

## I. INTRODUCCIÓN

Las frutas y vegetales son alimentos de gran importancia en la dieta del ser humano y desde el punto de vista nutricional son alimentos con alto valor biológico por su aporte de vitaminas, minerales y fitoquímicos, lo cual los convierten en una opción saludable y funcional en la alimentación nacional. No obstante, a pesar de que las frutas y los vegetales son alimentos bien promocionados por médicos y nutricionistas por su alto valor nutricional, en Costa Rica constituye motivo de preocupación la contaminación por plaguicidas en estos productos (Contraloría General de la República, 2017).

La relevancia sobre el tema de inocuidad de los alimentos tiene relación con la salud pública de los ciudadanos en Costa Rica, la cual está protegida en el artículo 46 de la Constitución Política. Lo anterior, por cuanto el consumo de alimentos inocuos, es decir la ingesta de alimentos que cumplan con los límites máximos establecidos en el país de plaguicidas, microorganismos y toxinas y que se encuentren libres de plaguicidas de uso no autorizado, según la Organización Mundial de la Salud, contribuye en la reducción de la aparición de más de 200 enfermedades, entre ellas la salmonella, cólera, hepatitis A, infecciones gastrointestinales (Contraloría General de la República, 2017).

Esta situación, crea la necesidad e importancia de conocer la realidad sanitaria de las frutas y vegetales que se consumen en Costa Rica con relación con la contaminación con los plaguicidas y el impacto negativo sobre la salud de los costarricenses principalmente en poblaciones vulnerables como niños, mujeres embarazadas, adultos mayores, inmunosuprimidos entre otros. La presencia de los plaguicidas y otras sustancias tóxicas de origen sintético utilizados en labores agrícolas, se han asociado a múltiples problemas desde afectaciones al ambiente por la contaminación de cuencas y mantos acuíferos, hasta daños a la salud, como cáncer, esterilidad, deformaciones en fetos, alergias, intoxicaciones agudas y hasta la muerte (Araya, 2015).

Tener claridad sobre la presencia de estos plaguicidas en las frutas y vegetales, permitirá gestionar alternativas para su uso seguro en diferentes cultivos. Razón por la cual, este proyecto final de graduación (PFG) de la Maestría en Gerencia de Programas Sanitarios en Inocuidad de Alimentos (MIA), de la Universidad para la Cooperación Internacional (UCI), buscó identificar el fenómeno de estudio y los controles que se realizan en torno al tema de los plaguicidas en las frutas y los vegetales, así como los mecanismos y prácticas relacionadas con la gestión realizada por las autoridades encargadas y competentes de este control. Esto permitió obtener un marco de referencia para desarrollar y evaluar la gestión realizada y emitir una serie de sugerencias y recomendaciones que mejoren el control fitosanitario de estos alimentos.

Este proyecto se estructuró y ordenó bajo una serie de apartados que abarcaron el marco o fundamentación teórica del proyecto contextualizado por los argumentos técnicos y científicos del tema que se desarrolló. Además de un escenario de antecedentes y problemática de estudio con la respectiva propuesta de objetivos para el desarrollo del proyecto. Seguidamente se presenta la metodología del proyecto que se llevó a cabo para la obtención de la información y su respectivo análisis. Se describe la ubicación geográfica del proyecto y el enfoque metodológico. Así mismo, se hace una descripción de los procedimientos para la ejecución de las actividades con sus respectivas técnicas de abordaje y el cronograma para la ejecución de las tareas.

Este PFG propone evaluar la condición sanitaria de las frutas y vegetales que se consumen en Costa Rica, para la determinación de la posible presencia de plaguicidas y su impacto sobre la salud de la población. Su desarrollo permitió identificar los alcances de la gestión realizada por la institucionalidad estatal y los puntos que deben ser mejorados en pro de garantizar el consumo de las frutas y los vegetales lo menos contaminados con plaguicidas que pongan en riesgo la integridad sanitaria de la población costarricense.

## II. ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA DE ESTUDIO

De acuerdo con algunas investigaciones e informaciones que aparecieron en algunos medios escritos en años anteriores, se hizo mención sobre la presencia de plaguicidas en las frutas y vegetales de consumo a nivel local, por encima de los valores internacionales aceptables (Barquero, 2016; Araya, 2015; Morera, 2014.). Por otro lado, según los resultados del Servicio Fitosanitarios del Estado, en el 2014, en Costa Rica se aplicaron anualmente 10,6 kg de ingredientes activos de plaguicidas a cada hectárea cultivada en el país (SFE, 2017) También, el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET) de la Universidad Nacional (UNA) reveló que en el país en el 2013, se usaron en promedio 18,2 kilogramos de plaguicidas por hectárea de cultivo agrícola. Comparado con otros países, Costa Rica aparece en el primer lugar mundial, seguido por China, con 17 kilos (Araya, 2015).

Por otra parte, un informe de auditoría emitido por la Contraloría General de la República (CGR) (2017) al Servicio Fitosanitario del Estado (SFE), menciona que en los centros de distribución, los casos que exceden los límites máximos de residuos (LMR) pasaron de 15,5% del total muestras, en el 2013, a un 32%, en el 2016. Los datos evidencian que el chile dulce, el tomate, la papaya, el apio, el repollo y la piña, presentaron residuos fuera del LMR o no autorizados en porcentajes similares o superiores al promedio nacional, estimado en 15% (Contraloría General de la República, 2017). Así mismo, las condiciones actuales de la legislación y políticas de los plaguicidas, su uso agropecuario, el estado actual del proceso del registro de plaguicidas, la complejidad, las evaluaciones y los atrasos en los plaguicidas que requieren revalidaciones generan grandes atrasos en la gestión de control (Clement, 2011).

De manera que, bajo este escenario, surge la necesidad de información actualizada sobre la situación de inocuidad de las frutas y vegetales que consume la población de Costa Rica, tomando en cuenta las implicaciones sanitarias de los

plaguicidas sobre la salud de las personas. Dada la magnitud del tema y con las bases de conocimiento del perfil curricular del programa de Maestría en Gerencia de Programas Sanitarios en Inocuidad de Alimentos (MIA), desarrollar un Proyecto Final de Graduación que aporte nueva información, permitió gestionar estrategias en materia sanitaria y de inocuidad para velar por la integridad del consumidor final de este alimento.

El objetivo fue aportar información que beneficie al país, para diseñar una estrategia de gestión que fortalezca la labor de promoción de **Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)** que pretenda evitar el abuso y mal manejo de los plaguicidas.

### III. JUSTIFICACIÓN DE IMPACTO DEL PROYECTO

Lo que justificó este PFG es la problemática sanitaria que puede ocasionar el hecho de consumir un alimento con un contenido de plaguicidas, superior a los LMR autorizados, porque esto puede afectar la salud de las personas. Además, datos revelados por la CGR en el 2017, sobre el accionar en la inspección y el control de plaguicidas del SFE, muestran que sus labores han sido insuficientes para controlar la presencia de plaguicidas en frutas y vegetales de consumo local. Los resultados indican debilidades en la planificación, fiscalización, metodología formal y capacitación efectiva en BPA hacia los productores y centros de distribución (CGR, 2017).

La CGR ha considerado el alto volumen de comercialización y consumo en Costa Rica, de los vegetales frescos y frutas que presentan un mayor riesgo de incidencia de residuos de agroquímicos (tomate, chile dulce, fresa, apio, repollo, papaya, entre otros). Por lo cual, es justificante evaluar que las acciones que realiza el SFE en cuanto a monitoreo, promoción, capacitación y aplicación de buenas prácticas agrícolas, se encuentren alineadas con políticas, estrategias y planes nacionales que coadyuven a asegurar el acceso a alimentos salubres en mercados, ferias del agricultor y otras instancias del comercio nacional (CGR 2017).

También, su impacto permitió visualizar el escenario económico, donde se desarrolla el intercambio comercial de estos alimentos y gestionar las medidas sanitarias pertinentes a seguir para el consumo de estos alimentos en poblaciones vulnerables tales como niños, mujeres embarazadas y adultos mayores principalmente. Razón por la cual, la necesidad de una gestión eficiente por las instituciones estatales correspondientes, articulando actividades seguras para el manejo y consumo de las frutas y los vegetales, desde el campo hasta la mesa regidos por la filosofía de UNA SOLA SALUD (ONE HEALTH), justificó la necesidad del desarrollo de este proyecto de apoyo a la comunidad costarricense.

## IV. OBJETIVOS

### A. General:

- Evaluar la condición sanitaria de las frutas y vegetales que se consumen en Costa Rica y que se comercializan en CENADA, para recomendar estrategias de gestión de las contaminaciones por plaguicidas.

