua por parte de un panel sin entrenamiento en análisis sensorial, se observa que generalmente se percibe en niveles bajos. Esto puede indicar que este grupo de panelistas puede tener una menor sensibilidad para detectar o identificar el olor a tierra en el agua.

Cuando se evalúa el olor a tierra en el agua por parte de un panel sin entrenamiento en análisis sensorial, se observa que generalmente se percibe en niveles bajos. Esto puede indicar que este grupo de panelistas puede tener una menor sensibilidad para detectar o identificar el olor a tierra en el agua. Es importante tener en cuenta que la percepción del olor puede variar entre individuos y está influenciada por diferentes factores, como la genética, las experiencias previas y las preferencias personales. Un panel sin entrenamiento no puede ser tan sensible para detectar o identificar olores sutiles, como el olor a tierra en el agua.

En la Figura 23, se pueden observar las calificaciones promedio del olor a hierro asignadas a las muestras de ICAR. La calificación promedio para este olor en particular fue de 0.85. Aunque se considera relativamente alto en comparación con los olores anteriores, sigue siendo un valor muy bajo, especialmente considerando que la escala máxima de intensidad es de 6.

Entre las muestras de ICAR, los panelistas percibieron más fuertemente el olor a hierro en ICARV, con una calificación de 1.1. Por otro lado, ICARG obtuvo una calificación de 0.8, mientras que ICARP fue la muestra donde se percibió menos este olor, con una calificación de 0.6.



*Figura 23. Valores medios del olor a hierro para las 3 muestras pertenecientes al ICAR*

El olor a hierro en el agua se caracteriza por ser metálico y tener un aroma distintivo similar al del metal. Puede ser descrito como un olor oxidado, terroso o mineral. Cuando el agua contiene altos niveles de hierro disuelto, especialmente en forma de hierro ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), puede generar un olor perceptible (Lawless & Heymann, 2011).

Este olor a hierro en el agua puede ser desagradable para algunas personas, ya que puede afectar la calidad sensorial y la experiencia al beber o utilizar el agua en actividades diarias. Además, puede afectar el sabor de los alimentos preparados con agua dándoles un sabor metálico indeseable (Baird, et al., 2017).

La Figura 24 muestra el promedio de calificaciones del olor a hierro para las muestras comerciales, el cual fue de 0.86. La muestra Ciel se destacó por tener una mayor intensidad de olor a hierro obteniendo una calificación de 1.0. Por otro lado, las muestras de Skarch y Bonafont tuvieron calificaciones de 0.8 en relación a este olor.

En general, los valores de percepción del olor a hierro en las muestras comerciales fueron bajos, lo que indica que el olor a hierro no fue percibido con una intensidad significativa por parte de los evaluadores.



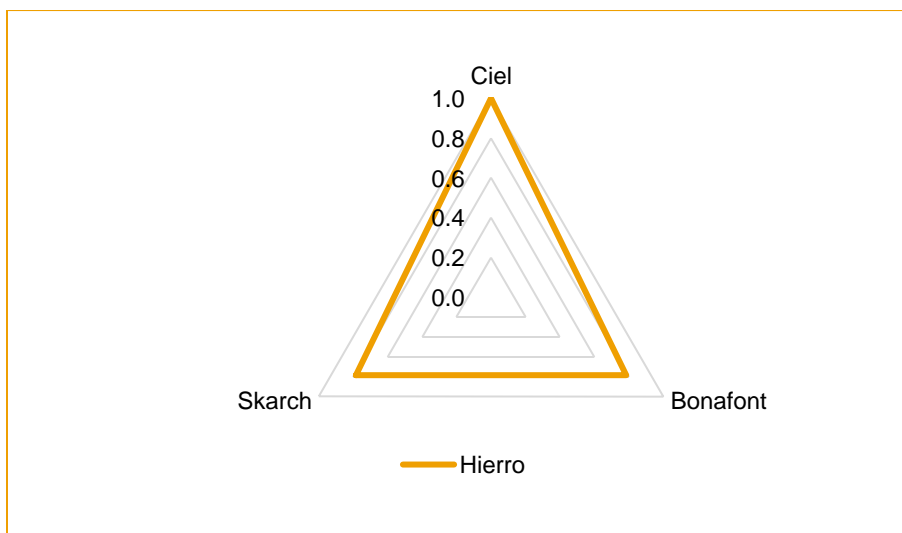


Figura 24. Valores medios del olor a hierro para las 3 muestras comerciales

La OMS menciona que es importante tener en cuenta que el olor a hierro en el agua no necesariamente indica un problema de salud, ya que el hierro en sí mismo no es tóxico en bajas concentraciones, <math><0.3 \text{ mg/l}</math>. Sin embargo, altos niveles de hierro pueden afectar la aceptabilidad del agua.

Los niveles bajos de percepción del olor a hierro en el agua embotellada, determinados por un panel no experto en análisis sensorial, sugieren que el olor a hierro en estas muestras es sutil y no es percibido de manera significativa por los evaluadores no entrenados. Esto puede indicar que las concentraciones de hierro en el agua embotellada están dentro de los límites aceptables, lo que contribuye a una experiencia sensorial satisfactoria para los consumidores. Sin embargo, es importante, nuevamente, destacar que la percepción del olor puede variar entre individuos y que se requieren estudios adicionales para evaluar de manera más precisa la presencia de hierro en el agua embotellada y su impacto en la calidad sensorial.

El olor a fresca fue el más predominante en las muestras analizadas. Este olor fue el más esperado y bien recibido por los consumidores. Entre las muestras, ICARG fue la que presentó la percepción más destacada de este olor, con una calificación promedio de 2.49. En cuanto a la muestra de ICARV, se registró una calificación de 2.35, mientras que ICARP fue la muestra en la que se percibió menos este olor, con una calificación promedio de 2.29. Aunque los valores fueron altos en comparación con otros olores, es importante destacar que la intensidad percibida sigue siendo baja. Estos datos están reflejados en la Figura 25, donde se muestran las calificaciones promedio correspondientes.

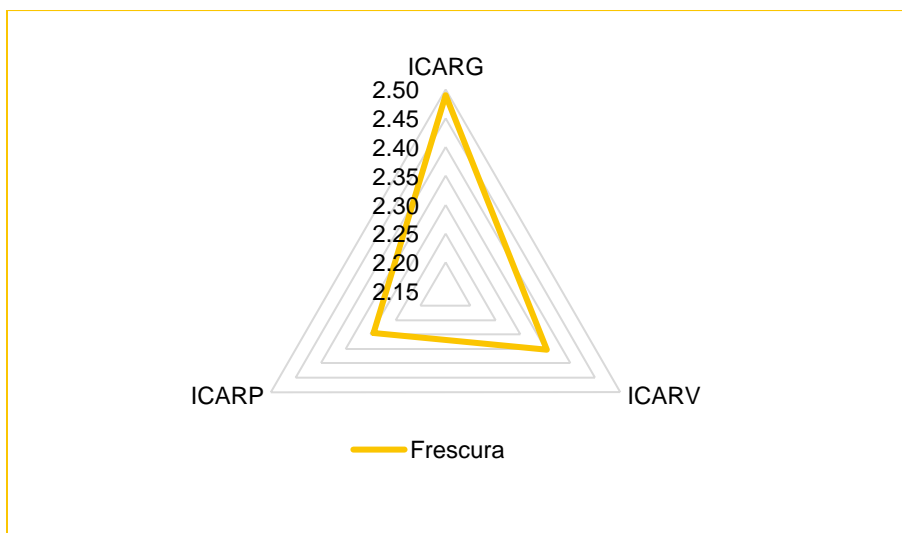


Figura 25. Valores medios del olor a frescura para las 3 muestras pertenecientes al ICAR

La Sommelier Aura Toledo (2015) menciona que, durante la fase olfativa de la evaluación del agua, se encontrarán notas frescas, la cual es la ausencia de malos olores (Catast, 2013). El olor a frescura en el agua se caracteriza por ser suave, ligero y agradable. Tiene una calidad aromática que evoca una sensación de pura y limpieza. Es similar al olor característico de un ambiente fresco y revitalizante, como el aire después de una lluvia o el aroma a un manantial natural.

Se espera que el agua embotellada de calidad tenga un olor a frescura agradable y atractivo, que promueva una experiencia sensorial positiva para el consumidor.

La Figura 26 se pueden observar las calificaciones asignadas al olor frescura en las muestras comerciales. El promedio general para este olor es de 2.41. La muestra Ciel destacó por tener una mayor intensidad de olor a frescura obteniendo una calificación de 2.7. Por otro lado, las muestras Skarch y Bonafont tuvieron calificaciones de 2.4 y 2.2 respectivamente en relación a este olor.

Es importante señalar que, aunque los valores fueron altos en comparación con otros olores, es necesario tener en cuenta que la intensidad percibida sigue siendo baja. Sin embargo, de acuerdo con el análisis estadístico de Kruskal-Wallis, se encontró una diferencia significativa entre los valores de este olor y los olores anteriormente presentes.

