



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Virus transmitidos por alimentos y por agua

Alumno/a: ELENA ROA HURTADO

Junio, 2023

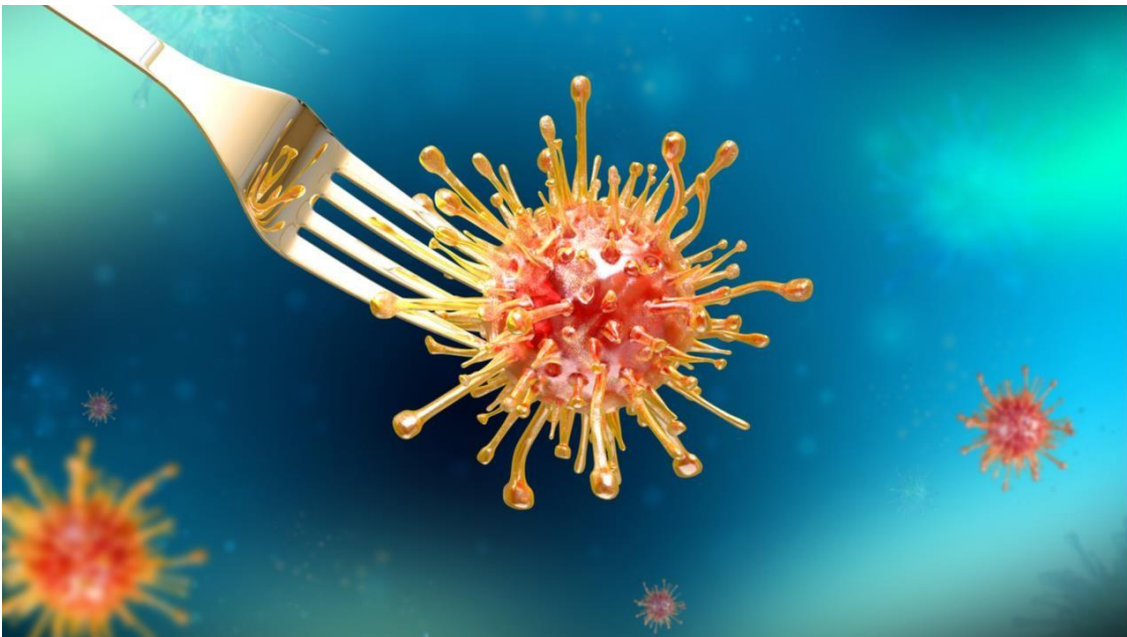


Universidad de Jaén



Trabajo Fin de Grado

VIRUS TRANSMITIDOS POR ALIMENTOS Y POR AGUA



Elena Roa

Alumno: Elena Roa Hurtado

Jaén, junio, 2023

INDICE

1. INTRODUCCIÓN:	2
1.1. Virus	2
1.1.1. Características generales de los virus	2
1.1.2. Ciclo reproductivo	3
1.2. Virus entéricos y zoonosis	5
1.2.1. Virus entéricos	5
1.2.2. Zoonosis	6
1.3. Virus presentes en alimentos y en aguas	7
1.3.1. Virus transmitidos por alimentos	7
1.3.2. Relación Virus-agua	7
1.3.3. Tipos de virus	8
1.4. Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA)	15
1.5. Tipos de alimentos que se relacionan con transmisión de virus .	16
1.6. Medidas de seguridad para evitar contaminaciones alimentarias	18
1.7. Medidas de control vírico en aguas	19
1.8. Técnicas de detección de un virus en alimentos y en agua	20
2. OBJETIVOS	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS	21
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:	22
4.1. Alimentos con riesgo de contaminación por virus	22
4.2. Posibles vías de transmisión de los virus que relacionan con las enfermedades de transmisión alimentarias	25
4.3. Presencia de Sars-CoV-2 en aguas residuales	27
4.4. Seroprevalencia en hepatitis E	31
4.5. Seroprevalencia en hepatitis A	34
4.6. Comparación de las características del virus de la hepatitis E y del virus de la hepatitis A	37
5. CONCLUSIÓN:	40
6. BIBLIOGRAFÍA:	41

RESUMEN

Los virus transmitidos por alimentos y por agua presentan un grave riesgo para la salud pública. En este trabajo se resumen las características generales de los virus que se pueden transmitir por alimentos y por aguas, así como los diferentes grupos de alimentos capaces de transmitir estos virus. Además, se define el ciclo reproductivo de los virus, llegando a hablar de los virus entéricos y la zoonosis. Gracias a las medidas de control vírico en aguas y a las medidas de seguridad alimentarias se evita la propagación de estas enfermedades, que pueden llegar a suponer un grave peligro para la sanidad de nuestro país. Las técnicas utilizadas para la detección vírica en alimentos y agua, evita que en muchos casos la enfermedad siga propagándose, pudiendo detectar el virus causante de la enfermedad para establecer un tratamiento, en el caso de que lo hubiese, o las precauciones necesarias para frenar el avance de la enfermedad. Todo esto, nos permite evaluar la situación mundial y nacional de las enfermedades como la hepatitis A y la hepatitis E.

Palabras clave: zoonosis, seroprevalencia, hepatitis A, hepatitis E, agua, alimentos, transmisión, fecal-oral, virus.

ABSTRACT

Foodborne and waterborne viruses present a serious risk to public health. This paper summarizes the general characteristics of viruses that can be transmitted by food and water, as well as the different food groups capable of transmitting these viruses. In addition, the reproductive cycle of viruses is defined, including enteric viruses and zoonosis. Thanks to viral control measures in water and food safety measures, the spread of these diseases, which can pose a serious danger to the health of our country, is prevented. The techniques used for viral detection in food and water, in many cases prevents the disease from continuing to spread, being able to detect the virus causing the disease to establish a treatment, if any, or the necessary precautions to halt the progression of the disease. All of this allows us to evaluate the global and national situation of diseases such as hepatitis A and hepatitis E.

Keywords: zoonosis, seroprevalence, hepatitis A, hepatitis E, water, food, transmission, fecal-oral, virus.

1. INTRODUCCIÓN:

En el mundo, los humanos coexisten con cientos de virus, muchos de los cuales se pueden encontrar presentes en los alimentos, superficies, aguas e incluso en el aire. Consumir productos alimentarios o aguas contaminadas pueden causar enfermedades a la población, por lo que resulta imprescindible tomar medidas preventivas para evitar la contaminación microbiológica de los alimentos y las aguas que posteriormente van a ser usadas para el consumo humano o incluso para el regadío de alimentos que posteriormente serán ingeridos por la población.

1.1. Virus

Un virus se puede definir como un patógeno de pequeño tamaño cuyo material genético está formado por ARN o ADN (nunca ambos tipos), bien en forma bicatenaria o monocatenaria dando lugar a figuras lineales o circulares. La función del material genético de un virus es proporcionar la información necesaria para poder producir la síntesis de los componentes que les serán útiles para su replicación en la célula huésped. El genoma vírico se recubre de una cápsula formada por proteínas con una simetría icosaédrica o helicoidal lo cual le facilita la entrada a la célula huésped. El genoma junto con la cápsida se denomina nucleocápsida. Puede existir una capa externa denominada envuelta lipídica que les aporta una mayor resistencia, la cual, está formada por una membrana lipoproteica pudiendo presentar proyecciones de glucoproteínas o espículas. De esta forma podemos clasificar a los virus en virus envueltos y virus desnudos. La clasificación de los virus se establece en cinco niveles: orden, familia, subfamilia, género y especie. No obstante, se pueden clasificar en función del tipo de material genético presente (ADN/ARN), la estructura de la cápsida (helicoidal o icosaédrica) y si presentan o no una envuelta lipídica (Sánchez, 2010).

1.1.1. Características generales de los virus:

Los virus son parásitos intracelulares obligados submicroscópicos que tienen estructuras perforadoras proteicas y no están compuestos por células, no son capaces de reproducirse ni crecer por ellos mismos. Por ello, están obligados a vivir dentro de una célula, la cual muere tras su liberación. No son capaces de

crecer ni de dividirse y tampoco presentan la capacidad de generar energía o sintetizar proteínas.

El tamaño de un virus oscila entre los 20 nm y los 250 nm.

1.1.2. Ciclo reproductivo

Los virus son microorganismos que no son capaces de reproducirse fuera de la célula huésped ya que no presentan los mecanismos necesarios para replicarse sin la ayuda de esta. Una vez terminado todo el proceso de replicación viral, el virus acaba matando a la célula.

El ciclo replicativo de los virus conlleva las siguientes etapas:

- Adsorción:

La unión de un virus a la célula huésped se basa en principio en una atracción de fuerzas iónicas gracias a los iones de magnesio que presentan cargas positivas (+) que contrarrestan las cargas negativas (-) que a pH neutro poseen los virus y la célula huésped (Arbiza, 1993). En segundo lugar, se requiere de la presencia de receptores específicos. Estos receptores situados en la membrana plasmática de la célula permiten la adsorción de los virus y por tanto su fijación. Los receptores son específicos a cada tipo de virus, aunque existen virus diferentes que pueden utilizar el mismo receptor.

- Penetración:

La penetración de los virus se puede realizar de diferentes formas, como puede ser el paso al citoplasma de la célula huésped atravesando la membrana plasmática, por viropexia o por fusión. La viropexia se produce gracias a una invaginación de la membrana plasmática de la célula huésped quedando así el virus dentro de una vesícula en la célula huésped. De otra forma, la fusión se produce cuando el virus es capaz de fusionar su envoltura con la membrana plasmática de la célula huésped, quedando de igual manera dentro del citoplasma celular (Arbiza, 1993).

- Eliminación de la cápsida y eclipse

Para que se pueda dar la replicación del genoma del virus, este necesita exponer lo máximo posible su material genético, por lo que necesita deshacerse de su cápsida y de su envoltura si la presenta. En esta etapa no se detectan partículas virales con capacidades infectivas (Arbiza, 1993).

- Replicación del ácido nucleico

La replicación del ácido nucleico se puede producir tanto en el núcleo de la célula huésped como en el citoplasma de la misma dependiendo del tipo de ácido nucleico que presente el virus. De esta forma, los virus que presentan ARN en su genoma son los que van a replicarse en el citoplasma de la célula, mientras que los virus que tienen su genoma formado por ADN se van a replicar en el núcleo de la célula huésped. Independientemente del ácido nucleico que forma el genoma de un virus, siempre se diferencian los genes precoces, los cuales se encargan de codificar las proteínas necesarias para la copia del ácido nucleico y los genes tardíos, se encargan de codificar las proteínas estructurales y para el ensamblaje del virus (Arbiza, 1993).

Para la síntesis y traducción del ARN mensajero viral y la posterior replicación del genoma viral, los virus que presentan ADN producen la síntesis de un ARN mensajero gracias a la ARN polimerasa que se encuentra en la célula huésped, mientras que los virus con ARN utilizan una ARN polimerasa de origen viral, es decir, utilizan su propia ARN polimerasa (Sánchez, 2010).

- Ensamblaje

El ensamblaje de las partículas virales implica una gran interacción con la maquinaria celular para el procesamiento y transporte de proteínas (Knipe et al., 2013).

Las cápsidas se ensamblan en el compartimento de la célula huésped donde tiene lugar la fase de replicación viral. Los virus que no presentan envoltura por regla general se liberan de la célula huésped durante la lisis de las mismas mientras que para los virus que sí que presentan envoltura, el ensamblaje es seguido de una gemación de la membrana plasmática u otro orgánulo de la célula huésped. Así, estos nuevos viriones están preparados para abandonar la célula huésped (Arbiza, 1993).

- Liberación

Una vez que se han formado todos los componentes virales, el virión sale de la célula huésped. Este proceso de liberación se va a llevar a cabo por lisis o gemación.

Los virus que presentan envoltura tienden a liberarse de la célula huésped mediante gemación en el momento en que el virus adquiere la cubierta lipídica de la célula huésped. En el proceso de gemación no se produce destrucción de la célula huésped por lo que se les denomina virus citopáticos. Los virus que no

presentan envoltura van a ser eliminados mediante lisis, generando la muerte de la célula huésped por lo que se les denomina virus citolíticos.

1.2. Virus entéricos y zoonosis

1.2.1. Virus entéricos

Los virus entéricos son agentes infecciosos que provocan enfermedades en humanos cuando estos ingresan en el organismo. Pueden transmitirse por vía directa, de persona a persona, o por vía indirecta, a través de alimentos y aguas contaminadas, causando enfermedades como puede ser la hepatitis A y E entre otras. Estos virus normalmente son virus que no presentan envoltura, pero sí cápsidas resistentes a condiciones ambientales desfavorables, lo que les permite infectar a humanos y ser excretados con las heces, por lo que la vía fecal-oral es la más predominante en cuanto a su transmisión. Cuando las heces se ponen en contacto con las aguas y estas no están tratadas de la manera correcta, los virus son capaces de infectar a humanos que consumen estas aguas contaminadas o alimentos que hayan estado previamente en contacto con estas aguas, como puede ser el caso del regadío de frutas y hortalizas.

Los virus entéricos se consideran virus causantes de enfermedades que se transmiten a los seres humanos mediante alimentos contaminados (Hirneisen et al., 2010; Miranda et al., 2019) o a la exposición a aguas contaminadas. Estos virus producen síntomas comunes en la mayoría de enfermedades, las cuales incluyen vómitos, diarreas, fiebres e incluso dolor abdominal (Upfold et al., 2021). Dentro del grupo de los virus entéricos podemos destacar el Norovirus humano (Duret et al., 2017) y el virus de la hepatitis A y E. Los virus citados anteriormente pueden provocar un gran problema para la salud pública si no se erradica (Tuladhar et al., 2013).

El sector alimentario debe presentar una gran seguridad alimentaria ya que las aguas utilizadas en este sector pueden ser un foco de infección para la población, infectando a las personas por vía oral o fecal, de manera directa e indirecta (Sciandra et al., 2020).

La contaminación de los alimentos a causa de un virus se produce en gran parte de los casos a lo largo de la cadena de elaboración de los mismos, como podría ser en muchos casos la mala manipulación de los alimentos. Se suele asociar un brote alimentario con la comida parcialmente cocinada, es decir, se produce

generalmente al alimentarse de alimentos crudos que están previamente contaminados, como puede ser la carne cruda, marisco, frutas y verduras (Miranda et al., 2019).

Existe una legislación sobre la alimentación y el comercio de animales donde se establecen los estándares de seguridad alimentaria y un mecanismo para la supervisión del mercado de los alimentos ya que existe un grave riesgo para la seguridad alimentaria cuando se comercializan animales salvajes que no presentan ningún tipo de control alimentario (Yuan et al., 2020).