### B. Específicos:

- Analizar la información pública disponible en el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) sobre los niveles de plaguicidas encontrados en las frutas y vegetales frescos que se comercializan en CENADA.
- Identificar las frutas y vegetales de mayor consumo mediante las estadísticas de la encuesta de consumo de frutas, hortalizas, pescado y mariscos en los hogares costarricenses del 2015 realizada por CENADA.
- Revisar las implicaciones sanitarias por la presencia de plaguicidas en las frutas y vegetales, con base a la cantidad de residuos detectados y según el nivel de toxicidad de las moléculas de plaguicidas.
- Resaltar los factores a considerar para la gestión de las contaminaciones por plaguicidas, integrada con un plan de monitoreo a la medida en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).

## V. MARCO TEÓRICO

### A. Las frutas y los vegetales

Este grupo de alimentos aporta variedad de vitaminas y minerales, y constituye la principal fuente de fibra de la alimentación del ser humano. Contienen, además, muchas otras sustancias que recién comienzan a conocerse (“fitoquímicos”) y a las que se les están demostrando múltiples efectos sumamente beneficiosos para la salud (SAN, s.f). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), una dieta equilibrada debe incluir al menos 5 porciones diarias de fruta y vegetales, teniendo en cuenta las ventajas que aportan a la dieta: fibra, vitaminas, minerales y, por lo general, pocas calorías (OMS, s.f).

Las frutas y vegetales son elementos reguladores del cuerpo humano, es decir, intervienen en su metabolismo y en otros procesos vitales del cuerpo humano, por su contenido en vitaminas y minerales. Así mismo conviene saber sobre la manera correcta de prepararlos y cocinarlos para conservar la mayor cantidad de nutrientes posible, ya que muchas veces se pierden por el tipo de cocción o la forma de almacenarlos (SAN, s.f).

La ingestión de frutas y vegetales propicia un mayor consumo de antioxidantes naturales (vitamina C, E y carotenos), fibra dietética y otros compuestos (fitoquímicos como clorofilas, carotenoides, antoninianinas) que han demostrado un papel protector en diversas enfermedades (enfermedad cardiovascular, ciertos tipos de cáncer, diabetes) (Muñoz, 2017). Las frutas y vegetales se caracterizan por su alto aporte de agua y contenido de vitaminas como A, E, C, carotenoides, ácidos orgánicos y fibras tales como la celulosa, hemicelulosa, pectina y protopectina (Fox & Cameron, 1999).

Sin embargo, a pesar de todos los beneficios nutricionales de estos alimentos, las frutas y los vegetales son alimentos muy sensibles y vulnerables a la contaminación tanto por microorganismos como por agentes químicos (plaguicidas). Razón por la cual, se pone de manifiesto la necesidad de difundir e implementar Buenas Prácticas Agrícolas entre los productores del país con el fin de asegurar la cosecha de productos inocuos. Por ejemplo, el Centro Nacional de Abastecimiento (CENADA) comercializa aproximadamente el 45 por ciento del mercado nacional de frutas y hortalizas del país (Sáenz, 2001). Según análisis realizados por el citado centro, en diez tipos de hortalizas (apio, chile morrón, vainica, tomate, papa, pepino, culantro, lechuga, cebolla y repollo) el 29 por ciento presentaron residuos de pesticidas con valores que sobrepasaban los límites permitidos, siendo el apio, el culantro y el repollo los que presentaron los mayores porcentajes fuera de los límites. Se han puesto en marcha diversos programas a fin de reducir la incidencia de pesticidas y patógenos en estos productos, tales como el programa del CENADA de ozonización de agua y el programa Sello Azul acordado entre supermercados y productores (Kopper, 2002).

## **B. Los plaguicidas y sus propiedades físico-químicas**

Los plaguicidas se pueden definir como compuestos químicos que generalmente, se llevan a cabo en laboratorios de alta complejidad y tiene como finalidad controlar, prevenir y eliminar plagas que ocasionan dificultades y enfermedades a numerosos organismos que tienen contacto directo con el ser humano, los animales y los vegetales (Quesada, 2011). La Organización Mundial de la Salud (OMS) define los plaguicidas como cualquier sustancia o mezcla de sustancias, o microorganismos incluyendo virus, destinados a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, vectores de enfermedades humanas o de los animales, plagas molestas, las especies de plantas o animales indeseables que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración,



almacenamiento, transporte, o comercialización de alimentos, productos agrícolas, maderas y productos de madera o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos (OMS, 2010).

Los plaguicidas se conforman por características que permiten ser asociados en dos grupos principales. El primer grupo se define por el uso que se le da a los mismos, estos son: insecticidas, herbicidas, acaricidas, fungicidas, raticidas, entre otros. El otro grupo está determinado por la estructura química, estos se dividen en: organoclorados, organofosforados, carbamatos, ácidos carboxílicos, los piretroides, amidas, anilinas, los derivados de alquil, fenoles, amidas, compuestos inorgánicos, entre otros (Badii & Landeros, 2007).

El uso de los plaguicidas en los cultivos a nivel mundial es una práctica necesaria para mantener el suministro constante de alimentos; se estima que del 30 al 45 % de las cosechas a nivel mundial se salvan por la acción de estos productos (Hidalgo, 2012). No obstante, la utilización de los plaguicidas en las cosechas puede provocar la presencia de residuos, que son, restos de la utilización de un producto fitosanitario, incluidos sus metabolitos y los productos resultantes de su degradación o reacción (AECOSAN, 2010).

## **1. Los plaguicidas y su efecto en el ambiente**

La persistencia se refiere a la capacidad de una sustancia o un compuesto, de permanecer en un sustrato del ambiente en particular, después de que ha cumplido el objetivo por el cual se aplicó. La vida media es el lapso de tiempo necesario para que se degrade la mitad del compuesto o mezcla aplicada. (Jáquez, 2013). Los plaguicidas que persisten más tiempo en el ambiente tienen una mayor probabilidad de interacción con otros elementos del sistema. Por otro

lado, si su vida media y su persistencia es mayor a la frecuencia con la que se aplica, el plaguicida tiende a acumularse tanto en los suelos como en la biota (Badii, & Landeros, 2007).

La persistencia de los plaguicidas en un compartimiento ambiental depende de la eficiencia de los procesos de degradación natural, los cuales inducen en algunos casos la transformación de estas sustancias en metabolitos con mayor toxicidad. Entre estos procesos se pueden señalar la biodegradación, la fotodegradación y la hidrólisis química, que se efectúan mediante diferentes reacciones como lo son la oxidación, reducción, hidrólisis, ruptura y reorganización de enlaces moleculares y que a la vez involucran actividades enzimáticas de microorganismos, la luz ultravioleta (UV) y el pH del medio (Valderrama, Baena & Pérez, 2012).

Cuando un plaguicida es aplicado a un cultivo, solamente alcanza el organismo "blanco" aproximadamente el 1%, mientras que el 25 % es retenido en el follaje, el 30 % llega al suelo y el 44 % restante es exportado a la atmósfera y a los sistemas acuáticos por escorrentía y lixiviación (Brady y Weil, 1996, Tavarez 2016). Posteriormente, el compuesto puede ser transportado desde el suelo hacia el aire, agua o vegetación, pudiendo entrar en contacto por inhalación o ingestión con una amplia gama de organismos, incluyendo los seres humanos (Wesseling, 1997, Tavarez, 2016). El uso inadecuado de los plaguicidas puede provocar problemas bioecológicos y contaminación ambiental. Entre ellos, la eliminación de enemigos naturales de plagas y enfermedades, resistencia a las mismas, surgimiento de nuevas especies como plagas y eliminación de fauna útil.

Con relación a la contaminación ambiental, el deterioro de la calidad del agua es uno de los mayores problemas asociados al uso de plaguicidas. Este puede ser debido a alguna de las siguientes causas: deriva de pulverizaciones, lixiviación y percolación hacia napas freáticas, lavado de equipos y elementos de aplicación en

fuentes de agua, mala eliminación de desechos de plaguicidas y envases, rotura de envases y accidentes con vuelco de productos hacia fuentes de agua (Boroukhovitch, 1992, Tavarez 2016).

## **2. Los plaguicidas y su efecto en la salud humana**

Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) constituyen un problema de salud pública que puede afectar a toda la población, y generar un impacto negativo en la salud y la economía de los países. Cada año, millones de personas se ven expuestas a riesgos físicos, químicos o biológicos de origen alimentario; en los países en desarrollo, las enfermedades diarreicas transmitidas por los alimentos y el agua acaban cada año con la vida de unos 2,2 millones de personas, niños en su mayoría (FAO, 2007).