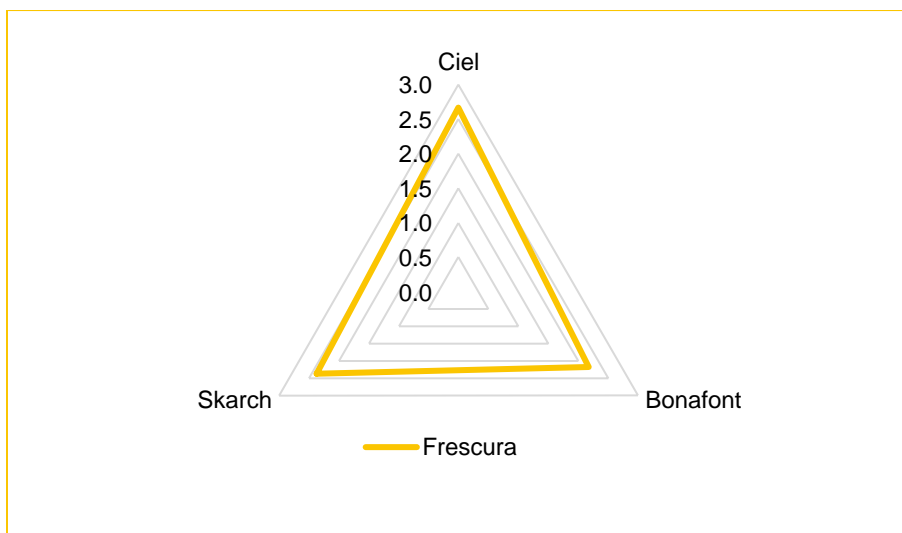


Figura 26. Valores medios del olor a frescura para las 3 muestras comerciales

El olor a frescura los panelistas también lo asociaron a la sensación que otorga el olor de la menta, el cual tiene propiedades de olor y es capaz de causar sensaciones frescas (Lawless & Heymann, 2011).

Este olor en el agua embotellada juega un papel crucial en la percepción de su calidad y aceptabilidad por parte de los consumidores. Los consumidores lo interpretan como un indicador de calidad y pureza, aumentando su confianza en el producto. Además un aroma fresco presente mejora la percepción del sabor y da una satisfacción general al consumir el agua.

Los niveles bajos de percepción del olor a frescura en el agua embotellada, evaluados por un panel no experto en análisis sensorial, revelan que este aroma es sutil y puede ser más fácil de detectar en comparación con otros aromas presentes en el agua. Sin embargo, es importante destacar que, a pesar de los niveles bajos de percepción, el olor a frescura fue mejor percibido en comparación con los demás aromas evaluados.

Esto sugiere que el olor a frescura tiene una presencia distintiva en el agua embotellada y puede ser una característica importante para los consumidores. Aunque el panel no experto puede tener limitaciones en la identificación precisa y la intensidad del aroma, su capacidad para percibir y diferenciar el olor a frescura en el agua es un indicador relevante de su presencia en el producto.

Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar el olor a frescura como un atributo sensorial significativo en la evaluación de la calidad del agua embotellada. Aunque se requiere una mayor investigación y participación de paneles expertos en análisis sensorial para una evaluación más precisa, la percepción general de un olor a frescura en niveles bajos por parte de un panel no entrenado sugiere que este aroma puede desempeñar un papel en la aceptación y preferencia del agua embotellada por parte de los consumidores.

En términos generales, se observó que los cuatro olores presentes en las seis muestras evaluadas tuvieron niveles bajos de percepción, siendo inferiores a 3 en una escala de percepción máxima de 6. Es relevante destacar que en las muestras de Bonafont e ICARP, los panelistas mostraron una menor capacidad para percibir los olores mencionados, obteniendo una calificación promedio de 1.05. En segundo lugar, se encuentran las muestras de ICARG y Skarch, ambas con una calificación promedio de 1.1 en términos de la percepción de los olores. Por último, las muestras de ICARV y Ciel obtuvieron una calificación promedio de 1.2.

La Figura 27 muestra los valores promedio asignados por los panelistas al atributo de sabor a las seis de muestras.

El análisis estadístico aplicado a los diferentes sabores: dulce, salado, ácido y amargo, en las 6 muestras analizadas no reveló diferencias significativas en los resultados de estos sabores. Sin embargo, destaca que el sabor dulce fue el más percibido por los panelistas, en comparación con los demás sabores. Las puntuaciones promedio fueron 1.5 para el sabor a dulce, 1.2 para salado, 1.0 para ácido y 1.3 para amargo.

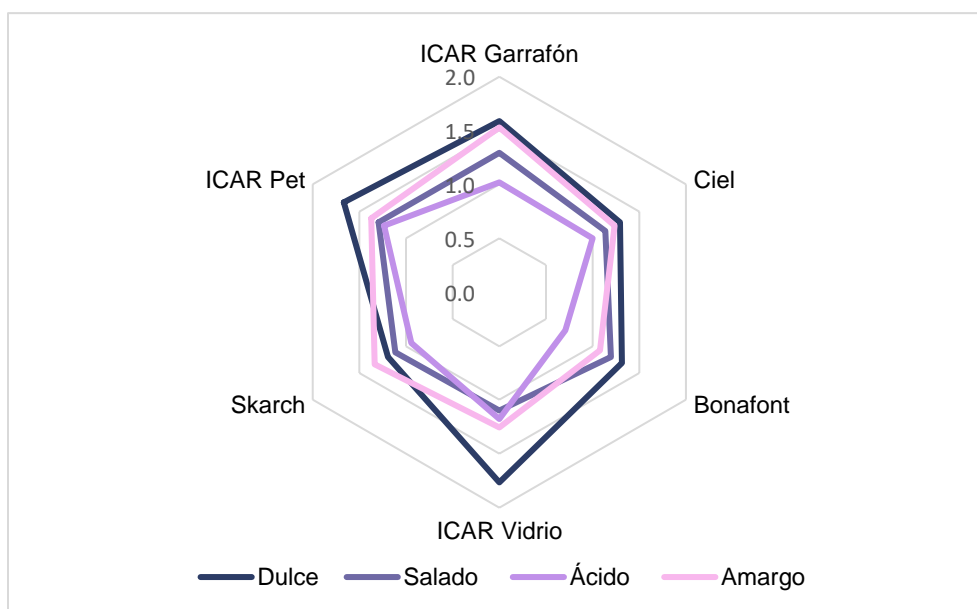


Figura 27. Valores medios del atributo sabor para las 6 muestras analizadas

El gusto, de acuerdo con el Standard Methods 2160 (2017), se refiere únicamente a las sensaciones gustativas llamadas amargo, salado, agrio y dulce que resultan de la estimulación química de las terminaciones nerviosas sensoriales ubicadas en las papilas de la lengua y en el paladar. Las muestras de agua tomadas en la boca para el análisis sensorial siempre producen un sabor dependiendo de las sustancias químicas presentes.

El estudio del sabor del agua puede presentar un alto grado de subjetividad, pero su influencia en el uso del agua es decisiva, provocando la exclusión en el uso del agua. El sabor del agua viene dado por su contenido químico, especialmente por sus sales minerales y gases disueltos. El exceso o deficiencia de algunos de estos componentes podrían determinar un sabor desagradable en el agua (Mitache, et al., 2019).

Lawless y Heymann (2011) mencionan que el gusto puede tener la propiedad de adaptación sensorial, quiere decir que hay disminución de la capacidad de respuesta en condiciones de estimulación constante, en otras palabras, si el gusto estuvo en contacto por bastante tiempo con algún sabor es específico, el siguiente producto con un sabor diferente puede adaptarse al sabor anterior. Por ejemplo, las concentraciones de NaCl o de cualquier otro saborizante por debajo del nivel de adaptación adquirirían otras cualidades gustativas. Por lo tanto, el agua después de la adaptación al salado puede tener un sabor agrio y/o amargo. El agua sabe dulce después del ácido y sabe amarga después del dulce. De ahí la importancia de que los panelistas no consumieran o bebieran algún alimento con sabor predominante 30 minutos antes de la prueba.

En la Figura 28, se presentan los resultados de la percepción del sabor dulce en las muestras de ICAR. Se observó que la calificación promedio fue de 1.7. Es interesante destacar que la muestra de ICARG fue la que presentó la menor percepción de este sabor, obteniendo una calificación promedio de 1.6. Sin embargo, se observó un ligero aumento en la percepción en las otras muestras, ICARP e ICARV, las cuales obtuvieron calificaciones de 1.7 y 1.8, respectivamente. Estos valores son considerados bajos, si tenemos en cuenta que la escala de percepción utilizada por los participantes para evaluar las muestras iba desde 0 (mínimo) hasta 6 (máximo).