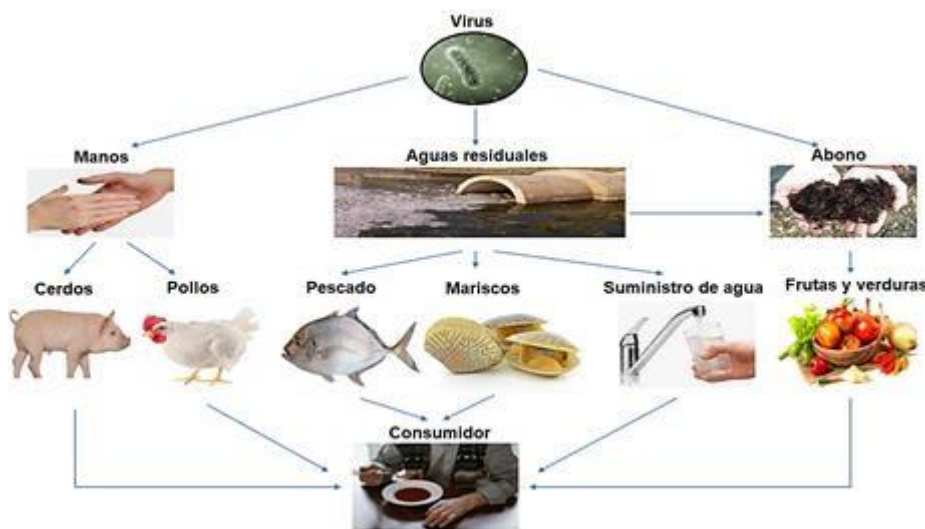


Figura 1. Transmisión de virus entéricos a través de rutas alimentarias (Espinoza-Tellez et al., 2022).

1.2.2. Zoonosis

Las zoonosis son un conjunto de enfermedades infecciosas que se pueden transmitir desde animales vertebrados a humanos, bien por mordedura, picadura, inhalación o por ingestión de los mismos. Pueden estar provocadas por virus, bacterias, parásitos y otros.

Se intuye que el SARS-CoV se transmitió a la población a causa de especies intermedias que eran comercializadas en mercados de animales vivos, siendo los mismos un reservorio de este tipo de virus. Así, cualquier virus capaz de transmitirse de un animal a un humano puede provocar un brote en la población y suponer un riesgo para la sanidad. Tener un sistema de calidad adecuado y una seguridad alimentaria adecuada previenen muchos brotes provocados por zoonosis a causa de alimentos contaminados o aguas contaminadas (Espinoza-Tellez et al., 2022).

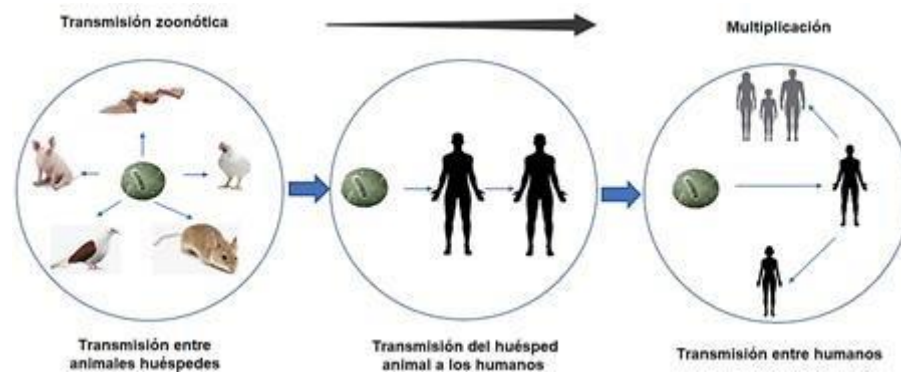


Figura 2. Transmisión zoonótica de virus (Espinoza-Tellez et al., 2022).

1.3. Virus presentes en alimentos y en aguas

1.3.1. Virus transmitidos por alimentos

Un alimento es cualquier sustancia que pueda ser válida para proporcionar al cuerpo una serie de nutrientes capaces de satisfacer las necesidades de nuestro organismo para obtener energía. Un alimento por tanto puede ser una vía de transmisión de enfermedades cuando estos se encuentran contaminados por virus, bacterias, hongos u otros patógenos.

La transmisión de enfermedades a causa de virus en alimentos contaminados es un problema actual en la seguridad alimentaria y en la salud pública (Espinoza-Tellez et al., 2022).

Existen dos tipos de transmisión viral, el contacto directo que ocurre cuando el virus se encuentra desde un principio en el alimento o la contaminación indirecta que tiene lugar cuando el alimento no contaminado toca superficies contaminadas por el virus (Quevedo-León et al., 2020). Por ejemplo, existen estudios en los que se ha investigado la existencia de SARS-CoV-2 en superficies durante más de 6 horas, por lo que es imprescindible un correcto lavado de manos por parte del manipulador de alimentos para no contaminar el producto que posteriormente será ingerido por una persona (Fathizadeh et al., 2020).

1.3.2. Relación Virus-agua

El agua es una sustancia líquida que se puede encontrar en multitud de sitios formando lo que se conoce como ríos, mares y lagos. Esta sustancia es esencial para los humanos ya que interviene en procesos tales como la digestión y la absorción, formando parte del sistema circulatorio y a su vez haciendo posible la transmisión de los nutrientes obtenidos de los alimentos al resto del cuerpo. Por

esta razón, el agua se puede considerar como una posible vía de transmisión de enfermedades, pudiendo transportar los virus entéricos hacia el interior del organismo.

El estudio sobre los virus existentes en los diferentes sistemas acuáticos ha evidenciado que su presencia es abundante, pero debe hacerse una diferenciación entre los microorganismos que se encuentran formando parte de un sistema acuático de forma natural y los que lo hacen sin formar parte de este sistema (Yates et al., 1985). Los virus que se encuentran de forma esporádica en un sistema pueden representar un problema de salud, causando enfermedades de etiología viral. Las enfermedades contraídas normalmente por la ingestión de aguas contaminadas, como pueden ser las aguas residuales, suelen causar molestias gastrointestinales (Nasser et al., 1999).

La materia fecal puede llegar a suministros de agua potable, como pueden ser los pozos que posteriormente servirán como regadío de muchas plantaciones, haciendo que se contaminen. La normativa dicta que un agua potable es aquella agua que se encuentra libre de microorganismos patógenos, para evitar la transmisión de enfermedades como es el caso de la hepatitis A. La existencia de virus en el agua potable es un riesgo para la salud que se incrementa en zonas que presentan pocos recursos o que no disponen de agua potable. Por tanto, se considera necesario e imprescindible la existencia de controles microbiológicos.

1.3.3. Tipos de virus

1.3.3.1. Enterovirus

Es un género que se encuentra en la familia Picornaviridae, una de las más grandes en cuanto a virus que presentan ARN con gran capacidad infectiva, tanto a humanos como a animales. Son virus pequeños, de más o menos 30 nm, y que no presentan envoltura que los rodeen. Los enterovirus son virus citopáticos, producen la destrucción de las células infectadas. Una de las posibles rutas de transmisión de estos virus es la ruta fecal-oral por contacto directo con personas portadoras del virus, consumo de agua contaminada y alimentos que presenten al virus entre otros.

Los enterovirus fueron los primeros virus que se detectaron en el agua contaminada por heces (Melnick, 1996). Se conocen más de 70 serotipos que pueden causar enfermedades importantes que atacan al sistema nervioso central, como la meningitis y la encefalitis, así como infecciones subagudas y

otras que atacan al sistema cardiovascular como la pericarditis, miocarditis y cardiomiopatías (Kämmerer *et al.*, 1994). El periodo de incubación de los enterovirus oscila entre 2-40 días.

Al ingresar el virus en el cuerpo humano, este llega al estómago y al tracto gastrointestinal inferior, donde se unirá a unos receptores específicos situados en los enterocitos (De Crom *et al.*, 2016).

La detección del enterovirus se realiza mediante un aislamiento a partir de muestras de heces, faringe, entre otras, mediante un cultivo celular, aunque poco tiempo después, cuando surgió la técnica PCR, comenzó a realizarse el diagnóstico mediante esta técnica ya que permitía la detección de casi todos los serotipos de Enterovirus. Hasta hace poco tiempo, no existía una terapia efectiva para las infecciones causadas por Enterovirus, aunque actualmente se utilizan inmunoglobulinas para las infecciones más graves ya que los anticuerpos juegan un gran papel en la respuesta inmunitaria.

1.3.3.2. Rotavirus

El género rotavirus pertenece a la familia Reoviridae, virus con forma icosaédrica que no presentan envoltura por lo que se consideran virus desnudos formados por 11 segmentos de ARN bicatenario. El género rotavirus se divide en varios grupos entre los que se encuentran el A, B y C que son principalmente los que afectan a humanos, causando un cuadro de diarreas severas en niños (Christensen, 1995) y en personas mayores, aunque con síntomas más leves. Actualmente solo se detectan mediante detección rápida del antígeno en una muestra de heces los rotavirus del grupo A.

El principal modo de transmisión del rotavirus es la ruta fecal-oral con el contacto directo entre personas, pudiéndose adquirir la enfermedad por el consumo de alimentos o agua contaminada debido a que este virus es muy estable a temperatura ambiente. Los principales síntomas cursan a partir de los 2 suelen durar entre 3 y 8 días. Entre estos, lo más habitual es presentar cuadros de diarrea, vómitos, fiebre y dolor abdominal; lo que puede provocar una deshidratación (Christensen, 1995). El tratamiento para los rotavirus es inespecífico, centrándose más bien en rehidratación oral para así poder prevenir los riesgos de deshidratación. Existe vacunación para los bebés entre 2-6 meses.

El 35-52% de las diarreas causadas en niños son a causa del Rotavirus, presente tanto en países desarrollados como países subdesarrollados y tiene un patrón estacional de invierno y primavera, siendo más frecuente su contagio entre los meses de diciembre y junio. Alrededor de 800,000 muertes son causadas por este virus en niños menores de cinco años (Arias et al., 2002).

Es de vital importancia la realización de una cuidadosa higiene en las manos a través de lavados para evitar el contagio a otras personas, una desinfección cautelosa de las superficies y otras medidas de precaución, sobre todo en hospitales, para evitar la propagación del virus (Sanchez, 2010).

1.3.3.3. Astrovirus

Los astrovirus se encuentran dentro de la familia Astroviridae, formados por una cadena de ARN de polaridad positiva. Se conocen hasta 8 serotipos de astrovirus en humanos (Méndez-Toss et al., 2000). La forma típica de estos virus es icosaédrica con espículas bien definidas, aunque si bien, parece que la morfología de estos virus es muy dependiendo del pH, los cuales se muestran de una manera diferente cuando este es elevado, presentando una morfología estrellada. La transmisión de esta familia de virus se realiza principalmente por la vía fecal-oral ya que se ha detectado la presencia del virus en heces de niños infectados mediante técnicas de inmunoensayos enzimáticos (EIA) que detecta proteínas específicas presentes en los serotipos más habituales que causan una infección en humanos (Gómez-López et al., 2001) y por amplificación RTPCR (Sánchez-Fauquier et al., n.d.). La enfermedad por Astrovirus también se asocia a un contagio a través de alimentos o aguas contaminadas (Matsui & Greenberg, 1996).

Los síntomas aparecen tras 3-4 días de incubación y suelen durar en torno a unos 2-3 días. Entre los síntomas más habituales encontramos diarrea junto con dolor abdominal, cefalea, malestar general, vómitos y fiebre entre otros. Las personas más vulnerables a este virus son los niños, ancianos o personas inmunodeprimidas. No existe vacuna para este virus ni un tratamiento adecuado para eliminar la enfermedad, siendo posible la administración de medicamentos que frenen el dolor; también es recomendable la administración de agua para evitar la deshidratación debido a la gran pérdida de líquidos. Es fundamental la interrupción de la transmisión de la enfermedad para evitar que se siga propagando (Sánchez-Fauquier et al., n.d.).

1.3.3.4. Calicivirus

Los calicivirus son virus que pertenecen a la familia Caliciviridae. Estos virus presentan un genoma formado por ARN de cadena sencilla, sin envoltura y con una simetría icosaédrica. Los géneros más representativos de esta familia son: Lagovirus, Norovirus, Sapovirus y Vesivirus. Los calicivirus fueron los primeros virus que se asociaron con gastroenteritis (Petric, 1995) y en particular el virus Norwalk, perteneciente al género Norovirus (Mounts et al., 2000). Estos virus se contagian a través de la ruta fecal-oral a causa de ingerir alimentos contaminados con partículas virales, como pueden ser los vegetales que se riegan con aguas contaminadas convirtiéndolos en un vehículo para la transmisión de dicho virus, o aguas contaminadas por el virus (Kapikian et al., 1996).

En muestras fecales se han encontrado presentes a los calicivirus, coincidiendo en frecuencia con los rotavirus (Monroe et al., 2000).

El virus Norwalk se identificó por primera vez en 1972 en muestras fecales obtenidas de humanos que habían ingerido filtrados de heces de un brote de gastroenteritis en una escuela de Norwalk. Este virus se reconoce como una de las habituales causas de gastroenteritis aguda epidémica y esporádica entre los humanos de todas las edades con un gran poder de propagación (Esona et al., 2022). Los brotes por calicivirus se suelen dar en hospitales, residencias, escuelas, hoteles, restaurantes y cruceros entre otros (Appleton, 2003).

Los síntomas que suelen estar presentes en las enfermedades causadas por los calicivirus son vómitos y diarreas, dolores y calambres abdominales, cefalea y fiebre (Petric, 1995). No existe tratamiento para eliminar el virus del organismo, pero sí que se puede administrar un tratamiento para aliviar los síntomas. En este virus resulta muy importante las medidas preventivas como una cocción adecuada de moluscos, buen lavado de vegetales y frutas y consumir agua que presenten los controles de calidad adecuados entre otros. No existe vacuna contra el Norovirus.

1.3.3.5. Adenovirus

El virus Adenovirus es un tipo de virus perteneciente a la familia Adenoviridae, virus no envueltos con un material genético compuesto por ADN de doble cadena. Dentro de la familia Adenoviridae se puede distinguir siete especies que van de la A a la G. La especie B, C y E se relacionan a enfermedades del tracto

respiratorio; la especie D es la que se relaciona con la conjuntivitis y la F se relaciona con gastroenteritis (Lynch & Kajon, 2016). La transmisión del Adenovirus puede ser por diferentes vías, bien a través de contacto directo entre varias personas, por la vía fecal-oral o por consumo de aguas contaminadas (Pina, 2001). Los serotipos 40 y 41 se relacionan con el 20% de las gastroenteritis infantiles (Favier et al., 2002) y se detectan en aguas residuales tanto tratadas como sin tratar (Pina et al., 1998).

Para el diagnóstico del Adenovirus se pueden utilizar pruebas serológicas como la reacción de fijación del complemento (RFC), la inmunofluorescencia indirecta (IFI) y los test ELISA. Los principales síntomas al cursar una enfermedad causada por Adenovirus son diarreas, vómitos, dolor abdominal, cefalea, fiebre y malestar general entre otros.

1.3.3.6. Virus de la hepatitis A

El virus de la hepatitis A pertenece a la familia Picornaviridae dentro del género Hepatovirus, el cual, es el único miembro de la misma (Pina, 2001). El material genético del virus de la hepatitis A está formado por ARN de cadena sencilla de 7,5 kb. Es un virus que presenta un diámetro de entre 27 y 32 nm, sin envoltura lipídica y con una cápside que presenta simetría icosaédrica (Navas & Báez, 2015).

