



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**



FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

**INOCUIDAD DEL AGUA UTILIZADA EN LOS FRUTOS DE
Capsicum annuum PRODUCIDO EN MICHOACÁN**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
QUÍMICA FARMACOBIOLOGA**

PRESENTA:

MARIA FERNANDA VELA HERNÁNDEZ

ASESOR:

D.C. RAFAEL ORTIZ ALVARADO

MORELIA, MICH.

SEPTIEMBRE DE 2017.

AGRADECIMIENTOS:

Le agradezco principalmente a Dios por ayudarme en cada uno de mis logros y permitirme alcanzar la culminación de mi carrera.

Agradezco a mi asesor el D.C. Rafael Ortiz Alvarado por su dedicación, paciencia y ser un gran apoyo durante todo este proyecto.

A cada uno de mis sinodales:

M.C. María del Rocío Lara Madrigal.

D.C. Lucía Santibáñez Mondragón.

D.C. Rubén Chávez Rivera.

M.T.E. Lucía M. Nava Barrios.

D.C. Joel A. Rodríguez Ceballos.

Por sus puntuales observaciones para enriquecer de este trabajo.

A mis compañeros y grandes amigos: Bian e Ise por ser parte de mi vida acompañando y siendo cómplices en cada aventura, tristeza y alegría.

Marlen quien ha sido una gran amiga desde que coincidimos en la carrera, Trini que aunque sea un enojón siempre está para apoyarnos y Alex por formar parte de este camino y estar cuidando de nosotros. Gracias a todos ustedes.

DEDICATORIA:

A mis padres Juan Carlos Vela y Ma. Esperanza Hernández, por ser mi apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por cada palabra alentadora o por aquellos pequeños regaños que hacían de mi una mejor persona, por impulsarme a seguir adelante para cumplir todas las metas que me ayuden a crecer como persona y como profesional.

De igual manera hacia mis hermanos Juan Pablo Hernández y Calos Oscar Vela que me han acompañado a lo largo de mis logros y que han sido un vinculo importante para mi realización.

A mi Nina, Gracias por tu apoyo y por acogerme tantos años, sabiendo que sin tu ayuda no podría llegar a este gran momento.

A toda mi familia, que aun en la distancia se preocupan de mi bienestar y apoyan cada paso que doy.

Infinitas Gracias!

ÍNDICE:

Resumen.....	9
Abstract.....	10
Antecedentes.....	11
1. Introducción.....	14
1.1 Enfermedades de transmisión alimentaria.....	17
1.1.1 Microbiología de los alimentos.....	19
1.1.2 Contaminantes químicos.....	23
1.2 Fuentes de contaminación.....	29
1.3 Agua.....	34
1.4 Huella Hídrica.....	40
2. Justificación.....	45
3. Hipótesis.....	46
4. Objetivo general.....	47
4.1 Objetivos.....	47
5. Material y Métodos.....	48
5.1 Método descriptivo.....	49
5.2 Mapa de ruta.....	50
6. Resultados.....	51
6.1 Formulas.....	51
6.2 Análisis Físicos.....	51
6.3 Análisis Químicos.....	52
7. Discusión.....	74

8. Conclusiones.....	75
9. Referencias bibliográficas.....	76
10. Anexos.....	84
10.1 Glosario.....	84
10.2 Glosario de abreviaturas.....	86
10.3 Infografía SICDET-CONACYT-FORDECYT.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

1. <i>Persea americana</i>	15
2. <i>Rubus spp</i>	15
3. <i>Capsicum annuum</i>	15
4. Porcentaje de agua en el organismo.....	34
5. Estructura del Agua.....	36
6. Huella Hídrica.....	42
7. Distribución del Agua.....	44
8. Espectrofotómetros específicos.....	48
9. Gráfica de Agua suministrada A.....	56
10. Gráfica de Calcio suministrado A.....	56
11. Gráfica de Magnesio suministrado A.....	57
12. Gráfica de Nitratos suministrados A.....	57
13. Gráfica de Nitritos suministrados A.....	58
14. Gráfica de Agua suministrada B.....	61
15. Gráfica de Calcio suministrado B.....	61
16. Gráfica de Magnesio suministrado B.....	62
17. Gráfica de Nitratos suministrado B.....	62
18. Gráfica de Nitritos suministrado B.....	63
19. Gráfica de Agua consumida A.....	66
20. Gráfica de Calcio consumido A.....	66
21. Gráfica de Magnesio consumido A.....	67

22. Gráfica de Nitratos consumidos A.....	67
23. Gráfica de Nitritos consumidos A.....	68
24. Gráfica de Agua consumida B.....	71
25. Gráfica de Calcio consumido B.....	71
26. Gráfica de Magnesio consumido B.....	72
27. Gráfica de Nitratos consumidos B.....	72
28. Gráfica de Nitritos consumidos B.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

1. Géneros bacterianos, mohos y levaduras.....	22
2. Ingesta diaria admitida.....	24
3. Valor máxima orientativo.....	24
4. Ingesta del ion nitrato.....	25
5. Consumo de agua.....	35
6. Análisis Físicos.....	51
7. Análisis Químico aniones.....	52
8. Análisis Químico cationes.....	53
9. Agua suministrada por cada planta A.....	54
10. Iones suministrados para cada planta A.....	55
11. Agua suministrada por cada planta B.....	59
12. Iones suministrados por cada planta B.....	60
13. Agua consumida por cada planta A.....	64
14. Iones consumidos por cada planta A.....	65
15. Agua consumida por cada planta B.....	69
16. Iones consumidos por cada planta B.....	70

RESUMEN

La producción agroalimentaria en la actualidad, está determinada por la generación y aplicación de tecnologías que aseguran la producción de alimentos con valor comercial como es el caso de *Capsicum annuum* (Pimiento morrón), estos ahora empleadas en invernaderos en donde es necesario poder controlar el mayor número de factores y recursos que aseguren la inocuidad del producto alimentario para el consumidor final.

Uno de ellos es el uso del agua, el cual determina el éxito en la producción de los productos agroalimentarios, este nos indica que contar con agua de calidad es una necesidad ingente en la producción de alimentos, dicho recurso, debe de cuidarse, a lo largo de la producción, distribución y preparación de los alimentos. Es por ello que es necesario contar con herramientas que permitan monitorear la calidad del agua, a través de un laboratorio de análisis y el aseguramiento de la calidad del agua.

El cultivo ha evolucionado hacia condiciones controladas como el consumo de agua de calidad, la cual debe ser monitoreada de manera constante para asegurar la inocuidad del producto alimenticio.

De este manera, el agua que es usada para la producción de *Capsicum annum* en condiciones controladas, se tiene que someter a un análisis químico, realizando determinaciones de iones como control de calidad de la nutrición e inocuidad del agua los cuales son: fosfatos (PO_4^{3-}), fluoruros (F^-), nitritos (NO_2^-), nitratos (NO_3^-), cloro total (Cl^-), magnesio (Mg^{+2}), hierro ($\text{Fe}^{+2, +3}$), estos parámetros inorgánicos en el agua determinan las fórmulas de nutrición a utilizar por los productores de *Capsicum annum* en los invernaderos.

- **Palabras Clave:**

(Inocuidad agroalimentaria, *Capsicum annuum*, microorganismos, análisis de iones, Huella Hídrica)

ABSTRACT

The agri-food production at present, is determined by the generation and application of technologies that assure the production of foods with commercial value as is the case of *Capsicum annuum* (Bell pepper), now used in greenhouses where it's necessary to be able to control the greater number of factors and resources that ensure the safety of the food product for the final consumer.

One of them is the use of water, which determines the success in the production of agri-food products, this indicates to us that having quality water is an enormous need in food production, this resource, must be taken care of, Production, distribution and preparation of food. That is why it is necessary to have tools to monitor the quality of water, through the laboratory of analysis and water quality assurance.

The crop has evolved to controlled conditions such as the consumption of quality water, which must be monitored constantly to ensure the safety of the food product.

In this way, the water that is used for the production of *Capsicum annuum* under controlled conditions, has to be subjected to chemical analysis, making determinations of ions such as quality control of nutrition and water safety which are: phosphates (PO_4^{3-}), Fluorides (F^-), nitrites (NO_2^-), nitrates (NO_3^-), total chlorine (Cl^-), magnesium (Mg^{+2}), iron ($\text{Fe}^{+2, +3}$), these inorganic parameters in water determine the formulas Nutrition to be used by producers of *Capsicum annuum* in greenhouses.

- **Keywords:**

(Agri-food safety, *Capsicum annuum*, microorganisms, ion analysis, water footprint)

ANTECEDENTES

La historia de la especie humana es posible explicarla con bastante precisión, ya que la herramienta que permite estudiarla, se basa en la manera en la que la especie se alimentaba.

A lo largo del tiempo se han originado importantes cambios entre el hombre prehistórico y el hombre actual, lo que marca este cambio es como ahora definimos la alimentación humana (Brown, M.J. 2016).

La palabra alimento viene del latín *alere* que significa nutrir, hacer crecer, se relaciona con el acto humano de comer, que satisface necesidades biológicas y sociales (Osei-Kwasi, H. A. et al., 2016).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define como alimentación a “un proceso consiente y voluntario que consiste en el acto de ingerir alimentos para satisfacer la necesidad de comer” («Definición de Alimento segun la FAO.pdf», s. f.).

La especie humana (*Homo sapiens*), ha tenido un éxito evolutivo, respecto a otras especies del pleistoceno, las cuales se extinguieron, entre ellas otras especies de homínidos como el denominado hombre de Neandertal (*Homo neandertalis*), (Gunbin, K. V., Afonnikov, D. A, Kolchanov, N. A., Derevianko, A. P. & Rogaev, E. I. 2015). Este éxito ha sido atribuido a varias estrategias adaptativas y evolutivas, como el manejo y desarrollo de herramientas de caza y la evolución de estructuras cerebrales, así como el paso de nuestra especie nómada a una especie sedentaria, lo cual ha sido controvertido (Glowacki, L. & Molleman, L. 2017), se ha documentado que el *H. sapiens* hace 30,000 años había desarrollado o implementado estrategias de selección, colección, procesamiento y almacenamiento de semillas ricas en fibra, lípidos y carbohidratos, todo esto, contenido en una primitiva “galleta” hecha a base de semillas colectadas por *H. sapiens*, para continuar la marcha, nómada. Esto sin duda debió originar un cambio adaptativo en la alimentación humana, la cual dependía de una forma de

caza y colección para una especie nómada, pero en el momento de elegir e instaurar la selección, colección, procesamiento y almacenamiento de especies biológicas para la supervivencia de la especie Homínida, marca un paso intermedio hacia el sedentarismo. En donde el sedentarismo se expresa como el establecimiento del hombre en un nicho ecológico que le permite gestionar los recursos naturales que le aseguren la explotación de otras especies biológicas para su alimentación. De esta forma las culturas humanas primigenias, se desarrollaron a la par del sedentarismo y de la forma de asegurar la alimentación a través de ganadería y agricultura (Abbo, S. et al., 2009).

El hombre prehistórico se preocupaba por la calidad del alimento, ya que su importancia radicaba en la supervivencia. Ahora el hombre cuenta con la disponibilidad de recursos más diversos, agotando los esfuerzos que se implementaban con anterioridad, centrando su elección en la calidad, estas se encuentran determinadas por las costumbres, tradiciones y creencias con las que cada ser humano cuenta.

De esta forma la agricultura ha servido de base a varias culturas humanas en diversos sitios geográficos y tiempos, de tal forma que las culturas primitivas empezaron a seleccionar especies vegetales más aptas para la alimentación humana y animal, como por ejemplo las especies del género *Triticum spp.* Varias culturas que basaron su alimentación en el trigo como el antiguo Egipto, Mesopotamia, asirios, hititas, romanos y una buena parte de las culturas europeas actuales que fundamentan su alimentación en base al trigo. En el caso de las culturas Asiáticas como las dinastías imperiales chinas, coreanas y japonesas, estructuraron y aseguraron la producción de la especie denominada *Oryza sativa* (arroz) la cual sigue en pie hasta nuestros días y sigue siendo el fundamento alimenticio de miles de millones de seres humanos diariamente. Particularmente en el Continente Americano se tienen varias culturas que se desarrollaron y fueron centro de origen de diversidad genética como es el caso de los Incas los cuales explotaron la papa (*Solanum tuberosum*), la cual permitió la subsistencia de varias naciones europeas posterior a la caída de los Incas, Hambruna Irlandesa del siglo

XIX (Beaumont, J. & Montgomery, J., 2016), pero de entre todas las zonas y geográficas que aportaron y trascendieron al impacto cultural de la Conquista el territorio Mesoamericano, el cual comprende mayoritariamente a México, como Nación ha aportado a la humanidad especies importantes para la supervivencia humana, desde el punto de vista alimenticio. Basta mencionar los ejemplos que son referentes universales, como el maíz, aguacate, tomate o jitomate, cacao y particularmente un género que comprende varias especies denominado *Capsicum spp.* Donde lo característico de este género es la concentración de capseicina, la cual le otorga esa característica de pungencia, y colores atractivos que en fechas recientes se explotan a nivel comercial a través de la sistematización de cultivos controlados y protegidos (invernaderos), se consiguen rendimientos adecuados, para su exportación a nivel mundial, por lo que coloca a la agroindustria Mexicana como un referente mundial para la producción y explotación de las especies del genero *Capsicum spp.* A pesar de que existen múltiples desafíos de gestión de recursos que pueden poner en riesgo esta primacía Mexicana en lo que concierne a la producción agroalimentaria en condiciones controladas y el tema de Inocuidad y Aseguramiento de la Calidad del agua es una asignatura pendiente.

Esta evolución de la alimentación a lo largo de la historia, ha estado marcada por cambios sociales, políticos y económicos. Los grandes viajes y descubrimientos contribuyeron a la diversificación de la dieta, pero al mismo tiempo, la abundancia o escasez de alimentos, ha condicionado el desarrollo de los acontecimientos históricos (Bolaños, R. P, 2009).

1. INTRODUCCIÓN

La población mundial tiene un tasa de crecimiento anual sostenida, la cual tiene diferentes necesidades, entre las que destaca la nutrición y el acceso a salud. En donde la forma de producción agrícola extensiva a cielo abierto es inviable, desde el punto de vista de consumo de recursos, como el agua y los nutrientes que requieren las plantas en las cuales se basa nuestra dieta humana. Es por ello que existe una presión por la producción de alimentos con la seguridad alimentaria correspondiente.

La calidad del agua que se utiliza para la producción y distribución de alimentos es un tema que debe ser abordado de manera adecuada, por lo que contar con agua de calidad para uso y consumo humano es de vital importancia para la producción de alimentos en fresco.

La producción agroalimentaria en la actualidad, está determinada por la generación y aplicación de tecnologías que aseguran la producción de alimentos con valor comercial en las que destacan los casos de éxito de *Persea americana* - Aguacate (Fig. 1), *Rubus spp* - Zarzamora (Fig. 2) y *Capsicum annuum* – Pimiento morrón (Fig. 3), en donde es necesario poder controlar el mayor número de factores que aseguren la inocuidad del producto alimentario para el consumidor final.

En México, particularmente el estado de Michoacán, se ha posicionado como una potencia en términos de producción y distribución de productos en fresco a nivel mundial. De esta manera, determinar los parámetros de calidad del agua es necesario para asegurar la producción e inocuidad de frutos que se producen en el Estado y así asegurar la competitividad. En estos casos la disponibilidad de agua de calidad determina el éxito en los sistemas producto.



Fig. 1 Aguacate (*Persea americana*).
Fuente: (Vela, H. M. F., 2017).



Fig. 2 Zarzamora (*Rubus spp*).
Fuente: (Vela, H. M. F., 2017).



Fig.3 Pimiento morrón (*Capsicum annuum*).
Fuente: CA-211 / UMSNH

Durante la vida y las actividades humanas diarias se necesita el uso y consumo del agua. No obstante, el agua con la calidad adecuada para estos usos humanos no siempre está disponible, se debe mencionar que nuestro planeta tiene efectivamente cantidades significativas de agua, pero esta agua contenida en forma mayoritaria en los océanos y en algunos sitios subterráneos no cumple con los requerimientos de calidad para el uso y consumo humano esto debido a la presencia de altas concentraciones de sales minerales, aún a pesar de la existencia de tecnologías que permiten desalinizar y potabilizar el agua de los océanos para su uso y consumo humano, estas tecnologías son hasta el momento sumamente restringidas por la cantidad energía y económicamente no sustentables. Por lo que es necesario preservar y administrar de una manera integral, responsable y sostenible el agua que es útil para el uso y consumo humano.