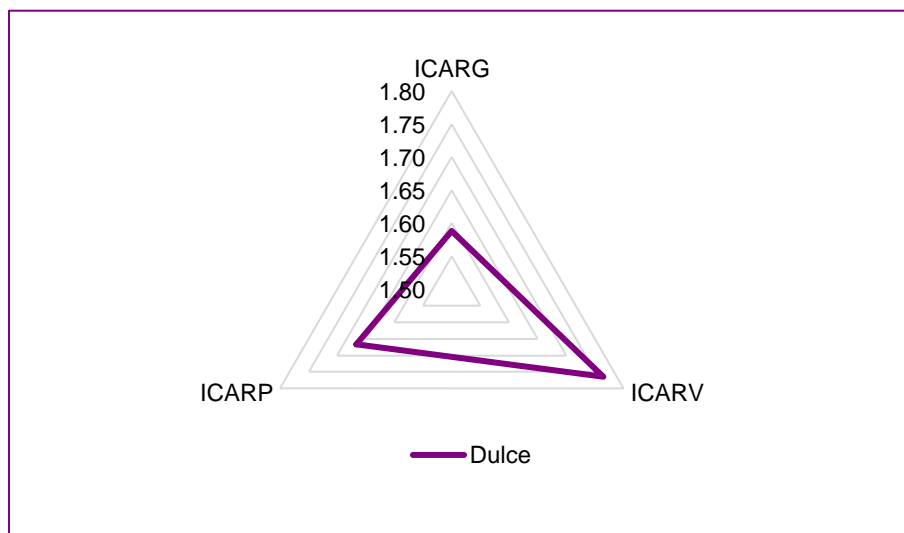


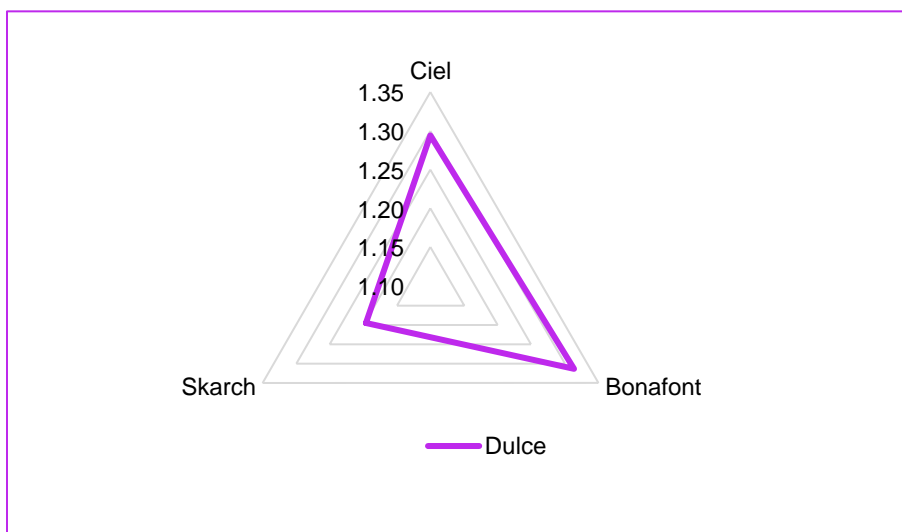
Figura 28. Valores medios para el sabor dulce para las 3 muestras pertenecientes al ICAR

El agua no debe presentar sabores que pudieran resultar desagradables para la mayoría de los consumidores. Los consumidores evalúan la calidad del agua de consumo humano basándose principalmente en sus sentidos. Los componentes microbiológicos, químicos y físicos del agua pueden afectar su sabor y el consumidor evaluará la calidad y aceptabilidad de acuerdo con estos criterios (Organización Mundial de la Salud, 2018).

El agua puede contener minerales disueltos, como calcio, magnesio, potasio, etc. Si el agua tiene una concentración relativamente alta de minerales alcalinos puede darle un sabor dulce o ligeramente dulce (Burlingame, et al., 2007). Esto se debe a que estos minerales pueden afectar las papilas gustativas de diferentes maneras.

La percepción del sabor dulce en el agua por parte de un panel no entrenado puede variar entre diferentes individuos y está sujeta a influencias personales y contextuales. En general, el agua se espera que tenga un sabor insípido y fresco, sin embargo, algunas personas pueden percibir un ligero dulzor, como se muestra en los resultados obtenidos.

En la Figura 29 se observan los valores promedio de la percepción del sabor dulce en las muestras comerciales. Se observó que la calificación promedio para este sabor fue de 1.3, lo cual indica una percepción más baja que en las muestras de ICAR. Es relevante destacar que Skarch fue la muestra en la que los panelistas percibieron menos dulzor, obteniendo una calificación promedio de 1.20. Por otro lado, las otras muestras mostraron un ligero aumento en la percepción, aunque no significativo; Ciel obtuvo una calificación de 1.29 y, por último, Bonafont obtuvo una calificación de 1.31. Al igual que en las muestras de ICAR, estos valores son considerados bajos al compararlos con la escala de evaluación proporcionada a los participantes.



*Figura 29.* Valores medios para el sabor dulce para las 3 muestras comerciales

La calidad del agua de algunas botellas de agua es muy buena, contiene algunos minerales y puede haber algunas sustancias dulces como el aspartamo, que hacen que las personas perciban el dulce después de beber agua. El elemento sodio del agua mineral embotellada reacciona con las enzimas orales, por lo que se siente dulce (Simpure, 2022).

Si el sabor dulce es demasiado pronunciado o intenso, podría resultar desagradable para muchas personas, ya que no es lo que se espera del agua potable. El sabor dulce en el agua también puede enmascarar otros sabores y hacer que el agua no sea refrescante

En un panel no entrenado, es probable que exista una variabilidad en la percepción del sabor dulce en el agua. Algunos participantes pueden ser más sensibles y percibir un dulzor más pronunciado, mientras que otros pueden no detectar ningún sabor dulce o percibirlo de manera muy leve. Esta variabilidad puede deberse a diferencias en las papilas gustativas, la respuesta individual al estímulo y la capacidad para percibir y discriminar sabores (Lawless & Heymann, 2011).

Los niveles bajos de percepción del sabor dulce en el agua embotellada, determinados por un panel no experto en análisis sensorial, sugieren que el agua embotellada en este estudio no presenta características sobresalientes de dulzor. Estos resultados indican que el agua evaluada tiende a tener un perfil de sabor más equilibrado, sin sabores dulces destacados.

En la Figura 30 se observan las calificaciones promedio otorgadas al sabor salado de las muestras de agua embotellada de ICAR. Se observó que la calificación promedio para este sabor fue de 1.2, un valor considerado bajo según la escala utilizada. Es importante destacar que la muestra ICARV fue la que registró la menor percepción del sabor salado, obteniendo una calificación promedio de 1.1. Por otro lado, las muestras de ICARG como ICARP, ambas tuvieron una calificación promedio de 1.3.

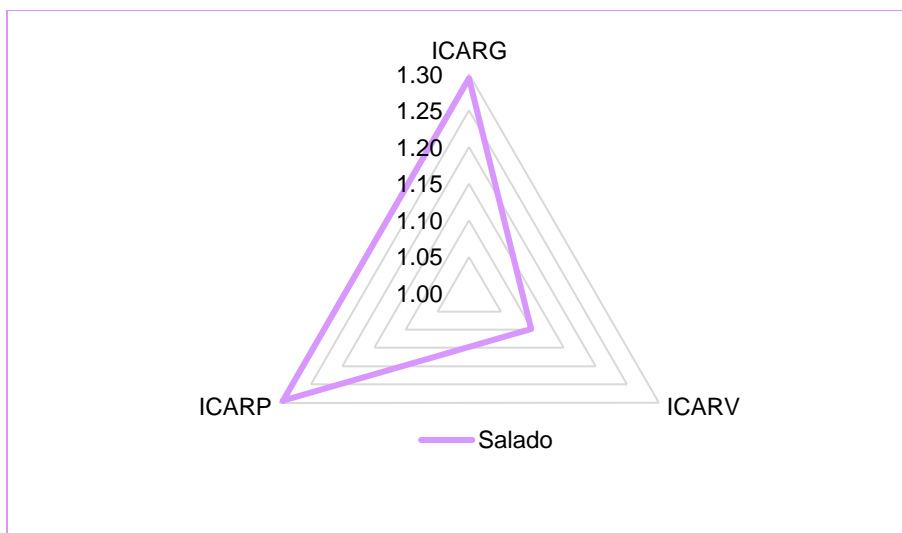


Figura 30. Valores medios para el sabor salado para las 3 muestras pertenecientes al ICAR

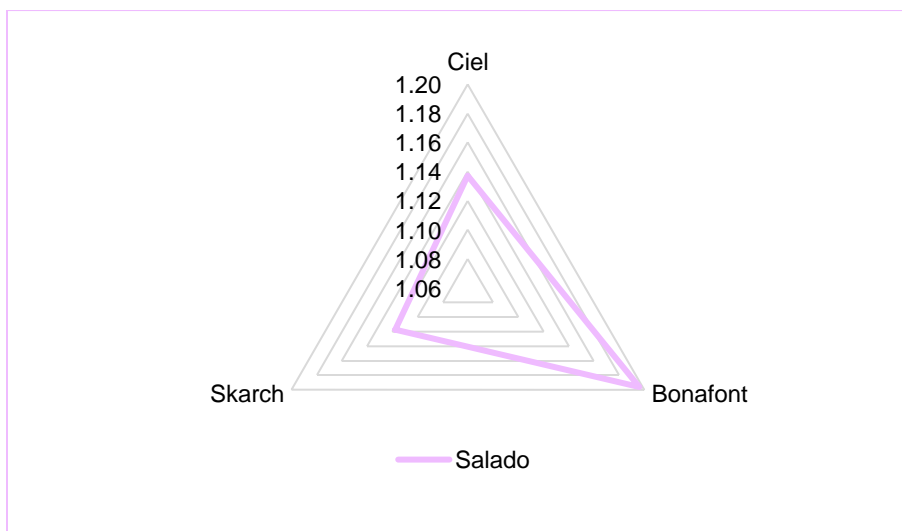
El sabor salado en el agua embotellada es una característica poco común y no deseada. En algunas circunstancias, puede ocurrir una percepción de salinidad en el agua embotellada.