El contagio ocurre cuando una persona bebe agua contaminada o come alimentos contaminados por partículas virales, por lo que se afirma que la hepatitis A se contagia por ruta fecal-oral, por contacto con personas que presentan la enfermedad y por el consumo de alimentos y aguas que anteriormente han sido contaminadas (Pina, 2001)

Los síntomas de la enfermedad causada por el virus de la Hepatitis A se producen pasados 15-50 días tras la exposición y constan de diarreas, vómitos, náuseas, fiebre y dolor abdominal entre otros. La enfermedad consta de dos etapas, la etapa pre icterica y la icterica (Navas & Báez, 2015).

El tratamiento de la enfermedad se basa en una buena hidratación y medicamentos que puedan reducir el malestar, fiebre y otros síntomas de la enfermedad. No hay tratamiento que permita eliminar al virus del cuerpo humano, pero sí que podemos evitar el contagio mediante lavados de manos, beber o comer alimentos que no se encuentren contaminados y evitar el contacto

con personas enfermas por hepatitis A entre otros. Existe vacuna para prevenir el contagio contra la hepatitis A.

La hepatitis A es una de las causas más frecuentes de hepatitis en los Estados Unidos y México (Tanaka, 2000).

1.3.3.7. Virus de la hepatitis E

El virus de la Hepatitis E se clasificó en un principio dentro de la familia Caliciviridae, aunque actualmente es clasificado como un virus formado por ARN de sentido positivo de aproximadamente 7,2 kb que pertenece al género Hepevirus, dentro de la familia Hepeviridae. El virus se presenta como una partícula icosaédrica sin envoltura de 32nm. Los genotipos 1 y 2 son los que infectan a humanos y los cuales predominan en países desarrollados; los genotipos 3 y 4 están presentes en países industrializados e infectan a mamíferos, clasificándolos como agentes zoonóticos (Rodríguez-Frias et al., 2012).

La enfermedad se produce a través de aguas contaminadas que entran en contacto con aguas potables, transmitiéndose principalmente por la vía fecal-oral. Se puede dar en casos aislados o dando lugar a brotes epidémicos en lugares donde las medidas de control de las aguas son inadecuadas y donde las condiciones sanitarias no son las adecuadas, como puede ser el caso de regiones del norte de África, América central y regiones de Asia entre otras. El uso de aguas contaminadas para la alimentación puede ser uno de los posibles causantes del brote de Hepatitis E. Los síntomas de la enfermedad aparecen pasados aproximadamente 40 días y durante la fase icterica de la enfermedad aparecen síntomas como la fiebre, dolor articular, vómitos, diarrea y náuseas entre otros; es probable que aparezcan erupciones cutáneas, picores, etc. Aun así, hay un gran porcentaje de población que pasa la enfermedad de forma asintomática. No existe tratamiento para eliminar el virus del organismo, al igual que no existe una vacuna eficaz que se encuentre comercializada, exceptuando China donde sí que se administra a la población; se puede administrar analgésicos para aliviar los síntomas. La herramienta más eficaz para detectar el virus es la técnica ELISA en la cual se detectan anticuerpos para el VHE (Sociedad Española de Patología Digestiva. & Rivero Fernández, 2004).

1.3.3.8. Sars-CoV-2

El virus Sars-CoV-2 se encuentra clasificado en la familia Coronaviridae, dentro de la subfamilia Orthocoronavirinae, en el género Betacoronavirus y en el subgénero Sarbecovirus.

Es un virus formado por una cadena de ARN con polaridad positiva, el cual está rodeado por una envoltura formada por una bicapa lipídica donde se encuentran insertadas las proteínas S, E y M. Dentro de la proteína S podemos encontrar dos subunidades, S1 y S2; S1 facilita la unión del virión a la superficie de la célula diana, mientras que S2 se encarga de la fusión de la membrana celular con la envoltura del virión. La proteína M se encarga del ensamblaje de los viriones dentro de la célula huésped y es la que se encuentra en mayor proporción en la envoltura del virus. Por último, la proteína E se encarga también del ensamblaje, aunque es la proteína que se encuentra en menor proporción en la envoltura viral. Se encuentra una cuarta proteína asociada al genoma, la proteína N la cual se encarga de formar la nucleocápsida helicoidal (Ruiz-Bravo et al., 2020).

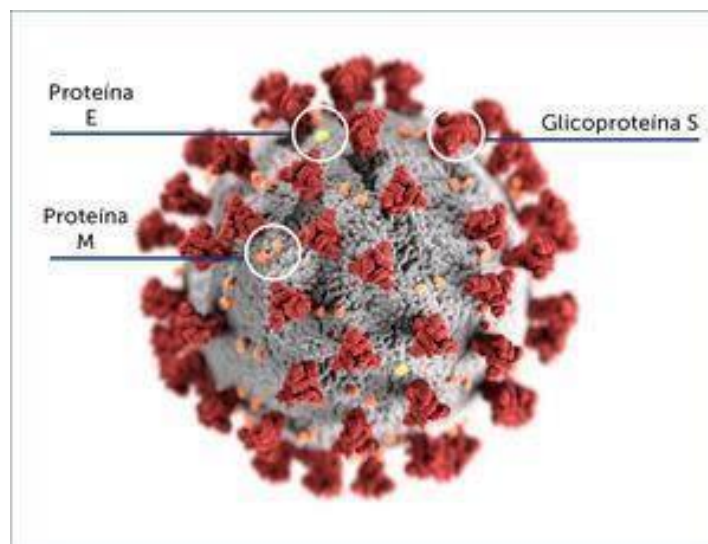


Figura 3. Estructura del Sars-CoV-2 (Dabanch, 2021).

Entre los síntomas encontramos fiebre, tos, dolor de garganta, malestar general, diarrea y vómitos. En los casos más graves se puede desarrollar neumonía, coagulación intravascular y fallos multiorgánicos entre otros. Las muestras elegidas para detectar la presencia del virus son secreciones de las vías respiratorias de los enfermos, como puede ser el aspirado endotraqueal, muestras nasofaríngeas y broncoaspirado. La detección se realiza mediante la RT-qPCR, en la cual se amplifica el genoma viral. Otra prueba para detectar el

virus es mediante la detección de anticuerpos presentes en el organismo de la persona enferma. Actualmente no existe un tratamiento antiviral que haya sido efectivo contra el Sars-CoV-2, aunque sí que existen fármacos cuya utilidad reside en reducir los síntomas o a prevenir el síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SIRS) (Ruiz-Bravo et al., 2020).

Existen cuatro vacunas actualmente en uso para prevenir la enfermedad producida por el Sars-CoV-2 conocida como Covid-19: Vacuna COMIRNATY (Pfizer-BioNTech), Vacuna mRNA-1273 (Moderna), Vacuna Vaxzevria (AstraZeneca) y Vacuna Ad26.COV2S (Janssen) (Sancha-Escudero et al., 2021).

1.4. Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA)

Uno de los mayores problemas que reside en el mundo actual son las enfermedades transmitidas por los alimentos, las cuales pueden estar causadas por bacterias, parásitos y/o virus. La Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que entre el setenta y el ochenta por ciento de las enfermedades que provocan diarreas agudas son a causa de la ingestión de alimentos o agua contaminadas. Al año llegan a morir 3 millones de niños que tienen menos de 5 años a causa de estas enfermedades adquiridas a través de alimentos o aguas (López et al., 2013b).

Las personas más vulnerables y que corren más riesgo de presentar una enfermedad grave son los niños, los ancianos y personas que carezcan de un sistema inmunitario capaz de funcionar con normalidad (personas enfermas por VIH u otra enfermedad autoinmune). Estas enfermedades se pueden dar de forma puntual en algún individuo o generar un brote entre la comunidad cuando existen dos o más casos relacionados con el mismo alimento. Las enfermedades transmitidas por alimentos se consideran una de las principales causas de mortalidad en los países subdesarrollados. En el resto de países estas enfermedades se están incrementando debido a las malas prácticas de conservación y preparación de los alimentos. Existen dos mecanismos de transmisión; uno de ellos sería el que ocurre entre una persona infectada a otra persona que no lo está o a través de animales que están infectados a personas que no tienen la enfermedad (zoonosis), este sería el método directo. El método

indirecto ocurre cuando la enfermedad se transmite a causa de la ingestión de alimentos o agua contaminada (Oromí, 1980).

En el mundo se han detectado más de 250 enfermedades que se transmiten al consumir alimentos contaminados, por lo que el control de los microorganismos en alimentos y agua es determinante para frenar su propagación (López et al., 2013b).

Cuando un patógeno o sus toxinas se encuentran presentes en el alimento se considera que ese alimento está contaminado y por tanto puede ocurrir una enfermedad transmitida por alimentos. En la mayor parte de las enfermedades que se transmiten por alimentos ocurre que:

- El patógeno se encuentra presente en una cantidad adecuada para provocar la infección pertinente o para la producción de toxinas
- Los patógenos que se encuentran presentes en el alimento deben ser capaces de poder desarrollarse en él, es decir, el alimento debe contar con las características necesarias para que el patógeno pueda seguir desarrollándose.
- La temperatura debe favorecer la multiplicación del patógeno o el desarrollo de las toxinas.
- La cantidad de alimento ingerida tiene que contener suficientes toxinas o patógenos para darse la enfermedad en el individuo

Los virus solo son capaces de reproducirse en el interior de una célula, sin embargo, pueden transportarse en el interior de un alimento o en el agua a través de los cuales llegarán a un organismo al cual infectarán, provocando así la enfermedad oportuna (Rzeżutka & Cook, 2004). Las industrias sufren un gran esfuerzo a la hora de presentar las condiciones adecuadas para evitar la contaminación de los alimentos gracias a los protocolos de inocuidad (Schirone et al., 2017).

1.5. Tipos de alimentos que se relacionan con transmisión de virus

Los virus pueden encontrarse en casi todos los alimentos, pudiendo provocar una enfermedad cuando las medidas de seguridad para evitar contaminaciones en alimentos no son las adecuadas. Entre los alimentos que podemos destacar debido a una mayor asociación con virus que provocan enfermedades son:

carnes mal cocinadas o crudas, como los embutidos; alimentos que presentan regadíos de aguas previamente contaminadas, mariscos que se encuentran en aguas contaminadas; y/o productos lácteos, como pueden ser productos frescos tales como el queso fresco (Miranda & Schaffner, 2019; Wielinga & Schlundt, 2012)

Las carnes y los productos derivados de animales que son consumidos por animales pueden ser un reservorio de virus que causan enfermedades tales como la hepatitis E, ya sea debido a su consumo sin cocinar o el mal procesamiento de sus derivados. La hepatitis E, es una de las enfermedades que se transmiten por consumir carnes crudas o poco cocinadas como puede ser el embutido (Dzierzon et al., 2020)

Los productos tales como la leche fresca, quesos mal procesados, yogures y otros derivados de la leche pueden ser transmisores de virus. Los virus que se pueden adquirir a causa del consumo de tales alimentos son Vaccinia que causa la enfermedad vaccinia bobina (de Oliveira et al., 2018), la Hepatitis E, virus Entéricos, etc. Todo esto conlleva un gran problema para la población si no se llevan a cabo las medidas preventivas para la inocuidad viral de productos lácteos y sus derivados (Espinoza-Tellez et al., 2022).

La transmisión de enfermedades a causa del consumo de frutas y vegetales va en aumento debido al mayor consumo de estos productos en países desarrollados (Mir et al., 2018) y es una de las principales causas de intoxicación alimentaria. El agua con la que se riegan las frutas y verduras puede ser determinante para una posible contaminación; el manejo de los alimentos por el humano también es determinante para la contaminación de los mismos (Bosch et al., 2018). Los virus más propensos a transmitirse a causa de comer frutas y vegetales contaminados son los Norovirus y el virus de la Hepatitis A.

Los virus transmitidos a causa de comer pescado y mariscos se encuentran presentes en el mar, el cual puede presentar contaminación fecal. El virus de la Hepatitis A y el Norovirus suelen ser los virus más predominantes en alimentos como el marisco. Existen medidas de seguridad como puede ser el uso de indicadores de contaminación fecal (Torok et al., 2018) para comprobar si existe una posible contaminación de los alimentos a causa de algún virus.

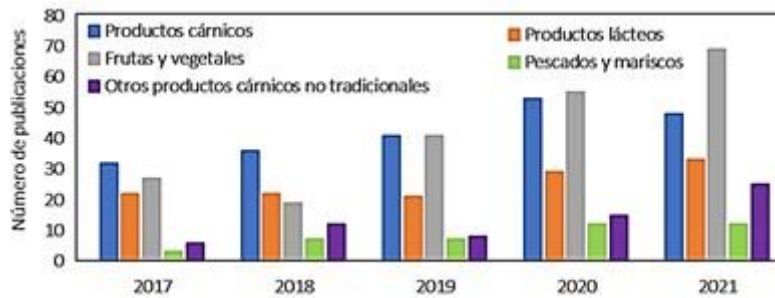


Figura 4. Número de publicaciones encontradas en Science que están relacionadas con productos alimenticios (Espinoza-Tellez et al., 2022).

1.6. Medidas de seguridad para evitar contaminaciones alimentarias

La seguridad alimentaria es uno de los temas más importantes a tener en cuenta cuando hablamos de alimentos, y es que una mala práctica en la manipulación de alimentos o en su cocinado puede provocar la aparición de brotes alimentarios asociados con un alimento específico.

En la Comunidad de Madrid se ha elaborado un procedimiento que recomienda la aplicación del Sistema APPCC (Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico) para poder identificar, evaluar y controlar peligros que nos imposibiliten mantener una adecuada seguridad alimentaria en los PCC (Puntos de Control Críticos). Este plan nos facilita el asentar un protocolo de higiene correcto, detectar y poder notificar la posible contaminación de un alimento junto con sus posteriores riesgos de contraer una enfermedad transmitida por alimentos. Para poder asegurar la inocuidad de los alimentos se deben de llevar a cabo las siguientes medidas de actuación:

- Preparar e informar a los manipuladores de alimentos
- Llevar a cabo unas medidas de mantenimiento en la maquinaria, establecimientos e instalaciones
- Limpieza correcta y medidas de desinfección adecuadas
- Control de las posibles plagas existentes
- Mantener un correcto control de abastecimiento de aguas

En cuanto a los manipuladores de alimentos se deben de llevar a cabo diferentes controles para asegurar la correcta manipulación de los mismos. Se llevará a cabo un cuestionario para evaluar los posibles riesgos de contagio entre el manipulador y el alimento, cuestionando los lugares recientemente visitados, síntomas que indiquen la presencia de una posible enfermedad, entre otros.

Aparte, es necesario un análisis biológico donde se medirán diferentes parámetros para poder detectar posibles virus en el organismo. Por último, se debe ofrecer la posibilidad de vacunación frente a los virus que puedan transmitirse a través de los alimentos como puede ser la Hepatitis A (Maestre & Muñoz, 2008).

1.7. Medidas de control vírico en aguas

El agua es un componente fundamental para la vida, siendo el componente mayoritario del cuerpo humano, por lo que resulta indispensable realizar un correcto control de las aguas para evitar la posibilidad de contaminaciones por la presencia de virus causando enfermedades tras su ingesta.