Cada día las personas se ven expuestas a los riesgos provocados por los plaguicidas como las enfermedades de origen alimentario. Estos riesgos pueden obedecer a un uso abusivo y no sujeto a control de sustancias químicas agrícolas, contaminación ambiental, utilización de aditivos no autorizados, prácticas de control y manipulación de la calidad de los alimentos en forma no apropiada y otros usos indebidos de los alimentos (Pérez, et al., 2013).

La problemática reside en que los agricultores aplican cantidades de plaguicidas por encima o por debajo de las dosis indicadas, y usan productos no autorizados o fuera de los periodos recomendados, aumentando así los riesgos a la salud de ellos mismos y de los consumidores (Morera, 2015). La toxicidad que generan los plaguicidas al producir efectos adversos en los organismos vivos incluyen deterioro de tipo funcional, lesiones patológicas que afectan el funcionamiento del organismo y reducen su capacidad de respuesta a factores de riesgo o estrés; de

acuerdo con el tiempo de exposición para que se llegue a manifestar el efecto tóxico o de la duración del mismo, estos se dividen en dos grupos: agudos y crónicos (UNA, 2015).

El nivel de toxicidad de los plaguicidas ha sido clasificado por parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (EPA) (OMS, 2005). Cuando se realizan estudios para establecer la toxicidad de una sustancia se determina la dosis letal media (DL50), esta se define como aquella dosis en la que se causa la muerte del 50% de los animales de prueba. Esta dosis letal se expresa siempre en miligramos o gramos por kilogramos de peso corporal, es por esto que la OMS y EPA determino cuales son estas dosis para los niveles de toxicidad de los plaguicidas.

En el cuadro 1 y 2 se resumen los valores de referencia establecidos.

Cuadro 1  
Dosis letal media para cada nivel de toxicidad según la OMS, 2005

DL50 para la Rata (mg/kg de peso)		Criterio de toxicidad	Color de la banda
Oral	Dermal		
< 5	< 50	Extremadamente Peligroso	Ia
5-50	50-200	Altamente Peligroso	Ib
50-2000	200-2000	Moderadamente Peligroso	II
<2000	<2000	Ligeramente Peligroso	III
≥5000		Normalmente no causa ningún peligro	U

Fuente: (Morales, 2017). Adaptado de OMS (2005), (Morera, 2015).

Cabe destacar que la dosis letal para una persona adulta de los principios activos de clase I es de 5 gramos (menos de 1 cucharada de té), de clase II es 5 a 30 gramos y de clase III más de 30 gramos (UNA-IRET, 2015).

Cuadro 2  
Dosis letal media para cada nivel de toxicidad según la EPA, 2015

DL50 para la Rata (mg/kg de peso)		Criterio de toxicidad	Color de la banda
Oral	Dermal		
<50	<200	Altamente tóxico	I
50-500	200-2000	Moderadamente tóxico	II
500-5000	2000-5000	Ligeramente tóxico	III
>5000		Prácticamente no tóxico	IV

Fuente: (Morales, 2017). Adaptado de UNA-IRET (2015), (Morera, 2015).

Tomando en cuenta ese nivel de toxicidad se han establecido los principales efectos en la salud por la exposición a los plaguicidas. Dentro de estos efectos se encuentran:

- **La actividad alérgica** se define como la capacidad de desencadenar reacciones alérgicas con la exposición repetida a la sustancia.
- **Neurotoxicidad** que se refiere a efectos sobre el sistema nervioso central, el sistema nervioso periférico y los órganos de los sentidos.
- **Genotoxicidad** que se refiere a alteraciones en el material genético o en sus componentes asociados, producida por un agente químico en los niveles subtóxicos de exposición, entre ellos la mutagenicidad que se refiere a los cambios producidos en el material genético del núcleo celular, que pueden ser transmitidos en la división celular. Mutaciones en células somáticas han sido relacionadas con leucemias, linfomas y otros tumores sólidos. Y por otro lado, las aberraciones cromosómicas que son alteraciones de tipo numérico y estructural causados por un agente genotóxico. Una prueba positiva indica daño genético inducido y no reparado durante años de exposición. Las aberraciones cromosómicas se han asociado con el

cáncer, el envejecimiento, retraso mental, anormalidades morfológicas y otras enfermedades.

- **Carcinogenicidad** que se refiere a la capacidad de un agente de producir una neoplasia (cáncer).
- **Efectos reproductivos** es el conjunto de efectos relacionados con la capacidad reproductiva. Pueden producirse por exposición durante el periodo periconcepcional y la gestación. Dentro de estos se encuentran la teratogénesis que son efectos por exposición durante el periodo embrionario, que usualmente se relacionan con malformaciones morfológicas mayores.
- **Disrupción endocrina** es una sustancia química capaz de alterar el equilibrio hormonal y de provocar diferentes efectos adversos sobre la salud. Los efectos dependen del sistema hormonal al que afecten, de la etapa de la vida en que se dé la exposición y del sexo (UNA, 2015).

### 3. Presencia de plaguicidas en los vegetales y las frutas

El uso de plaguicidas, es considerado como un complemento necesario en las actividades agrícolas. Sin embargo, existe preocupación con relación al uso indiscriminado de diversos tipos de estos químicos, debido a la toxicidad de sus componentes que pueden tener efecto en la salud y los cultivos, lo que significa que representan riesgo para el trabajador agrícola, sus familias, las comunidades colindantes a las áreas de siembra y los consumidores. El mal uso en cultivos como el de las frutas y los vegetales, puede generar un residuo e incluso transportarse del lugar en que se aplicó y permanecer durante el tiempo en cualquier parte del ambiente (Zamorano, 2011).

Es importante realizar una minuciosa selección de los productos a utilizar según el ámbito de acción, dosis, frecuencia de aplicación y tiempo de carencia, pues factores que, al no ser considerados técnicamente, podrían ser la causa de residuos en el alimento como las frutas y los vegetales y el ambiente. Se entiende por residuo de plaguicida, aquellas sustancias concretas que se encuentran en los alimentos, los productos agrícolas o los piensos como resultados del uso del plaguicida (Pozo, 2013). El término incluye tanto los derivados del plaguicida, como los productos de conversión, los metabolitos, los productos de reacción y las impurezas que se consideran de importancia toxicológica (FAO, 2009). El problema de la acumulación de residuos necesita más atención en los vegetales y las frutas, porque la mayoría del tiempo estos se consumen crudos o sin mucho tiempo de almacenamiento. Como consecuencia, en los últimos años ha ido en aumento el interés por la toxicidad de los plaguicidas debido a los efectos carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos que se producen tanto en animales, como en humanos que se han visto expuestos (Bempah, Buah-Kwofie, Enimil, Blewu, & Agyei-Martey, 2012)

Los residuos de plaguicidas a lo largo de la historia han sido encontrados en las frutas, los vegetales y en alimentos procesados, algunos autores han revisado exhaustivamente el efecto del procesamiento en la reducción de residuos de plaguicidas e indican que algunas técnicas de procesamiento, tales como lavado, pelado, el tratamiento térmico, la fermentación, y la congelación pueden llegar a reducir la concentración de residuos de los plaguicidas presentes en los alimentos que han sido procesados (Costa, Caldas, & Primel, 2014).

### **C. El contexto sanitario, institucional y jurídico de control de los plaguicidas en las frutas y los vegetales a nivel Internacional y en Costa Rica**

## 1. Contexto Internacional

Después de la Segunda Guerra Mundial, los líderes en Estados Unidos empezaron a trabajar en una agenda por la modernización de los países menos desarrollados. El componente principal de las medidas tecnológicas utilizadas para aumentar la productividad y modernizar fue en el sector agrario mediante la promoción de la “Revolución Agrícola”, la cual prometía desactivar la bomba de tiempo Maltusiana en los países en desarrollo, donde de acuerdo con la teoría de Malthus, las poblaciones estaban creciendo más rápido de lo que crecía su habilidad de producir alimentos (Murray, 1994).

Las tecnologías de la Revolución Agrícola confiaban en los **plaguicidas** como el medio casi exclusivo para controlar las plagas. De hecho los plaguicidas eran considerados una tecnología milagrosa para aumentar la productividad (Bell, 2004). Sin embargo, a más de seis décadas después de haber iniciado la Revolución Agrícola, no solo no se ha cumplido la promesa de desarrollo en los países menos desarrollados, sino que además ha habido una preocupación que va en aumento respecto a las consecuencias ambientales y para la salud de las personas que han resultado del uso de los plaguicidas (Santamaría, 2009).

En 1962, la Organización de la Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO por sus siglas en inglés) y la Organización Mundial para la Salud (OMS) crearon conjuntamente la comisión del Codex Alimentarius, con el propósito de establecer normas para el comercio internacional de alimentos y proteger la salud de los consumidores; a su vez, dentro del Codex se conformó un comité especial encargado de la reglamentación internacional relacionada con los residuos de plaguicidas en alimentos (Tavarez, 2016).