Las altas concentraciones de cloruro confieren un sabor salado al agua y a las bebidas. Existen diversos umbrales gustativos para el anión cloruro en función del catión asociado y están en el rango de 200-300mg/l para cloruro de sodio (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Es relevante mencionar que la percepción del sabor salado puede variar entre los individuos debido a diferencias en la sensibilidad gustativa y las preferencias personales. Algunas personas pueden ser más sensibles a los sabores salados y percibirlos con mayor intensidad, mientras que otras pueden ser menos sensibles.

La Figura 31 presenta los valores promedio de la percepción del sabor salado en las muestras comerciales. Se encontró que la calificación promedio para este sabor fue de 1.2, lo que indica una percepción similar a la de las muestras de ICAR. Es importante resaltar que Skarch una vez más fue la muestra con la menor percepción de salado, obteniendo una calificación promedio de 1.12. Por otro lado, las otras muestras siguieron el mismo orden de percepción que el sabor anterior; Ciel obtuvo una calificación de 1.14 y, por último, Bonafont obtuvo una calificación de 1.20.





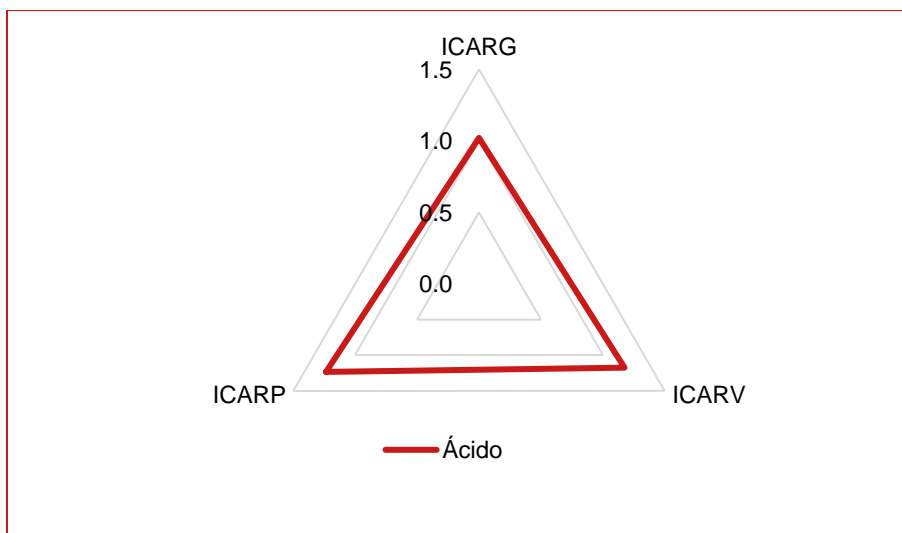
*Figura 31. Valores medios para el sabor salado para las 3 muestras comerciales*

Otra posible causa del sabor salado del agua es una alta concentración de sulfatos. Los sulfatos como el sulfato de magnesio y el sulfato de sodio pueden hacer que el agua tenga un sabor a solución salina. Estos sulfatos pueden ocurrir naturalmente en algunos tipos de suelo y rocas. A medida que el agua subterránea o de lluvia se mueve a través de la tierra, los sulfatos naturales pueden llegar al suministro de agua local (Quench, 2021). En niveles muy altos, los sulfatos, podría provocar un efecto laxante en consumidores no habituados (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Los niveles bajos de percepción del sabor salado pueden ser considerados favorables. No obstante, es importante tener en cuenta que estos resultados se basan en un estudio específico y pueden no ser representativos de todas las marcas o tipos de agua embotellada disponibles en el mercado.

En la Figura 32 se presentan las calificaciones promedio de las muestras de ICAR en relación a la percepción del sabor ácido. La calificación general obtenida fue de 1.14. Se destacó que la muestra ICARG fue aquella en la cual los participantes tuvieron una menor percepción de este sabor, obteniendo una calificación promedio de 1.02. Por otro lado ICARV obtuvo una calificación de 1.18. Finalmente, se observó que ICARP fue la muestra en la que los participantes percibieron en mayor medida el sabor ácido, obteniendo una calificación de 1.24.

Es importante tener en cuenta que estas calificaciones reflejan la percepción subjetiva del sabor ácido por parte de los participantes del estudio. La escala utilizada para la evaluación permitió diferenciar las intensidades relativas del sabor ácido entre las muestras de ICAR.



*Figura 32. Valores medios para el sabor ácido para las 3 muestras pertenecientes al ICAR*

El sabor ácido, que es evocado por un pH bajo, es una de las cuatro cualidades gustativas fundamentales originales, reconocida como una sensación gustativa distinta durante siglos y universalmente aversiva en diversas especies (Liman & Kinnamon, 2021).

El agua proveniente de fuentes naturales, como manantiales o pozos, incluso de la lluvia, puede tener un pH más bajo, lo que le confiere un sabor ácido. Esto puede estar influenciado por la composición geográfica del suelo y las rocas a través de las cuales el agua se filtra. La acidez de la lluvia varía según la región y la época en la que se mida, pero en promedio se estima que tiene un pH cercano a 5.6. Si consideramos que un pH de 7 representa una solución neutra, podemos concluir que el agua de lluvia es naturalmente ácida debido a su pH inferior a 7 (Talaquer, et al., 2022).

Es necesario considerar que la percepción del sabor ácido puede variar entre los individuos debido a diferencias en la sensibilidad gustativa y las preferencias personales.

En la Figura 33 se presentan las calificaciones promedio de la percepción del sabor ácido en las muestras comerciales, obteniéndose una calificación general de 0.9. En cuanto al orden ascendente de percepción del sabor ácido en las muestras, se observa que la muestra de Bonafont obtuvo la calificación más baja, con un promedio de 0.7. Le sigue la muestra de Skarch con una calificación de 0.9 y por último la muestra Ciel con una calificación de 1.0.

Es importante destacar que estas calificaciones reflejan la percepción subjetiva del sabor ácido por parte de los participantes del estudio. La escala utilizada para la evaluación permitió diferenciar las intensidades relativas del sabor ácido entre las muestras comerciales analizadas.

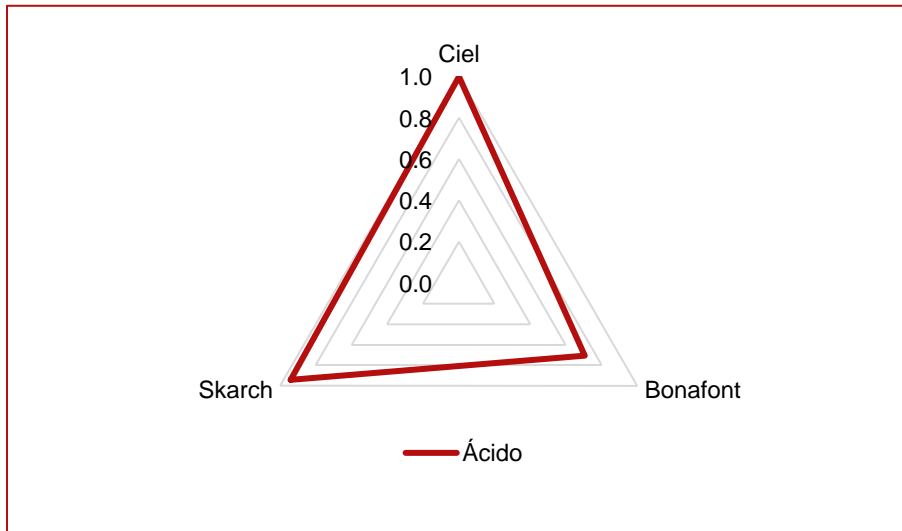


Figura 33. Valores medios para el sabor ácido para las 3 muestras comerciales

El sabor ácido en el agua potable puede ser atribuido a diferentes factores. La presencia de ciertos minerales en el agua, como el dióxido de carbono disuelto, puede dar lugar a un sabor más ácido. El dióxido de carbono disuelto en el agua puede formar ácido carbónico lo que resulta en un sabor ligeramente ácido. Este mineral da la sensación de agua carbonatada (Aneabe, 2012).