1.1 ENFERMEDADES DE TRANSMISIÓN ALIMENTARIA (ETA)

Las Enfermedades de Transmisión Alimentaria (ETA) son aquellas que se originan por la ingestión de alimentos infectados con agentes contaminantes en cantidades superficiales para afectar la salud del consumidor.

El ingerir un alimento con calidad, no implica que este sea mejor, ya que se han incrementado las enfermedades relacionadas con la alimentación actualmente.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) es un organismo que define como Enfermedades de transmisión alimentaria a “todas aquellas enfermedades de carácter infeccioso o tóxico, causadas por agentes que penetran al organismo usando como vehículo el alimento”. De igual manera Duran, R., 2007, lo define como “todas aquellas que se originan por la ingestión de alimentos infectados con agentes contaminantes en cantidades suficientes para afectar la salud del consumidor”.

Los alimentos sólidos naturales, preparados, o bebidas simples como el agua, pueden generar malestares provocados por patógenos, tales como bacterias, virus, hongos, parásitos o componentes químicos que se encuentren en el interior. Los signos más comunes de esta ETA son diarreas y vómitos, pero también se pueden presentar; dolores abdominales, dolor de cabeza, fiebre, síntomas neurológicos, visión doble, ojos hinchados, dificultades renales, entre otros.

Existen ciertas enfermedades que pueden desarrollarse en un largo plazo, como *Escherichia coli*, esta puede provocar fallas en el riñón en niños y bebés, la *Salmonella* puede provocar artritis y serias infecciones, y la *Listeria monocytogenes* puede generar meningitis o un aborto en las mujeres (Martínez, H. J., 2013). Las enfermedades transmitidas por alimentos pueden manifestarse a través de:

- Infecciones.
- Intoxicaciones.
- Toxi-infecciones causadas por alimentos.

- **COLIFORMES**

Schardinger en 1882 fue el primero que propuso el uso de este organismo como un índice de contaminación fecal porque se podía aislar e identificar con mayor facilidad que cualquiera de los patógenos transmitidos por las aguas. Smith en 1885 propuso una prueba para este organismo como medida de la potabilidad del agua bebida. Esto marco el comienzo del uso de los coliformes como indicadores patógenos en el agua (Jay, J. M., 2000).

Los coliformes son bacilos Gram-negativos asporógenos. Por lo general los coliformes están representados por cuatro géneros de la familia Enterobacteriaceae:

- *Citrobacter*
- *Enterobacter*
- *Escherichia*
- *Klebsiella*

E. coli se representa como el más indicativo en la contaminación fecal que los otros géneros antes mencionados (Jay, J. M., 2000).

Los coliformes fecales se definen por la producción de ácido y gas en caldo de *Escherichia coli* (E.C), este medio es utilizado para el recuento de coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli* en agua, alimentos y otros materiales, a temperaturas comprendidas generalmente a 44.5°C o a 45.5°C. Una prueba para coliformes fecales es una prueba para el tipo I de *E. coli*. (Kumar, A., Tiwary, B. K., Kachhap, S., Nanda, A. K. & Chakraborty, R., 2015) .

1.1.1 MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Existen infinidad de potenciales agentes infecciosos en el agua bebida.

En los manantiales de montaña o en algunas aguas extraídas del subsuelo profundo, la materia orgánica puede estar presente en el agua, en mayor o menor medida. Esta materia orgánica puede proceder de la descomposición de algas y restos de hojas y otras plantas, de las heces y orina de animales y personas, así como de abonos procedentes de la agricultura (Wang, D. et al., 2013).

Lo que llamamos materia orgánica es un alto nivel de bacterias, hongos y seres unicelulares, como serían:

- Protozoos flagelados
- Ciliados
- Algas

Los estándares de calidad de los alimentos, están relacionados con la carga microbiana que puede ser alta o baja dependiendo del alimento. En los alimentos encontramos microorganismos que pueden ser de riesgo para el consumidor y otros que no, éstos pueden indicar la calidad de los alimentos (Qi, Z., Dong, D., Yang, H. & Xia, X., 2017).

El peligro para los consumidores está en que los alimentos hayan sido preparados violando parcial o totalmente las normas de higiene, desinfección y limpieza. La contaminación de los productos por microorganismos, puede constituir el vehículo de transmisión de enfermedades tales como la salmonelosis o las intoxicaciones estafilocócica (Martínez, H. J., 2013).

El alimento puede constituir el vehículo de transmisión de dos principales grupos de microorganismos patógenos para el hombre. El primero grupo está constituido por aquellos que causan infecciones en los animales y son transmitidas a los humanos, estas pueden ser causadas por:

- Bacterias
- Virus
- Helmintos
- Hongos
- Protozoos

Estos son encontrados en los alimentos en el momento de comprarlos, constituyen una contaminación endógena.

El segundo grupo son aquellos microorganismos causantes de intoxicaciones, infecciones o toxiinfecciones que inicialmente no están presentes en los alimentos, sino que se introducen posteriormente (Martínez, H. J., 2013).

Los microorganismos perjudiciales para el alimento son aquellos que producen alteraciones en los mismos causando cambios tales como: sabores desagradables, demasiada acidez y pigmentaciones. Los principales microorganismos que alteran la acidez de los alimentos son:

- Bacterias
- Mohos
- Levaduras

Las bacterias son microorganismos unicelulares que carecen de núcleo y tiene la capacidad de reproducirse rápidamente si el medio es favorable. Durante la reproducción se puede generar toxinas que pueden poner en riesgo la vida de las personas. Las bacterias más importantes en alimentos son:

- *Campylobacter jejuni*
- *Clostridium butulinum*
- *Escherichia coli* O₁₅₇:H₇
- *Hepatitis A*
- *Listeria monocytogenes*
- *Salmonella*

- *Staphylococcus aureus*
- *Shigella*

Los microorganismos se encuentran en todos los ambientes que componen la biosfera y en estrecha interacción con todos sus componentes (Durán, R. F., 2007).

Tabla 1. Géneros bacterianos, mohos y levaduras

BACTERIAS GÉNERO	MOHOS GÉNERO	LEVADURAS GÉNEROS
Acetobacter	Alternaria	Brettanomyces
Acinetobacter	Aspergillus	Candida
Alcaligenes	Botrytis	Debaryomyces
Bacillus	Byssochlamy	Endomycopsis
Bacteroides	Cephalosporium	Hansenula
Citrobacter	Cladosporium	Kloeckera
Campylobacter	Colletotrichum	Mycoderma
Clostridium	Fusarium	Rhodotorula
Corynebacterium	Geotrichum	Saccharomyces
Enterobacter	Helminthosporium	Schizosaccharomyces
Escherichia	Mucor	Torulopsis
Flavobacterium	Rhizopus	Trichosporon
Kurthia	Sporotrichum	
Micrococcus	Thamnidium	
Pediococcus	Trichothecium	
Proteus	Neurospora	
Pseudomonas	Penicillium	
Salmonella		
Serratia		
Shigella		
Staphylococcus		
Streptococcus		
Streptomyces		
Flavobacterium		
Lactobacillus		

(Durán, R. F., 2007)

1.1.2 CONTAMINANTES QUÍMICOS

El agua puede ser contaminada por cualquier sustancia soluble como sales, ácidos, sustancias alcalinas y detergentes, insoluble como hidrocarburos, o sustancias de alta actividad tóxica en pequeñas concentraciones como metales pesados (Martínez, H. J., 2013).

Los iones Biológicamente Activos necesarios para el cultivo de *Capsicum annumm* son:

- **Nitratos y Nitritos:**

Los nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-) son aniones que contienen nitrógeno y oxígeno. En la naturaleza los nitratos se convierten en nitritos y viceversa.

Los nitratos pueden encontrarse en pequeñas cantidades en:

- El suelo.
- Los alimentos.
- Las aguas (superficiales y subterráneas).

Los nitratos proceden, en parte, de la descomposición natural de proteínas de plantas o animales por medio de microorganismos dando lugar al catión amonio (NH_4^+), el cual se oxida a nitritos y éstos a nitratos (Agencia de Protección de la Salud y Seguridad Alimentaria, s.f.).

Las fuentes artificiales de nitratos y nitritos son compuestos químicos presentes en:

- Los fertilizantes utilizados en la agricultura (abonos nitrogenados tipo nitrato potásico o nitrato amónico).
- Estiércol y purines derivados de las actividades ganaderas.
- Los desechos orgánicos de origen urbano o industrial.

El comité conjunto de la FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS), Evaluación de los riesgos asociados con las sustancias químicas (JEFCA) en el año 2002 estableció los siguientes valores:

Tabla 2. Ingesta diaria Admitida.

ION	INGESTA DIARIA ADMITIDA (IDA)
NITRATO (NO_3^-)	0 - 3.7 mg/kg de peso corporal
NITRITO (NO_2^-)	0 – 0.07 mg/kg de peso corporal

(Agencia de Protección de la Salud y Seguridad Alimentaria, s.f.).

En las aguas de consumo, la OMS señaló como valor máximo orientativo la cantidad de 50 mg/L de “ión nitrato” (Agencia de Protección de la Salud y Seguridad Alimentaria, s.f.).

Los límites máximos permitidos de presencia de nitratos en las aguas de consumo humano en la legislación mexicana son:

Tabla 3. Valor máximo permitido de nitratos.

ION	VALOR MÁXIMO PERMITIDO
NITRATO (NO_3^-)	50 mg/L
NITRITO (NO_2^-)	0.5 mg/L

(Secretaría de economía, 2001).

El ser humano puede exponerse a los nitratos y los nitritos, a través de alimentos, agua y en mucha menor medida, del aire (Agencia de Protección de la Salud y Seguridad Alimentaria, s.f.).

Tabla 4. Ingesta del ion nitrato.

ALIMENTO	CONTRIBUCIÓN A LA INGESTA TOTAL DEL IÓN NITRATO
Verduras	75%
Agua	8%

(Agencia de Protección de la Salud y Seguridad Alimentaria, s.f.).

El nitrato está presente en el agua de forma natural pudiéndose incrementar su concentración por actividades humanas y sus fuentes son:

- Fertilizantes inorgánicos y orgánicos.
- Purines y estiércol.
- Actividades industriales y urbanas (vertidos efluentes, aguas residuales, etc.).
- Herbicidas y plaguicidas que contienen nitratos.

Los nitratos se disuelven fácilmente en el agua y llegan así al suministro de agua de consumo humano. El exceso de abono de los suelos agrícolas suele ser la principal causa de presencia de nitratos en los acuíferos, para la síntesis de proteínas vegetales, puede llegar a las aguas superficiales, o bien, infiltrarse a través del suelo y llegar a los acuíferos subterráneos (Galí, A., Dosta, J., Macé, S. & Mata-Alvarez, J., 2007).

El agua que se encuentre con altos índices de nitratos puede producir trastornos de la hemoglobina potencialmente mortal. Sin embargo, es común encontrar una mínima cantidad en el agua. Los nitratos como tal son inocuos, pero se reducen a nitritos en el tubo digestivo, transformando la hemoglobina en metahemoglobina.

Los nitritos son capaces de combinarse con las aminas formando nitrosaminas, de carácter carcinógeno para el tubo digestivo.

- **Fosfatos**

El fósforo generalmente se encuentra en aguas naturales, residuales y residuales tratadas como fosfatos. Éstos se clasifican como ortofosfatos, fosfatos condensados y compuestos órganofosfatados. Estas formas de fosfatos provienen de una gran cantidad de fuentes, tales como productos de limpieza, fertilizantes, procesos biológicos, etc.

El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de organismos, por lo que la descarga de fosfatos en cuerpos de aguas puede estimular el crecimiento de macro y microorganismos fotosintéticos en cantidades nocivas (NMX-AA-029-SCFI-2001).

- **Cloruros**

El cloro al combinarse con la materia orgánica presente en el agua, forma compuestos organoclorados como los haloformos o trihalometanos, con supuesta actividad carcinógena. Para prevenir la formación de haloformos se debe retirar la materia orgánica del agua (Martínez, H. J, 2013).

En algunas aguas conteniendo 25 mg Cl⁻ /L se puede detectar el sabor salado si el catión es sodio. Por otra parte, éste puede estar ausente en aguas conteniendo hasta 1g Cl⁻ /L cuando los cationes que predominan son calcio y magnesio. Un alto contenido de cloruros puede dañar estructuras metálicas y evitar el crecimiento de plantas. Las altas concentraciones de cloruro en aguas residuales, cuando éstas son utilizadas para el riego en campos agrícolas deteriora, en forma importante la calidad del suelo.

Los insecticidas organoclorados son altamente tóxicos y no deben encontrarse en las aguas de uso humano ni en las residuales antes de ser vertido a los ríos (NMX-AA-073-SCFI-2001).

- **Calcio y Magnesio**

El calcio existe esencialmente en todas las aguas naturales. Su presencia se debe a su paso sobre depósitos de piedra caliza, yeso y dolomita. Un suelo que posee un suministro adecuado de calcio intercambiable es friable y en él se cultiva fácilmente; a menudo permite que el agua penetre con rapidez. En términos generales, el agua de riego que contiene predominantemente iones calcio es más apropiada.

A menudo el magnesio existe también en cantidades medibles en la mayoría de las aguas naturales. El magnesio se comporta de manera muy similar a como lo hace el calcio en el suelo. Las aguas que contienen cantidades altas de calcio y de magnesio, se les da el nombre de "aguas duras".

- **Hierro**

El hierro ocurre de manera natural en acuíferos pero los niveles de aguas subterráneas pueden aumentar por disolución de rocas ferrosas. El hierro que es disuelto en las aguas subterráneas se reduce a su forma hierro II. Esta forma es soluble y normalmente no causa ningún problema por si misma. El hierro II se oxida a formas de hierro III que son hidróxidos insolubles en agua.

- **Flúor**

Los iones fluoruro se encuentran en forma natural en el agua. El fluoruro forma complejos con silicio, aluminio y boro. Estos complejos pueden existir en el agua debido al uso de compuestos fluorados por la industria. La determinación de fluoruros ha incrementado su importancia con el crecimiento de las prácticas de fluoración de aguas como una medida de salud pública. La mayoría de las aguas no contienen más allá de 0.3 mg/L de fluoruros, excepto cuando se contaminan con desechos industriales o aguas negras, sobre todo si provienen de industrias del acero, aluminio, fertilizantes, de la elaboración de esmaltes y vidrios, en la fabricación de gomas y almidones adhesivos así como del pretratamiento de cueros y pieles (NMX-AA-077-SCFI-2001).

- **Metales pesados: plomo, arsénico, cadmio y mercurio:**

Con frecuencia los cursos de agua se contaminan con metales a partir de vertidos industriales o mineros, y por residuos domésticos.

➤ **Plomo**

El plomo era un contaminante potencial ya que era utilizado en las conducciones y en pinturas blancas de aljibes y recipientes para su recolección. El plomo es capaz de causar trastornos del desarrollo intelectual en el infante y saturnismo, enfermedad caracterizada por alteraciones de la sangre, el riñón y SNC (Martínez, H. J., 2013).

➤ **Mercurio**

La intoxicación por mercurio causada por el consumo de alimentos se debe a compuestos organomercuriales como sales de metilmercurio ($\text{CH}_3\text{-Hg-X}$, X= cloruro, fosfato) y sales de fenilmercurio ($\text{C}_6\text{H}_5\text{-Hg-X}$, X= cloruro, acetato).

Estos compuestos altamente tóxicos son liposolubles, fácilmente absorbibles, se acumulan en los eritrocitos y el SNC, son muy tóxicos. Algunos se utilizan como fungicidas y para tratamiento de semillas, es por ellos que pueden estar presentes en los alimentos que consumimos (Belitz, H. D. & Grosh, W., 2000).

➤ **Cadmio**

El contaminante cadmio en el agua puede provenir de descargas industriales, de desechos mineros y los lodos de las depuradoras que se utilizan como fertilizantes (Martínez, H. J., 2013).

La ingestión prolongada de cadmio conduce a un acúmulo en el organismo humano, sobre todo en hígado y riñones (Belitz, H. D. & Grosh, W., 2000).

FUENTES DE CONTAMINACIÓN

○ Indicadores de la calidad e inocuidad microbianas de los alimentos

En general, los organismos indicadores de la calidad microbiana se pueden usar en productos alimenticios que cuentan con una flora microbiana limitada por los parámetros y condiciones del tratamiento, estos son empleados para evaluar la inocuidad y la salubridad de los alimentos con mayor frecuencia que para evaluar la calidad, cuyo estado indeseable está relacionado invariablemente con un nivel dado de organismos concretos (Jay, J. M., 2000).