Dentro de su accionar, se estableció el concepto de residuos de plaguicidas que hace referencia a los restos de cualquier producto químico utilizado para combatir las plagas agrícolas, que quedan dentro o fuera de los alimentos. De esta



definición surgió el establecimiento de Límites Máximos de Residuos (LMR), conceptualizados como el límite legal superior de concentración de un residuo de plaguicida en alimentos o piensos establecido de conformidad con el Reglamento (UE) N° 396/2005, basado en las buenas prácticas agrícolas (BPA) y la menor exposición del consumidor necesaria para proteger a todos los consumidores, incluidos aquellos más vulnerables (niños y mujeres embarazadas) (Tavarez, 2016.) Cabe mencionar que los LMRs no son límites toxicológicos, sino que son límites toxicológicamente aceptables, basados en una buena práctica agrícola y que representan la cantidad máxima de un residuo que es posible encontrar en un producto alimentario de origen vegetal como consecuencia del uso legal y racional de ese plaguicida evaluado (Reglamento (UE) N° 396/2005).

Las regiones tropicales, Centro América entre ellas, por lo general tienen economías basadas en la agricultura y dependen del uso intensivo de plaguicidas para aumentar su productividad. Las condiciones climáticas resultan en un mayor uso de plaguicidas que en áreas templadas (Blair et al., 1992, Santamaría, 2009). El riesgo potencial de daño ambiental en los países tropicales se incrementa debido a que frecuentemente no se aplican las medidas de seguridad necesarias para minimizar las consecuencias negativas de los plaguicidas. Entre los problemas más frecuentes se encuentran condiciones peligrosas en el transporte y almacenaje de sustancias, aplicaciones innecesarias y sobre utilización, rociamiento aéreo sobre ríos y fuentes de agua, y lavado del equipo de aplicación en los ríos. Además, los remanentes de plaguicidas y los contenedores usados usualmente se desechan de manera inapropiada. En ninguno de los países centroamericanos se requiere entrenamiento o certificación para comprar o aplicar plaguicidas (Castillo et al., 1997, Santamaría, 2009).

## 2. Contexto local

Los plaguicidas fueron introducidos en Centroamérica antes de 1950. El cultivo de algodón fue el que tuvo el consumo más alto de plaguicidas desde los años 60s hasta los 80s, cuando la disminución en la producción de algodón, disminuyó el uso de plaguicidas en la mayoría de los países centroamericanos. Sin embargo, el uso de plaguicidas ha incrementado monotónicamente en Costa Rica, principalmente debido a que el país es el líder en el cultivo de productos no tradicionales en Centroamérica (Murray, 1994, Santamaría 2009).

La agricultura no tradicional, es decir cultivos que no son ni café ni banano, así como las plantaciones de banano contribuyeron al alto nivel de consumo de plaguicidas en Costa Rica, que es todavía uno de los países centroamericanos con el más alto uso de plaguicidas, en términos de toneladas de ingrediente activo por área cultivada, por habitante y por agricultor (Santamaría, 2009). La resistencia a los plaguicidas y el uso de plaguicidas parecen estar escalando en Costa Rica. De acuerdo con el Programa Estado de la Nación (2004), a pesar que la extensión de cultivos no ha cambiado significativamente desde 1997 en Costa Rica, las importaciones de plaguicidas así como su uso por hectárea han venido aumentando sostenidamente (Santamaría, 2009).

Es así, que el papel de los análisis de residuos de plaguicidas tiene una función determinante. En Costa Rica, los análisis de muestras de origen vegetal para residuos de plaguicidas es una de las funciones del Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) por medio del Laboratorio de Residuos de Agroquímicos (LRE) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) establecidas en la Ley de Protección Fitosanitaria, cuyo propósito es velar por el estado sanitario de los vegetales (MAG, 1998). El SFE verifica el cumplimiento de los límites máximos de residuos permitidos por ley, para ello se realiza un muestreo y seguimiento de la condición fitosanitaria en productos que se producen e importan al territorio nacional.

### 3. Plaguicidas detectados en Costa Rica

De acuerdo con el SFE, durante el 2013, se analizaron 1.234 muestras de vegetales frescos, de los cuales el 94% cumplió con los límites máximos de residuos (LMR) de agroquímicos autorizados. Los muestreos se realizaron de acuerdo con una serie de características como: productos que no cumplieron con los LMR en años anteriores, capacidad del Laboratorio de Análisis de Residuos del SFE, área de los principales cultivos a nivel nacional, exportaciones, alertas internacionales de detección de residuos a nivel de nuestros socios comerciales y consumo per cápita de los principales productos agropecuarios, entre otros (SFE, 2014).

Las muestras abarcaron un total de 71 productos. El 42% de frutas, el 37% de vegetales, el 10% raíces y tubérculos, el 7% cereales y el 3% otros. En donde, el 74 % son para consumo nacional y el 24 % para exportación. Se analizó productos como: apio, arroz, banano, chayote, chile dulce, culantro, frijol, guayaba, mango, lechuga, papaya, naranja, repollo y zanahoria, entre otros. La toma de muestra se realizó en las 7 provincias del país, en 64 cantones, cubriendo un total del 79 % del total del área nacional. Es importante destacar que se ubicó el lugar de procedencia del producto con el objeto de dar trazabilidad que permita tomar las medidas correctivas por medio de las BPA (SFE, 2014).

Otros datos importantes son las encuestas de campo para determinar los plaguicidas que aplican los agricultores a los cultivos, algunas fincas costarricense cosechan los siguientes cultivos: papaya, melón, sandía, frijol, ayote, café, arroz, limón mesino, tomate, yuca, cebolla, chile dulce, guayaba, ñampi, cacao, maíz, pepino, vainica, fresa, mango, lechuga, aguacate, apio, culantro, zanahoria, remolacha, brócoli, papa, rambután, chayote (Morera, 2015). Los plaguicidas que se aplican a estos cultivos para combatir las plagas y enfermedades, pueden

permanecer por largos periodos de tiempo en forma residual aún después de su cosecha, de ahí la importancia de la determinación de los residuos de plaguicidas porque pueden estar presentes en ellos. De esta forma los datos de plaguicidas presentes en los cultivos encuestados son representativos de la dieta de los costarricenses y de las actividades con mayor extensión de terreno en Costa Rica (INEC, 2014).

Por otro lado, un informe de auditoría emitido por la Contraloría General de la República (2017) al Servicio Fitosanitario del Estado (SFE), menciona que, en los centros de distribución, los casos que exceden los límites máximos de residuos (LMR) llegaron a un 32%, en el 2016. Los datos evidencian que el chile dulce, el tomate, la papaya, el apio, el repollo y la piña, presentaron residuos fuera del LMR o no autorizados en porcentajes similares o superiores al promedio nacional, estimado en 15% (Contraloría General de la República, 2017).

Otros estudios demuestran que actualmente el Laboratorio de Residuos de Agroquímicos (LRE) puede detectar 141 plaguicidas; no obstante, el LRE no detecta: mancoceb, abamectina, permetrin, captan, propineb, spiromesifen, benzoato de emamectina, captan y piraclostrobina, los cuales se utilizan en cultivos de mayor consumo y producción nacional (Morera, 2015). Además, en Costa Rica se importa y se utilizan gran variedad y cantidad de plaguicidas; entre ellos: fungicidas como el mancoceb, clorotalonil, fenpropimorf; herbicidas como glifosato, 2,4- D, paraquat, diuron, ametrina, muchos de ellos ya están prohibidos o restringidos en Holanda, España, Estados Unidos, Suecia, Dinamarca, entre otros (Morera, 2015).

Por otra parte, los patrones de uso y manejo de plaguicidas, esto es, como los agricultores emplean las buenas prácticas agrícolas en el campo, son lo que realmente determina si se va a presentar o no riesgo de residuos en los productos que van al consumidor. La aplicación de plaguicidas en dosis inadecuadas

favorece a la resistencia de plagas; ocasionando que se requiera cada vez mayor dosificación de plaguicidas para eliminar las plagas. Sin embargo, nuestro ambiente es afectado cada vez más, destruyendo la diversidad natural, además de la alta probabilidad de ser consumidos por el hombre a través de los cultivos frescos no procesados (Morera, 2015). Esto amerita, que el LRE determine analíticamente, si estos plaguicidas se están aplicando a los cultivos de manera adecuada y reglamentada para asegurar una incidencia mínima en la salud humana. Ya que a pesar de que los niveles de residuos de plaguicidas en alimentos rara vez producen problemas de intoxicaciones agudas, el hecho que miles de personas ingieran diariamente niveles bajos o medios de agentes cancerígenos o tóxicos, puede significar un problema considerable de salud pública (Morera, 2015).