Para el agua embotellada, el valor mínimo de pH se puede reducir a 4.54. Para el agua embotellada que naturalmente contiene o está enriquecida con dióxido de carbono, el valor del pH puede ser más bajo (Mitache, et al., 2019).

Los niveles bajos de percepción del sabor ácido en el agua embotellada, evaluados por un panel no experto en análisis sensorial, indican que las muestras analizadas presentan un perfil de sabor ácido poco pronunciado o apenas perceptible.

Es relevante señalar que la forma en que se percibe el sabor ácido puede variar entre las personas debido a las disparidades en la sensibilidad gustativa y las preferencias individuales. No obstante, al ser evaluado por un panel no experto, se obtiene una aproximación más representativa de la percepción general que tienen los consumidores promedio.

La calificación promedio para el sabor amargo de las muestras de agua embotellada de ICAR fue de 1.4. En la Figura 34 se observan los valores promedio dados a las muestras mencionadas. La muestra donde menos se percibió el sabor amargo fue ICARV con una calificación promedio de 1.3. Le sigue la muestra ICARP con una calificación promedio de 1.4, por último la muestra ICARG tuvo una calificación promedio de 1.5.

Estos hallazgos indican que las muestras de agua embotellada de ICAR tienen un perfil de sabor amargo suave. Los resultados obtenidos reflejan la apreciación general de los consumidores promedio, pero es posible que personas con un mayor grado de sensibilidad al sabor amargo perciban diferencias más significativas.

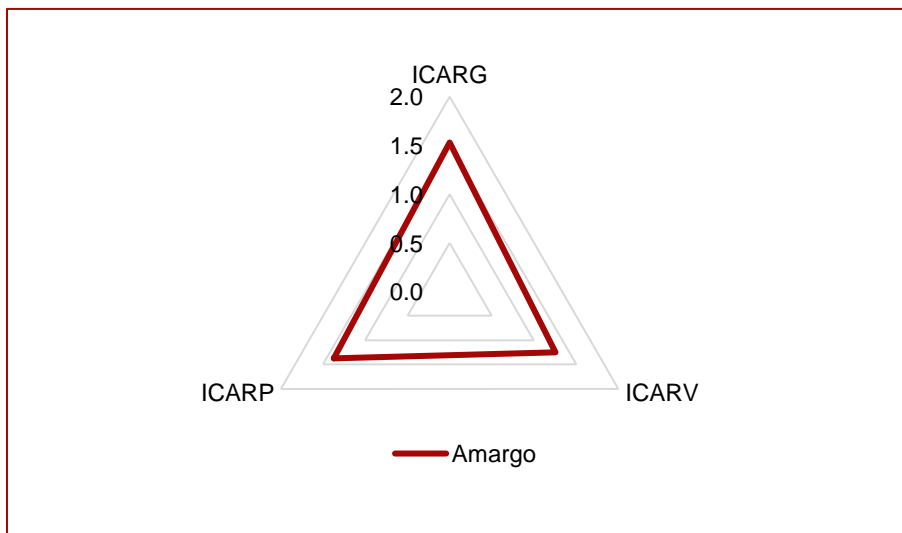


Figura 34. Valores medios para el sabor amargo para las 3 muestras pertenecientes al ICAR

Una baja percepción del sabor amargo en el agua embotellada se refiere a una disminución en la intensidad o presencia del sabor amargo en el agua. Esto significa que los consumidores experimentan un sabor amargo poco pronunciado o apenas perceptible al beber el agua embotellada. Es relevante considerar que la menor sensibilidad a los sabores amargos puede resultar atractiva para ciertos consumidores que buscan un agua con un perfil de sabor más delicado o equilibrado. Sin embargo, es necesario encontrar un equilibrio para garantizar que el agua embotellada mantenga su calidad y sabor característicos, evitando una falta total de sabores o la percepción de insipidez.

La predominancia de ciertas sales determina su gusto; el sulfato magnésico otorga un sabor amargo (Aneabe, 2012). El sulfato en el agua potable puede impartir un sabor amargo. Dependiendo de su agudeza sensorial, las personas notan el sabor. El agua que contiene sulfato también puede actuar como laxante para las personas que no están acostumbradas a beberla (Boyd, 2015).

La Figura 35 presenta las calificaciones de percepción del mismo sabor, pero para las muestras comerciales, nuevamente Bonafont es la muestra donde es menos perceptible el sabor amargo, con una calificación promedio de 1.1. La siguiente muestra con un ligero aumento de percepción fue Ciel la cual obtuvo una calificación de percepción de 1.2 y Skarch 1.3 fue la muestra con mayor percepción de sabor amargo.

El aumento de percepción de este sabor con respecto al sabor ácido puede deberse a que los consumidores tienen conceptos muy confusos sobre atributos específicos, confundiendo sabores ácidos y amargos, por ejemplo.

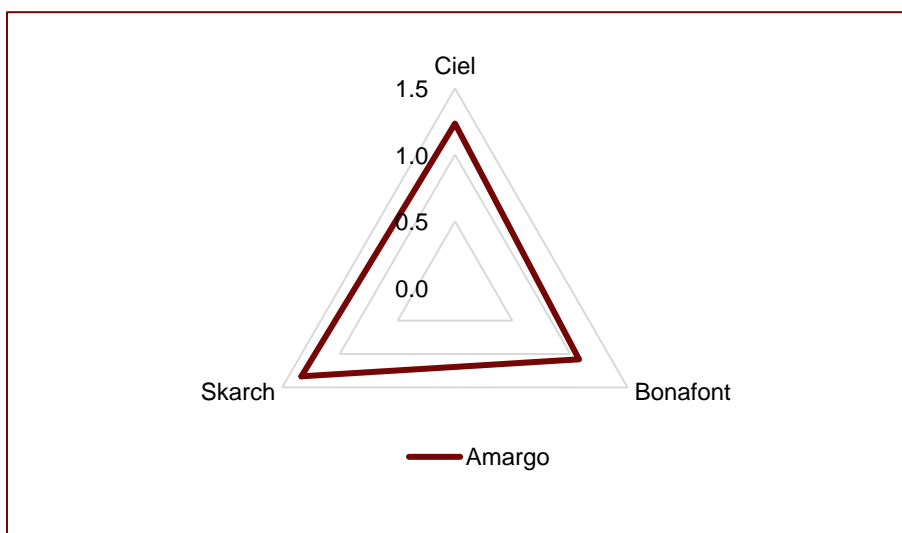


Figura 35. Valores medios para el sabor amargo para las 3 muestras comerciales

Algunos procesos de tratamiento del agua, como la filtración o la utilización de tecnologías de purificación, pueden ayudar a eliminar o reducir los compuestos que generan el sabor amargo. Estos procesos pueden incluir la eliminación de minerales disueltos, compuestos orgánicos o contaminantes químicos presentes en el agua. Aquí es donde entran la ósmosis inversa, carbón activado y luz UV, estos procesos ayudan a eliminar malos sabores presentes en el agua cruda y mejora el sabor en el agua purificada (Ahmad & Azam, 2019).

Una baja percepción del sabor amargo en el agua embotellada ofrecer una experiencia de consumo más agradable para aquellos que prefieren un agua con menos sabor amargo.

Las calificaciones bajas de la percepción del sabor amargo en muestras comerciales de agua embotellada, determinadas por un panel no experto en análisis sensorial, sugieren que estas muestras presentan un perfil de sabor amargo poco pronunciado o apenas perceptible para los evaluadores no entrenados.

El sabor juega un papel fundamental en la aceptabilidad del agua embotellada. La percepción por parte de los consumidores es un factor clave que influye en su experiencia y preferencia hacia un determinado tipo de agua embotellada.

El agua embotellada con un sabor agradable, equilibrado y de calidad tiene una mayor probabilidad de ser aceptada y preferida por los consumidores. Un sabor fresco, limpio y libre de sabores indeseables contribuye a una experiencia de consumo más placentera y satisfactoria. Los consumidores pueden asociar un

sabor particular con la pureza, la calidad y la frescura del agua, lo que influye en su elección y fidelidad en una marca o tipo de agua embotellada.

En términos generales, se observó que los cuatro sabores presentes en las seis muestras evaluadas tuvieron niveles bajos de percepción, siendo inferiores a 1.5 en una escala de percepción máxima de 6. Es relevante destacar que en esta ocasión las muestras comerciales fueron las que menos percepción de sabores tuvieron. Bonafont fue la muestra donde menos se percibieron sabores, con una calificación promedio de 1.07. En segundo lugar, está la muestra de Skarch con una calificación de 1.15. Le sigue Ciel con una calificación de 1.17.

Luego están todas las muestras de ICAR, cuyos niveles de percepción incrementaron ligeramente respecto a las anteriores muestras. ICARV tuvo una calificación de 1.32, mientras que ICARG tuvo una calificación de 1.36. Por último, ICARP tuvo el valor más alto de percepción de sabores, con una calificación promedio de 1.39.