En el uso histórico de los indicadores de inocuidad, no obstante, se supo que los patógenos de interés son de origen intestinal, resultantes de contaminación fecal directa o indirecta. Estos indicadores fueron usados en tiempos pasados para detectar la contaminación fecal de las aguas y con ello la presencia posible de patógenos intestinales. El primer indicador fecal fue *Escherichia coli*.

Como consecuencia de la costumbre de emplear *Escherichia coli* como indicador de contaminación fecal de las aguas y de ese modo se propusieron otros microorganismos con la misma finalidad de los cuales se aplicaron a los alimentos (Jay, J. M., 2000).

Los contaminantes pueden partir de diferentes fuentes: vegetales, animales, humanas, suelo, agua y aire.

Estas fuentes pueden considerarse como naturales llegando a contaminar el alimento antes de que sea obtenido, cosechado, durante la manipulación o tratamiento del mismo (Frazier, W. C. & Westhoff, D. C., 2003).

➤ Contaminación de los alimentos

En la superficie de las plantas en crecimiento existe una flora microbiana típica que se puede contaminar por el aporte de microorganismos.

La flora propia de la superficie de las plantas es distinta en cada una de las mismas, aunque normalmente incluye especies de:

- *Pseudomonas*
- *Alcaligenes*
- *Flavobacterium*
- *Achromobacter*
- *Micrococcus*

Así como especies coliformes y bacterias lácticas. También pueden existir especies de *Bacillus*, levaduras y mohos.

El número y clase de microorganismos presentes en los vegetales depende de las características del vegetal y del medio en que se encuentren (Frazier, W. C. & Westhoff, D. C., 2003). Las superficies expuestas de las plantas se contaminan por el suelo, por el agua, por las aguas residuales, por el aire y por los animales, de forma que los microorganismos de las citadas procedencias se incorporan a la flora propia (Esteves, D. C. et al., 2016).

➤ **Contaminación a partir del suelo**

El suelo contiene la mayor variedad de microorganismos procedentes de todas las fuentes de contaminación. En los suelos fértiles, no solo existen gran número de especies de microorganismos sino que también existe un elevado número total de los mismos, dispuestos a contaminar la superficie de las plantas que crecen sobre el o en su interior y la superficie de los animales que se desplazan sobre tierra firme (Nunoura, T. et al., 2015).

Algunos géneros, entre los muchos del suelo, son los siguientes:

- *Bacillus*
- *Clostridium*
- *Aerobacter*

- *Escherichia*
- *Micrococcus*
- *Alcaligenes*
- *Achoromobacter*
- *Flavobacterium*
- *Chromobacterium*
- *Pseudomonas*
- *Proteus*
- *Streptococcus*
- *Leuconostoc*
- *Acetobacter*

➤ **Contaminación a partir del agua**

Las aguas no sólo contienen su flora microbiana natural sino aquellos microorganismos provenientes del suelo, del aire, de los animales e incluso de aguas residuales (Frazier, W. C. & Westhoff, D. C., 2003).

Los principales géneros que se encuentran en las aguas son:

- *Pseudomonas*
- *Chromobacterium*
- *Proteus*
- *Achromobacter*
- *Micrococcus*
- *Bacillus*
- *Streptococcus*
- *Aerobacter*
- *Escherichia*

Las aguas subterráneas de los manantiales y pozos han atravesado estratos rocosos y mantos de tierra hasta un determinado nivel, habiendo

sido eliminadas de las mismas, por lo tanto, la mayoría de las bacterias, y también la mayor parte de otras partículas en suspensión. El número de bacterias de estas aguas puede oscilar desde unas pocas hasta varios cientos por mililitro (Frazier, W. C. & Westhoff, D. C., 2003).

El agua es más importante por la clase de microorganismos que puede contener, que por el número que posee de cada uno de ellos (Durán, R. F., 2007).

➤ **Aguas residuales**

Cuando en el abonado de los cultivos se utilizan agua residuales domésticas sin tratar, existe la posibilidad de que los alimentos vegetales recién cosechados estén contaminados por microorganismos patógenos para el hombre, sobre todo por aquellos que producen trastornos gastrointestinales. También los pueden contaminar otros microorganismos de esta misma procedencia, como por ejemplo bacterias coliformes, bacterias anaerobias, enterococos, otras bacterias intestinales y virus (Huang, C. et al., 2017).

➤ **Contaminación a partir del aire**

Si bien la cantidad de microorganismos añadidos a los alimentos por sedimentación de las partículas que contiene el aire suele ser insignificante, éste puede aumentar el número total de los mismos en un determinado alimento (Frazier, W. C. & Westhoff, D. C., 2003).

El aire no posee una flora microbiana propia o característica, sin embargo a causa de su movimiento puede arrastrar microorganismos presentes en el agua, suelo, animales y humanos.

Los microorganismos presentes en el aire no tienen oportunidad de desarrollarse, únicamente se mantienen en el mismo. El número de microorganismos en el aire en un momento dado depende de factores tales como: movimiento, luz solar, humedad, situación geográfica, cantidad de polvo y aguas suspendidas (Durán, R. F., 2007).

Los microorganismos llegan al aire junto con partículas de polvo o hilas; con partículas de tierra seca; con el aerosol de ríos, lagos u océanos; con las gotitas de agua que se forman al estornudar, toser o hablar; con las esporas de los mohos que crecen en las paredes, en los techos, en los suelos y en los alimentos (Frazier, W. C. & Westhoff, D. C., 2003).

Existen parámetros que son inherentes al alimento, denominados intrínsecos y otros constituidos por propiedades del ambiente llamados extrínsecos.

- Factores intrínsecos: pH, humedad, potencial de oxidación-reducción, contenido de elementos nutritivos, componentes antimicrobianos, estructuras biológicas.
- Factores extrínsecos: temperatura de almacenamiento, humedad relativa del medio ambiente, presencia y concentración de gases en el medio ambiente (Durán, R. F., 2007).

AGUA

Todas las formas de vida en la Tierra dependen del agua (Bair, C., 2001). Sin ella no pudieran llevarse a cabo las innumerables transformaciones bioquímicas propias de todas las células activas. El agua es esencial para toda forma de vida, desde la planta más sencilla y los organismos monocelulares hasta el más complejo sistema viviente conocido, el cuerpo humano (Fox, B. A. & Cameron, A. G., 2008). Es por mucho el principal constituyente de todos los tejidos vivos, ya que representa generalmente al menos el 60% de su composición (Badui, D. S., 2006). Cerca de las dos terceras partes del cuerpo está constituida por agua, y todos los órganos, tejidos y fluidos tienen al agua como su constituyente esencial. Solo unas pocas partes del cuerpo, como huesos, los dientes y el pelo contienen poco agua (Fox, B. A. & Cameron, A. G., 2008).



Fig. 4 Porcentaje del agua en el organismo.

(Water Communication 2.0, 2013)

Es un disolvente líquido inerte, de pH neutro, que sirve de transporte en la sangre, regula la temperatura corporal; el organismo la pierde continuamente por el sudor,

la orina, la respiración y las heces, y requiere un mínimo aproximado de 2,500 mL (dependiendo de varios factores) diarios para llevar a cabo adecuadamente innumerables reacciones propias de las distintas funciones biológicas (Badui, D. S., 2006).

El agua es el constituyente más abundante en la mayoría de nuestros alimentos en estado natural, en los alimentos se encuentra hasta en un 96-97%, como es el caso de algunas frutas en las que es un factor fundamental de la frescura (Badui, D. S., 2006). El agua tiene un papel esencial en las características fisicoquímicas y en las propiedades de los productos vegetales y animales de los que nos nutrimos (Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P. & Brulé, G., 2010).

La principal fuente de agua para el cuerpo son los alimentos y las bebidas.

Tabla 5. Consumo de agua.

ORIGEN	CONSUMO DE AGUA (cm³/día)
Alimento	1120
Bebida	1180
Oxidación de nutrientes	280
TOTAL:	2580

(Badui, D. S., 2006)

El agua se diferencia de los otros elementos esenciales en que en su mayor parte no experimenta cambios químicos dentro del cuerpo. Las funciones realizadas por el agua son en su mayoría de naturaleza física y dependen de su capacidad para transportar nutrientes a través del cuerpo, conservarlas en estado líquido a lo largo de una amplia gama de temperaturas.

La mayor parte del agua del cuerpo está implicada en cambios físicos y químicos. Además del agua que participa en dichos cambios químicos, ésta es asimismo requerida por todas las plantas a fin de sintetizar carbohidratos durante la fotosíntesis (Fox, B. A. & Cameron, A. G., 2008).

El agua influye en las propiedades de los alimentos, a su vez, los componentes de los alimentos influyen en las propiedades del agua (Badui, D. S., 2006). El agua dulce es muy preciada. Alrededor de un 97% del agua en el planeta es agua de mar y, por tanto, no es apta ni para el consumo humano ni para la mayoría de las prácticas agrícolas.

Las tres cuartas partes del agua dulce están retenidas en los glaciares y en los casquetes de hielo. Los lagos y los ríos son una de las fuentes principales de agua de consumo, incluso aunque, en conjunto, constituyan menos de un 0.01% del suministro total del agua (Metrak, M. et al., 2017).

Es muy importante conocer su comportamiento en los tres estados físicos, líquido, hielo y vapor, sus propiedades fisicoquímicas influyen en el diseño de los procesos para manejar y transformar los alimentos (Christou, A., et al., 2017).

○ Estructura del agua

Una molécula de agua contiene dos átomos de hidrógeno unidos en forma covalente a uno de oxígeno, el ángulo del enlace es de aproximadamente 104.5° .

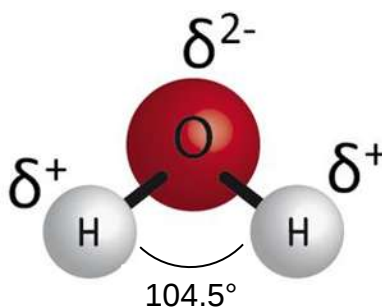


Fig. 5 Estructura del agua. (Díaz, R., 2017)

La electronegatividad del oxígeno, o sea, su atracción por los electrones es mayor que la del hidrógeno. Esto resulta en una desigual distribución de las cargas en la molécula; el átomo de oxígeno lleva una carga negativa parcial (δ^-), equilibrada por las cargas positivas parciales (δ^+) sobre los átomos de hidrógeno (Fox, B. A. & Cameron, A. G., 2008).

Dichas moléculas se dice que son polares y se atraen mutuamente; en el agua, se forman puentes de hidrógeno entre las moléculas polares adyacentes.

Cuando se calienta al agua, aumenta la energía térmica de las moléculas, y el aumento resultante en el movimiento de éstas favorece la ruptura en vez de la formación de los puentes de hidrógeno. En el vapor de agua no hay puentes de hidrógeno y las moléculas de agua existen como unidades individuales. Por otra parte, si se enfría agua en estado líquido, la pérdida de energía y la disminución resultante del movimiento favorece la formación de enlaces de hidrógeno. En el hielo, los puentes de hidrógeno son tan numerosos que todas las moléculas de agua están unidas entre sí por medio de puentes de hidrógeno, formando así una estructura rígida y regular (Sawyer, C. N., McCarty, P. L. & Parkin, G. F., 2001).

- **Características del agua**

El agua es el más común de todos los líquidos y es quizá por esta razón que no se le considera nada extraordinario. Ha sido llamada el “disolvente universal”. El agua resulta, asimismo un buen disolvente para aquellas sustancias que, a pesar de no ser iónicas, contienen grupos polares y que son capaces de formar puentes de hidrógeno y otras uniones electrostáticas débiles con las moléculas de agua.

Es de fácil disposición, porque, en realidad, es un líquido muy notable, con propiedades que la hacen tan adaptada de modo único a los innumerables propósitos para los que se le utiliza o resulta necesaria, entre los que se incluye el mantenimiento de la propia vida (Fox, B. A. & Cameron, A. G., 2008).

El agua es un líquido incoloro, inodoro y sin sabor que, en condiciones atmosféricas normales, hierve a 100°C y se congela a 0°C.

- **Abastecimientos de agua**

El agua de lluvia, que es la forma más pura del agua natural, contiene pequeñas cantidades de gases disueltos, como oxígeno, bióxido de carbono y, a causa de la contaminación industrial, puede asimismo contener disueltos óxidos de azufre y nitrógeno y es así que adquiere el nombre de “lluvia ácida”.

Contiene también pequeñas cantidades de polvo. Otros tipos de agua natural, como el de los manantiales y los ríos, además de las impurezas del agua de lluvia, contiene sales disueltas, y en el caso del agua de río impurezas adicionales, procedentes de la vegetación y el drenaje (Santiago-Rodriguez, T. M. et al., 2012).

- **El agua subterránea**

La gran mayoría del agua dulce disponible se encuentra debajo del suelo. El agua subterránea es el nombre dado al agua dulce que se encuentra en la zona saturada, la cual alcanza hasta un 0.6% de la provisión total del agua en el planeta. El origen del agua subterránea es el agua de precipitación que cae sobre la superficie, una pequeña fracción de la cual, en último término, se filtra hasta la zona saturada.

La parte superior de la zona (saturada) donde está el agua subterránea se denomina capa freática. En algunos lugares, esta capa ocurre justo en la superficie del suelo, lo cual da lugar a ciénagas y a zonas pantanosas (Bair, C., 2001).

Si el agua está unida en los horizontes más profundos a una capa de arcilla o rocas impermeables, entonces el agua constituye una reserva permanente, una

especie de lago subterráneo, denominada acuífero. Esta agua subterránea puede extraerse mediante pozos, siendo la principal provisión de agua de consumo.

La contaminación del agua subterránea por compuestos químicos se está convirtiendo en un problema grave en muchas áreas. La escasez de agua, no solamente está causada por la contaminación, sino también por el aumento continuo de su consumo debido al aumento de la población y al incremento del nivel de vida (Bair, C., 2001).

El agua subterránea, ha sido considerada como una forma de agua pura. Debido a su filtración a través del suelo y a su elevado tiempo de residencia debajo del suelo, contiene mucha menos materia orgánica y menos microorganismos.

Un suministro adecuado de agua limpia y libre de organismos patógenos es uno de los factores esenciales de la vida moderna, y el agua para el consumo doméstico debe ser cuidadosamente tratada antes de utilizarse de manera que no sea nociva para la salud (Fox, B. A. & Cameron, A. G., 2008).

- **Agua minerales**

Las aguas minerales proceden de manantiales naturales, y contienen ciertas sales como sodio, cloro, carbonato de sodio y bicarbonato de sodio, así como sales similares de calcio y magnesio.

La ingestión promedio diaria de minerales debe diferenciarse del requerimiento diario promedio, y sólo una parte de lo que se ingiere es absorbido y utilizado en el cuerpo (Fox, B. A. & Cameron, A. G., 2008).

HUELLA HÍDRICA (HH)

El concepto de Huella Hídrica o Huella de Agua, fue formulado por los profesores Ashok Kumar Chapagain y Arjen Hoekstra del Instituto para la Educación del Agua perteneciente a la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) en Holanda, este concepto es manejado preferiblemente como un indicador integral del impacto ambiental para el volumen de agua dulce utilizada en las actividades humanas diarias, a nivel industrial usado para toda la cadena de elaboración de un producto, urbano, ganadero, agrícola, consumo del agua.

Nos permite conocer el volumen de agua que aprovecha ya sea un individuo, un grupo de personas o consumidores, una región, país o la humanidad en su conjunto (AgroDer & SAB MILLER, (2012).

Por lo que en la actualidad la Huella Hídrica es un concepto que tiende a permear en todos los foros y entidades gubernamentales y privadas encargadas de la gestión y uso del agua. Las cuales tienen que limitarse a ciertas clasificaciones.

La HH considera únicamente el agua dulce y se conforma de cuatro factores principales:

- Volumen de consumo
- Color/clasificación del agua
- Lugar de origen del agua
- Momento de extracción del agua

Identificar estos datos nos da la base para el análisis de la huella hídrica, que además debe tomar en cuenta factores locales para dar un contexto real y útil al concepto; es decir, evaluar los impactos en tiempo y espacio de la extracción del agua y su retorno como agua residual o tratada, la afectación al régimen hidrológico, la importancia ecológica de la zona, la productividad del agua, las condiciones de escasez o estrés hídrico imperantes, los usos locales del agua y el acceso de la población al recurso, impactos en la cuenca baja y otros criterios que

puedan incidir en el mantenimiento de un balance sustentable y equitativo del agua en cada cuenca hidrológica (AgroDer & SAB MILLER, (2012).