## **VI. METODOLOGÍA**

### **A. Enfoque metodológico**

El enfoque metodológico que se adoptó en este proyecto fue bajo una estrategia de investigación mixta con el fin de integrar sistemáticamente los métodos cuantitativos y cualitativos en un solo estudio con el fin de obtener una “fotografía” más completa del fenómeno de estudio. Según Hernández, Fernández y Baptista (2010): “los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

### **B. Ubicación geográfica del proyecto**

El proyecto se desarrolló tomando como escenario el centro nacional de abastecimiento y distribución de alimentos (CENADA). Dicho lugar es el primer mercado mayorista de Costa Rica el cual tiene como objetivo facilitar servicios y condiciones para el abastecimiento de productos perecederos al por mayor para su posterior distribución a los mercados paralelos del país (PIMA, 2018).

Paralelamente otro lugar estratégico en el proyecto fue el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE). Esta institución controla y regula el intercambio comercial de productos agrícolas tanto en la importación como para la exportación, el registro, control y regulación de sustancias químicas y biológicas de uso agrícola

(plaguicidas, fertilizantes, sustancias biológicas y otros productos afines), su control de calidad y los niveles máximos de residuos permitidos (LMR) de los plaguicidas en los productos de consumo fresco. Además, certifica la condición fitosanitaria de los productos para la exportación, mantiene la vigilancia y el control de las plagas de importancia económica y sobre aquellas plagas no presentes en el país que puedan representar una amenaza potencial para la producción agrícola nacional (SFE, 2018).

### **C. Aval de las autoridades correspondientes de la institución donde se desarrolló el proyecto**

Este proyecto contó con el aval y respaldo técnico de CENADA así como del SFE. El profesional responsable del proyecto junto con la dirección del posgrado de la UCI, gestionaron y coordinaron las actividades de recolección de datos y de investigación con dichas instituciones. Para lo cual, existió todo el respaldo institucional y logístico para su realización.

### **D. Descripción de los procedimientos**

Para dar respuesta a los objetivos específicos planteados se desarrollaron las siguientes actividades con sus respectivas técnicas de abordaje según el respectivo objetivo:

Objetivo específico 1:

- Analizar la información pública disponible en el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) sobre los niveles de plaguicidas encontrados en las frutas y vegetales frescos que se comercializan en CENADA.

#### Actividades:

- La definición de las variables de la investigación mediante revisión bibliográfica y la discusión con el tutor sobre la coordinación, fuentes de información y alcances del proyecto según la problemática definida.
- La revisión de los informes y registros físicos del SFE sobre los niveles de contaminación por plaguicidas en las frutas y vegetales frescos desde el periodo 2006-2017 que se comercializan en CENADA. Para lo cual se tuvo que realizar una tabulación minuciosa de todos los muestreos realizados durante el periodo de estudio y una clasificación de la información detallando códigos y identificación de las muestras, fechas de realización, presencia de plaguicidas detectados y su concentración, LMR específicos según el tipo de molécula, cumplimiento con el LMR permitidos de acuerdo con el Decreto 35301-MAG-MEIC-S y la presencia de plaguicidas prohibidos en el país. Todo esto fue resumido en cuadros que respaldó el análisis posterior de los datos y la debida rastreabilidad de la información según los intereses del investigador y los lectores del informe del proyecto (ver anexo 2).
- La visita al Laboratorio del SFE para la comprensión y entendimiento del protocolo establecido para el análisis químico por plaguicidas de las frutas y vegetales comercializadas en CENADA.
- La coordinación y entrevistas con sujetos claves vinculados en el tema de estudio, que hayan tenido contacto directo en el proceso de monitoreo y medición de plaguicidas, gestión administrativa y logística tanto en CENADA como en el SFE. Para lo cual se entrevisto al Ingeniero en jefe Guillermo Arrieta Quesada y al Ingeniero Pedro Sánchez Carballo de la Unidad de Control de Residuos de Agroquímicos del SFE, al Ingeniero Miguel Monterrey responsable de la gestión de inocuidad de CENADA y la química Verónica Picado Pomar investigadora del Laboratorio del SFE. Dentro de los tópicos consultados se hizo énfasis en :



- ✓ Recolección de muestras de frutas y vegetales y su respectivo análisis mediante protocolos técnicos establecidos como el AE-RES-PO-01 (Muestreo de vegetales frescos).
- ✓ Revisión de los valores obtenidos con los estándares de referencia a nivel local e internacional aceptables de plaguicidas.
- ✓ Necesidades de investigación, gestión realizada y sensibilización poblacional entre otros.

El método que se utilizó en la recolección de la información, consistió en la encuesta mediante el uso de la técnica de la **entrevista** que según Delgado (2006, p. 12), "...consiste en una forma de obtener información de individuos mediante la conversación. Su propósito es utilizarla de manera objetiva para conocer los conocimientos que poseen estas personas y las sugerencias que establecen" (Delgado, 2006). Para lo cual, se aplicó un instrumento de recolección de datos formulado con preguntas abiertas, para obtener información sobre la temática de estudio (ver Anexo 3). La entrevista fue realizada en los sitios de trabajo de los sujetos clave, cuya técnica de recolección de información se dio como un proceso de interacción entre entrevistador y entrevistado, guiado por los propósitos y objetivos del proyecto.

- La consulta técnica a la asistente de laboratorio Ivania Morera Rodríguez sobre los modelos de medición de plaguicidas, así como la consulta sobre modelos de muestreo al Dr. Assad Heneidi Zeckua epidemiólogo y analista de riesgos consultor del Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). Y por último se consultó al químico Greivin Pérez del Laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA) de la Universidad de Costa Rica, quien realizó un aporte en materia bibliográfica y de investigación.

- La determinación de los alcances de la Política Nacional de Inocuidad de Alimentos o reglamentos afines como el Decreto 35301-MAG-MEIC-S, y la Ley de Protección Fitosanitaria 7664 para visualizar las implicaciones sanitarias, jurídicas y comerciales sobre las frutas y vegetales ante una posible presencia de plaguicidas superior a los valores de aceptación en el territorio costarricense.

#### Objetivo específico 2:

- Identificar las frutas y vegetales de mayor consumo mediante las estadísticas de la encuesta de consumo de frutas, hortalizas, pescado y mariscos en los hogares costarricenses del 2015 realizada por CENADA.

#### Actividades:

- La revisión minuciosa y el análisis de la encuesta de consumo de frutas, hortalizas, pescado y mariscos en los hogares costarricenses para identificar el consumo per cápita de frutas y vegetales, los gustos y preferencias de estos alimentos y patrones de consumo por grupos vulnerables como los niños. Además, de la distribución porcentual de las principales frutas y vegetales consumidas en los hogares y una revisión de los productos comercializados por CENADA en el periodo 2017, que implico una clasificación y segmentación de las frutas y vegetales producidos a nivel local, eliminando las importadas que ya llevan una valoración por plaguicidas por otros mecanismos que aplica el SFE.
- La sistematización y análisis mediante la tabulación de datos, revisión de los cálculos y la exposición narrativa de la información más relevante.

### Objetivo específico 3:

- Revisar las implicaciones sanitarias por la presencia de plaguicidas en las frutas y vegetales, con base a la cantidad de residuos detectados y según el nivel de toxicidad de las moléculas de plaguicidas.

### Actividades:

- La identificación y el registro de las frutas y vegetales prioritarias de ser monitoreadas que presentaron durante el periodo 2016 al 2017 plaguicidas con LMR en rangos aceptables pero no autorizados para ese tipo de producto. Así como frutas y vegetales con LMR por encima de los valores permitidos de acuerdo con el Decreto 35301-MAG-MEIC-S, además de la presencia de plaguicidas prohibidos en el país.
- La caracterización de las moléculas presentes en las frutas y vegetales identificadas, según el grado de toxicidad de acuerdo a los criterios de la OMS y la EPA.
- La descripción de los efectos agudos y crónicos sobre la salud de las personas tomando en cuenta el tipo de molécula encontrada en las frutas y vegetales con base en los registros de Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. PPDB (2018).
- La sistematización mediante cuadros de datos del 2006 al 2017 como respaldo histórico de la presencia de plaguicidas en las frutas y vegetales comercializadas en CENADA. Junto con la síntesis del periodo 2016 al 2017 para el análisis y la toma de decisiones en materia de productos prioritarios de muestrear según el monitoreo propuesto.

#### Objetivo específico 4:

- Resaltar los factores a considerar para la gestión de las contaminaciones por plaguicidas, integrada con un plan de monitoreo a la medida en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).