### **8.3. Resultados de la evaluación general de la aceptabilidad de las muestras**

Los siguientes resultados corresponden a las 2 últimas preguntas de la papeleta de evaluación, que son evaluación general de las muestras por parte de los participantes.

En la Figura 36, se puede observar el número de participantes que respondieron afirmativamente a la pregunta "¿Te gustó esta muestra?". La muestra de Skarch fue la más popular, obteniendo una respuesta positiva de 40 participantes. A continuación, se encuentran las muestras ICARP y Bonafont, con 39 personas a las que les gustaron dichas muestras. Tanto la muestra ICARG como la muestra Ciel recibieron el agrado de 37 personas. Por último, la muestra que recibió menos aceptación por parte de los participantes fue ICARV, con solo 34 personas indicando que les gustaba.

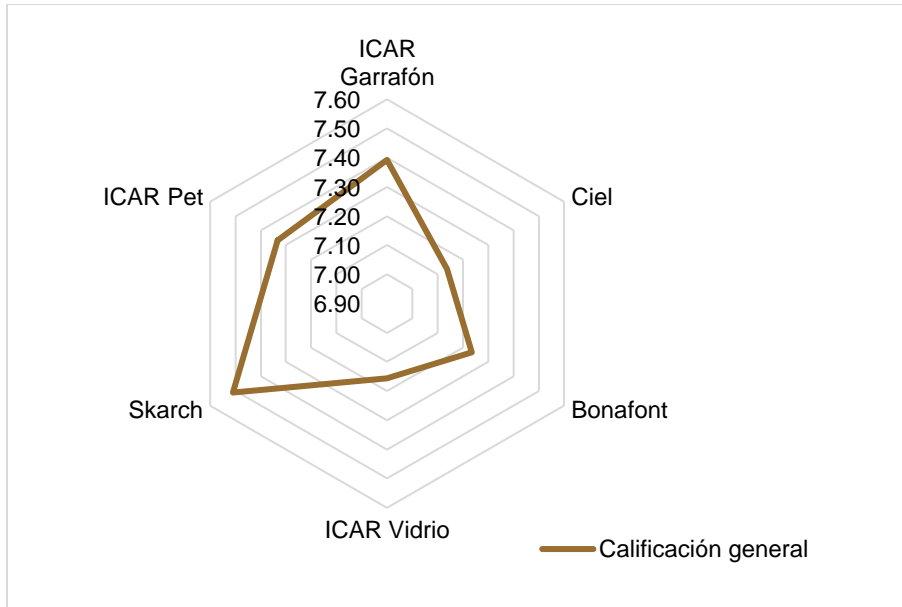


Figura 36. Número de participantes de que les gustaron las muestras

En la Figura 37 se presentan las calificaciones promedio otorgadas por los participantes a cada una de las muestras. Una vez terminada la evaluación de las muestras se les pidió que las calificaran con una escala del 1 al 10. Una vez más, la muestra Skarch obtuvo la calificación más alta, con un promedio de 7.5. En segundo lugar, se encuentra ICARG, con un promedio de 7.4, seguido por ICARP con una calificación de 7.3. Tanto Bonafont como ICARV recibieron una calificación de 7.2. Por último, la muestra Ciel obtuvo la calificación más baja en el estudio con un promedio de 7.1.

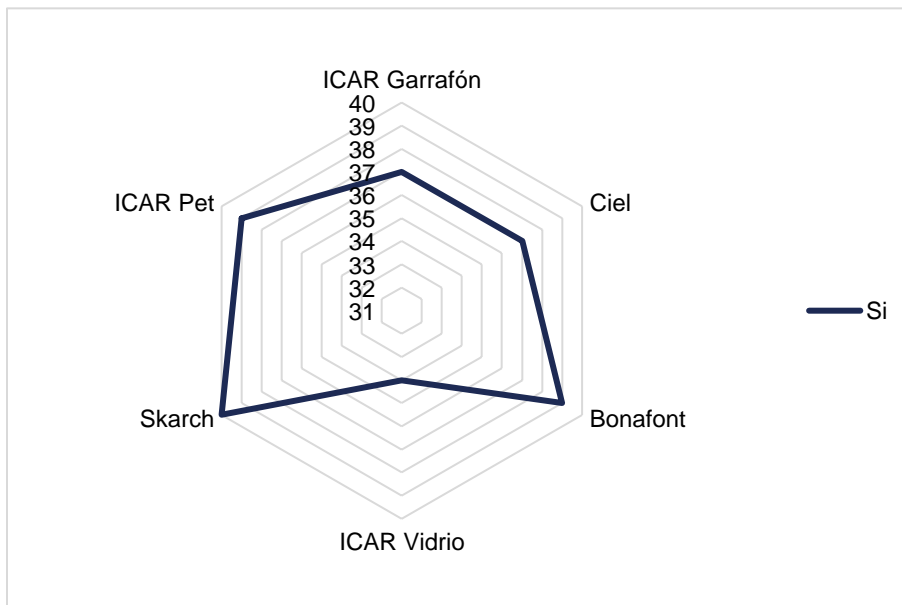


Figura 37. Valores medios de las calificaciones generales de las seis muestras

En general con estos resultados se observa que Ciel obtuvo las calificaciones más bajas. Por otro lado, los resultados de Skarch fueron sorprendentes ya que recibió las calificaciones más altas.

Los consistentes resultados negativos de Ciel indican que no fue ampliamente apreciada por los participantes. Además, al observar los resultados de la evaluación de sus atributos, se puede inferir que existen coincidencias entre la negatividad de la muestra y la percepción desfavorable de sus atributos. Esto sugiere que los aspectos evaluados en Ciel probablemente influyeron en su calificación más baja.

Por otro lado, los resultados sorprendentes de Skarch revelan que obtuvo la calificación más alta en comparación con las demás muestras. A pesar de esto, es interesante notar que, en la evaluación de los atributos específicos, Skarch recibió una percepción negativa de los mismos. Esta discrepancia entre la percepción de los atributos y la calificación general sugiere que otros factores, aparte de los atributos evaluados, pueden haber influido en la aceptación general de Skarch por parte de los participantes.

También se puede notar que las muestras asociadas a ICAR carecieron de importancia, lo que sugiere que los participantes percibieron el agua del instituto como igual a cualquier otra muestra comercial.

Si los participantes equipararon el agua del instituto con otras muestras comerciales, esto podría indicar que la calidad percibida de las muestras ICAR no se distinguía lo suficiente de otras opciones disponibles en el mercado. Es importante tener en cuenta que las preferencias y gustos individuales de los participantes pueden influir en la aceptación de las muestras, ya que algunos podrían tener preferencias específicas por marcas comerciales consolidadas, lo que también podría afectar la percepción de las muestras de ICAR.



## **9. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS**

### **9.1. Conclusiones**

En base al análisis sensorial realizado, se concluye lo siguiente: todas las muestras de agua embotellada, tanto comerciales como de ICAR, obtuvieron calificaciones positivas en cuanto a su apariencia. No hubo diferencias significativas en los sub-atributos de apariencia evaluados, lo que indica una percepción similar entre las muestras. Esto destaca la importancia de considerar la calidad visual del agua embotellada para satisfacer al consumidor.

En cuanto a los olores, todas las muestras presentaron una baja percepción, siendo las muestras de agua de lluvia las mejor calificadas en este aspecto. Se encontró una diferencia significativa en el olor de frescura entre las muestras, pero no en los otros olores evaluados. Esto resalta la importancia de considerar tanto la percepción de olores como los aspectos visuales al evaluar la calidad del agua embotellada.

En cuanto a los sabores, se observó una baja percepción en todas las muestras, siendo las muestras comerciales las menos percibidas en general. El análisis estadístico no reveló diferencias significativas en los sabores dulce, salado, ácido y amargo entre las muestras. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar la calidad sensorial del agua embotellada y la necesidad de evaluaciones más detalladas con paneles de expertos para comprender mejor los perfiles de sabor de las muestras analizadas.

Las muestras de ICAR presentaron una buena aceptabilidad por parte de un panel no entrenado, y la percepción del agua fue similar a la de un agua comercial. Esta evaluación proporciona una aproximación cercana a la opinión de los consumidores habituales de este producto. Estos resultados resaltan la calidad y la similitud de las muestras de ICAR con el agua embotellada comercial, lo que indica que puede ser una opción satisfactoria por los consumidores en términos de apariencia, olor y aceptabilidad.

Estos resultados enfatizan la importancia de considerar factores como el consumo de café, el hábito de fumar, el consumo de alcohol y haber enfermado de COVID en la evaluación sensorial de las aguas embotelladas. Sin embargo, es necesario tener en cuenta las limitaciones de los estudios, como el tamaño de la muestra y la representatividad de los grupos, así como la necesidad de investigaciones adicionales para confirmar y comprender mejor estos hallazgos.