Para calcular la Huella Hídrica es necesario saber que existe una clasificación para la cual se han establecido tres colores que codifican los tipos y por lo tanto la calidad y el tipo de tratamiento al que se someterá el agua, este código es el siguiente: agua azul, agua verde y agua gris; cada color hace referencia a un tipo de agua y por lo tanto a un tipo de uso y consumo humano.

Agua Azul:

- Se denomina así a la que se encuentra en los cuerpos de agua superficiales como pueden ser: ríos, lagos o acuíferos; es el agua superficial o subterránea.
- La huella hídrica azul se refiere al consumo del agua tanto superficial como subterránea que podemos extraer de una determinada cuenca.

Agua Verde:

- Es el agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad.
- Es el agua de lluvia que no se deposita en aguas subterráneas pero se puede guardar o almacenar por un tiempo en el suelo superficial o en la vegetación.
- Se concentra en el uso de agua de lluvia, específicamente en el flujo de la evapotranspiración del suelo que se utiliza en agricultura y producción forestal.

Agua Gris:

- Es toda el agua contaminada por algún proceso.
- La huella hídrica gris es denominada así por el agua dulce necesaria para asimilar la carga de contaminantes después de haber pasado por un proceso en la realización de un producto.

De esta manera se puede calcular sumando los tres tipos de agua que se utilizó durante todo el proceso de fabricación dando como resultado la huella hídrica.

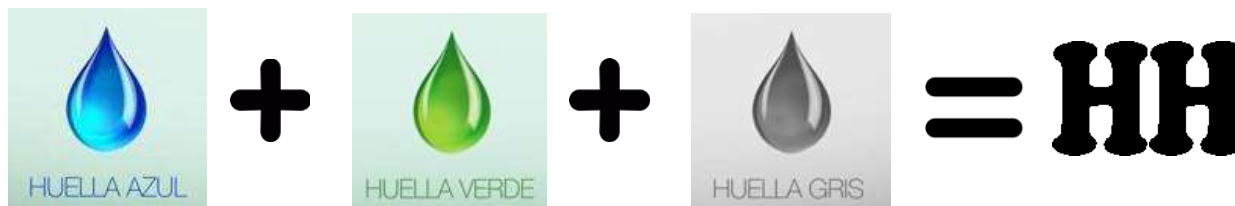


Fig. 6 Huella Hídrica (Vela, H. M. F., 2017).

- **HH de una persona:** se obtiene sumando la HH de todos los productos, bienes y servicios que consume y utiliza.
- **HH de consumo de un país:** Es lo que produce para consumir (eliminando las exportaciones) y lo que importa para consumo.
- **HH de producción de un país:** Es el agua azul, verde y gris utilizada en todos sus procesos productivos agropecuarios, así como el agua azul y gris de los industriales y domésticos (Rodríguez, B. E., 2013).

Saber lo que es una Huella Hídrica brinda conciencia y permite visualizar el consumo de agua durante nuestra jornada diaria. De esta manera se pretende hacer manejo de los recursos hídricos y así mismo conocer el impacto en el consumo de una región o país donde se realizan procesos de producción (AgroDer & SAB MILLER, (2012).

México es el 11º país con mayor HH de producción en el mundo. La producción agrícola es el componente mayoritario, seguido del sector pecuario (pastoreo y producción), juntos representan el 91%. Los consumos doméstico e industrial son responsables del 9% de la HH restante, en su mayoría agua gris. El indicador de HH de producción es dinámico, ya que cambia cada año en función de la variabilidad que tienen los usos: la producción agrícola no es igual cada año, en la industria aparecen nuevos usuarios y, varía la eficiencia de sus procesos, y en las ciudades aumenta la población con acceso a agua potable, drenaje y las plantas

de tratamiento. En paralelo, cuando llueve en exceso o hay sequía, varía la disponibilidad de agua y con ello los usos que ésta tiene (AgroDer & SAB MILLER, (2012).

A nivel global 86% de la huella hídrica está relacionada con el consumo de productos agrícolas, 10% con el consumo de bienes industriales y menos de 5% con los usos domésticos (Rodríguez, B. E., 2013).

Se pueden generar acciones para la disminución de la Huella Hídrica en México, a través de:

- Recuperación de la calidad y caudal de ríos y lagos.
- Proteger y recargar los acuíferos.
- Eficiencia en la distribución del agua (ciudades y campo).
- Uso de dispositivos ahorradores de agua.
- Tratamiento y reusó de aguas residuales.
- Mejora de las prácticas agrícolas a través de la modernización y tecnificación del riego.

(Rodríguez, B. E., 2013).

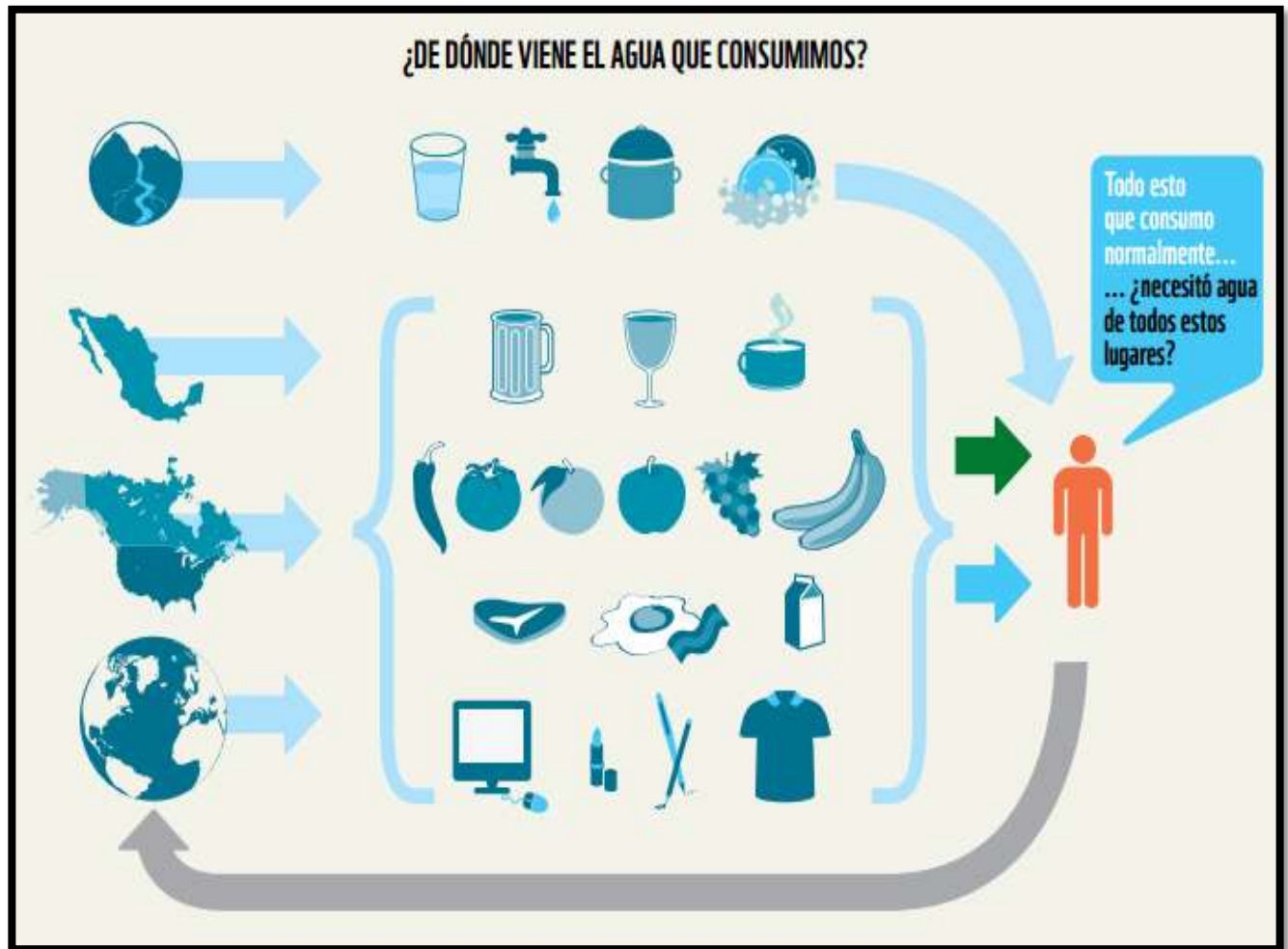


Fig. 7 Distribución del agua. (AgroDer & SAB MILLER, 2012).

2. JUSTIFICACIÓN

La producción agroalimentaria en la actualidad, está determinada por la generación y aplicación de tecnologías que aseguran la producción de alimentos con valor comercial como es el caso de *Capsicum annuum*, en donde es necesario poder controlar el mayor número de factores que aseguren la inocuidad del producto alimentario para el consumidor final, como el pH y la determinación de iones electronegativos como son: fosfatos (PO_4^{-3}), fluoruros (F^-), nitritos (NO_2^-), nitratos (NO_3^-), cloro total (Cl^-) y iones electropositivos para magnesio (Mg^{+2}), hierro ($\text{Fe}^{+2, +3}$).

El éxito en la producción de los productos agroalimentarios es el agua, de la cual debe de garantizarse la inocuidad, a lo largo de la producción, distribución y preparación de los alimentos. Por lo cual es de suma importancia utilizar agua en estado inocuo para el cultivo, esto ayuda a estimular el crecimiento del fruto aportando los nutrientes requeridos para un óptimo crecimiento y evitar la aparición de plagas producidas por la presencia de microorganismos así como un daño a la salud en el consumidor final.

3. HIPÓTESIS

A través del uso de herramientas de análisis químico inorgánico se verificará la disponibilidad de iones electropositivos y la concentración de iones electronegativos como indicadores de la viabilidad en el Agua utilizada para el cultivo de *Capsicum annuum*.

4. OBJETIVO GENERAL

Aseguramiento de la calidad e inocuidad del agua utilizada en el cultivo por invernaderos del fruto *Capsicum annuum*.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- a) Determinar y cuantificar la presencia de Microorganismos de tipo coliformes totales, coliformes fecales, mesófilos aerobios, hongos y levaduras en agua para cultivo en invernadero de *Capsicum annuum*.
- b) Determinar la concentración de iones en agua utilizada en invernaderos de los cultivos de *Capsicum annuum*, como Calcio, Magnesio, Hierro, Flúor, Cloro, Sulfato, Fosfato, Nitratos y Nitritos.
- c) Determinar la concentración de iones Calcio, Magnesio, Hierro, Flúor, Cloro, Sulfato, Fosfato, Nitratos y Nitritos, absorbidos por las plantas cultivadas en invernadero.

5. MATERIAL Y MÉTODOS



Fig. 8 Espectrofotómetros específicos.

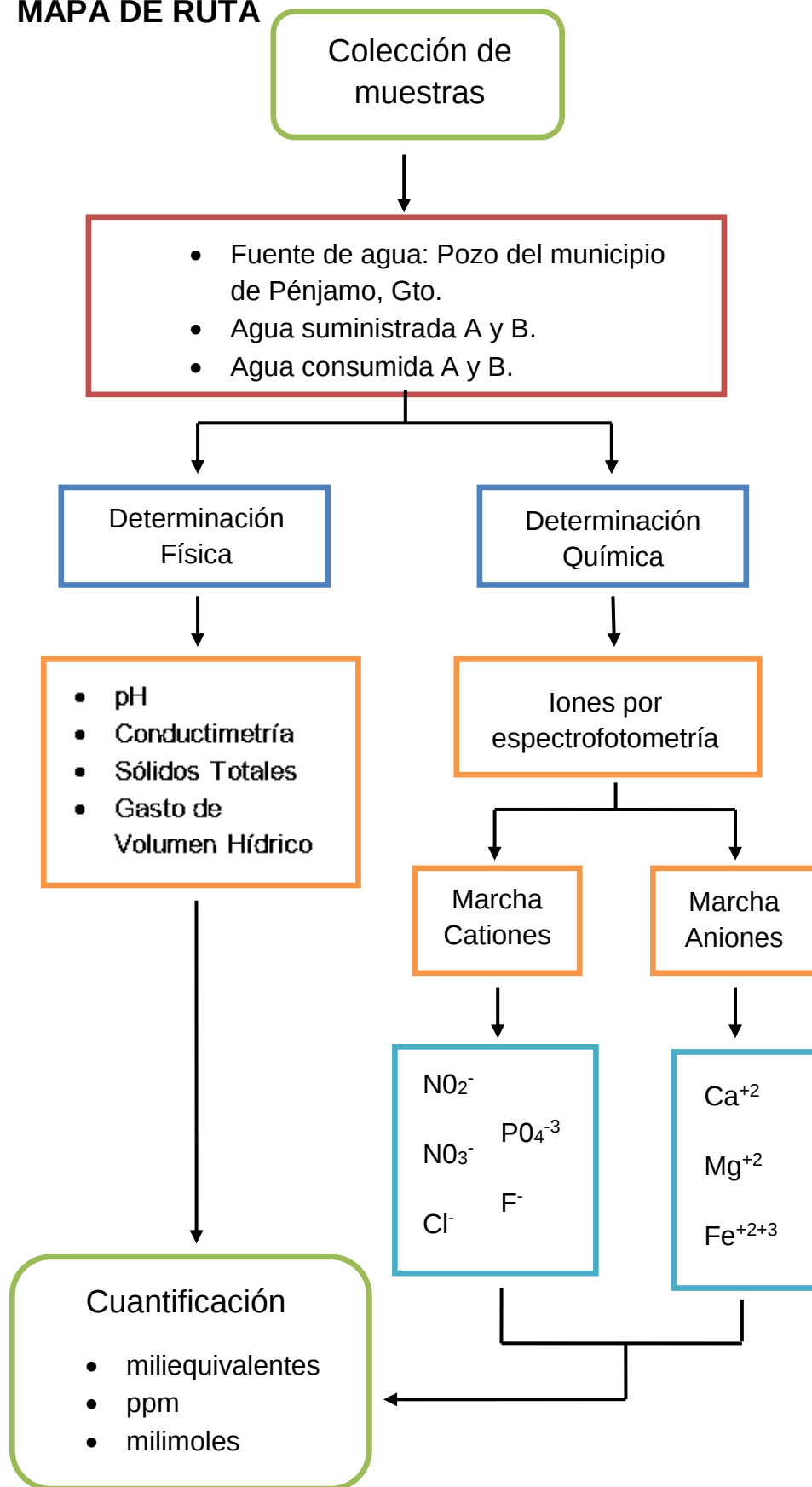
- a)** Hanna instruments Handheld Colorimeter Phosphate HI 713.
 - b)** Hanna instruments Handheld Colorimeter Total Chlorine HI 711.
 - c)** Hanna instruments Handheld Colorimeter Iron HR HI 721.
 - d)** Hanna instruments Handheld Colorimeter Nitrite HR HI 708.
 - e)** Hanna instruments Handheld Colorimeter Nitrite LR HI 707.
 - f)** Hanna Instruments Handheld Colorimeter Fluoride LR HI 729.
 - g)** Hanna instruments Handheld Colorimeter Magnesium Hardness HI 71
- Equipos calibrados por el laboratorio de biofísica de la UMSNH, 2017.

5.1 MÉTODO DESCRIPTIVO

1. Se colectaron muestras de agua (fuente de agua, drenaje A y drenaje B) usada para la producción de *C. annuum* en condiciones controladas.
2. Se tomo una alícuota para cada ion y muestra.
3. Se realizaron determinaciones de iones en solución, como control de calidad de la nutrición e inocuidad del agua como son: calcio (Ca^{+2}), cloro total (Cl), fosfatos (PO_4), fluoruros (F), hierro ($\text{Fe}^{+2, +3}$), magnesio (Mg^{+2}), nitratos (NO_3) y nitritos (NO_2).
4. Se toma lectura mediante equipos colorimétricos. Cada ion cuenta con su equipo y reactivo específico.
5. Pasado el tiempo requerido el equipo muestra la lectura espectrofotométrica.

Estos parámetros inorgánicos en el agua determinan las fórmulas de nutrición a utilizar por los productores de *Capsicum annuum* en los invernaderos y en algunos casos son indicadores de la inocuidad del agua.

5.2 MAPA DE RUTA



6. RESULTADOS

6.1 Formulas utilizadas

- $\text{ppm} = \text{mg/L}$
- $M = (P.M / L)$
- $\text{Meq} / L = \text{Mmol} (\text{No. Valencia})$

6.2 Análisis Físicos

Tabla 6. Análisis Físicos.