- Dióxido de cloro. El dióxido de Cloro (ClO_2) reacciona con el agua dando lugar a cloritos, cloratos y cloro, siendo un componente oxidante. El cloro, en comparación con el dióxido de cloro, no es tan eficiente en la inactivación de agentes virales. El dióxido de Cloro, es capaz de actuar entre un pH de tres y siete y presenta gran solubilidad en el agua. Es utilizado principalmente para la desinfección de superficies, potabilización de aguas y blanqueante (Brandariz-Núñez et al., 2022).
- Luz Ultravioleta. La luz ultravioleta es muy utilizada para la desinfección de aguas residuales en Europa y en Estados Unidos, donde al igual que el Ozono, cada vez se incrementa más su uso. Los virus que presentan un material genético de cadena simple son más susceptibles a ser inactivados por la luz ultravioleta que los de doble cadena; de igual manera ocurre con los virus que presentan ARN, son más sensibles a la luz ultravioleta que los virus formados por material genético en forma de ADN; el tamaño del material genético también influye en la efectividad de este método, ya que cuanto mayor sea este, más efectivo es el método (Vaughn & Novotny, 1991).
- Ozono. El ozono es un gas soluble en agua, el cual resulta ser una gran opción para inhabilitar los posibles virus que se encuentran presentes en ella. Su modo de actuar es la destrucción de la cápside y el material genético de las partículas virales. Es el método más comúnmente utilizado para la desinfección de los sistemas que distribuyen el agua por toda Europa y Estados Unidos, donde su uso se ha ido incrementando con el

paso de los años (Tate & Fox, 1990). Este método es más costoso que otros métodos de desinfección por lo que es menos usado, aunque se recomienda como parte del tratamiento (Espinosa-García et al., 2004).

1.8. Técnicas de detección de un virus en alimentos y en agua.

Los virus no son capaces de reproducirse en cultivos celulares con facilidad, por lo que resulta complicado encontrar grandes cantidades de virus en alimentos y en aguas para poder llevar a cabo una determinación (Randazzo et al., 2020).

Existen cultivos celulares que permiten que los virus lleven a cabo su ciclo reproductivo. Estas placas están formadas por células vivas donde los virus si que son capaces de reproducirse. Gracias a esto se puede ver si existe replicación viral ya que si existe replicación también existen alteraciones morfológicas en la monocapa celular. La inmunofluorescencia es un método actualmente utilizado que detecta antígenos virales, necesitando para ello un periodo de tiempo corto y siendo más sensible que los cultivos celulares. Este método de detección es eficaz para la detección de Adenovirus en una muestra. Otra técnica utilizada para la detección de virus es la técnica ELISA, en la cual se detectan antígenos virales gracias a un anticuerpo específico que se encuentra adherido a una enzima, lo cual permite detectar un viraje de color u otro cambio para confirmar la presencia del antígeno y por lo tanto la presencia del virus.

Las técnicas moleculares como la RT-qPCR son las más utilizadas, ya que amplifican segmentos del genoma del virus, con algunas excepciones como en el caso del virus de la Hepatitis E, el cual aún no ha podido ser detectado en muestras de alimentos mediante esta técnica si no que se utiliza la detección del anticuerpo Igm mediante un análisis de sangre (Ricci et al., 2017).

Para detectar virus en una muestra de agua necesitamos realizar una filtración gracias a filtros de membrana con carga positiva o negativa, de vidrio o cartuchos que presentan carga (Griffin et al., 2003). Una vez que los virus se encuentran en el filtro se procederá a realizar una elución para poder concentrarlos por centrifugación o cambios en el pH (Abbaszadegan et al., 1999). Ahora sí que es posible detectar los virus presentes por microscopía electrónica o por microscopía de epifluorescencia, clasificados dentro de los métodos directos de detección. La técnica PCR para virus con ADN y RT-PCR para virus con material

genético ARN, son muy eficientes, con la desventaja que presenta no poder determinar si estos virus se encuentran activos o si son infecciosos. La PCR es el método más usado actualmente para detectar astrovirus y enterovirus en muestras de agua (Espinosa-García et al., 2004).

2. OBJETIVOS:

El principal objetivo de este Trabajo Fin de Grado es conocer la seroprevalencia de la hepatitis A y E, comparando finalmente las características más relevantes de estas enfermedades. Para llegar a este objetivo general se han propuesto los siguientes objetivos específicos:

- Conocer los alimentos que son un foco de infección de enfermedades causadas por virus que se transmiten por alimentos y por agua
- Determinar las posibles vías de transmisión de los virus que se transmiten por alimentos y por agua
- Evaluar la evolución del Sars-CoV-2 en aguas residuales
- Estudiar las características más relevantes sobre la enfermedad causada por el virus de la hepatitis E
- Estudiar las características más relevantes sobre la enfermedad causada por el virus de la hepatitis A

3. MATERIALES Y MÉTODOS:

Para llevar a cabo esta revisión sistemática se ha tenido que consultar diferentes artículos, revistas y páginas web de carácter científico. Las bases de datos utilizadas son:

- Scielo. Se trata de un repositorio de artículos o publicaciones científicas de Latinoamérica, España y Portugal, donde los artículos se encuentran completos y son accesibles de manera gratuita.
- PubMed.
- ScienceDirect.
- Google Académico
- Europe PMC
- Se ha recurrido a la consulta de páginas de organismos oficiales como la OMS (Organización Mundial de la Salud) o la OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal).

El mayor porcentaje de artículos son clínicos, representando aproximadamente un 80% de la revisión sistemática, un 10% representa a los artículos microbiológicos y el 10% restante es representado por los artículos biotecnológicos e inmunológicos.

Para la bibliografía ha sido fundamental la aplicación Mendeley, la cual me ha ayudado a recopilar los artículos de interés y su posterior citación siguiendo las normas APA.

Los años de publicación de los artículos consultados para esta revisión sistemática se encuentran oscilando entre 1985-2022, de los cuales 59 de 81 se encuentran en el rango de edad entre el año 2000-2022.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Los virus que son capaces de transmitirse a través de los alimentos y las aguas contaminadas suponen un peligro para la sociedad ya que pueden ser causantes de infecciones puntuales o brotes entre la población causando diferentes tipos de enfermedades, entre las que destacan la hepatitis E y la hepatitis A. En este apartado se pretende profundizar en los alimentos que pueden ser un riesgo para la población, pudiendo ser transmisores de virus que causan enfermedades de transmisión alimentaria, y las diferentes vías de transmisión de estos virus. En cuanto a las aguas, es interesante conocer cómo evoluciona el Sars-CoV-2 en diferentes depuradoras de España. Además, se pretende observar cómo afecta el virus de la hepatitis E a la población en cuanto a su seroprevalencia y las similitudes y diferencias que presenta con el virus de la hepatitis A

4.1. Alimentos con riesgo de contaminación por virus:

Los alimentos son un foco infeccioso de algunos virus como son el virus de la hepatitis E, el virus de la hepatitis A, rotavirus, enterovirus, astrovirus, calcivirus, adenovirus y Sars-CoV-2. Si no se lleva un correcto procedimiento de seguridad alimentaria para evitar contaminaciones es posible que estos alimentos sean capaces de transmitir el virus a una persona que quedará infectada y desarrollará una enfermedad. En este apartado se va a analizar los diferentes tipos de alimentos que son capaces de transmitir virus que provocan enfermedades en los humanos al ingerirlos.

VIRUS	FAMILIA/GENERO	TIPOS DE ALIMENTOS DONDE SE PUEDEN ENCONTRAR
Adenovirus	Adenoviridae / Mastadenovirus	Productos cárnicos procesados provenientes del cerdo, frambuesas, lechuga, fresas y cebollas, pescado, mariscos crudos y caracoles
Astrovirus	Astroviridae / Mamastrovirus	Mariscos y pescados
Calicivirus (Norwalk)	Caliciviridae / Norovirus	Leche y queso cuajado, frutas y verduras crudas, ostras y pescados
Enterovirus	Picornaviridae / enterovirus	Pescado y marisco
Hepatitis A	Picornaviridae / Hepatovirus	Leche, yogurt, frutos rojos, lechuga, marisco y moluscos bivalvos crudos
Hepatitis E	Hepeviridae / Orthohepevirus	Carnes y productos cárnicos crudos provenientes del cerdo, leche, frutas y verduras, ciervos y conejos
Rotavirus	Reoviridae / Rotavirus	lechuga, cebolleta y repollo
SARS-CoV-2	Coronaviridae / Betacoronavirus	Carnes y productos cárnicos de cerdo y conejo, leche humana, manzanas y tomates

Tabla 1. Virus que se transmiten por alimentos. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 1, todos estos virus clasificados según su familia y género son capaces de transmitirse a través de alimentos, los cuales serán consumidos causando una enfermedad en el consumidor. Se puede apreciar que hay cuatro grupos de alimentos destacables: carnes y productos cárnicos, pescados y mariscos, frutas y verduras y, por último, leche y productos lácteos. Aun así, hay una característica que es común para todos los alimentos anteriormente citados y es que su consumo en crudo aumenta las posibilidades de contraer la enfermedad ya que estos virus no están inactivados. Por norma general, los virus quedan inactivos cuando se les aplica una temperatura que puede llegar a oscilar en torno a los 60°C-90°. Por esto, destacan los productos cárnicos crudos como son los embutidos, la leche que no ha sufrido procesos de pasteurización, el pescado o marisco sin cocinar e incluso frutas y verduras.

■ Frutas y verduras ■ Leche y productos lácteos
 ■ Carne y productos cárnicos ■ Pescado y marisco

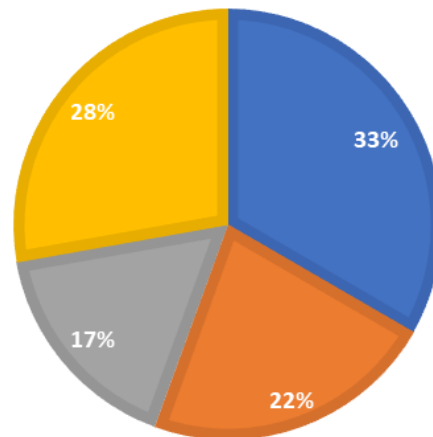


Figura 5. Grupo de alimentos propensos a transmitir virus que causan enfermedades de transmisión alimentaria. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5 se quiere recalcar qué alimentos son más propensos a transmitir enfermedades a la población por un mal control en las medidas de seguridad implantadas. Los más frecuentes son las frutas y verduras y los pescados y mariscos que se comen crudos. Este dato puede ser debido a que el agua es una gran fuente de transmisión de enfermedades cuando está contaminada por materia fecal. Los virus comentados anteriormente son eliminados por las heces, de ahí que todos presenten una ruta fecal-oral. Este tipo de transmisión es peligrosa si no se lleva un correcto control de las aguas con los tratamientos adecuados para eliminar cualquier partícula viral presente. Si las aguas contaminadas por materia fecal tienen como finalidad el ser utilizadas como aguas de riego, las frutas y hortalizas que han sido mantenidas con esta agua, van a quedar contaminadas. Por esta razón dos de los alimentos más propensos a contener virus son las frutas y las hortalizas. De igual manera si ingerimos pescados, mariscos o moluscos crudos que han estado en contacto con aguas contaminadas, es probable que adquiramos una enfermedad de transmisión alimentaria.

Por otro lado, y con un menor porcentaje se encuentra la leche y productos que derivan de la leche. Estos productos pueden encontrarse contaminados por el virus y transmitir una enfermedad al consumidor cuando no se encuentra bien tratada, es decir, cuando la leche o los subproductos de la leche no han sufrido

ningún tratamiento como la pasteurización para inactivar a los posibles microorganismos que contenga. Por último, la carne y los productos que derivan de la carne son también un foco importante de infección debido a que el cerdo es el principal reservorio de enfermedades como es la hepatitis E, una de las carnes más consumidas en España y otras partes del mundo. Cuando la carne no está cocinada y es consumida por la población puede suponer un problema por la posible aparición de un brote entre la sociedad.

El 8% de los brotes alimentarios son causados por virus de transmisión alimentaria donde el 4% es causado por el norovirus cuando se ingieren mariscos y se consume agua contaminada, el 2% causado por el virus de la hepatitis A al ingerir frutas y moluscos como los mejillones, el 1% asociado a el virus de la hepatitis E por consumir derivados cárnicos y el 1% restante se asocia a los rotavirus al consumir leche cruda y sus derivados (*Virus - ELIKA Seguridad Alimentaria, 2021*).

4.2. Posibles vías de transmisión de los virus que relacionan con las enfermedades de transmisión alimentarias

Como se ha comentado anteriormente, los virus de la hepatitis E, hepatitis A, calcivirus, rotavirus, adenovirus, Sars-CoV-2, astrovirus y enterovirus siguen diversas vías de transmisión entre las que se encuentra la ruta fecal-oral. Los virus son organismos que no pueden reproducirse, pero sí que pueden permanecer en los alimentos y en el agua durante cierto tiempo con todas sus capacidades viables, por esto, se va a analizar las posibles rutas de transmisión de forma generalizada de los virus que se relacionan con la ingestión de alimentos y aguas contaminadas.

En la figura 6 podemos observar un esquema donde se exponen las diferentes vías de transmisión y los diferentes alimentos y lugares donde se pueden encontrar los virus anteriormente citados.

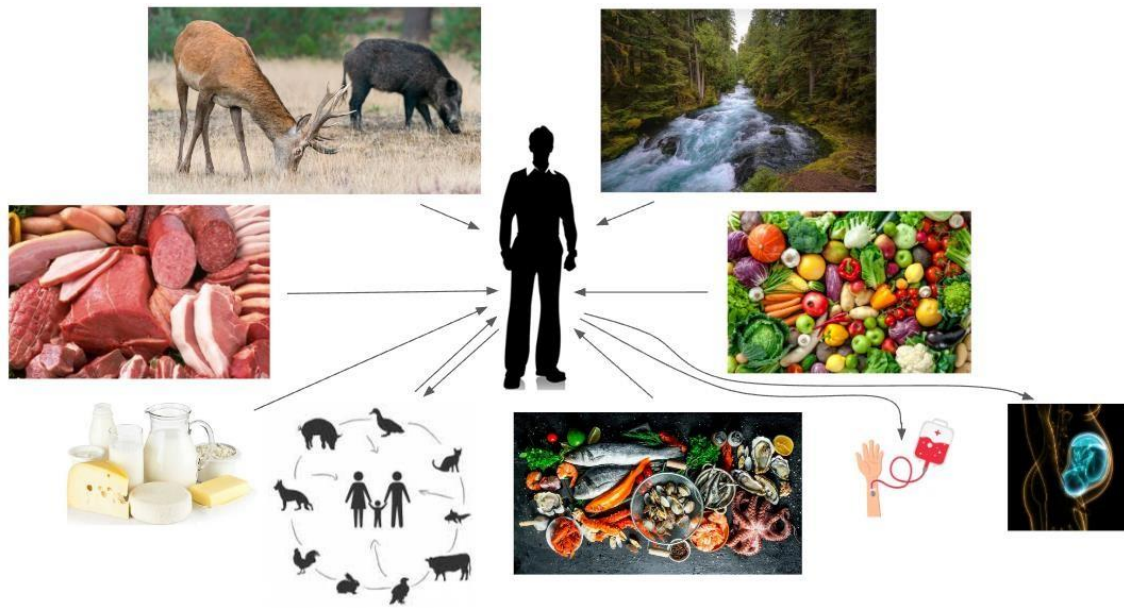


Figura 6. Diferentes modos de transmisión de los virus que se transmiten a través de alimentos y de agua. Fuente: elaboración propia.