#### Actividades:

- La identificación de las frutas y vegetales prioritarias a muestrear con base en la información analizada en el objetivo 2 y objetivo 3. Tomando en cuenta la triangulación de los diferentes criterios técnicos para establecer dicha selección de frutas y vegetales, como el consumo per cápita de estos alimentos, el tipo de molécula presente y su nivel de toxicidad y las implicaciones agudas y crónicas sobre la salud humana.
- La definición de un modelo de muestreo estadístico bajo fundamentos técnicos y científicos que permitan sistematizar los protocolos de muestreo y hacer uso eficiente de los recursos disponibles por el SFE. Para lo cual se tuvo que analizar minuciosamente los registros del volumen total comercializado de frutas y de vegetales proporcionado por CENADA, de los cuales para ambos productos se calculó un porcentaje de participación como mecanismo de estratificación de los productos que componen cada grupo (frutas y vegetales). Además se tuvo que calcular las frecuencias o incidencias en la detección de plaguicidas en frutas y vegetales en los periodos de análisis (2016 y 2017) según las muestras analizadas. Así como, establecer una precisión en el muestreo que permitiera realizar un procedimiento factible de implementar y a un menor costo para el SFE.
- Las recomendaciones sobre los parámetros y las medidas sanitarias que minimicen el riesgo de la posible presencia de plaguicidas en las frutas y los vegetales para el consumo en Costa Rica dentro de un programa de capacitación de BPA como el control biológico, el control etológico y el control cultural.

### E. Cronograma de actividades y tiempo implicado

En el cuadro 3 se observa el cronograma del proyecto realizado, el cual se desarrollo en sus diferentes etapas en un tiempo de 5 meses aproximadamente.

Cuadro 3  
Cronograma de actividades para la ejecución del proyecto

Objetivos	Actividades	Tiempo (en meses)				
		NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
1. Analizar la información pública disponible en el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) sobre los niveles de plaguicidas encontrados en las frutas y vegetales frescos que se comercializan en CENADA.	1.1 Definición de las variables de estudio 1.2 Revisión de los registros de plaguicidas en el SFE. 1.3 Tabulación de los muestreos realizado por el SFE. 1.4 Visita al laboratorio del SFE. 1.5 Elaboración de un instrumento de recolección de datos. 1.6 Aplicación del instrumento de recolección de datos. 1.7 Retroalimentación con sujetos clave.					
2. Identificar las frutas y vegetales de mayor consumo mediante las estadísticas de la encuesta de consumo de frutas, hortalizas, pescado y mariscos en los hogares costarricenses del 2015 realizada por CENADA	2.1 Revisión y análisis de la encuesta de consumo de frutas y vegetales PIMA 2015. 2.2 Sistematización, cálculos, análisis y la tabulación de datos.					
3. Revisar las implicaciones sanitarias por la presencia de plaguicidas en las frutas y vegetales, con base a la cantidad de residuos detectados y según el nivel de toxicidad de las moléculas de plaguicidas.	3.1 Identificación y el registro de las frutas y vegetales prioritarias de ser monitoreadas. 3.2 Caracterización de las moléculas presenten en las frutas y vegetales. 3.3 Descripción de los efectos agudos y crónicos sobre la salud de las personas. 3.4 La tabulación y sistematización de la información analizada.					
4. Resaltar los factores a considerar para la gestión de las contaminaciones por plaguicidas, integrada con un plan de monitoreo a la medida en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).	4.1 Identificación de las frutas y vegetales prioritarias a muestrear. 4.2 Definición de un modelo de muestreo estadístico, con asesoría de sujetos clave. 4.3 Definición de los parámetros y las medidas sanitarias dentro de un plan BPA 4.4 Estructuración del informe y contenido de la propuesta.					
Responsable	Estudiante sustentante					

Fuente: Morales (2017).

## VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Frutas y vegetales comercializados por PIMA-CENADA, 2017

De acuerdo con el Programa Integral de Mercadeo Agropecuario (PIMA), mediado por el Centro Nacional de Abastecimiento y Distribución de Alimentos (CENADA), se presenta a continuación en el cuadro 4 la lista de frutas y vegetales importados y comercializados en el CENADA en el periodo 2017. Como se puede observar, los orígenes de los alimentos van desde el continente asiático hasta diferentes sitios alrededor de América del norte hasta América del Sur, favorecido por los diferentes convenios comerciales con estos países. Cabe mencionar que estos alimentos ya han sido monitoreados en cuanto a la presencia de plaguicidas por el SFE en el punto de ingreso al país.

**Cuadro 4**  
**Lista de frutas y vegetales importados y comercializados**  
**en CENADA en el 2017**

ALIMENTO*	PROCEDENCIA
<b>Aguacate Hass Chileno super extra</b>	Chile
<b>Aguacate Hass Chileno supremo</b>	Chile
<b>Aguacate Hass Mexicano</b>	México
<b>Aguacate Hass Mexicano extra</b>	México
<b>Aguacate Hass Mexicano super extra</b>	México
<b>Aguacate Hass Mexicano supremo</b>	México
<b>Aguacate Hass Peruano extra</b>	Perú
<b>Aguacate Hass Peruano super extra</b>	Perú
<b>Aguacate Hass Peruano supremo</b>	Perú
<b>Ajo de China</b>	China
<b>Cebolla seca amarilla importada</b>	-
<b>Ciruela importada</b>	-
<b>Espárragos</b>	-
<b>Higos frescos</b>	-
<b>Jengibre</b>	-
<b>Kiwi</b>	-
<b>Mandarina Clementina</b>	-

<b>Manzana Golden</b>	-
<b>Manzana Roja</b>	-
<b>Manzana Verde</b>	-
<b>Melocotón</b>	-
<b>Naranja Clementina</b>	-
<b>Nectarina</b>	-
<b>Pera de Argentina</b>	Argentina
<b>Pera de Chile</b>	Chile
<b>Pera de Estados Unidos</b>	Estados Unidos
<b>Sandía importada</b>	-
<b>Uva globo de Chile</b>	Chile
<b>Uva globo de Estados Unidos</b>	Estados Unidos
<b>Uva globo de México</b>	México
<b>Uva globo de Perú</b>	Perú
<b>Uva verde</b>	Estados Unidos

Fuente: Morales (2017). Adaptado de PIMA-CENADA, 2017.

Nota: \*En total 32 productos son importados.

El cuadro 5, muestra la lista de vegetales de producción local comercializados en CENADA, 2017. Dicho cuadro muestra la unidad de medida y el factor de volumen en el que se comercializa y vende cada vegetal en este centro de distribución.

**Cuadro 5**  
**Lista de vegetales de producción local comercializados**  
**en CENADA, 2017**

ALIMENTO	UNIDAD DE MEDIDA	FACTOR VOLUMEN
<b>Aguacate criollo</b>	Unidad	0,25
<b>Aguacate Hass Costa Rica</b>	Kilo	1
<b>Albahaca</b>	Rollo	0,08
<b>Alfalfa</b>	Bandeja 90 gramos	0,09
<b>Apio verde (mata)</b>	Mata	0,9
<b>**Arracache picado</b>	Bolsa 900 gramos	0,9
<b>Arveja pelada</b>	Bandeja 500 gramos	0,5
<b>Arúgula</b>	Kilo	1
<b>Ayote sazón</b>	Kilo	1
<b>Ayote tierno</b>	Unidad	1,34
<b>Berenjena</b>	unidad	0,5
<b>Brócoli</b>	Kilo	1
<b>**Camote</b>	Kilo	1

<b>Cebolla seca</b>	Kilo	1
<b>Cebolla trenza</b>	Kilo	1
<b>Cebollino</b>	Rollo	0,2
<b>Chayote sazón blanco</b>	Java	72,3
<b>Chayote tierno criollo</b>	Java	59,7
<b>Chayote tierno quelite</b>	Java	72,5
<b>Chile ají</b>	Kilo	1
<b>Chile dulce</b>	Caja plástica	23
<b>Chile jalapeño</b>	Kilo	1
<b>Chile panameño</b>	Kilo	1
<b>Chiverre</b>	Unidad	10
<b>Coliflor</b>	Unidad	1,79
<b>*Cubases secos</b>	Kilo 1	1
<b>*Cubases tiernos</b>	Bandeja 500 gramos	0,5
<b>Culantro castilla</b>	Rollo de 10 rollitos	0,4
<b>Culantro coyote</b>	Rollo de 10 rollitos	0,5
<b>Elote</b>	Unidad	0,34
<b>Eneldo</b>	Rollo	0,1
<b>Espinaca</b>	Rollo	0,28
<b>Estragón</b>	Rollo	0,05
<b>*Frijol tierno</b>	Kilo	1
<b>***Guineo</b>	Racimo	11
<b>Hierba buena</b>	Rollo	0,05
<b>Hinojo</b>	Bandeja 500 gramos	0,5
<b>Hongo Costa Rica</b>	Bandeja 300 gramos	0,3
<b>Lechuga Americana</b>	Unidad	0,38
<b>Lechuga Criolla</b>	Unidad	0,2
<b>Limón mandarina</b>	Unidad	0,07
<b>Limón mesino</b>	Unidad	0,15
<b>Maíz dulce</b>	Bandeja 800 gramos	0,8
<b>Mini vegetales mixtos</b>	Bandeja 500 gramos	0,5
<b>Mostaza china</b>	Unidad	0,75
<b>**Ñampí</b>	Kilo	1
<b>Orégano</b>	Rollo de 5 rollitos	0,2
<b>Palmito</b>	Kilo	1
<b>**Papa amarilla</b>	Malla (45 kg)	45
<b>Pejibaye</b>	Kilo	1
<b>Pepino</b>	Kilo	1
<b>Perejil</b>	Rollo de 5 rollitos 0.2	0,2
<b>Pipián tierno</b>	Unidad	0,51
<b>***Plátano maduro</b>	Unidad	0,31
<b>***Plátano verde</b>	Unidad	0,46
<b>Puerro</b>	Unidad	0,06