PARÁMETRO	RESULTADO
pH	5.40
Conductividad en mV	93
Conductividad Eléctrica en $\mu\text{S/cm}$ (mS/cm)	2297 (2.3)
Concentración de Sólidos Totales (ppm)	1146

6.3 Análisis Químico

Tabla 7. Análisis Químicos aniones.

ANIONES (-)	ppm (mg/L)	Meq/L	Mmol
Nitratos	725	11,69	11,69
Nitritos	1,00	0,014	0,014
Fosfatos	2,50	0,078	0,026
Carbonatos	57	9,20	4,60
Cloruros	0,12	0,330	0,33
Fluoruros	1,34	0,70	0,0705
Sulfatos	257	3,2	1,6

Tabla 8. Análisis Químico cationes.

CATIONES (+)	ppm (mg/L)	Meq/L	mmol
Calcio	109	9	4,5
Magnesio	22,9	0,188	0,094
Manganeso	3,4	0,120	0,061
Hierro	1,28	0,044	0,022
Potasio	825	5	5
Sodio	68,5	7,4	7,4
Zinc	1,1	0,0033	0,0168

Tabla 9. Agua suministrada por cada planta A.

SECCIÓN A H ₂ O SUMINISTRADA POR CADA PLANTA mL					
DÍA	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
1	0	1110	1920	2250	2350
2	0	1098	1612	2500	2300
3	0	1054	2103	2150	2050
4	0	1117	1730	2500	
5	360	1503	1789	2700	
6	635	1174	2120	1450	
7	554	1209	2050	2150	
8	640	1716	2300	1900	
9	554	1333	2365	2400	
10	629	1126	2036	1930	
11	486	1320	1947	2200	
12	521	1090	1717	2200	
13	804	1057	2387	2170	
14	812	1150	2555	2000	
15	939	1375	2170	1800	
16	803	1350	2630	1800	
17	921	1195	2300	1650	
18	932	1129	2320	1250	
19	730	1045	2050	1200	
20	500	1135	2109	955	
21	758	1233	2600	1300	
22	821	1175	2036	1060	
23	665	1564	2405	1250	
24	810	1394	2300	565	
25	801	1250	2067	1575	
26	661	1300	2500	1900	
27	1225	1377	2243	1300	
28	1175	1568	2425	2000	
29	1140	2017	2350	1525	
30	1440	2100	1700	1900	
31	1161		1900	1750	
PROMEDIO	692,8	1308,8	2152,77	1783	2233

Tabla10. Iones suministrados por cada planta A.

IONES SUMINISTRADOS POR CADA PLANTA ppm / mg/L					
	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Ca⁺² (109 ppm)	75,51	142,6	234,65	194,3	243,3
Mg⁺² (22.9 ppm)	15,86	29,9	49,29	40,8	51,5
NO₂ (725 ppm)	502,28	948	1560,75	1292,6	1618,9
NO₃ (1 ppm)	0,69	1,3	2,15	1,78	2,23

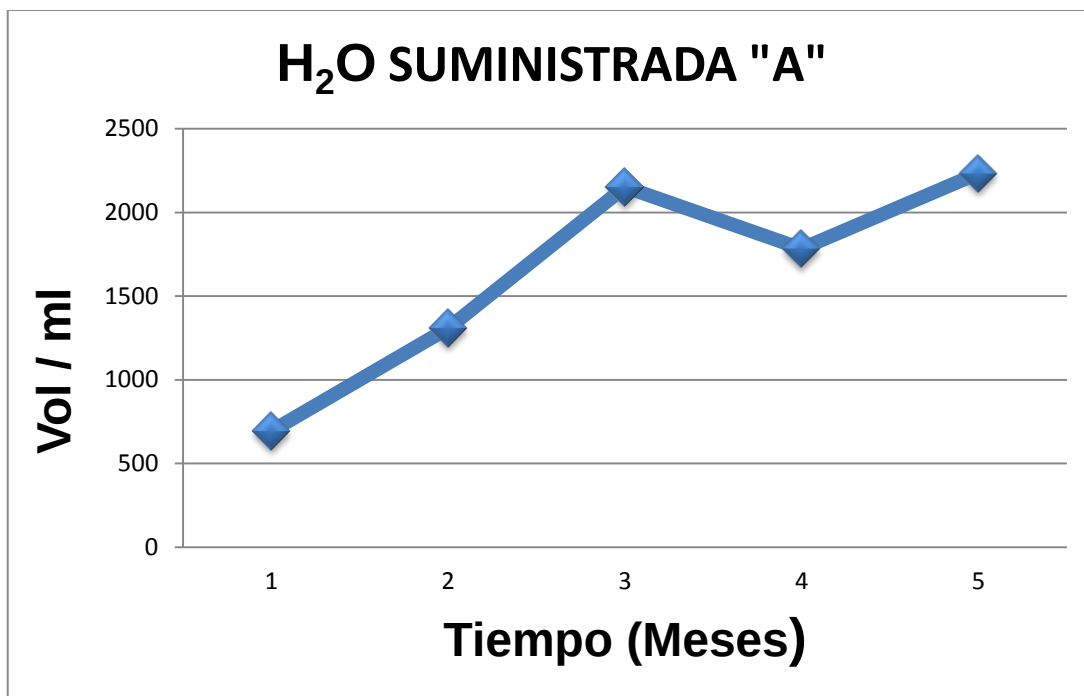


Fig. 9 Gráfica de Agua suministrada A.

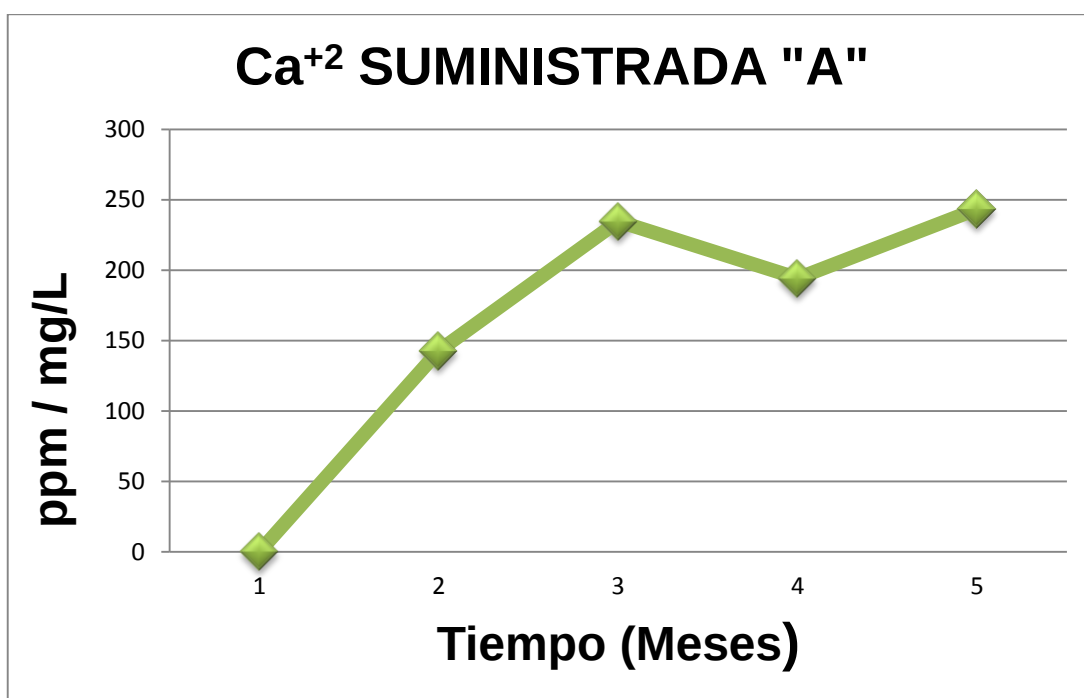


Fig. 10 Gráfica de Calcio suministrado A.

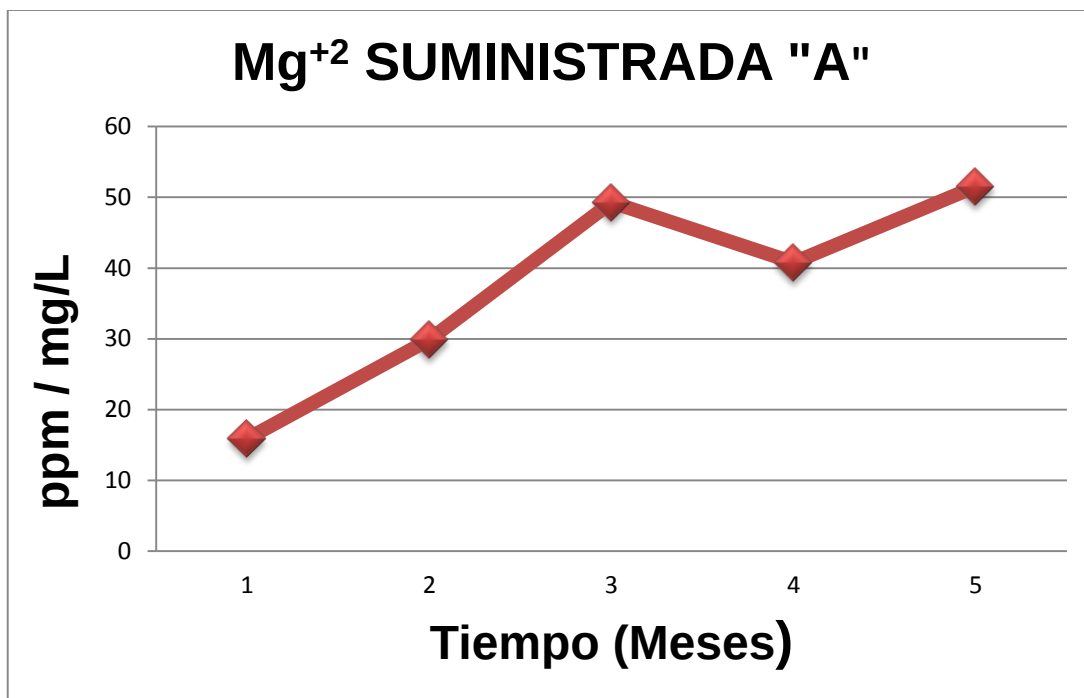


Fig.11 Gráfica de Magnesio suministrada A.

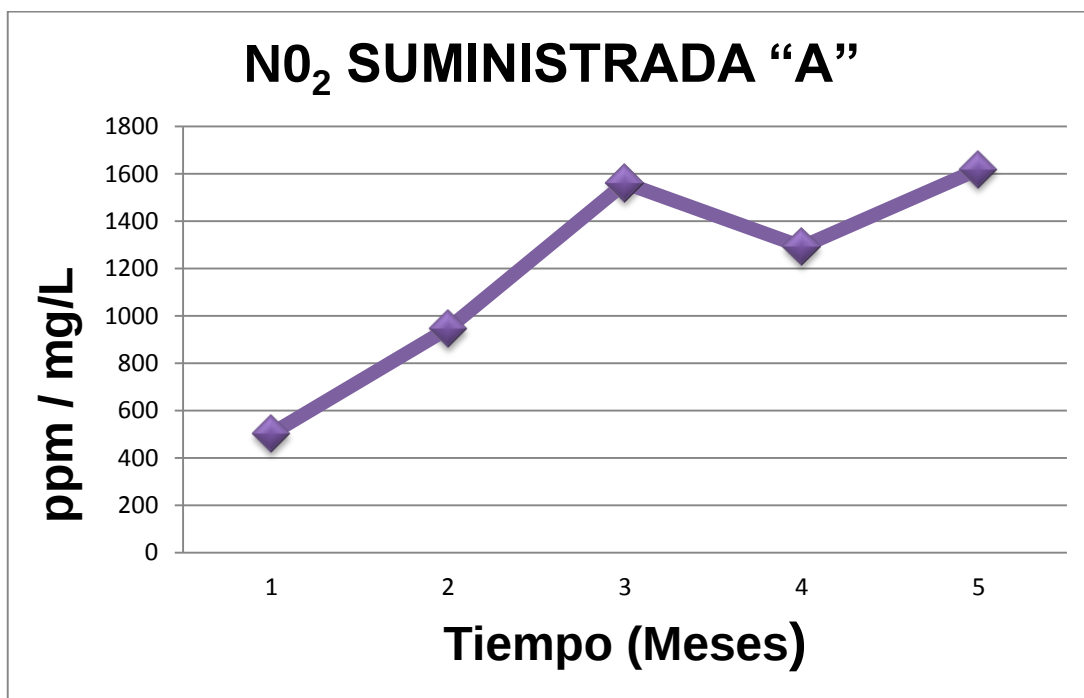


Fig.12 Gráfica de Nitratos suministrados A.

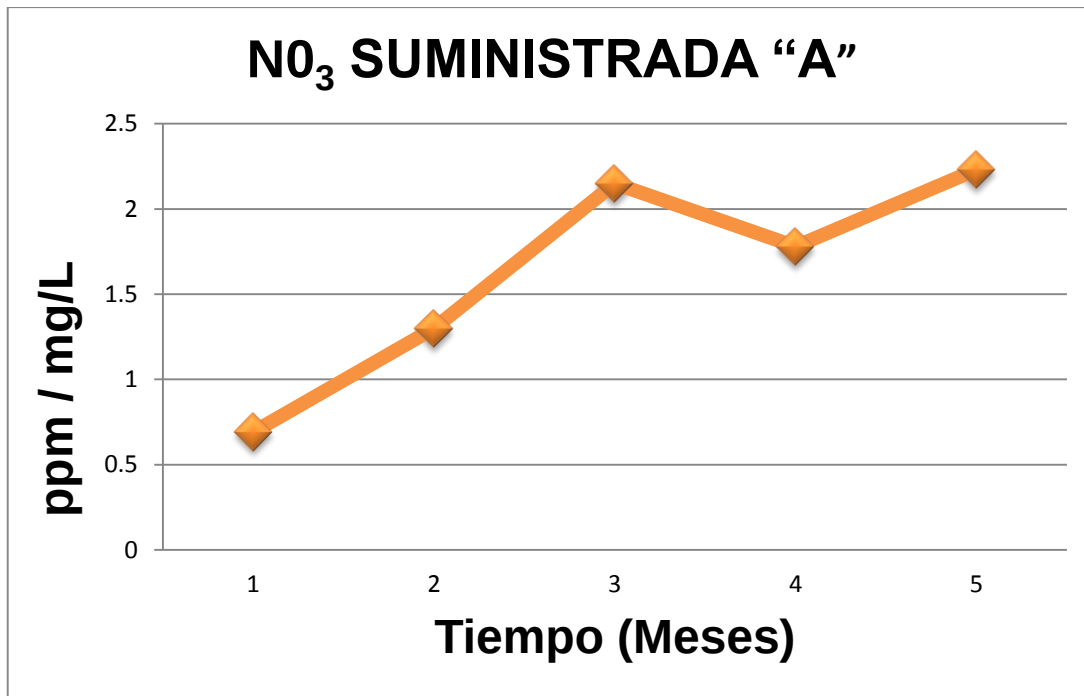


Fig. 13 Gráfica de Nitritos suministrados A.

Tabla 11. Agua suministrada por cada planta B.

SECCIÓN B H ₂ O SUMINISTRADA POR CADA PLANTA mL					
DÍA	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
1	0	1060	1900	2100	2150
2	0	1066	1551	2250	2200
3	0	1081	1890	1750	1900
4	0	1000	1800	2150	
5	0	1844	1750	2250	
6	0	1215	2125	1650	
7	0	1214	2200	1400	
8	0	1650	1625	1550	
9	0	1354	1893	1750	
10	0	1144	1764	1750	
11	0	1350	1437	1750	
12	471	1160	1350	1680	
13	768	1361	1680	1700	
14	771	1238	1875	1550	
15	913	1663	1621	1650	
16	820	1418	2095	1805	
17	922	1598	2300	1625	
18	1044	1418	2100	1350	
19	787	1380	2040	1250	
20	532	1394	2287	1000	
21	769	1500	2054	1216	
22	800	1775	2217	1125	
23	690	2000	2206	1500	
24	762	1915	2343	500	
25	767	1600	1853	1750	
26	640	1668	2028	2000	
27	1208	1535	1900	1500	
28	1150	1857	2300	2000	
29	1200	2000	2100	1600	
30	1400	2050	1500	1800	
31	1150		2141	1650	
PROMEDIO	566,58	1483,58	1933,06	1632	2033

Tabla12. Iones suministrados para cada planta B.