En la figura 6 se ha querido interpretar las relaciones entre el ser humano con las diferentes fuentes de transmisión de los virus. Los virus que se transmiten por los alimentos se relacionan con la ruta fecal-oral, por lo que se excretan por las heces. Cuando un animal que presenta una enfermedad causada por uno de estos virus excreta sus heces al medio, es muy probable que acabe en contacto con las aguas, las cuales quedarán contaminadas por materia fecal. Si esta agua no es tratada correctamente y llega al consumidor éste quedará infectado. Esta agua también puede servir para regadío de plantaciones que posteriormente serán consumidas. De igual forma, en estas aguas pueden habitar peces y moluscos que quedarán contaminados, por lo que si no se cocinan con la temperatura adecuada estos serán una vía de transmisión del virus. Otra vía de transmisión a parte de la ruta fecal-oral es el contacto directo con otros animales contaminados. Se conoce como zoonosis a la transmisión de enfermedades causadas por virus u otros microorganismos de un animal a una persona o viceversa, por contacto directo o a través de los alimentos contaminados provenientes de estos. Por ello, la carne de animales contaminados como pueden ser los cerdos, ciervos y jabalíes si se consumen sin cocinar también resulta ser un foco de infección para la población, por lo que, alimentos como los embutidos que se comen crudos necesitan tener unas rigurosas normas y controles para lograr una correcta seguridad alimentaria. En último lugar,

pueden transmitirse de persona a persona por transfusiones de sangre o por transfusión vertical de madre a hijo/a.

4.3. Presencia de Sars-CoV-2 en aguas residuales

Las aguas residuales son aguas que presentan impurezas debido a vertidos que provienen del ser humano. Los vertidos se catalogan como toda emisión de contaminantes que lleguen a las aguas continentales (¿Qué es un vertido?, s. f.). El Sars-CoV-2 es un virus que se puede encontrar circulando por las aguas por lo que puede resultar una fuente de infección para la población, por ello es importante realizar los controles correspondientes a las aguas residuales. Desde el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico se llevan a cabo informes semanales donde exponen la presencia o ausencia del Sars-CoV-2 y su evolución a lo largo del tiempo en las diferentes depuradoras de las localidades seleccionadas según el criterio acordado por el Ministerio de Sanidad en colaboración con el CEDEX y el consenso con las Comunidades Autónomas (*Selección de puntos de muestreo*, s. f.). Este proyecto consta de dos fases:

- Fase 1: en la fase 1 se realiza un estudio semanal donde se vigila la presencia o ausencia del Sars-CoV-2 así como la evolución del mismo en las siguientes semanas. Esta fase comienza en mayo de 2020 y acaba en agosto de 2021.
- Fase 2: en la fase 2 se siguen realizando los controles semanales para cuantificar la presencia de Sars-CoV-2 para evaluar la evolución del mismo, así como la posibilidad de la detección de las variantes que predominan en cada depuradora. Esta fase comienza en septiembre de 2021 acabando en febrero de 2023.

Con la revisión de este proyecto se ha podido extraer diferentes datos que serán útiles para la realización de una tabla que permita comparar tres semanas del mismo periodo en diferentes años:

Leyenda:	Estable	Disminución	Disminución significativa	Aumento	Aumento significativo	S/D			
Municipio	Semana 1 (13/09/20 – 19/09/20)	Semana 2 (20/09/20 – 26/09/20)	Semana 3 (27/09/20 – 03/10/20)	Semana 1 (12/09/2021 – 18/09/2021)	Semana 2 (19/09/2021 – 25/09/2021)	Semana 3 (26/09/2021 – 02/10/2021)	Semana 1 (11/09/2022 – 17/09/2022)	Semana 2 (18/09/2022 – 24/09/2022)	Semana 3 (25/09/2022 – 01/10/2022)
Valencia	Disminución	Aumento significativo	Disminución	Aumento	Estable	Disminución	Aumento	Estable	Estable
Don Benito	Estable	Estable	Disminución	Estable	Aumento	Estable	Estable	Estable	Estable
Córdoba	Estable	Disminución	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable
Granada	Estable	Estable	Estable	Estable	Aumento	Estable	Estable	Aumento	Estable
Orense	Estable	Disminución	Estable	Estable	Disminución	Aumento	Disminución	Aumento	Estable
Málaga	Disminución significativa	Aumento	Disminución	Estable	Disminución	Estable	Estable	Aumento	Estable
Madrid	Estable	Aumento	Disminución	Aumento	Disminución	Estable	Disminución	Aumento	Estable
Madrid	Estable	Disminución	Estable	Estable	Estable	Estable	Disminución	Estable	Aumento
Torrejón de Ardoz	Disminución	Estable	Estable	Estable	Estable	Aumento	Aumento	Estable	Aumento
Sevilla	Estable	Estable	Estable	Aumento	Disminución significativa	Estable	Estable	Aumento	Estable
Tudela	Disminución	Disminución	Estable	Disminución	S/D	Estable	Estable	Aumento significativo	Disminución significativa
Vitoria	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable	Aumento
Bilbao	Aumento	Disminución	Estable	Estable	Disminución	Aumento	Aumento	Estable	Estable
Logroño	Disminución	Estable	Estable	Aumento	Disminución significativa	Aumento significativo	Estable	Aumento	Estable
Zaragoza	Disminución	Estable	Aumento	Estable	Aumento	Disminución	Disminución	Aumento	Aumento
Oviedo	Aumento significativo	Estable	Disminución	Estable	Disminución significativa	S/D	Estable	Aumento	Estable
Palma de Mallorca	Disminución	Disminución	Estable	Estable	Disminución	Aumento	Estable	Aumento	Estable
Las Palmas de Gran Canaria	Disminución	Disminución	Estable	Estable	Estable	Disminución	Estable	Aumento	Estable
Adeje	S/D	Aumento	Aumento	Aumento	Disminución	Aumento	Estable	Estable	Estable
Santander	Aumento	Disminución	Disminución	Estable	Estable	Aumento	Disminución significativa	Aumento significativo	Estable
Segovia	Estable	Estable	Disminución	Estable	Estable	Estable	Disminución	Aumento significativo	Estable
Soria	Disminución significativa	Estable	Disminución	Disminución	Estable	Aumento	Aumento	Aumento	Disminución
Valladolid	Aumento significativo	Disminución significativa	Estable	Disminución	Estable	Estable	Aumento	Estable	Disminución

Municipio	Semana 1 (13/09/20 – 19/09/20)	Semana 2 (20/09/20 – 26/09/20)	Semana 3 (27/09/20 – 03/10/20)	Semana 1 (12/09/2021 – 18/09/2021)	Semana 2 (19/09/2021 – 25/09/2021)	Semana 3 (26/09/2021 – 02/10/2021)	Semana 1 (11/09/2022 – 17/09/2022)	Semana 2 (18/09/2022 – 24/09/2022)	Semana 3 (25/09/2022 – 01/10/2022)
Albacete	Aumento	Disminución	Disminución	Estable	Estable	Disminución	Estable	Estable	Aumento
Guadalajara	Estable	Disminución significativa	Aumento	Estable	Estable	Aumento	Aumento	Aumento	Estable
Barcelona	Disminución significativa	Estable	Aumento significativo	Disminución	Aumento	Disminución	Aumento	Aumento	Estable
Igualada	Estable	Estable	Estable	Estable	Aumento	Disminución	Disminución significativa	Aumento significativo	Estable
Lleida	Disminución significativa	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable	Aumento	Estable	Estable
Cuenca	Disminución	Aumento significativo	Disminución significativa	Estable	Aumento	Estable	Estable	Estable	Estable
Móstoles	S/D	Estable	Estable	S/D	Estable	Disminución	Aumento	Disminución	Estable

Tabla 3. Evolución de la presencia del virus Sars-CoV-2 en las diferentes depuradoras seleccionadas en España desde el año 2020 a 2022. Fuente: elaboración propia.

LEYENDA	CORDOBA	GRANADA	VITORIA						
Municipio	Semana 1 (13/09/20 – 19/09/20)	Semana 2 (20/09/20 – 26/09/20)	Semana 3 (27/09/20 – 03/10/20)	Semana 1 (12/09/2021 – 18/09/2021)	Semana 2 (19/09/2021 – 25/09/2021)	Semana 3 (26/09/2021 – 02/10/2021)	Semana 1 (11/09/2022 – 17/09/2022)	Semana 2 (18/09/2022 – 24/09/2022)	Semana 3 (25/09/2022 – 01/10/2022)
Córdoba	Estable	Disminución	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable
Granada	Estable	Estable	Estable	Estable	Aumento	Estable	Estable	Aumento	Estable
Vitoria	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable	Aumento

Tabla 4. Depuradoras que presentan la misma tendencia en la presencia del virus Sars-CoV-2 en el mismo periodo de diferentes años. Fuente: elaboración propia

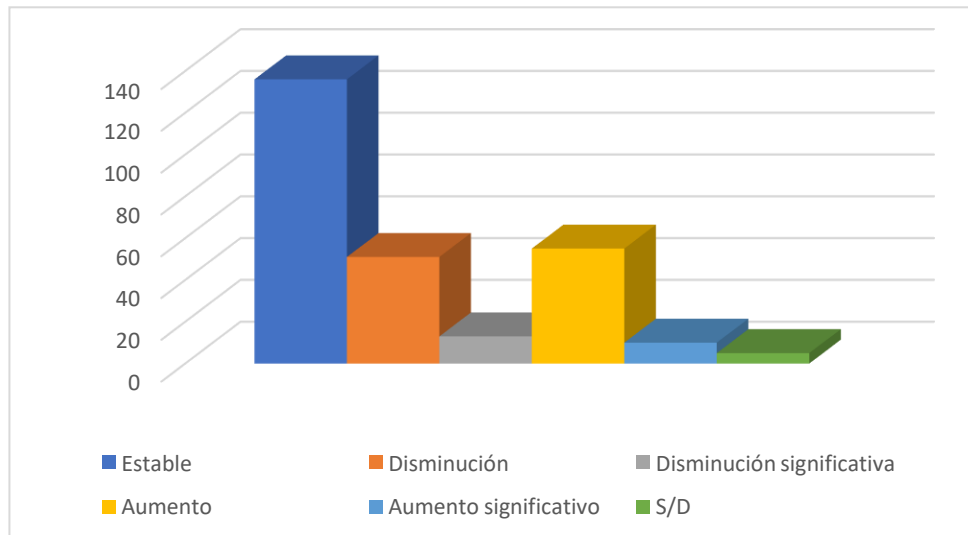


Figura 7. Suma de la tendencia de cada una de las depuradoras a lo largo de las 9 semanas.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 3 se observa la tendencia del Sars-CoV-2 con respecto a la semana anterior dividido en 3 semanas que se corresponden con el mismo periodo (11-13/09/2020-2021-2022) de los diferentes años (2020-2022). La determinación de la tendencia en cada una de las diferentes depuradoras seleccionadas se basa en intervalos numéricos que van desde <-1 “Disminución significativa” a >1 “Aumento significativo”. Entre estos dos valores se encuentran desde -1 a $-0,4$ “Disminución”; $-0,4$ a $0,4$ “Estable” y de $0,4$ a 1 “Aumento”.

Si observamos la figura 7 se puede ver como la tendencia general es mantenerse “estable” dentro de un valor positivo en cuanto a la detección del Sars-CoV-2 con un 50,37% de las depuradoras. Si bien se observa un “aumento” en el 20,37% de las depuradoras y una “disminución” en el 18,88% de las depuradoras, un resultado muy similar en ambas tendencias. Por último, se observa un 4,81% de las depuradoras que tienden a una “disminución significativa” mientras que el 3,70% de las depuradoras tienden a un “aumento significativo”. El 1,87% restante corresponde a S/D. Por lo tanto, la tendencia general de la presencia del Sars-CoV-2 en aguas residuales es mantenerse “estable”.

Como se puede observar en la tabla 4, solo existen 3 depuradoras que mantienen la tendencia durante las 3 semanas de un año con las del año siguiente, por lo que se deduce que no existe relación entre la época del año y la tendencia en la presencia del virus si no que depende de los vertidos que acaben en las aguas continentales y que pasan por las depuradoras de las

diferentes localidades en cada semana. Por lo que si hablamos de los casos del Sars-CoV-2 entre la población, se puede decir que no ha sido constante a lo largo del tiempo y, por tanto, las partículas virales eliminadas por la población habrán tenido relación con los contagios en cada momento, contaminando así las aguas continentales en mayor o menor medida.

4.4. Seroprevalencia en hepatitis E

La hepatitis E fue descubierta inicialmente por Mikhail Balayan en 1983, el cual ingirió un yogur mezclado con una filtración de heces de unos soldados soviéticos que estaban contagiados. Al no poder enviar muestras a Moscú ya que no disponía de buenos medios para el transporte de la misma, decidió infectarse para posteriormente trasladarse a Moscú donde analizó sus propias muestras de heces. Pasados 36 días de la ingestión del yogur comenzaron a surgir los síntomas, desarrollando una hepatitis E aguda. Años anteriores, más concretamente en 1978, se propuso la existencia de una nueva Hepatitis no-A no-B que causaba síntomas en humanos, la cual posteriormente fue confirmada como Hepatitis E (García et al., 2018). Este nuevo virus se encuentra incluido en el género Orthohepevirus, en la familia Hepeviridae y más concretamente en la especie Orthohepevirus A (López et al., 2018). Este está formado por material genético en forma de ARN lineal y de cadena simple con una polaridad positiva. Esta cadena está formada por tres marcos de lectura abierta: ORF1, ORF2 y ORF3. La poliproteína que forma ORF1 presenta varios dominios con funciones diferentes; función metiltransferasa, proteasa, helicasa y polimerasa dependiente de ARN, junto con X e Y. La poliproteína ORF2 presenta tres subunidades que son necesarias para el correcto ensamblaje y a la correcta interacción del virus con la célula a la que van a infectar; codifica una subunidad estructural llamada preORF2 que cuando se encuentra glucosilada se convierte en una subunidad de la cápside del virus. Por otro lado, la proteína ORF3 interviene en los procesos de ensamblaje de la cápside; se encuentra superpuesta a ORF2 de forma parcial (López Osorio et al., 2018).

Recientemente se ha encontrado un nuevo marco de lectura, ORF4, que se encuentra insertado en ORF1 y cuya expresión produce una proteína que interactúa con RdRp, helicasa y X. Su principal función es reforzar la replicación viral (Mercedes González et al., 2021).