<b>Rabanito</b>	Rollo	0,35
<b>Rábano grande</b>	Rollo	0,5
<b>Remolacha</b>	Unidad	0,7
<b>Repollo morado</b>	Kilo	1
<b>Repollo verde</b>	Kilo	1
<b>Romero</b>	Rollo	0,05
<b>Suquini</b>	Unidad	0,51
<b>Tacaco</b>	Kilo	1
<b>**Tiquisque</b>	Kilo	1
<b>Tomate Cherry</b>	Bandeja 500 gramos	0,5
<b>Tomate</b>	Caja plástica (18 kg)	18
<b>Tomillo 0.2</b>	Rollo de 5 rollitos	0,2
<b>Vainica</b>	Kilo 1	1
<b>**Yuca parafinada</b>	Kilo 1	1
<b>Zanahoria</b>	Malla (45 kg)	45
<b>Zapallo</b>	Unidad	0,51

Fuente: Morales (2017). Adaptado de PIMA-CENADA, 2017.

Nota: \*Estos alimentos corresponden a leguminosas.

\*\* Estos alimentos corresponden a tubérculos.

\*\*\*Estos alimentos corresponden a musáceas.

En el cuadro 6, se puede observar las frutas de producción local comercializados en CENADA, 2017. Dicho cuadro muestra la unidad de medida y el factor de volumen en el que se comercializa y dispensa cada fruta.

**Cuadro 6**  
**Lista de frutas de producción local comercializadas**  
**en CENADA, 2017**

ALIMENTO	UNIDAD DE MEDIDA	FACTOR VOLUMEN
<b>Anona</b>	Kilo	1
<b>Banano de exportación</b>	Caja	19
<b>Carambola</b>	Kilo	1
<b>Cas</b>	Kilo	1
<b>Ciruela Costa Rica</b>	Kilo	1
<b>Coco</b>	Unidad	0,6
<b>Durazno Costa Rica</b>	Kilo	1
<b>Fresa (kilo)</b>	Kilo	1
<b>Granadilla</b>	Unidad	0,13
<b>Guanábana</b>	Kilo	1
<b>Guayaba China/Taiwanesa</b>	Kilo	1

<b>Jocote tronador</b>	Caja plástica (27 kg)	27
<b>Limón dulce</b>	Unidad	0,24
<b>Mamón chino criollo</b>	Kilo	1
<b>Mamón chino injertado</b>	Kilo	1
<b>Mandarina</b>	Unidad	0,23
<b>Mango grande</b>	Caja plástica (17.5 kg)	17,5
<b>Manzana Anna Costa Rica</b>	Kilo	1
<b>Maracuyá</b>	Kilo	1
<b>Melón Cantalupo</b>	Kilo	1
<b>Mora fresca</b>	Kilo	1
<b>Nance</b>	Kilo	1
<b>Naranja dulce</b>	Unidad	0,28
<b>Naranjilla</b>	Kilo	1
<b>Papaya criolla</b>	Kilo	1
<b>Piña</b>	Unidad	3
<b>Sandía de campo - grande</b>	Kilo	1
<b>Tamarindo</b>	Kilo	1
<b>Toronja</b>	Unidad	0,3
<b>Yuplón</b>	Unidad	0,2

Fuente: Morales (2017). Adaptado de PIMA-CENADA, 2017.

### **Análisis del consumo de frutas y hortalizas (PIMA-CENADA)**

El estudio realizado por El Programa Integral de Mercadeo Agropecuario (PIMA), sobre el Análisis del consumo de frutas, hortalizas, pescado y mariscos, en el año 2015, permitió identificar los hábitos alimenticios de los núcleos familiares de Costa Rica, por medio de la consulta a niños de sexto grado de las escuelas públicas diurnas del país y a sus padres y/o encargados (PIMA, 2016).

Dentro de los principales datos, en el período valorado, el consumo principal de frutas en los hogares recae sobre el banano, manzana, papaya, piña, naranja y sandía, que representan el 62,50% del total de frutas consumidas, tal y como se observa en el cuadro 7. El banano continúa siendo la fruta que presenta el primer lugar en consumo nacional con un 13,9%.

**Cuadro 7**  
**Distribución porcentual de las principales frutas**  
**consumidas en los hogares, 2015**

Fruta	Porcentaje
<b>Banano</b>	13,90
<b>Manzana</b>	10,80
<b>Papaya</b>	10,80
<b>Piña</b>	9,80
<b>Naranja</b>	9,10
<b>Sandía</b>	8,10
<b>Fresa</b>	4,50
<b>Uva</b>	3,90
<b>Mango</b>	3,40
<b>Plátano</b>	2,60
<b>Mandarina</b>	2,50
<b>Melón</b>	2,10
<b>Guayaba</b>	2,00
<b>Pera</b>	1,90
<b>Resto frutas</b>	14,60
<b>Total</b>	100,00

Fuente: Morales (2017). Adaptado de PIMA-CENADA, 2016.

Por otro lado, el cuadro 8 muestra los vegetales de mayor consumo por los hogares, sobresale el tomate y la papa con un 12,9% y un 12,4%, respectivamente seguidos por el repollo 8,1%, la zanahoria 8,0%, la lechuga 7,8% y el chayote 5,9%, concentrando el 55,1% del total de hortalizas consumidas.

A pesar, de que existe un elemento de estacionalidad en la producción y otras variables del mercado, estos vegetales tienen a ser altamente demandados por la población nacional. Otro factor a considerar, es la alta versatilidad de estos vegetales en sus formas de preparación y consumo lo que los convierte en opciones muy solicitadas en el mercado costarricense.

**Cuadro 8**  
**Distribución porcentual de los principales vegetales**  
**consumidos en los hogares, 2015**

Vegetal	Porcentaje
<b>Tomate</b>	12,90
<b>Papa</b>	12,40
<b>Repollo</b>	8,10
<b>Zanahoria</b>	8,00
<b>Lechuga</b>	7,80
<b>Chayote</b>	5,90
<b>Cebolla</b>	4,70
<b>Pepino</b>	4,40
<b>Chile dulce</b>	4,20
<b>Yuca</b>	4,20
<b>Coliflor</b>	3,60
<b>Culantro</b>	3,60
<b>Brócoli</b>	3,60
<b>Vainica</b>	2,90
<b>Resto de hortalizas</b>	13,70
<b>Total</b>	100,00

Fuente: Morales (2017). Adaptado de PIMA-CENADA, 2016

Otro elemento de analizar, fue el consumo per cápita de frutas y vegetales para el periodo analizado, según el algoritmo matemático utilizado en el estudio de PIMA (2015), el consumo per cápita anual fue de 174,80 kg de frutas y de 112,57 kg de hortalizas. Es importante señalar que para estos cálculos se valoró el volumen de frutas y vegetales consumidos por los hogares una semana antes de completar la encuesta de recopilación de información.

En el cuadro 9, se puede observar la distribución del consumo per cápita de frutas, donde se muestra los kg por semana y kg por habitante por año. Sobresale, que las frutas consumidas y reportadas antes de la aplicación de la encuesta se refieren al banano, la naranja, la piña, la sandía, la papaya y la manzana, las cuales son producidas en gran medida a nivel local con excepción de la manzana.