IONES SUMINISTRADOS POR CADA PLANTA ppm / mg/L					
	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Ca^{+2} (109 ppm)	61,75	161,71	210,7	177,88	221,59
Mg^{+2} (22.9 ppm)	12,97	33,97	44,26	37,37	46,55
NO_2 (725 ppm)	410,77	1075,59	1401,46	1183,2	1473,92
NO_3 (1 ppm)	0,56	1,48	1,93	1,63	2,03

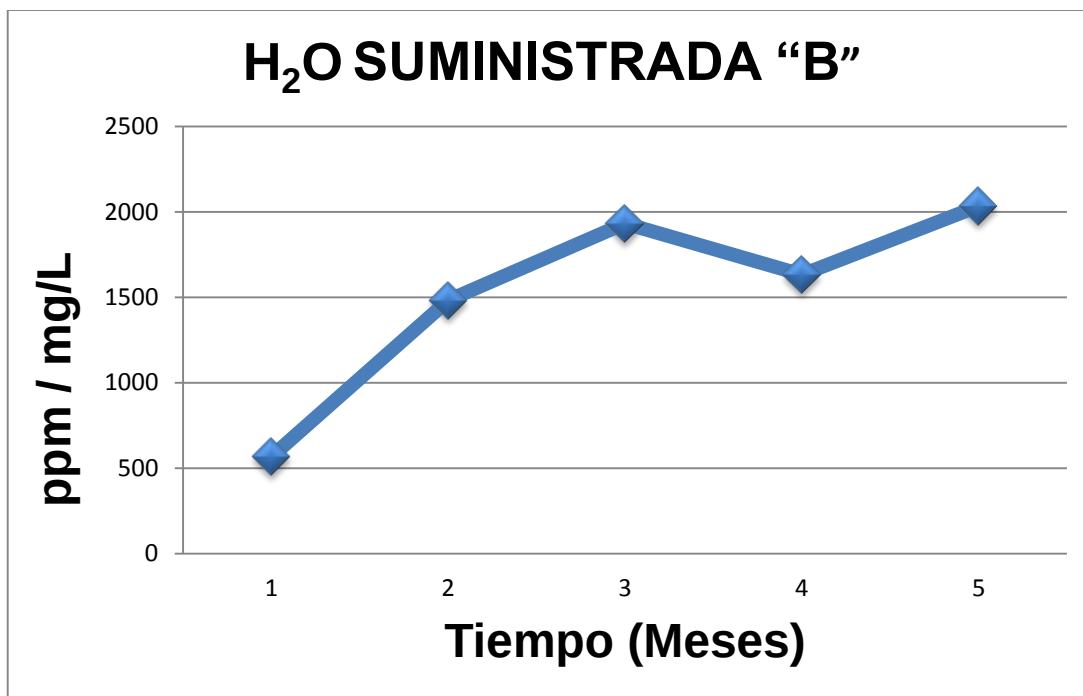


Fig. 14 Gráfica de Agua suministrada B.

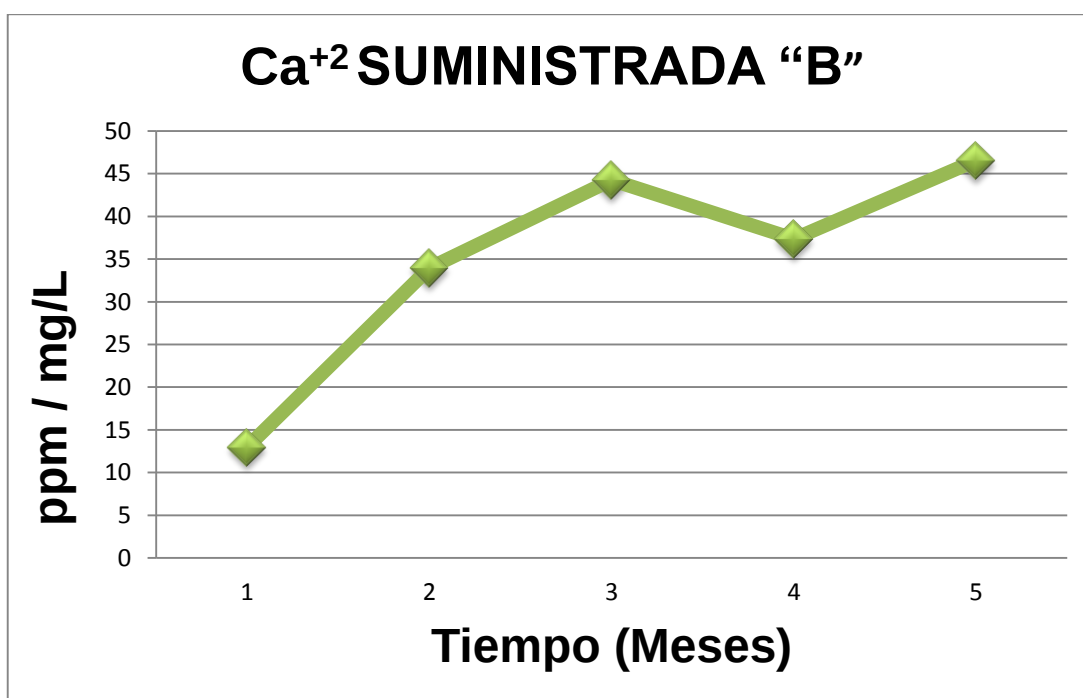


Fig. 15 Gráfica de Calcio suministrado B.

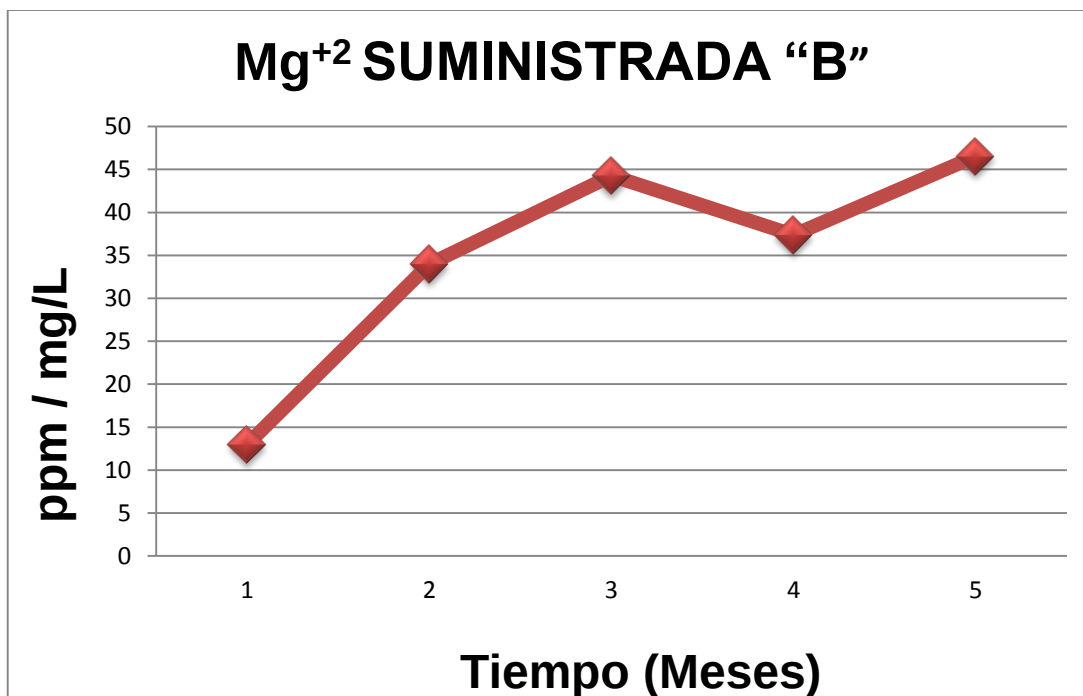


Fig. 16 Gráfica de Magnesio suministrado B.

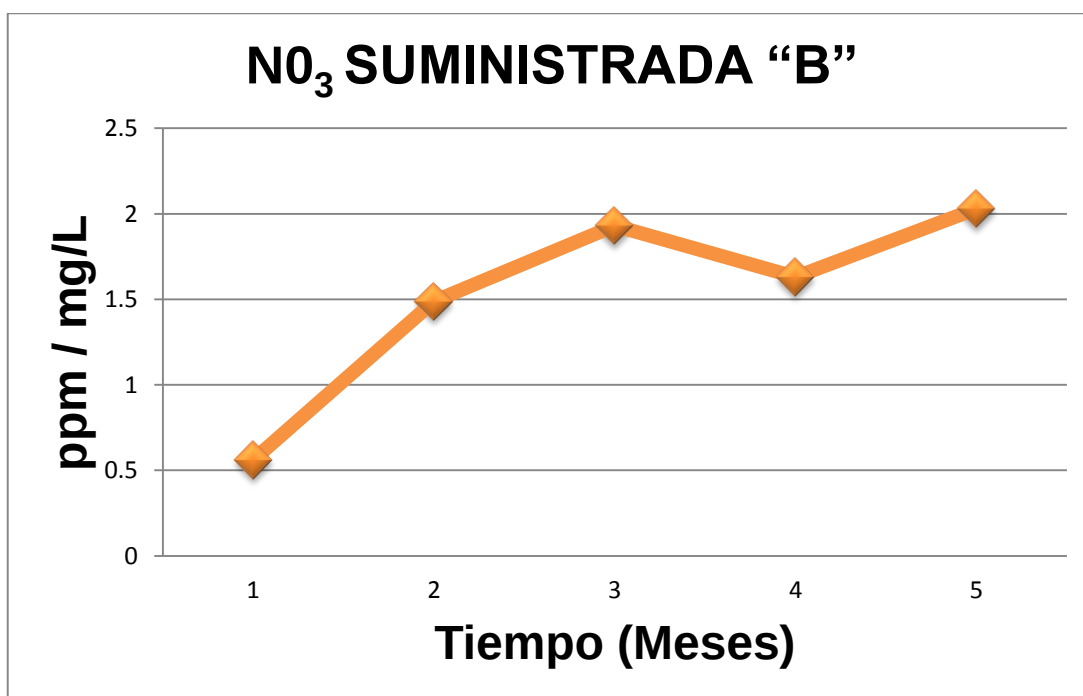


Fig. 17 Gráfica de Nitritos suministrados B.

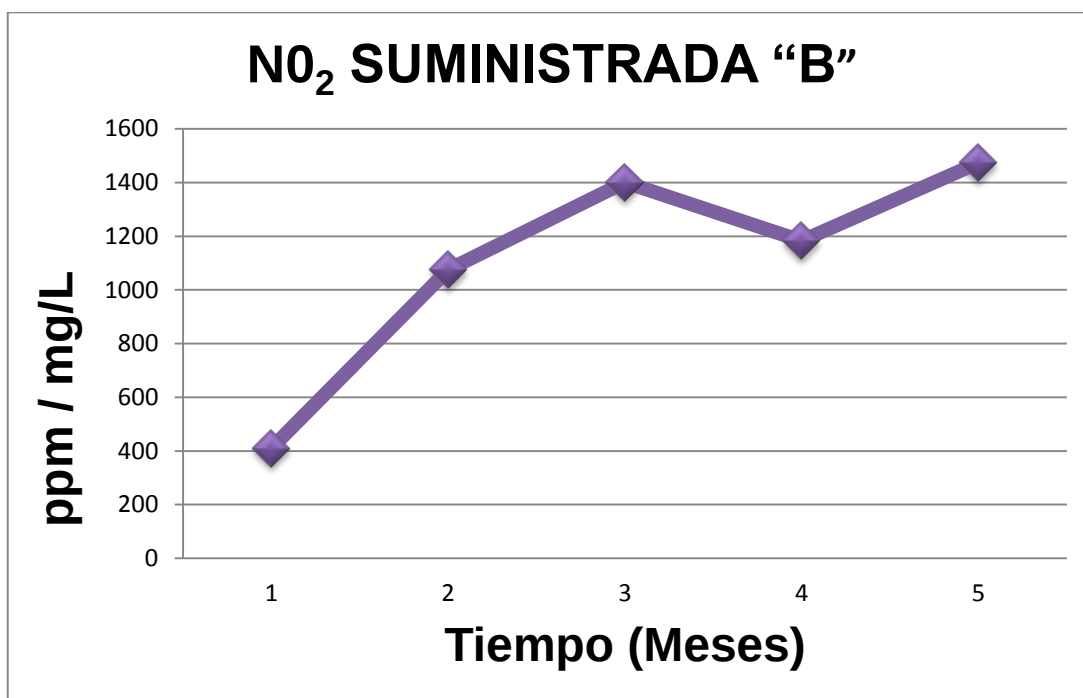


Fig. 18 Gráfica de Nitritos suministrados B.

Tabla 13. Agua consumida por cada planta A.

SECCIÓN A H ₂ O CONSUMIDA POR CADA PLANTA mL					
DÍA	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
1	0	817	887	1525	1275
2	0	695	584	1667	1617
3	0	788	1286	1483	1217
4	0	566	995	1500	
5	173	1047	1147	1233	
6	329	836	1320	917	
7	227	839	1375	1483	
8	244	1162	1533	967	
9	264	838	1427	1367	
10	256	635	1391	968	
11	201	615	1080	1292	
12	160	656	950	1600	
13	269	414	1320	1103	
14	206	750	1398	1050	
15	439	538	1390	1167	
16	254	412	1497	1122	
17	335	664	1350	933	
18	265	597	1387	800	
19	260	673	1417	767	
20	346	672	1509	497	
21	558	663	1552	836	
22	613	633	1203	710	
23	578	698	1348	883	
24	590	765	1293	379	
25	586	550	1300	1008	
26	550	713	1467	1100	
27	625	969	1511	750	
28	774	1193	1292	1292	
29	725	1157	1417	1020	
30	847	1570	1167	1267	
31	727		1150	1117	
PROMEDIO	367,77	771	1288	1090	1369

Tabla 14. Iones consumidos por cada planta A.

IONES CONSUMIDOS POR CADA PLANTA ppm / mg/L					
	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Ca⁺² (109 ppm)	40,08	84,03	140,39	118,81	149,22
Mg⁺² (22.9 ppm)	8,42	17,65	29,49	24,96	31,35
NO₂ (725 ppm)	266,63	558,97	993,8	790,25	992,52
NO₃ (1 ppm)	0,36	0,77	1,28	1,09	1,36

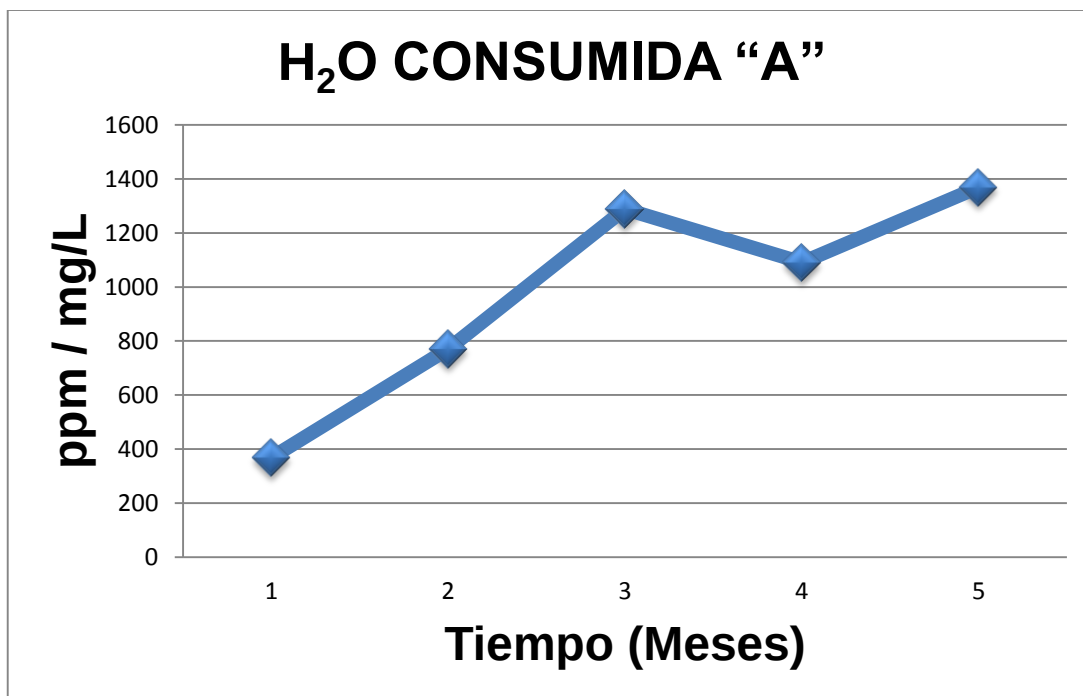


Fig. 19 Gráfica de Agua consumida A.