El virus de la hepatitis E presenta diferentes vías de transmisión como pueden ser de persona a persona, a través de alimentos y aguas contaminadas, mediante transfusiones y trasplantes entre otros. La detección del virus suele producirse en personas que oscilan entre los quince y cuarenta años y en los niños. Los climas cálidos favorecen los brotes de hepatitis E, siendo más escasos en las zonas templadas. Los brotes son también favorecidos por la alta contaminación, los meses de invierno y las fuertes lluvias (Sánchez Partidas & Gutiérrez García, 2012).

De los 4 genotipos existentes de la hepatitis E, los genotipos 1 y 2 no son tan frecuentes encontrarlos en países desarrollados ya que estos genotipos no son endémicos, mientras que los genotipos del tipo 3 y 4 parecen estar presentes en mayor frecuencia entre la población.

El virus de la Hepatitis E es capaz de infectar a mamíferos, aves e incluso a los peces debido a que presenta una gran heterogeneidad, por lo que resulta en un importante impacto a nivel mundial. Presenta dos patrones epidemiológicos diferentes, el epidémico y el no epidémico. El patrón epidémico frecuenta la zona de la India, el norte de China y la parte Occidente de África donde la población a la que suele afectar está en el rango de edad de entre los quince y los treinta años, los cuales contraen la enfermedad a través de aguas contaminadas en la mayor proporción de los casos. Por otro lado, el patrón no epidémico se da en países que se encuentran en desarrollo, donde el agua potable escasea (López Osorio et al., 2018). Las áreas reportadas con una alta seroprevalencia en la población adulta son:



Como se ha comentado anteriormente, los países en desarrollo presentan una seroprevalencia superior a los países desarrollados donde el agua potable puede

llegar a escasear, la seguridad alimentaria es pobre y el nivel de vida que existe es inferior a los países que se encuentran totalmente desarrollados, donde existe total abastecimiento de agua potable, alimentos que presentan todas sus garantías en cuanto a la seguridad alimentaria, controles de calidad y otros aspectos que hacen que el control de estos virus sea correcto. Otro factor a tener en cuenta es el clima existente en los diferentes países, ya que las zonas cálidas pueden favorecer la existencia de ciertos virus como la hepatitis E.

En la gráfica se observa que las zonas rurales de Malasia presentan una alta seroprevalencia (45%) donde el acceso a aguas potables presenta una mayor dificultad que en países donde la seroprevalencia es menor como Estados Unidos, Alemania y España. En el resto de los países que se ven reflejados en la gráfica, Arabia Saudita, Egipto, India y China, la seroprevalencia es elevada pero no supera el 30%. En estos países aparte de que el agua potable en algunas zonas escasea, también resalta la alimentación, ya que en muchas zonas de estos países comen animales que no presentan un control sanitario adecuado o previo a la ingesta.

De esta manera, se pueden asociar los brotes al suministro de agua de bebida. el cual puede llegar a muchas personas provocando un brote de la enfermedad. Otros brotes se han asociado a lugares donde existen conflictos como guerras, donde es difícil que exista un buen control de las medidas de higiene entre la población. En las zonas desarrolladas el suministro de agua se ve mejorado con los controles necesarios para su potabilidad y los casos que aparecen suelen ser esporádicos, tratándose de infecciones por consumir alimentos crudos o poco cocinados en su gran mayoría

Si bien hablamos del rango de edad donde encontramos el mayor número de casos de personas que han dado positivo en hepatitis E podemos encontrar que los genotipos 3 y 4 generalmente atacan a la población de edad avanzada o que se encuentran inmunosuprimidos. Gracias a un estudio realizado en España en septiembre de 2020 (Limia et al., 2020) para confirmar las personas que presentan anticuerpos en España se puede obtener la siguiente gráfica:

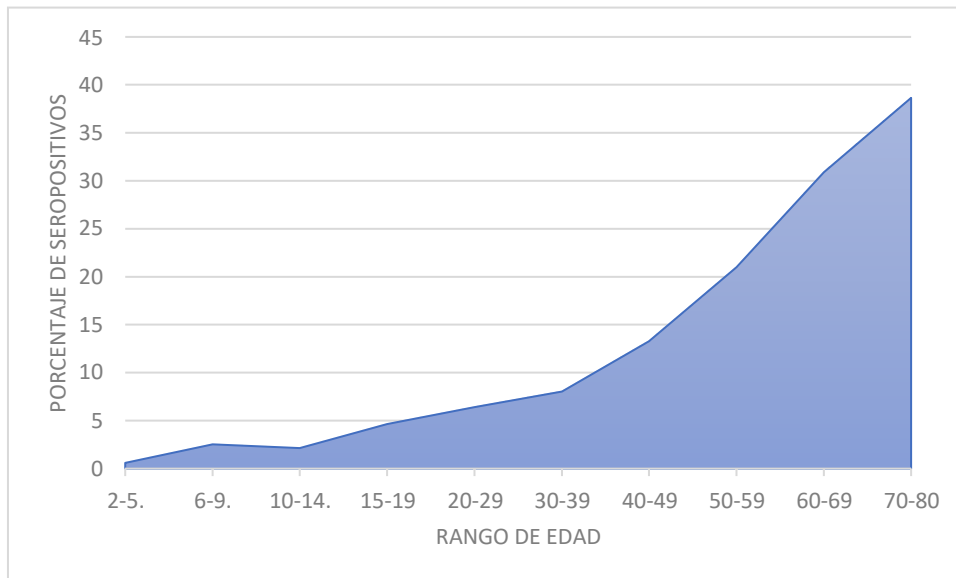


Figura 10. Casos de personas seropositivas en España agrupadas por rango de edad. Fuente: elaboración propia.

Con estos datos reflejados en la figura 10, se puede observar un claro aumento en los casos de personas que han sido diagnosticadas como seropositivas en el virus de la hepatitis E, donde el mínimo se encuentra en la edad entre los dos y los cinco años, llegando al máximo en el rango de edad de entre los setenta y los ochenta años, por lo que se puede deducir que la tendencia de la gráfica es ascendente. El rango de edad de entre los dos años y los treinta y nueve años oscila en un porcentaje del 10% pero a partir de los treinta y nueve años hasta llegar a los noventa años existe una variación del 30%, por lo que encontramos un aumento más brusco en el número de casos a partir del rango de edad entre los treinta y los treinta y nueve años. En este caso, no podemos hablar de condiciones de vida diferentes en la población ya que en España la mayoría de la población tiene acceso ilimitado a los recursos básicos como son el agua potable y alimentos que presentan los correspondientes controles de calidad y de seguridad alimentaria. Por lo que el aumento de casos conforme avanza el rango de edad se asocia a la edad de la población, siendo más propensa la enfermedad en personas de edad avanzada que en niños o adolescentes.

4.5. Seroprevalencia en hepatitis A

El virus de la hepatitis A fue descubierto en 1973 por Stephen M Feinstone, Albert Kapikian y Robert Purcell gracias a la microscopía electrónica donde se detectó un antígeno viral que iba asociado a una enfermedad aguda, a este virus lo

llamaron hepatitis A (Oscullo, 2017). Este virus se encuentra incluido dentro de la familia Picornaviridae, dentro del género Hepatovirus siendo el único integrante de este género. El material genético que presenta es ARN lineal de sentido positivo que mide 7,5 kb y el cual se divide en varias partes (Navas et al., 2015):

- Una de las regiones es la que se encuentra en sentido 5' unida a VPg. Esta región no es codificante.
- El extremo 3' está formado por todas las proteínas virales que conforman el único marco de lectura abierto que presenta. La proteína P1 engloba a todas las proteínas de la cápside, VP1, VP2, VP3 y VP4; La proteína P2 que codifica a las proteínas no estructurales como son las 2A, 2B y 2C. Por último, las proteínas P3 que también codifica proteínas no estructurales como son la 3A, 3C y 3D

El virus de la hepatitis A se transmite principalmente por la vía fecal oral, aunque también pueden transmitirse por otras vías como puede ser a través de los alimentos. La enfermedad causada por este virus suele ser por norma general asintomática en niños, siendo esto un grave peligro para la transmisión a la población al no ser detectada la enfermedad. Los síntomas suelen ser fiebre, náuseas e ictericia entre otros. La vacunación contra la hepatitis A se encuentra disponible en España, siendo muy aconsejable su administración en personas de riesgo y en la población general. La vacunación es recomendable en la infancia contando con dos dosis y alcanzando en un intervalo que oscila en torno a los seis-dieciocho meses una gran respuesta inmune (Limia et al., 2020).

La seroprevalencia de la hepatitis A ha ido disminuyendo con el paso de los años entre la población de entre 20 y 54 años entre lo que destacan la comercialización de una vacuna eficaz contra este virus, las mejoradas condiciones sanitarias en España, la mayor disponibilidad a agua potable y la mejora de la seguridad alimentaria y los controles de potabilidad del agua. Al igual que ocurre con el virus de la Hepatitis E, los países desarrollados presentan una menor seroprevalencia que los países que no están del todo desarrollados, donde las condiciones de vida están por debajo de los niveles de vida que hay en los países totalmente desarrollados (López-Izquierdo et al., 2007).

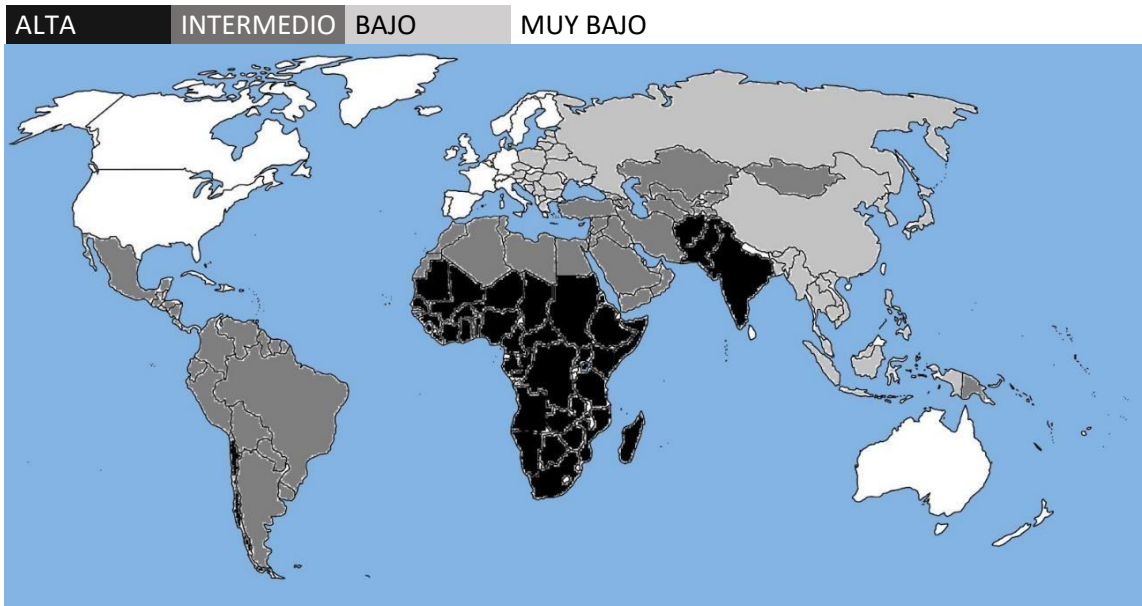


Figura 11. Seroprevalencia de la hepatitis A en el mundo. Fuente: elaboración propia

La seroprevalencia es diferente en cada parte del mundo, pudiendo encontrarnos con zonas con una seroprevalencia muy alta (zonas negras), zonas con un nivel de seroprevalencia intermedio (zonas grises oscuras), zonas donde la seroprevalencia es baja (zonas grises claras) y por último, zonas donde la seroprevalencia es muy baja (zonas blancas).

En este gráfico se observa que las zonas donde la seroprevalencia es mayor es en la India, Pakistan y la zona de Nepal y toda la parte media y baja del continente africano (Jacobsen et al., 2010). Como se ha comentado anteriormente, la hepatitis A es más propensa a encontrarse en zonas donde existe contaminación fecal, haciendo que el agua no sea potable y que puedan existir alimentos contaminados: también en aquellos sitios donde la economía no permite una adecuada vacunación contra la hepatitis A y donde no existe una sanidad adecuada.

Si se revisa el estudio realizado en España en septiembre de 2020 encontramos con unos porcentajes de seropositivos que representan diferentes rangos de edad:

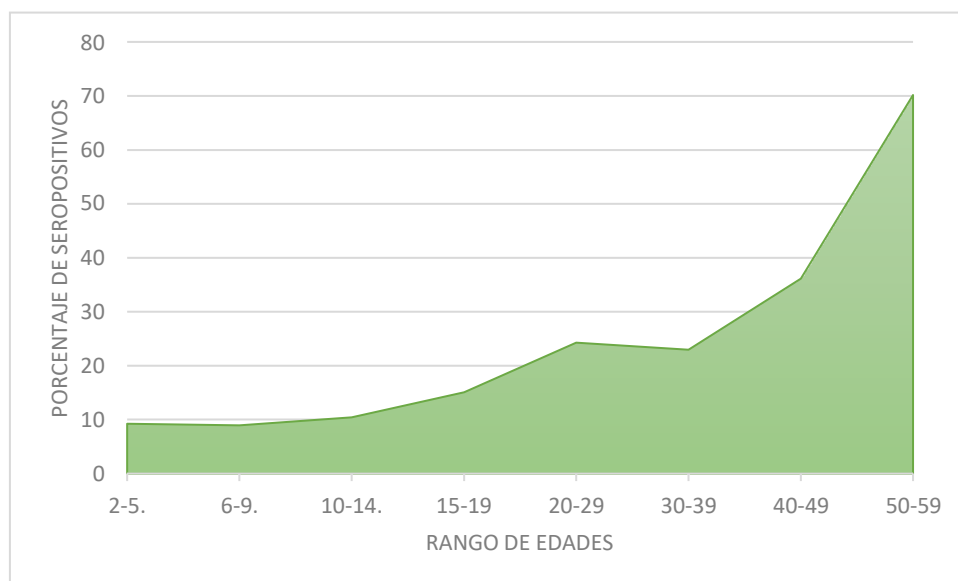


Figura 12. Porcentaje de casos de personas seropositivas por rango de edad en España.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 12 se observa como la tendencia de la gráfica es positiva ya que los seropositivos van aumentando conforme aumenta el rango de edad, exceptuando el rango de entre los 30 y los 39 años que desciende a 22,94% frente al 24,29% que existe en el rango de edad de entre los 20 y los 29 años. El punto máximo encontrado en esta gráfica se encuentra en los años de entre los 50 y los 59, alcanzando ni más ni menos que el 70% de seropositivos entre las 4896 muestras recogidas. Al igual que ocurre con la hepatitis E, el porcentaje de seropositivos avanza con la edad puede ser debido a un deterioro en el sistema inmunológico o a causa de otras patologías que depriman el sistema inmune. Otra de las causas por las que la población joven cuenta con un porcentaje de seropositivos menor puede ser asociada a una vacunación a temprana edad que comenzó a producirse a partir del año 1995, por lo que personas nacidas antes de esta fecha es probable que no cuenten con la vacuna por lo que son más susceptibles a contraer la enfermedad.