Además, la evaluación realizada por un panel no entrenado proporciona una perspectiva más representativa de la aceptabilidad del agua embotellada por parte de los consumidores en general. Al no estar influenciados por conocimientos o prejuicios previos, los miembros del panel pueden proporcionar una visión imparcial y objetiva sobre la calidad sensorial del agua.

Es importante destacar que la similitud percibida entre el agua de ICAR y el agua comercial puede ser atribuida a varios factores, como la composición química, el tratamiento y el proceso de embotellado. Estos aspectos influyen en las características organolépticas del agua, como el sabor, el olor y la apariencia.

## **9.2. Sugerencias**

Se recomienda llevar a cabo evaluaciones sensoriales más exhaustivas utilizando paneles de expertos y consumidores no entrenados. Esto permitirá obtener una visión más completa de los perfiles de sabor, apariencia y olor del agua embotellada, lo que ayudará a identificar posibles mejoras y garantizar una mayor calidad.

Además de las evaluaciones sensoriales, se recomienda realizar análisis estadísticos adicionales para identificar posibles diferencias significativas en la percepción de diferentes atributos del agua embotellada. Esto ayudará a comprender mejor las preferencias y percepciones de los consumidores, permitiendo ajustes y mejoras específicas.

La industria del agua embotellada debe seguir invirtiendo en investigación y desarrollo para mejorar constantemente la calidad sensorial de sus productos. Esto implica explorar nuevas tecnologías, métodos de purificación y opciones de empaque que preserven la frescura, el sabor y la pureza del agua.

## **9.3. Preguntas**

### **¿Qué aporta a mi carrera este tema?**

La evaluación sensorial ofrece la oportunidad de realizar investigaciones enfocadas en el desarrollo de alimentos que utilizan agua de lluvia como ingrediente, como aguas saborizadas, jugos u otras bebidas. Esta línea de investigación promueve la sustentabilidad, ya que el agua de lluvia se considera una fuente de agua potable sostenible. En este contexto, es posible explorar alternativas de empaques y embalajes que sean adecuados para la recolección, transporte y venta del agua de lluvia, sin comprometer sus atributos de calidad.

Además, se pueden abrir nuevas líneas de investigación para comprender cómo el tipo de empaque influye en la percepción de sabor, olor y apariencia por parte de los consumidores. También es relevante considerar el entrenamiento de paneles especializados en análisis sensorial para llevar a cabo evaluaciones más detalladas y comparar los resultados obtenidos por los consumidores con los panelistas entrenados.

### **¿Cómo está relacionado este tema a mi carrera?**

Tiene relación con diversas asignaturas, en particular con la materia de análisis sensorial, donde se aplican y se retoman conceptos fundamentales como el sabor, olor y apariencia. Estos conocimientos se utilizan para explicar y llevar a cabo las pruebas sensoriales. Además, se emplean técnicas y métodos específicos para seleccionar las pruebas más adecuadas para este estudio en particular. También se utilizan conocimientos relacionados con la organización y preparación de las pruebas, así como la interpretación de los datos obtenidos.

Asimismo, el tema de evaluación de la calidad sensorial del agua de lluvia embotellada se relaciona con la asignatura de estadística, ya que se aplicaron diversos análisis estadísticos a los resultados de los participantes. Estos análisis permitieron interpretar y discutir los datos obtenidos, en comparación con la literatura existente en el campo de estudio.

Adicionalmente, tiene relación con la asignatura de calidad, ya que se centra en evaluar y mejorar la calidad del producto desde una perspectiva sensorial. Las pruebas de aceptabilidad permiten determinar si el agua de lluvia embotellada cumple con los estándares de calidad sensorial requeridos por los consumidores.

## 10. REFERENCIAS DE CONSULTA

Ahmad, A. & Azam, T., 2019. Water Purification Technologies. En: *Bottled and Packaged Water*. EE.UU.: Elsevier Inc, pp. 83-120.

Ahuja, S., 2019. Overview of Advances in Water Purification Techniques. En: *Advances in Water Purification Techniques Meeting the Needs of Developed and Developing Countries*. Primera ed. s.l.:Elsevier.

Aneabe, 2012. *Libro Blanco de las aguas envasadas*. Madrid: Asociación Nacional de Empresas de Aguas de Bebida Envasadas.

Baird, R. B., Rice, E. W. & Posavec, S., 2017. *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*. 23 ed. s.l.:American Public Health Association.

Boyd, C. E., 2015. *Water Quality*. Segunda ed. Auburn: Springer.

Burlingame , G. A., Dietrich, A. M. & Whelton, A. J., 2007. Understanding the basics of tap water taste. *Journal-American Water Works Association*, 99(5), pp. 100-111.

Campos, N., 2015. Alimentación para Superar el Tabaquismo. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 24(1), pp. 63-66.

Carbotecnia, 2021. *¿Qué es el suavizador de agua?*. [En línea] Available at: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/suavizadores-y-desmineralizadores/suavizacion-de-agua-dura/#:~:text=Su%20principal%20prop%C3%B3sito%20es%20evitar,en%20contacto%20con%20la%20misma.> [Último acceso: 15 Marzo 2023].

Catast, 2013. *LA CATA DE AGUA GUÍA DE CATA*. Barcelona: s.n.

Cruver, J. E., 2014. Procesos de membrana. En: *Control de la calidad del agua Procesos Físicoquímicos*. 2014 ed. Barcelona: Reverté, p. 322.

Fjaeldstad, A. W. & Fernández, H. M., 2020. Chemosensory Sensitivity after Coffee Consumption Is Not Static: Short-Term Effects on Gustatory and Olfactory Sensitivity.. *Foods*, 9(4), p. 493.

Food and Drug Administration, FDA, 2022. *Agua embotellada por todas partes: cómo mantener su inocuidad*. [En línea] Available at: <https://www.fda.gov/consumers/articulos-para-el-consumidor-en-espanol/agua-embotellada-por-todas-partes-como-mantener-su-inocuidad> [Último acceso: Marzo 2023].

Gambino, I. y otros, 2020. PET-Bottled Water Consumption in View of a Circular. *Sustainability*, 12(19), pp. 1-3.

Gray, N. F., 2014. Chapter Thirty-Four - Ultraviolet Disinfection. En: *Microbiology of Waterborne Diseases*. Segunda ed. s.l.:Academic Press, pp. 617-630.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2021. *Sistema de Captación de Agua de Lluvia SCALL. Manual de instalación*. México: s.n.

Irala, R. & Ramos, P., 2022. Percepción de los consumidores de agua embotellada con relación a su calidad, Paraguay (2020). *Revista de salud pública del Paraguay*, 12(2), pp. 13-19.

Jain, B., Singh, A. K. & Susan, A. B. H., 2019. The World Around Bottled. En: *Bottled and Packaged Water*. EE.UU.: Elsevier Inc., pp. 39-61.

Krishnakumar, David A. Momtaz, H. N. y otros, 2023. Pathogenesis and progression of anosmia and dysgeusia during the COVID-19 pandemic. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 280(2), pp. 505-509.

Lawless , H. T. & Heymann, H., 2011. *Sensory Evaluation of Food Principles and Practices*. Segunda ed. Nueva York: Springer.

Lawless, H. T. & Heymann, H., 2010. *Sensory Evaluation of Food Principles and Practices*. Segunda ed. Nueva York: Springer Science.

Liman, E. R. & Kinnamon, S. C., 2021. Sour taste: receptors, cells and circuits. *Current Opinion in Physiology*, Volumen 20, p. 8.

Liu, G., Zong, G., Doty, R. L. & Sun, Q., 2016. Prevalence and risk factors of taste and smell impairment in a nationwide representative sample of the US population: a cross-sectional study. *BMJ Open*, 6(e013246).

Maya, M. d. L., 2021. Potabilización de agua de lluvia.. *UNIVERSITARIA*, 4(29), pp. 22-23.

Mendenhall, W., Beaver, R. J. & Beaver, B. M., 2015. Estadísticas no paramétricas. En: *Introducción a la probabilidad y estadística*. 14 ed. s.l.:Cenegage Learning.

Mitache, M. M. y otros, 2019. MICROBIOLOGICAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF BOTTLED WATERS. En: *Bottled and Packaged Water*. s.l.:Elsevier, pp. 215-217.

Molina, I., 2022. *Mexico Industry*. [En línea]  
Available at: <https://mexicoindustry.com/noticia/mexico-mayor-consumidor-de-agua-embotellada-per-capita-en-el-mundo>

Muarif , Wahyudin, Y. & Merdekawati, D., 2019. Water quality at silvoaquaculture pond in indramayu regency. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 383(012033).

NORMA Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2015, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.

NMX-AA-038-SCFI-2001 ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE TURBIEDAD EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELAA LA NMX-AA038-1981)

Ordaz, L., Reynoso, L., Madrid, M. & Bailón, A. M., 2022. AGUA POTABLE SEGURA, LIBRE DE ARSÉNICO Y FLÚOR. *SAPIENS+*, 2(5), pp. 20-23.

Organización Mundial de la Salud, 2018. *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. Cuarta ed. Ginebra: s.n.