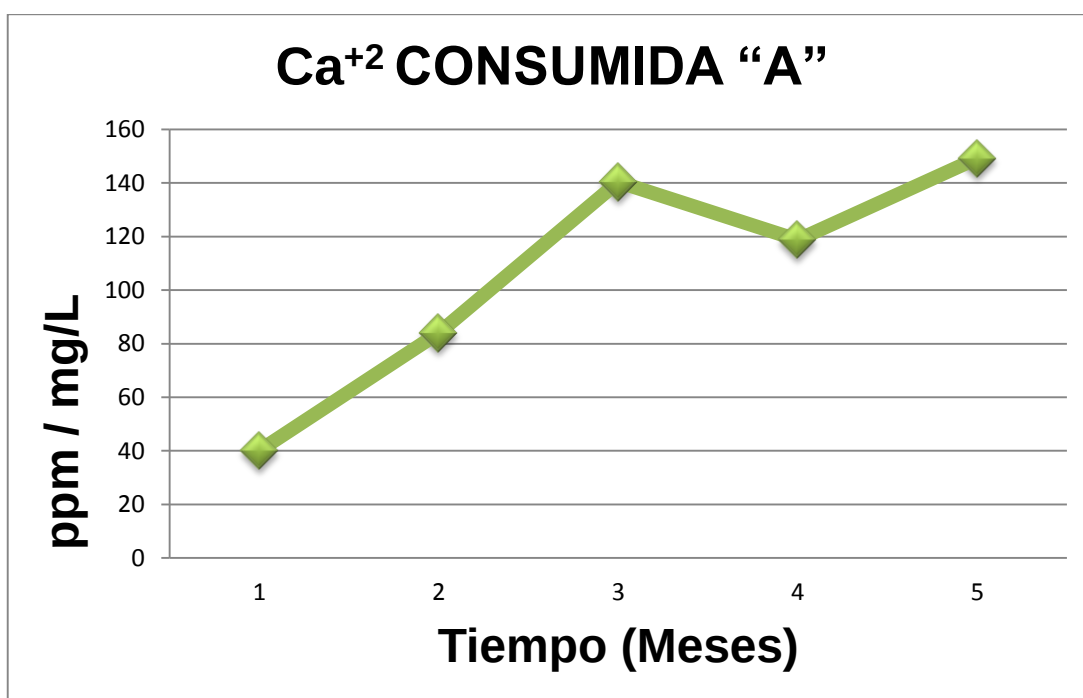


Fig. 20 Gráfica de Calcio consumido A.

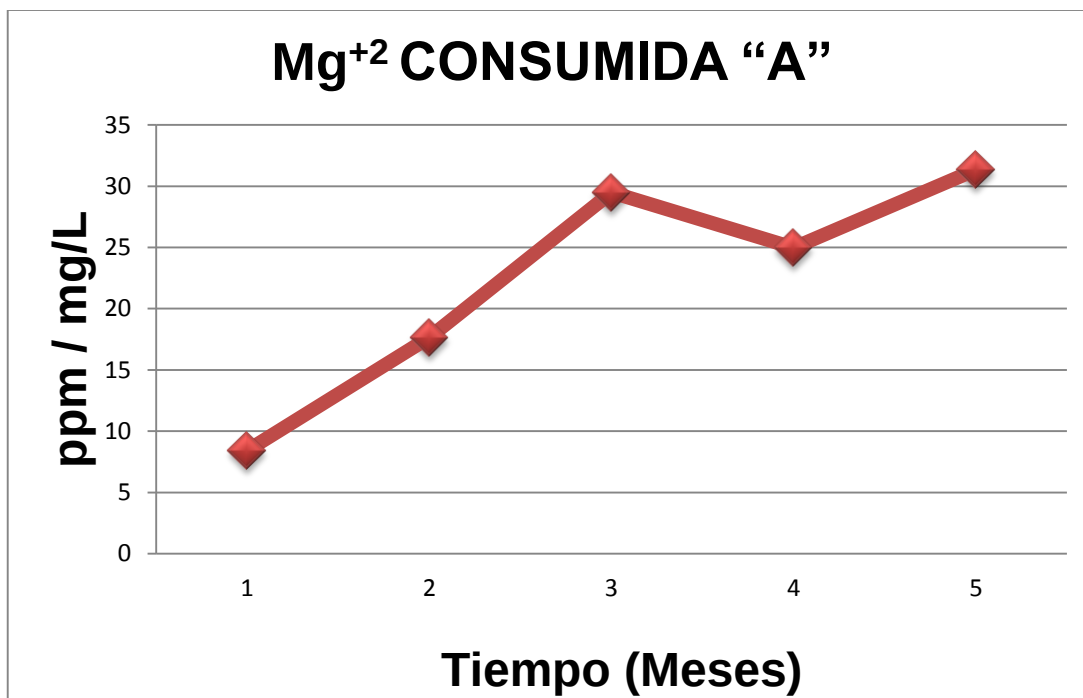


Fig. 21 Gráfica de Magnesio consumido A.



Fig. 22 Gráfica de Nitratos consumidos A.



Fig. 23 Gráfica de Nitritos consumidos A.

Tabla 15. Agua consumida por cada planta B.

SECCIÓN B H ₂ O CONSUMIDA POR CADA PLANTA mL					
DÍA	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
1	0	730	974	1283	1083
2	0	588	832	1285	1133
3	0	753	890	1069	1100
4	0	426	783	1100	
5	0	941	833	1167	
6	0	663	958	1050	
7	0	752	1122	683	
8	0	1032	900	700	
9	0	806	1040	1117	
10	0	649	1080	1042	
11	0	603	821	1050	
12	103	719	646	1097	
13	119	731	898	950	
14	212	854	988	983	
15	413	882	1037	1217	
16	233	793	1381	1247	
17	359	997	1283	1008	
18	266	928	980	842	
19	307	1075	1123	800	
20	328	993	1325	533	
21	458	1071	1187	838	
22	547	913	1595	745	
23	533	798	1258	1040	
24	500	953	1286	404	
25	560	1017	1003	1172	
26	480	766	808	1150	
27	613	736	1033	967	
28	723	1121	1033	1200	
29	807	953	1300	833	
30	746	1003	867	1033	
31	643		1441	950	
PROMEDIO	288,7	842	1055	986	1106

Tabla 16. Iones consumidos por cada planta B.

IONES CONSUMIDOS POR CADA PLANTA ppm / mg/L					
	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Ca⁺² (109 ppm)	31,46	91,77	114,99	107,47	120,55
Mg⁺² (22.9 ppm)	6,61	19,28	24,15	22,57	25,32
NO₂ (725 ppm)	209,3	610,45	764,87	714,85	801,85
NO₃ (1 ppm)	0,28	0,84	1,05	0,98	1,1

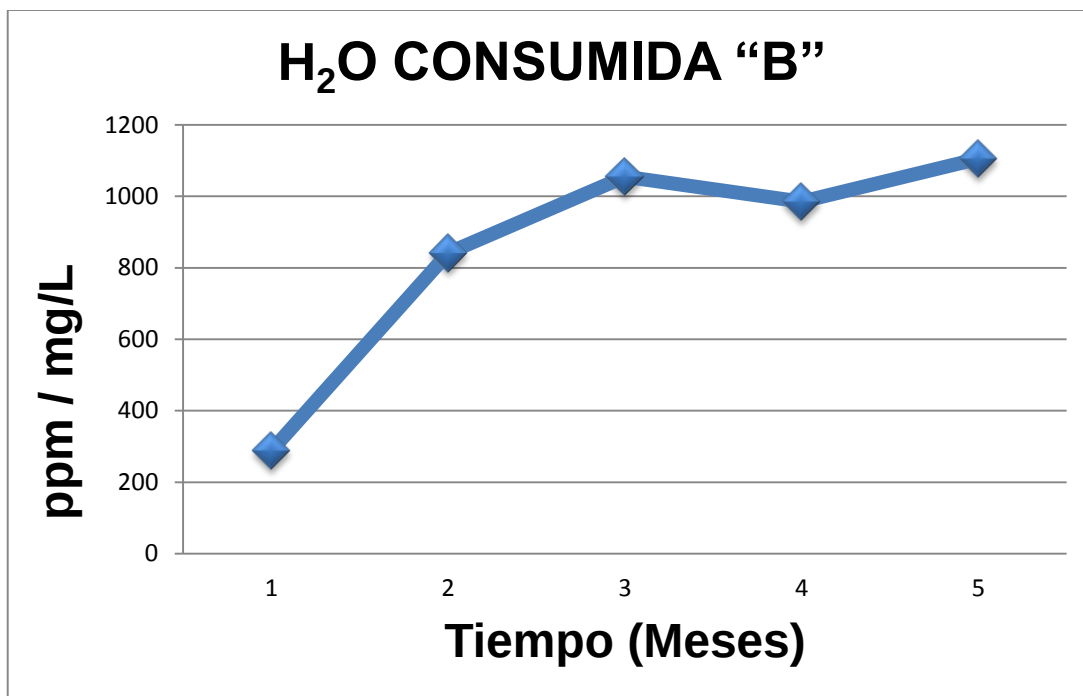


Fig. 24 Gráfica de Agua consumida B.

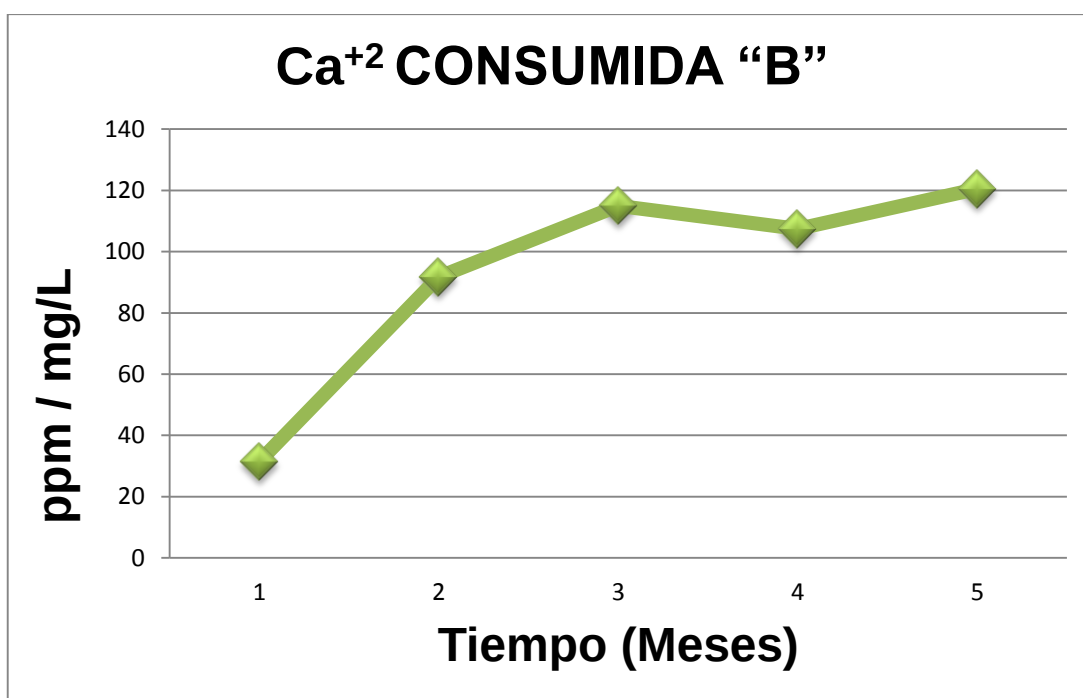


Fig. 25 Gráfica de Magnesio consumido B.

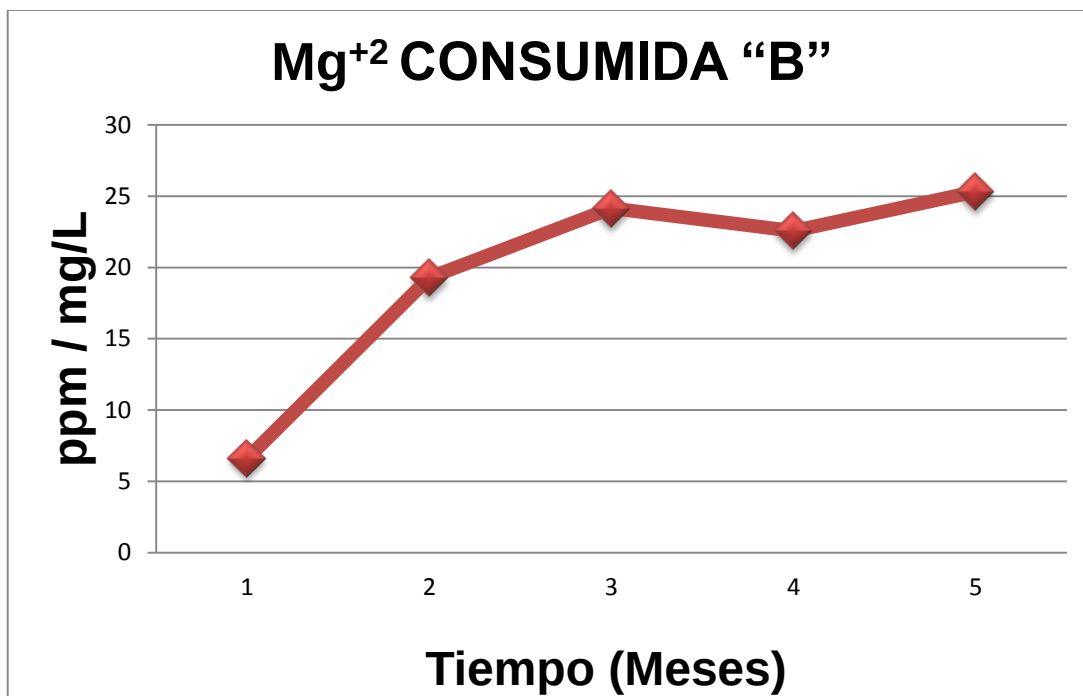


Fig. 26 Gráfica de Magnesio consumido A.

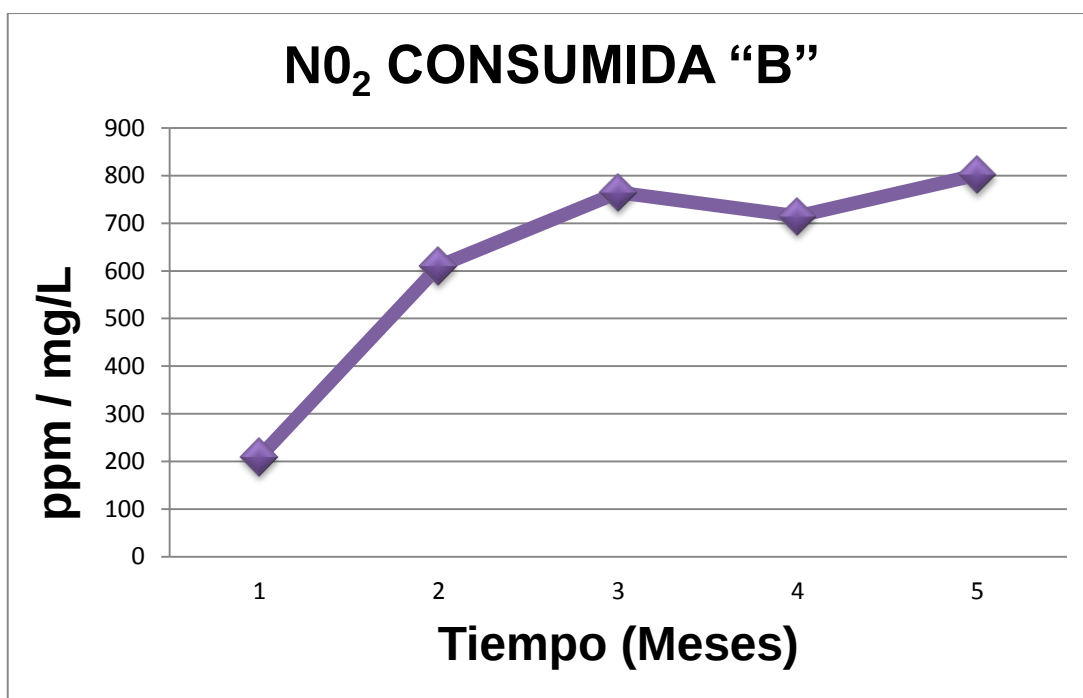


Fig. 27 Gráfica de Nitratos consumidos A.