4.6. Comparación de las características del virus de la hepatitis E y del virus de la hepatitis A

En la actualidad el virus de la hepatitis A y el virus de la hepatitis E son dos virus que se contraen al ingerir alimentos contaminados o aguas que presentan contaminación por materia fecal. Estos dos virus presentan similitudes y

diferencias que provocan la aparición de enfermedades diferentes en la población.

Características	Virus de la hepatitis A	Virus de la hepatitis E
Ruta de transmisión	Fecal-Oral	Fecal-Oral, zoonosis
Alimentos	Frutas y verduras, leche y derivados, mariscos y moluscos	Carne de cerdo, jabalíes y derivados, leche y frutas y verduras
Material genético	ARN de 7,5 kb	ARN de 7,2 kb
Taxonomía viral	Familia Picornaviridae y género Hepatovirus	Familia Hepeviridae y género Orthohepevirus
Reservorio zoonótico	No	Cerdos, jabalíes y ciervos
Prevención	Control vírico en aguas y medidas de seguridad alimentaria	Control vírico en aguas y medidas de seguridad alimentaria
Sintomatología	Leve en la mayoría de los casos	Leve en la mayoría de los casos
Partícula viral	Alrededor de los 32nm	Alrededor de los 32nm
Vacuna	Sí	No
Infección crónica	No	En algunos casos

Tabla 5. Características de los virus de la hepatitis A y hepatitis E. Fuente: elaboración propia.

En la tabla 5 se plasman las características que más resaltan de los virus de la hepatitis A y la hepatitis E, pudiendo observar que existen similitudes y diferencias entre los dos virus.

La primera similitud y la más destacable es su modo de transmisión, la ruta fecal-oral. Ambos virus son capaces de infectar a una persona que ingiere aguas o alimentos contaminados por materia fecal o por una mala práctica en la seguridad alimentaria, por lo que no se mantiene la inocuidad de estos alimentos. Asociada a esta similitud se puede derivar su prevención, la cual se lleva a cabo con un correcto control de las aguas para asegurarnos de que sean potables y estén libres de partículas infectivas y una correcta seguridad alimentaria, siguiendo correctamente los protocolos adecuados para la manipulación de los alimentos tanto en industrias como en comercios, bares o incluso en casa, entre los que incluyen un correcto lavado de manos y cocinado. Hablando de su material genético se puede observar que ambos están formados por ácido ribonucleico (ARN) y se clasifican dentro de los virus formados por ARN. La estructura de ambos virus carece de envoltura lipídica y los síntomas causados por ambos virus son muy similares, dando lugar a enfermedades agudas o incluso asintomáticas donde en menor medida provocan la muerte de los

pacientes. Tanto la hepatitis E como la hepatitis A pueden encontrarse en alimentos como la leche y las frutas y verduras. Los síntomas generalmente suelen ser leves en ambos y los casos que se asocian a una mayor gravedad suelen darse en personas que presentan una enfermedad hepática ya existente. Otra de las similitudes puede ser el tamaño de la partícula viral, rondando ambas los 32nm.

Si hablamos de las diferencias encontradas entre el virus de la hepatitis A y el virus de la hepatitis E encontramos que no se encuentran dentro de la misma familia y por tanto tampoco dentro del mismo género, siendo el virus de la hepatitis A perteneciente a la familia Picornaviridae y al género Hepatovirus mientras que el virus de la hepatitis E pertenece a la familia Hepeviridae y al género Orthohepevirus. Por esto se puede afirmar que su taxonomía viral es diferente entre ambas. Al hablar del material genético del virus observamos que el virus de la hepatitis E está formado por ARN de aproximadamente 7,2 kb mientras que el ARN de la hepatitis A es de aproximadamente 7,5 kb. La principal vía de transmisión de la hepatitis E es la zoonosis, transmitiéndose a través de los alimentos crudos provenientes de cerdos, jabalíes y otros, mientras que la principal vía de transmisión de la hepatitis A es la ruta fecal-oral. Otra diferencia a destacar es el reservorio zoonótico ya que la hepatitis E presenta reservorio zoonótico en cerdos, jabalíes y ciervos mientras que en la hepatitis A no se encuentra ningún reservorio zoonótico. La hepatitis A no presenta infección crónica mientras que la hepatitis E sí. Por último, cabe destacar que para la hepatitis A sí que existe una vacuna para prevenir la enfermedad mientras que para la hepatitis E existe una vacuna eficaz cuya comercialización sólo está autorizada en China (Hofmeister et al., 2019).

Si comparamos la seroprevalencia encontrada en ambas enfermedades se puede representar la siguiente figura:

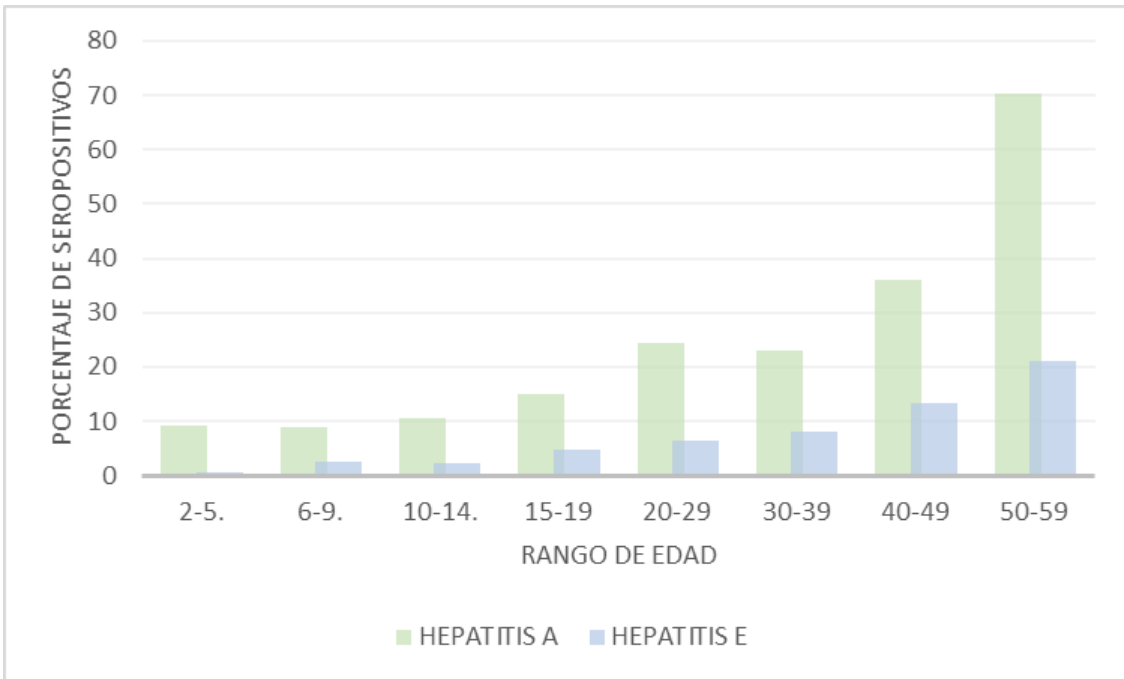


Figura 13. Comparación del porcentaje de seropositivos de hepatitis A y hepatitis E en España.
Fuente: elaboración propia.

En la figura 13 se observa como la seroprevalencia de la hepatitis A es mayor en todos los rangos de edad si la comparamos con la de la hepatitis E. A pesar de que la hepatitis A tenga una vacuna eficaz se observan niveles más elevados que de hepatitis E, la cual solo presenta vacuna eficaz y que se encuentra comercializada en China.

5. CONCLUSIÓN:

Para concluir el presente trabajo Fin de Grado, teniendo en cuenta los datos bibliográficos e información expuesta durante las páginas de este trabajo, se pueden detallar las siguientes conclusiones:

- Los virus que son capaces de transmitirse a través de los alimentos y las aguas han provocado numerosas enfermedades entre la población, pudiendo llegar a causar brotes que ponen en peligro a la población mundial. Gracias a las medidas de seguridad alimentaria y controles víricos en aguas se ha podido evitar en gran medida el aumento de los casos entre la población.
- Existen numerosos virus capaces de transmitirse por esta vía, por lo que es esencial conocer las enfermedades que pueden transmitirse al ingerir los diferentes alimentos que se encuentran disponibles para la población,

así como su forma de cocinarlos evitando que se llegue a contraer la enfermedad por la previa inactivación del virus. De igual forma, es importante que el agua que se ingiera haya sufrido anteriormente los controles adecuados para la potabilización de la misma.

- Con respecto al Sars-CoV-2, es de interés conocer cómo evolucionan los niveles de partículas virales presentes en las aguas residuales de las diferentes depuradoras de España conforme avanzan las semanas.
- El virus de la hepatitis A y el virus de la hepatitis E son virus que se transmiten a través de los alimentos y las aguas contaminadas a nivel mundial. Aunque presentan características muy similares entre ellos, existen características que los hace diferentes, afectando de manera diferente a la población y haciendo que la hepatitis A presente una seroprevalencia más elevada que las registradas por el virus de la hepatitis E.

Aun así, es necesario seguir investigando en las posibles vías de transmisión para poder establecer medidas eficaces que eviten contaminaciones de tipo alimentario.

6. BIBLIOGRAFÍA:

- Abbaszadegan, M., Stewart, P., & LeChevallier, M. (1999). *A Strategy for Detection of Viruses in Groundwater by PCR*. Applied and Environmental Microbiology, 65(2), 444–449. <https://doi.org/10.1128/AEM.65.2.444-449.1999>
- Appleton, H. (2003). *VIRUSES*. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, 6004–6011. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/01252-9>
- Arias, C. F., Isa, P., Guerrero, C. A., Méndez, E., Zárate, S., López, T., Espinosa, R., Romero, P., & López, S. (2002). *Molecular Biology of Rotavirus Cell Entry*. Archives of Medical Research, 33(4), 356–361. [https://doi.org/10.1016/S0188-4409\(02\)00374-0](https://doi.org/10.1016/S0188-4409(02)00374-0)
- Bosch, A., Gkogka, E., le Guyader, F. S., Loisy-Hamon, F., Lee, A., van Lieshout, L., Marthi, B., Myrmel, M., Sansom, A., Schultz, A. C., Winkler, A., Zuber, S., & Phister, T. (2018). *Foodborne viruses: Detection, risk assessment, and control options in food processing*. International Journal of Food Microbiology, 285, 110–128. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.06.001>

- Brandariz-Núñez, D., Balado-Alonso, A. M., de La Cámara-Gómez, M., Fandiño-Orgueira, J. M., Martín-Herranz, M. I., Brandariz-Núñez, D., Balado-Alonso, A. M., de La Cámara-Gómez, M., Fandiño-Orgueira, J. M., & Martín-Herranz, M. I. (2022). *Intoxicación por dióxido de cloro*. *Farmacia Hospitalaria*, 46(5), 308–310. <https://doi.org/10.7399/fh.13221>
- Caballeria, L., Martínez-Escudé, A., Expósito, C., Rodríguez, L., & Torán-Monserrat, P. (2022). *Hepatitis E. Epidemiología y relevancia clínica*. *FMC - Formación Médica Continuada En Atención Primaria*, 29(5), 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.fmc.2021.04.010>
- Christensen, M. L. (1995). *Manual of Clinical Microbiology*. ASM Press. Washington. DC., pp 1012-1016.
- De Oliveira, T. M. L., Guedes, M. I. M. C., Rehfeld, I. S., Matos, A. C. D., Rivetti Júnior, A. v., da Cunha, A. F., Cerqueira, M. M. O. P., Abrahão, J. S., & Lobato, Z. I. P. (2018). *Vaccinia virus detection in dairy products made with milk from experimentally infected cows*. *Transboundary and Emerging Diseases*, 65(1), e40–e47. <https://doi.org/10.1111/tbed.12666>
- Duret, S., Pouillot, R., Fanaselle, W., Papafragkou, E., Liggins, G., Williams, L., & Doren, J. M. (2017). *Quantitative Risk Assessment of Norovirus Transmission in Food Establishments: Evaluating the Impact of Intervention Strategies and Food Employee Behavior on the Risk Associated with Norovirus in Foods*. *Risk Analysis*, 37(11), 2080–2106. <https://doi.org/10.1111/risa.12758>
- Dzierzon, J., Oswaldi, V., Merle, R., Langkabel, N., & Meemken, D. (2022). *Hepatitis E virus cross-contamination on the surface of porcine livers after storage in Euro meat containers in a German pig abattoir*. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 17(1), 33–39. <https://doi.org/10.1007/s00003-021-01357-7>
- Elsevier Connect. (s. f.). *Virus de la hepatitis A: diseminación por el organismo y características principales*. Recuperado el 23 de mayo de 2023 de <https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/edu-virus-de-la-hepatitis-a-diseminacion-por-el-organismo-y-caracteristicas-principales>
- Enfermedades transmitidas por alimentos. (s. f.). OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/temas/enfermedades-transmitidas-por-alimentos>

- Esona, M. D., Gautam, R., Chhabra, P., Vinjé, J., Bowen, M. D., & Burke, R. M. (2022). *Gastrointestinal Tract Infections: Viruses*. Encyclopedia of Infection and Immunity, 82–106. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818731-9.00217-2>
- Espinosa-García, A. C., Arias-Ortíz, C. F., & Mazari-Hiriart, M. (2004). *Virus en sistemas acuáticos e implicaciones en salud pública*. Hidrobiológica, 14(2), 166–178. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972004000200011&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Espinoza-Tellez, Teófilo, Quevedo-León, Roberto, & Ávila-Pizarro, Yennifer. (2022). *Los alimentos como transmisores de virus: Una revisión*. Scientia Agropecuaria, 13(1), 25-42. Epub 05 de enero de 2022. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.003>
- Fathizadeh H, Maroufi P, Momen-Heravi M, et al. *Políticas de protección y desinfección frente al SARS-CoV-2 (COVID-19)*. Le Infezioni en Medicina. (2020); 28 (2): 185-191. PMID: 32275260.
- Favier, A. L., Schoehn, G., Jaquinod, M., Harsi, C., & Chroboczek, J. (2002). *Structural Studies of Human Enteric Adenovirus Type 41*. Virology, 293(1), 75–85. <https://doi.org/10.1006/VIRO.2001.1235>
- García N., González S., Navarro A., Duque C., Polo C., Fernández-Manzano A., Martínez I. y Goyache J. *El virus de la Hepatitis E: un patógeno zoonótico emergente en Europa*. Badajoz Veterinaria. 13:6-15. Colegio Oficial de Veterinarios de Badajoz. 2018. (Artículo de divulgación)
- Gómez-López, A., Díez, R., Luis Coperías, J., & Ladrón de Guevara, C. (2001). *Infección por astrovirus en niños con gastroenteritis*. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 19(5), 199–201. [https://doi.org/10.1016/S0213-005X\(01\)72612-2](https://doi.org/10.1016/S0213-005X(01)72612-2)
- Griffin, D. W., Donaldson, K. A., Paul, J. H., & Rose, J. B. (2003). *Pathogenic Human Viruses in Coastal Waters*. Clinical Microbiology Reviews, 16(1), 129–143. <https://doi.org/10.1128/CMR.16.1.129-143.2003>
- Hirneisen, K. A., Black, E. P., Cascarino, J. L., Fino, V. R., Hoover, D. G., & Kniel, K. E. (2010). *Viral Inactivation in Foods: A Review of Traditional and Novel Food-Processing Technologies*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9(1), 3–20. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00092.x>
- Hofmeister, M. G., Foster, M. A., & Teshale, E. H. (2019). *Epidemiology and Transmission of Hepatitis A Virus and Hepatitis E Virus Infections in the United*