Owusu-Apenten, R. & Vieira, E. R., 2023. Quality and Sensory Evaluation of Food. En: *Elementary Food Science*. s.l.:Springer, Cham.

Quench, 2021. *Why Does My Water Taste Like Salt?*. [En línea] Available at: <https://quenchwater.com/blog/why-does-my-water-taste-like-salt/#:~:text=If%20your%20tap%20water%20has,or%20seawater%20entering%20local%20reservoirs>. [Último acceso: 1 Junio 2023].

Simpure, 2022. *Why Does My Tap Bottled Purified Filtered Water Taste Sweet?*. [En línea] Available at: <https://www.simpurelife.com/blogs/blogs/why-does-water-taste-sweet> [Último acceso: 01 Junio 2023].

Sparks, T. & Chase, G., 2016. Filter Media. En: *Filters and Filtration Handbook*. Sexta ed. s.l.:Butterworth-Heinemann, p. 107.

Stafford, L. D. & Orgill, K., 2020. The effects of caffeine on olfactory function and mood: an exploratory study. *Psychopharmacology volume*, Volumen 237, p. 3511–3517.

Stone, H. S., Bleibaum, R. & Thomas, H. A., 2020. Affective testing. En: *Sensory evaluation practices*. Quinta ed. s.l.:Academic Press.

Talaquer, V., Irazoque, G. & López, A., 2022. *Lluvia ácida*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Tien, C., 2012. Deep Bed Filtration: Description and Analysis. En: *Principles of Filtration*. s.l.:Elsevier, p. 155.

Toledo, A., 2015. *Cata de agua*. [En línea] Available at: <https://revistaelconocedor.com/cata-de-agua/> [Último acceso: 01 Junio 2023].

Torres, R., 2019. La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 40(2).

Triola, M. F., 2013. Estadística no paramétrica. En: *Estadística*. 11 ed. s.l.:Pearson.

Valdivielso, A., 2020. *iAgua*. [En línea]

Available at: <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-pluviales>

[Último acceso: Marzo 2023].

Weber, W. J., 2014. Intercambio iónico. En: *Control de la calidad del agua Procesos fisicoquímicos*. 2014 ed. Barcelona: Reverté, p. 964.

Weber, W. J. & Posselt, H. S., 2014. Desinfección. En: *Control de la calidad del agua Procesos Fisicoquímicos*. 2014 ed. Barcelona: Reverté, p. 440.

## 11. ANEXO

### Anexo I. Cuestionario de datos del participante

Datos del participante

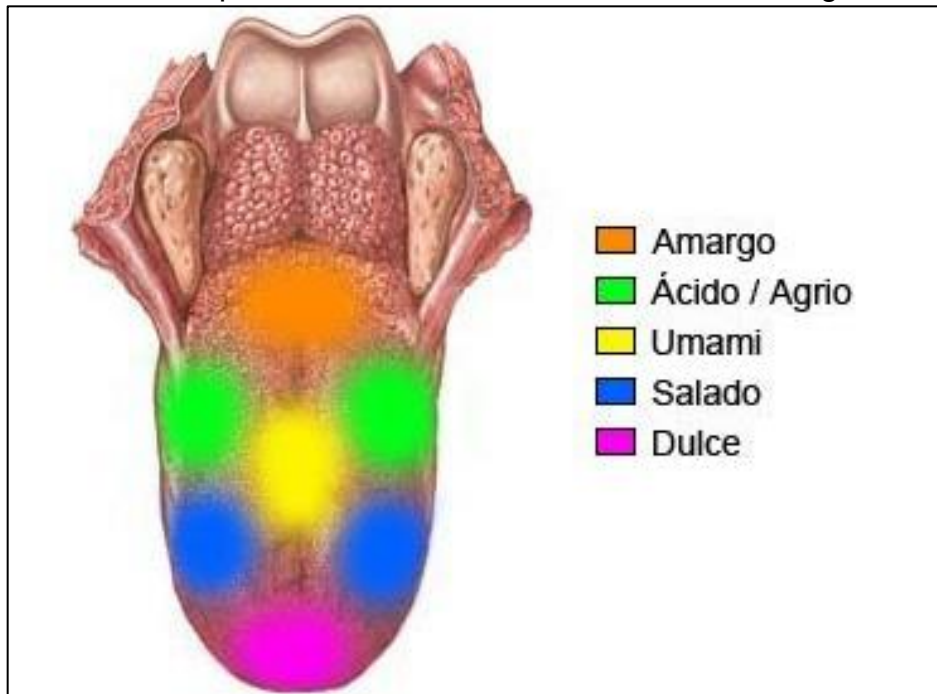
Sexo: Mujer \_\_\_\_\_ Hombre \_\_\_\_\_ Prefiero no decirlo \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

Responde a las preguntas marcando la respuesta con una X sobre la línea y/o complementando la respuesta de acuerdo a tu criterio.

1. En lo que va de la pandemia ¿Has tenido COVID-19? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
2. Si respondiste Si a la pregunta 1 ¿Presentaste alteraciones en el sentido del gusto y el olfato (pérdida, disminución o aumento)? No \_\_\_\_\_ Si \_\_\_\_\_ ¿Cuáles? \_\_\_\_\_
3. ¿Bebes alcohol? No \_\_\_\_\_ Si \_\_\_\_\_ ¿Con que frecuencia? \_\_\_\_\_
4. ¿Bebes café? No \_\_\_\_\_ Si \_\_\_\_\_ ¿Con que frecuencia? \_\_\_\_\_
5. ¿Fumas? No \_\_\_\_\_ Si \_\_\_\_\_ ¿Con que frecuencia? \_\_\_\_\_
6. ¿Cuál es tu consumo semanal de agua purificada y/o embotellada (cantidad en L)? \_\_\_\_\_

### Anexo II. Mapa de localización de los sabores en la lengua





### Anexo III. Boleta de evaluación para una muestra

Aceptabilidad de agua embotellada

No. De Participante: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Código de muestra: \_\_\_\_\_

**INSTRUCCIONES:** Usted recibirá la ficha de calificación donde se evaluarán las características sensoriales de aspecto en general: apariencia, olor y sabor de la muestra de agua embotellada presentada, la cual tendrá que calificar de acuerdo a las escalas mencionadas más abajo.

**Atributo a evaluar: APARIENCIA**

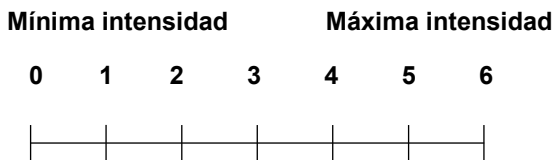
Instrucciones: Para esta prueba se evaluará la apariencia de la muestra presentada a continuación. Se calificarán los atributos descritos de acuerdo a su criterio y conforme a la escala hedónica presentada a continuación.

Características	Puntaje
Me gusta extremadamente	7
Me gusta moderadamente	6
Me gusta levemente	5
No me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta levemente	3
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta extremadamente	1

Atributo: Apariencia	Calificación
Limpieza	
Brillo	
Transparencia	
Color	
Observaciones:	

**Atributo a evaluar: OLOR**

Instrucciones: Para esta prueba se evaluarán la intensidad del olor de la muestra presentada a continuación. Se calificarán los atributos descritos de acuerdo a su criterio y conforme a la escala visual numérica presentada a continuación. Tome en cuenta que la escala es ascendente en intensidad por lo que el valor 0 es la mínima intensidad y el valor 6 es la máxima intensidad percibida.

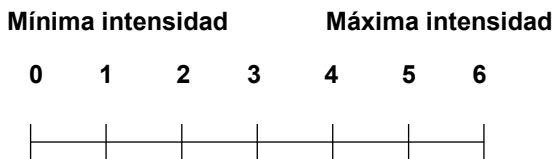


Atributo: Olor	Intensidad
Cal	
Tierra	
Hierro	
Frescura	
Observaciones	

**Atributo a evaluar: GUSTO**

Instrucciones: Para esta prueba se evaluará la intensidad del sabor de la muestra presentada a continuación. Se calificarán los atributos descritos de acuerdo a su criterio y conforme a la escala visual numérica presentada a continuación. Tome en cuenta que la escala es ascendente en intensidad por que el valor 0 es la mínima intensidad y el valor 6 es la máxima intensidad percibida.

Toma un sorbo de la muestra, ubícalo en la zona correspondiente y retenlo por 3-5 segundos aproximadamente y después podrás beber la muestra. Para poder detectar el sabor correspondiente a cada atributo a evaluar es necesario paladear el agua en la zona correspondiente de cada sabor. El sabor dulce se detectará al ubicar la muestra en la punta de la lengua, el sabor salado al ubicarla en ambos lados de la parte delantera de la lengua, el sabor ácido se detectará en ambas partes laterales medias de la lengua y por último el sabor amargo se ubica en la parte posterior de la lengua.



Atributo: Sabor	Calificación
Dulce	
Salado	
Ácido	
Amargo	
Observaciones	

Descripción general

¿Te gustó esta muestra? SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Del 1 al 10 qué calificación le das en general? \_\_\_\_\_