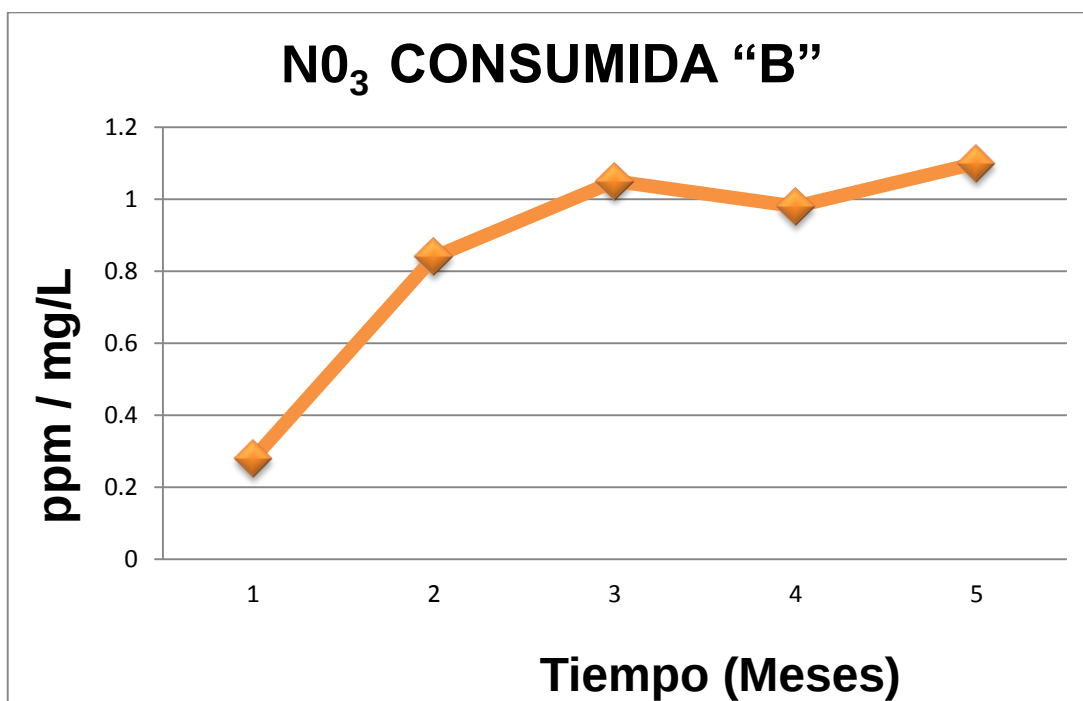


Fig. 28 Gráfica de Nitritos consumidos A.

7. DISCUSIÓN

El modelo actualmente de producción alimentos tiene una clara tendencia hacia la masificación, esto para poder cubrir en primer término la disposición de alimentos para una población en franco crecimiento, más sin embargo, esto depende en buena medida del acceso a agua de calidad. Es aquí donde se encuentra el siguiente problema o asignatura a cubrir que es el producir alimentos con la inocuidad y calidad nutrimental suficiente. México en este sentido se ha colocado como un productor líder en diversos sistemas productivo, tanto en cultivos a cielo abierto, como en invernaderos, estos últimos han ganado terreno como modo de producción, puesto que tienen condiciones controladas sobre factores físicos (temperatura, aeración, humedad, luminosidad energía utilizada), biológicos (fauna nociva, insectos, fitopatógenos) y químicos (pH, nutrientes orgánicos e inorgánicos, concentración de iones), es en este último apartado donde se puede tener un control relativamente estricto debido a que los iones inorgánicos son una parte fundamental a lo largo del desarrollo y producción de los alimentos en fresco. Existen diferentes iones de tipo divalente que siempre deben estar presentes a lo largo de la vida de la planta (ciclos fenológicos), como el Calcio (Ca^{+2}), Magnesio (Mg^{+2}) y Manganeseo ($\text{Mn}^{+2, +3, +4, +6, +7}$), los cuales son parte de diferentes enzimas (cofactores) y están presentes en las estructuras de las proteínas de tráfico intracelular, y si estos iones varían a lo largo de la producción por una mala manipulación en la preparación de la solución de riego o por un mal control en la calidad del agua en la estandarización de condiciones físico-químicas, los iones con un comportamiento electronegativo como el ion Flúor pueden afectar la disposición de iones divalentes (Ca, Mg y Mn), esto porque los radios atómicos más afines entre iones pequeños como el Flúor se unen de una manera más específica a iones divalentes formando complejos insolubles lo que provoca una deficiencia en la disposición de estos iones para el riego. Comprometiendo la calidad del cultivo, en caso del *Capsicum annuum*, esta deficiencia permite el establecimiento de patologías en el cultivo (pudrición apical), por deficiencia de Calcio.

8. CONCLUSIONES

El uso adecuado de herramientas de análisis químico inorgánico, brinda un soporte de información en tiempo real, para la toma de decisiones referentes al consumo de recursos:

- a) Hídricos.
- b) Consumo y Biodisponibilidad de iones electropositivos Ca^{+2} , Mg^{+2} , Mn^{+2} .
- c) La posible interferencia química con los iones electronegativos NO_3^- , NO_2^- .

La cuantificación adecuada de cada tipo de iones, electropositivos y electronegativos, asegura la viabilidad del cultivo de *Capsicum annuum*, esto al aplicar el equilibrio químico que necesita este tipo de cultivo bajo condiciones controladas, es fundamental poder monitorear la concentración de cada ion, así como el volumen suministrado y consumido por cada planta dentro del cultivo, asegurando la sustentabilidad de la agricultura moderna.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbo, S., Saranga, Y., Peleg, Z., Kerem, Z., Lev-Yadun, S., & Gopher, A. (2009). Reconsidering domestication of legumes versus cereals in the ancient near east. *The Quarterly Review of Biology*, 84(1), 29-50.

Agencia de Protección de la Salud y Seguridad Alimentaria. (s.f.). Los nitritos y los nitratos y el agua de consumo. Junta de Castilla y León. Recuperado de:
<http://www.saludcastillayleon.es/sanidad/cm/ciudadanos/images?idMmedia=92947>

AgroDer & SAB MILLER (2012). Huella Hídrica en México en el contexto de norteamérica. WWWF. México. Recuperado de:
<http://www.huellahidrica.org/Reports/AgroDer,%202012.%20Huella%20h%C3%ADdrica%20en%20M%C3%A9xico.pdf>

Badui, D. S. (2006). Química de los alimentos. 4° Edición. Person Education. México. ISBN 970-26-0670-5.

Bair, C. (2001). Química ambiental. 1° Edición. Ed Reverté, S.A. España. ISBN 978-84-2917-915-6.

Beaumont, J., & Montgomery, J. (2016). The Great Irish Famine: Identifying Starvation in the Tissues of Victims Using Stable

Isotope Analysis of Bone and Incremental Dentine Collagen.

PloS One, 11(8), e0160065.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160065>

Belitz, H. D., & Grosch, W. (1997). Contaminantes del agua. Química de los alimentos. 2° Edición. Ed Aribias. España. ISBN 84-200-0970-9.

Bolaños, R. P (2009). Trastornos de la conducta Alimentaria 9.

Instituto de Ciencias de la conducta. Sevilla. Recuperado de:

http://www.tcasevilla.com/archivos/evolucion_de_los_habitos_alimentarios._de_la_salud_a_la_enfermedad_por_medio_de_la_alimentacion.pdf

Brown, M. J. (2016). Footbinding, Industrialization, and Evolutionary Explanation : An Empirical Illustration of Niche Construction and Social Inheritance. *Human Nature (Hawthorne, N.Y.)*, 27(4), 501-532. <https://doi.org/10.1007/s12110-016-9268-5>

Christou, A., Agüera, A., Bayona, J. M., Cytryn, E., Fotopoulos, V., Lambropoulou, D., ... Fatta-Kassinos, D. (2017). The potential implications of reclaimed wastewater reuse for irrigation on the agricultural environment: The knowns and unknowns of the fate of antibiotics and antibiotic resistant bacteria and resistance

genes - A review. *Water Research*, 123, 448-467.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.004>

Definición de Alimento segun la FAO.pdf. (s. f.). Recuperado a partir de <http://www.fao.org/docrep/014/am401s/am401s07.pdf>

Durán, R. F. (2007). Manual del ingeniero de alimentos. Ed Grupo Latino Ltda. Colombia. ISBN 985-820-323-6

Esteves, D. C., Pereira, V. C., Souza, J. M., Keller, R., Simões, R. D., Winkelstroter Eller, L. K., & Rodrigues, M. V. P. (2016). Influence of biological fluids in bacterial viability on different hospital surfaces and fomites. *American Journal of Infection Control*, 44(3), 311-314. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.09.033>

Fox, B. A., & Cameron, A. G. (2008). Ciencia de los alimentos, nutrición y salud. 1° Edición. Limusa noriega editores. México. ISBN 978-96-8184-257-4.

Frazier, W. C. & Westhoff, D. C. (2003). Microbiología de los alimentos. 4°

Edición. Ed Acribia, S.A. España. ISBN 978-84-200-0734-2.

Galí, A., Dosta, J., Macé, S., & Mata-Alvarez, J. (2007). Comparison of reject water treatment with nitrification/denitrification via nitrite in SBR and SHARON chemostat process. *Environmental*

Technology, 28(2), 173-176.

<https://doi.org/10.1080/09593332808618777>

Glowacki, L., & Molleman, L. (2017). Subsistence styles shape human social learning strategies. *Nature Human Behaviour*, 1.

<https://doi.org/10.1038/s41562-017-0098>

Gunbin, K. V., Afonnikov, D. A., Kolchanov, N. A., Derevianko, A. P., & Rogaev, E. I. (2015). The evolution of Homo sapiens denisova and Homo sapiens neanderthalensis miRNA targeting genes in the prenatal and postnatal brain. *BMC Genomics*, 16 Suppl 13, S4. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-16-S13-S4>

Huang, C., Luo, M.T., Chen, X.-F., Xiong, L., Li, X.-M., & Chen, X.-D. (2017). Recent advances and industrial viewpoint for biological treatment of wastewaters by oleaginous microorganisms. *Bioresource Technology*, 232, 398-407.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.055>

Jay, J. M. (2000). Inocuidad y calidad de los alimentos. Microbiología moderna de los alimentos. 4º Edición. Ed Acribia, S.A. España. ISBN 84-200-0970-9.

Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., & Brulé, G. (2010). Ciencia de los alimentos. Vol 1. Ed Acribia, S.A. España. ISBN 978-842-001-

148-6.

Kumar, A., Tiwary, B. K., Kachhap, S., Nanda, A. K., & Chakraborty, R.

(2015). An *Escherichia coli* strain, PGB01, isolated from feral pigeon Faeces, thermally fit to survive in pigeon, shows high level resistance to trimethoprim. *PloS One*, 10(3), e0119329.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119329>

Martínez, H. J. (2013). Contaminantes químicos y microbiológicos.

Nociones de salud pública. 2° Edición. Ed Díaz de Santos.

Madrid. ISBN 978-847-978-562-8.

Mętrak, M., Chachulski, Ł., Navruzshoev, D., Pawlikowski, P., Rojan,

E., Sulwiński, M., & Suska-Malawska, M. (2017). Nature's

patchwork: How water sources and soil salinity determine the distribution and structure of halophytic plant communities in arid environments of the Eastern Pamir. *PloS One*, 12(3), e0174496.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174496>

Nunoura, T., Takaki, Y., Hirai, M., Shimamura, S., Makabe, A., Koide,

O., ... Takai, K. (2015). Hadal biosphere: insight into the

microbial ecosystem in the deepest ocean on Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of*

America, 112(11), E1230-1236.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1421816112>

Osei-Kwasi, H. A., Nicolaou, M., Powell, K., Terragni, L., Maes, L., Stronks, K., ... DEDIPAC consortium. (2016). Systematic mapping review of the factors influencing dietary behaviour in ethnic minority groups living in Europe: a DEDIPAC study. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 13, 85. <https://doi.org/10.1186/s12966-016-0412-8>

Qi, Z., Dong, D., Yang, H., & Xia, X. (2017). Improving fermented quality of cider vinegar via rational nutrient feeding strategy. *Food Chemistry*, 224, 312-319. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.078>

Rodríguez, B. E. (2013). La Huella Hídrica en México. CONAGUA. México. Recuperado de: http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/la_huellahidricaenmexico.pdf

Santiago-Rodriguez, T. M., Tremblay, R. L., Toledo-Hernandez, C., Gonzalez-Nieves, J. E., Ryu, H., Santo Domingo, J. W., & Toranzos, G. A. (2012). Microbial quality of tropical inland waters and effects of rainfall events. *Applied and Environmental*

Microbiology, 78(15), 5160-5169.

<https://doi.org/10.1128/AEM.07773-11>

Sawyer, C. N., McCarty, P. L., & Parkin, G. F. (2001). Química para ingeniería ambiental. 4° Edición. Ed Mc.Graw Hill. Nueva York. ISBN 978-958-410-164-8.

Secretaría de economía de México, (2001), Análisis de aguas- Determinación de nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. NMX-AA-079-SCFI-2001. Recuperado de:
<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD1/DO88.pdf>

Secretaría de economía de México, (2001), Análisis de aguas- Determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. NMX-AA-073-SCFI-2001. Recuperado de:
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166789/NMX-AA-073-SCFI-2001.pdf>

Secretaría de economía de México, (2001), Análisis de aguas- Determinación de fluoruros en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. NMX-AA-073-SCFI-2001. Recuperado de:
<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD1/DO88.pdf>

da/PPD1/DO86.pdf

Secretaría de economía DGN, (2001), Análisis de aguas-

Determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. NMX-AA-029-SCFI-2001.

Recuperado de:

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166773/NMX-AA-029-SCFI-2001.pdf>

Wang, D., Farnleitner, A. H., Field, K. G., Green, H. C., Shanks, O. C.,

& Boehm, A. B. (2013). Enterococcus and Escherichia coli fecal source apportionment with microbial source tracking genetic markers--is it feasible? *Water Research*, 47(18), 6849-6861.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.02.058>

10. ANEXOS

9.1 GLOSARIO:

- ❖ **Alimento:** Producto natural o elaborado susceptible de ser ingerido y digerido, cuyas características lo hacen apto y agradable al consumo, constituido por una mezcla de nutrientes que cumplen determinadas funciones en el organismo.
- ❖ **Calidad de los alimentos:** Son todos los atributos que influyen en el valor de un producto para un consumidor, engloba características del alimento (inocuidad, nutricional), calidad del uso o servicio (facilidad de empleo, conservación) y la calidad psicosocial o subjetiva (satisfacción).
- ❖ **Consumidor:** Persona o institución que adquiere algún bien o contrata algún servicio, mediante el pago de un precio, para satisfacer sus necesidades o las de su grupo familiar.
- ❖ **Contaminación:** La contaminación es la presencia o incorporación al ambiente de sustancias o elementos tóxicos que son perjudiciales para el hombre o los ecosistemas (seres vivos).
- ❖ **Enfermedades de transmisión alimentaria:** Enfermedades de carácter infeccioso o tóxico, causadas por agentes que penetran al organismo usando como vehículo un alimento.
- ❖ **Huella Hídrica:** Es un indicador de toda el agua que utilizamos en la vida diaria; para producir comida, en procesos industriales y generación de energía, así como la que contaminamos a través de esos mismos procesos.

- ❖ Inocuidad alimentaria según FAO: Garantía de que un alimento no causara daños al consumidor cuando el mismo sea preparado o ingerido de acuerdo al uso a que se destine.
 - OMS: Todas las medidas encaminadas a garantizar que los alimentos no causarán daño al consumidor si se preparan y/o ingieren según el uso al que estén destinados.
- ❖ Microorganismo: Son los seres más primitivos y numerosos que existen en la Tierra, colonizan todo ambiente: suelo, agua y aire, participan de forma vital en todos los ecosistemas y están en interacción continua con las plantas, los animales y el hombre.
- ❖ Nutrición: Proceso involuntario, autónomo, de la utilización de los nutrientes en el organismo para convertirse en energía y cumplir sus funciones.
- ❖ Producción: Conjunto de los productos que da la tierra naturalmente o la fabricación de un producto elaborado en la industria.
- ❖ Salud: Es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de enfermedad.

9.2 ABREVIATURAS:

- ETA Enfermedades de Transmisión Alimentaria.
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations.
Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la
Agricultura.
- Meq mili equivalentes.
- mg miligramo.
- mL mililitros.
- mM mili molar.
- m.o. microorganismos.
- OMS Organización Mundial de la Salud.
- P.M Peso Molecular.
- ppm partes por millón.
- SNC Sistema Nervioso Central.

9.3 INFOGRAFÍA :