- States. Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine, 9(4), a033431.
<https://doi.org/10.1101/cshperspect.a033431>
- Jacobsen, K. H., & Wiersma, S. T. (2010). *Hepatitis A virus seroprevalence by age and world region, 1990 and 2005*. *Vaccine*, 28(41), 6653–6657.
<https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2010.08.037>
- Juan R. Arbiza. (1993). *Temas de bacteriología y virología médica. Aspectos generales. Sección I*.
- Kämmerer, U., Kunkel, B., & Korn, K. (1994). *Nested PCR for specific detection and rapid identification of human picornaviruses*. *Journal of Clinical Microbiology*, 32(2), 285–291. <https://doi.org/10.1128/jcm.32.2.285-291.1994>
- Kapikian, A. Z., M. K. Estes & R. M. Chanock. (1996). Norwalk group of viruses. In: Fields, B. N., D. M. Knipe & P. M. Howley (Eds.). *Virology*. Lippincott-Raven Publishers. Philadelphia, pp 783-810.
https://doi.org/10.4044/joma1947.117.1_85
- Knipe, D. M., Lieberman, P. M., Jung, J. U., McBride, A. A., Morris, K. V., Ott, M., Margolis, D., Nieto, A., Nevels, M., Parks, R. J., & Kristie, T. M. (2013). *Snapshots: Chromatin control of viral infection*. *Virology*, 435(1), 141–156.
<https://doi.org/10.1016/j.virol.2012.09.023>
- Lavanchy, D. (2002). *Public health measures in the control of viral hepatitis: A World Health Organization perspective for the next millennium*. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 17, S452–S459.
<https://doi.org/10.1046/j.1440-1746.17.s4.9.x>
- Limia Sánchez, A., Olmedo Lucerón, C., del Amo Valero, J., Sánchez-Cambronero Cejudo, L., Soler Soneira, M., & Cantero Gudino, E. (2020). *2º estudio de seroprevalencia en España*. Ministerio de Sanidad.
https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/prevPromocion/vacunaciones/comoTrabajamos/docs/EstudioSeroprevalencia_EnfermedadesInmunoprevenibles.pdf
- López Aday, D., Rivero Álvarez, E., Martínez Torres, A., & Alegret Rodríguez, M. (2013). *Enfermedades transmitidas por alimentos en Villa Clara*. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 51(2), 203–213.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032013000200009&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- López-Izquierdo, R., Antonia Udaondo, M. ^a, Zarzosa, P., García-Ramón, E., Garcinuño, S., Ángel Bratos, M., Orduña, A., Rodríguez-Torres, A., & Almaraz, A. (2007). *Seroprevalencia de las hepatitis virales en población general representativa de una zona básica de salud urbana en Castilla y León*. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 25(5), 317–323. <https://doi.org/10.1157/13102267>
- Lynch, J., & Kajon, A. (2016). *Adenovirus: Epidemiology, Global Spread of Novel Serotypes, and Advances in Treatment and Prevention*. *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine*, 37(04), 586–602. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1584923>
- Maestre Naranjo, M. A., & Muñoz Ortega, S. (2008). *Medidas de actuación para la prevención de la toxoinfección alimentaria*. *Medicina y Seguridad Del Trabajo*, 54(212), 121–130. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2008000300011&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Matsui, S. M. & H. B. Greenberg, 1996. Astroviruses. In: Fields, B. N., D. M. Knipe, & P. M. Howley(Eds.). *Virology*. Lippincott-Raven Publishers. Philadelphia, pp 811-824.
- Medina, S. M., M. F. Gutiérrez, F. Lipandri & J. E. Ldert. (2000). *Identification and type distribution of astroviruses among children with gastroenteritis in Colombia and Venezuela*. *Journal of Clinical Microbiology* 38(9): 3481-3483.
- Melnick, J. L. (1996). *Current status of poliovirus infections*. *Clinical Microbiology Reviews*, 9(3), 293–300. <https://doi.org/10.1128/CMR.9.3.293>
- Méndez-Toss, M., Romero-Guido, P., Munguía, M. E., Méndez, E., & Arias, C. F. (2000). *Molecular analysis of a serotype 8 human astrovirus genome*. *Journal of General Virology*, 81(12), 2891–2897. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-81-12-2891>
- Mercedes González, M., Padilla Sanabria, L., & Castaño-Osorio, J. C. (2021). *Hepatitis E Virus: A review of the current status and perspectives*. *Infectio*, 181–188. <https://doi.org/10.22354/in.v26i2.1019>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). *¿Qué es un vertido?* Recuperado el 23 de mayo de 2023 de <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/vertidos-de-aguas-residuales/que-es-vertido/default.aspx>

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). *Selección de puntos de muestreo*. Recuperado el 23 de mayo de 2023 de <https://www.miteco.gob.es/en/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/vertidos-de-aguas-residuales/alerta-temprana-covid19/VATAR-COVID19-Seleccion-puntos-muestreo.aspx>
- Mir, S. A., Shah, M. A., Mir, M. M., Dar, B. N., Greiner, R., & Roohinejad, S. (2018). *Microbiological contamination of ready-to-eat vegetable salads in developing countries and potential solutions in the supply chain to control microbial pathogens*. *Food Control*, 85, 235–244. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.10.006>
- Miranda, R. C., & Schaffner, D. W. (2019). *Virus risk in the food supply chain*. *Current Opinion in Food Science*, 30, 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.12.002>
- Monroe, S. S., Ando, T., & Glass, R. I. (2000). *Introduction: Human Enteric Caliciviruses—An Emerging Pathogen Whose Time Has Come*. *The Journal of Infectious Diseases*, 181(s2), S249–S251. <https://doi.org/10.1086/315594>
- Nasser, A. M., & Oman, S. D. (1999). *Quantitative assessment of the inactivation of pathogenic and indicator viruses in natural water sources*. *Water Research*, 33(7), 1748–1752. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00380-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00380-7)
- Navas Navas, M., & Báez Triana, P. (2015). *Infección por el virus de la hepatitis A: epidemiología y diversidad genética*. *IATREIA*, 28(2). <https://doi.org/10.17533/udea.iatreia.v28n2a06>
- Oromí Durich, J. (1980). *Medicina integral: medicina preventiva y asistencia en atención primaria de salud*. In *Medicina Integral* (Vol. 40, Issue 1). IDEPSA. <http://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-las-toxiinfecciones-alimentarias-como-problema-13033379>
- Oscullo, J. (2017). *Hepatitis virales del descubrimiento a la lucha*. Elsevier Connect. <https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/hepatitis-virales-del-descubrimiento-a-la-lucha#:~:text=Feinstone%20Kapikian%20y%20Purcel%2C%203,vez%20aislado%20en%20microscopia%20electr%C3%B3nica>
- Peláez, D., Guzmán, B. L., Rodríguez, J., Acero, F., & Nava, G. (2016). *Presencia de virus entéricos en muestras de agua para el consumo humano en Colombia: desafíos de los sistemas de abastecimiento*. *Biomédica*, 36, 169. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v36i0.2987>

- Petric, M., Murray, P. R., E. J. Baron, M. A. Pfaller, F. C. Tenover & R. H. Tenover (1995). *Caliciviruses, astroviruses and other diarrheic viruses*. Manual of Clinical Microbiology. ASM Press. Washington, DC., pp 1017-1024.
- Pina Pedrero, S. (2001). *Detección y caracterización de virus patógenos humanos en muestras ambientales y moluscos bivalvos*. <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/42376#.Y9Kw2L2RXoo.mendeley>
- Pina, S., Puig, M., Lucena, F., Jofre, J., & Girones, R. (1998). *Viral Pollution in the Environment and in Shellfish: Human Adenovirus Detection by PCR as an Index of Human Viruses*. Applied and Environmental Microbiology, 64(9), 3376–3382. <https://doi.org/10.1128/AEM.64.9.3376-3382.1998>
- Quevedo-león, R., Bastías-Montes, J., Espinoza-Tellez, T., Ronceros, B., Balic, I., & Muñoz, O. (2020). *Inactivation of Coronaviruses in food industry: The use of inorganic and organic disinfectants, ozone, and UV radiation*. Scientia Agropecuaria, 11(2), 257–266. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.14>
- Randazzo, W., Falcó, I., Pérez-Cataluña, A., & Sánchez, G. (2020). *Virus entéricos humanos en alimentos: detección y métodos de inactivación*. Arbor, 196(795), 539. <https://doi.org/10.3989/arbor.2020.795n1003>
- Ricci, A., Allende, A., Bolton, D., Chemaly, M., Davies, R., Fernandez Escamez, P. S., Herman, L., Koutsoumanis, K., Lindqvist, R., Nørrung, B., Robertson, L., Ru, G., Sanaa, M., Simmons, M., Skandamis, P., Snary, E., Speybroeck, N., ter Kuile, B., Threlfall, J., ... Girones, R. (2017). *Public health risks associated with hepatitis E virus (HEV) as a food-borne pathogen*. EFSA Journal, 15(7). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4886>
- Rodríguez-Frias, F., Jardi, R., & Buti, M. (2012). *Hepatitis E: virología molecular, epidemiología y patogénesis*. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 30(10), 624–634. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2012.01.014>
- Ruiz-Bravo, A., Jiménez-Valera, M., Ruiz-Bravo, A., & Jiménez-Valera, M. (2020). *SARS-CoV-2 y pandemia de síndrome respiratorio agudo (COVID-19)*. Ars Pharmaceutica (Internet), 61(2), 63–79. <https://doi.org/10.30827/ars.v61i2.15177>
- Rzeżutka, A., & Cook, N. (2004). *Survival of human enteric viruses in the environment and food*. FEMS Microbiology Reviews, 28(4), 441–453. <https://doi.org/10.1016/j.femsre.2004.02.001>
- Sancha-Escudero, V., Cobo-Sánchez, J. L., Mancebo-Salas, N., Pelayo-Alonso, R., Gancedo-Gonzalez, Z., Sancha-Escudero, V., Cobo-Sánchez, J. L., Mancebo-

- Salas, N., Pelayo-Alonso, R., & Gancedo-González, Z. (2021). *Vacuna contra el SARS-CoV-2 (COVID-19) y enfermedad renal crónica*. *Enfermería Nefrológica*, 24(2), 117–127. <https://doi.org/10.37551/S2254-28842021012>
- Sánchez Conde, M. (2010). *Infecciones víricas*. *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 10(59), 4061–4069. [https://doi.org/10.1016/S0304-5412\(10\)70161-X](https://doi.org/10.1016/S0304-5412(10)70161-X)
- Sánchez Partidas, D. A., & Gutiérrez García, C. del R. (2012). *Virus de la hepatitis E: Características biológicas y epidemiológicas*. *Revista de La Sociedad Venezolana de Microbiología*, 32(1), 6–12. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562012000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Sánchez-Fauquier, A., Roman, E., Colomina, J., & Wilhelmi, I. (n.d.). *Gastroenteritis por Astrovirus*. Características y microbiológicas de las gastroenteritis por astrovirus.
- Sawyer, M. H. (2002). *Enterovirus infections: Diagnosis and treatment*. *Seminars in Pediatric Infectious Diseases*, 13(1), 40–47. <https://doi.org/10.1053/SPID.2002.29756>
- Schirone, M., Visciano, P., Tofalo, R., & Suzzi, G. (2017). *Editorial: Biological Hazards in Food*. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02154>
- Sciandra, I., Piccioni, L., Coltella, L., Ranno, S., Giannelli, G., Falasca, F., Antonelli, G., Concato, C., & Turriziani, O. (2020). *Comparative analysis of 2 commercial molecular tests for the detection of gastroenteric viruses on stool samples*. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, 96(1), 114893. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2019.114893>
- Sociedad Española de Patología Digestiva., L., & Rivero Fernández, M. (2004). *Hepatitis E*. *Revista española de* (Vol. 100, Issue 8). Editorial Garsi. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1130-01082008000800013&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Tanaka, J. (2000). *Hepatitis A shifting epidemiology in Latin America*. *Vaccine*, 18(SUPPL. 1), S57–S60. [https://doi.org/10.1016/S0264-410X\(99\)00466-1](https://doi.org/10.1016/S0264-410X(99)00466-1)
- Tate, C. H. & K. FOX-ARNOLD. 1990. *Health and aesthetic aspects of water quality*. In: Pontius, F. W. (Ed.). *Water quality and treatment*. AWWA. McGraw-Hill, New York, pp 63-154.

- Torok, V., Hodgson, K., McLeod, C., Tan, J., Malhi, N., & Turnbull, A. (2018). *National survey of foodborne viruses in Australian oysters at production*. *Food Microbiology*, 69, 196–203. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.08.014>
- Tuladhar, E., Hazeleger, W. C., Koopmans, M., Zwietering, M. H., Duizer, E., & Beumer, R. R. (2013). *Transfer of noroviruses between fingers and fomites and food products*. *International Journal of Food Microbiology*, 167(3), 346–352. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.09.018>
- Upfold, N. S., Luke, G. A., & Knox, C. (2021). *Occurrence of Human Enteric Viruses in Water Sources and Shellfish: A Focus on Africa*. *Food and Environmental Virology*, 13(1), 1–31. <https://doi.org/10.1007/s12560-020-09456-8>
- Vaughn, J. M. & J. F. Novotny. (1991). *Virus inactivation by disinfectants*. In: Hurst, C. J. (Ed.). *Modeling the environmental fate of microorganisms*. U.S. EPA. American Society for Microbiology, pp 217-241.
- Virus - ELIKA Seguridad Alimentaria. (2021). ELIKA Seguridad Alimentaria. <https://seguridadalimentaria.elika.eus/fichas-de-peligros/virus/#:~:text=Rotavirus%3A%20Se%20le%20asocia%20a,con%20deficientes%20pr%C3%A1cticas%20higi%C3%A9nico%2Dsanitarias>
- Wielinga, P. R., & Schlundt, J. (2012). *Food Safety: At the Center of a One Health Approach for Combating Zoonoses* (pp. 3–17). https://doi.org/10.1007/82_2012_238
- Yates, M. V, Gerba, C. P., & Kelley, L. M. (1985). *Virus persistence in groundwater*. *Applied and Environmental Microbiology*, 49(4), 778–781. <https://doi.org/10.1128/aem.49.4.778-781.1985>
- Yuan, J., Lu, Y., Cao, X., & Cui, H. (2020). *Regulating wildlife conservation and food safety to prevent human exposure to novel virus*. *Ecosystem Health and Sustainability*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/20964129.2020.1741325>