**Cuadro 9**  
**Consumo per cápita con base en el volumen de las principales**  
**frutas consumidas en los hogares en el año 2015**

Fruta	Kg/habitante/año
<b>Banano</b>	28,31
<b>Naranja</b>	27,24
<b>Piña</b>	24,51
<b>Sandía</b>	19,01
<b>Papaya</b>	17,76
<b>Manzana</b>	11,59
<b>Mango</b>	6,03
<b>Plátano</b>	5,72
<b>Melón</b>	3,92
<b>Mandarina</b>	3,76
<b>Uva</b>	3,32
<b>Fresa</b>	3,03
<b>Guayaba</b>	2,58
<b>Pera</b>	1,49
<b>Resto frutas</b>	16,53
<b>Total</b>	174,80

Fuente: Morales (2017). Adaptado de PIMA-CENADA, 2016.

En el cuadro 10, se puede observar la distribución del consumo per cápita de vegetales, donde se muestra los kg por semana y kg por habitante por año. Sobresale el tomate y la papa como los productos más consumidos en este período de estudio.

**Cuadro 10**  
**Consumo per cápita con base en el volumen de los principales**  
**vegetales consumidos en los hogares en el año 2015**

Vegetal	Kg/habitante/año
<b>Tomate</b>	18,78
<b>Papa</b>	18,42
<b>Repollo</b>	12,96
<b>Zanahoria</b>	6,96
<b>Lechuga</b>	4,83
<b>Chayote</b>	8,28

<b>Cebolla</b>	5,33
<b>Pepino</b>	3,69
<b>Chile dulce</b>	3,16
<b>Yuca</b>	4,85
<b>Coliflor</b>	5,55
<b>Culantro</b>	1,68
<b>Brócoli</b>	3,09
<b>Vainica</b>	2,32
<b>Resto de hortalizas</b>	12,67
<b>Total</b>	112,57

Fuente: Morales (2017). Adaptado de PIMA-CENADA, 2016

Otros datos, relevantes de mencionar es que existe alguna similitud entre las frutas y vegetales consumidos por las personas con sus gustos y preferencias. Por ejemplo, las frutas más gustadas por los hogares consultados son en primer lugar el banano, segundo la papaya y en tercer lugar la naranja y sandía lo que coincide con el patrón de consumo. Mientras tanto, los vegetales más gustados por los hogares son en primer lugar el tomate, la papa de segundo lugar y de tercero el repollo y la lechuga los cuales siguen ese mismo patrón a la hora de la compra y el consumo (PIMA, 2016).

Por otro lado, un grupo poblacional importante de mencionar por su vulnerabilidad ante enfermedades e infecciones recurrentes, son los niños entre 0-12 años. Este grupo poblacional es el principal consumidor de frutas y representa el segundo lugar en consumo de vegetales después de los adultos de 22-59 años de acuerdo con la encuesta del estudio de PIMA (2015).

Los niños consultados, indicaron que tanto en sus hogares como en las casas de familiares y en los comedores escolares les dan frutas y hortalizas. Y las frutas más utilizadas en el menú escolar son banano, sandía y piña y de hortalizas papa, tomate y zanahoria Asimismo, las frutas que más les gusta se encuentran en

primer lugar la manzana, en segundo la piña y en tercero la sandía y en cuanto a las hortalizas la papa, el tomate y la lechuga (PIMA, 2016).

De tal manera, que considerando estos datos y patrones de consumo cobra suma importancia conocer la presencia de plaguicidas en estas frutas y vegetales de mayor consumo por la población, para establecer modelos de monitoreo que garanticen la seguridad sanitaria para el consumo de estos alimentos.

### **Historial de plaguicidas monitoreado por el SFE durante el periodo 2006-2017**

Durante el tiempo el SFE ha realizado monitoreos y mediciones de la presencia o no de plaguicidas en los diferentes alimentos comercializados en CENADA, generando un historial y una serie de registros sobre los diferentes plaguicidas encontrados.

De acuerdo con registros de mediciones de plaguicidas que realizó el SFE, datos desde el 2006 al 2017 muestran que la mayoría de frutas y vegetales evaluados cumplen con los LMR de acuerdo al Decreto 35301-MAG-MEIC-S. No obstante, para efectos de este estudio se analizaron los registros del periodo 2016 y 2017, dada la realidad más inmediata de la presencia de plaguicidas en estas frutas y vegetales así como la capacidad operativa del laboratorio del SFE. Mientras que los otros años de revisión se adjuntan como datos de referencia en el apartado de los anexos de esta investigación (ver anexo 2).

El cuadro 11, recopila un resumen de los plaguicidas no autorizados presentes en la naranja y la papaya comercializadas en CENADA durante el periodo 2016-2017. Tal y como se observa, todos los plaguicidas encontrados en estos alimentos a pesar que no están autorizados para su uso en estas frutas, cumplen con los LMR de acuerdo al Decreto 35301-MAG-MEIC-S.

**Cuadro 11**  
**Plaguicidas no autorizados presentes en las frutas comercializadas**  
**en CENADA durante el periodo 2016-2017**

<b>Fruta</b>	<b>Tipo de plaguicida presente que cumple con LMR (clase)</b>	<b>Tipo de plaguicida presente que No cumple con LMR (clase)</b>	<b>Presenta Plaguicidas Prohibidos en el país Si/No</b>
<b>Naranja</b>	Cipermetrina (insecticida) Piraclostrobina (fungicida)		No
<b>Papaya</b>	Buprofecina (insecticida) Carbendazina (fungicida)		No

Fuente: Morales (2017). Recopilado de SFE (PIMA-CENADA, 2016-2017).

Por otra parte, el cuadro 12 muestra los principales vegetales que presentan en sus análisis químicos plaguicidas no autorizados que cumplen con los LMR, donde los insecticidas fueron las moléculas con mayor presencia. Asimismo, es importante destacar que el apio y el chile dulce se detectaron con la mayor presencia de plaguicidas que no cumplieron con LMR según el Decreto 35301-MAG-MEIC-S. Además de mencionar que solamente en el perejil se detectó carbofuran, insecticida cuya comercialización y utilización está prohibida en el país.

**Cuadro 12**  
**Plaguicidas no autorizados presentes en los vegetales comercializados**  
**en CENADA durante el periodo 2016-2017**

<b>Vegetal</b>	<b>Tipo de plaguicida presente que cumple con LMR (clase)</b>	<b>Tipo de plaguicida presente que No cumple con LMR (clase)</b>	<b>Presenta Plaguicidas Prohibidos en el país (Si/No)</b>
<b>Apio</b>	Acefato (insecticida) Acetamiprid (insecticida) Azoxistrobina (fungicida) Boscalida (fungicida) Buprofecina (insecticida) Ciproconazol (fungicida)	Dimetoato (insecticida) Cipermetrina (insecticida) Metamidofós (insecticida) Tebucanazol (fungicida)	No



	Clorfenapir (insecticida) Clorpirifós (insecticida) Deltametrina (insecticida) Difenoconazol (fungicida) Dimetoato (insecticida) Espineteram (insecticida) Metalaxilo (fungicida) Procloraz (fungicida) Triadimenol (fungicida)		
<b>Chile dulce</b>	Acefato (insecticida) Boscalida (fungicida) Ciflutina (insecticida) Clorfenapir (insecticida) Deltametrina (insecticida) Indoxacarb (insecticida) Iprodiona (fungicida) Lufenuron (insecticida) Pencicuron (fungicida) Piraclostrobina (fungicida) Piriproxifen (insecticida) Propamocarb (fungicida) Spiromesifen (insecticida) Tiabendazol (fungicida)	Carbendazina (fungicida) Cipermetrina (insecticida) Fipronil (insecticida) Metamidofós (insecticida) Metil Tiofanato (fungicida)	No
<b>Chile morrón</b>	Clotianidina (insecticida)		No
<b>Culantro de coyote</b>	Azoxistrobina (fungicida) Indoxacarbo (insecticida) Oxifluorfen (herbicida)		No
<b>Espinaca</b>	Boscalida (fungicida) Carbendazina (fungicida) Clorpirifós (insecticida) Linurón (herbicida) Piraclostrobina (fungicida)	Cipermetrina (insecticida)	No
<b>Lechuga</b>	Cimoxalino (fungicida) Dimetomorfos (fungicida) Lambda cihalotrina (insecticida) Propamocarb (fungicida) Tiametoxán (insecticida)		No
<b>Lechuga americana</b>	Acefato (Insecticida) Buprofecina (insecticida) Cloruro de benzalconio (desinfectante)	Metamidofós (insecticida)	No
<b>Lechuga</b>	Oxifluorfen (herbicida)		No

<b>mantequilla</b>			
<b>Mostaza</b>	Cipermetrina (insecticida) Dimetoato (insecticida) Indoxacarbo (insecticida)		No
<b>Pepino</b>	Boscalida (fungicida) Cimoxanilo (fungicida) Lambda cihalotrina (insecticida) Metalaxilo (fungicida) Metalaxilo (fungicida) Tiacloprid (fungicida) Tiametaxán (insecticida)	Acefato (insecticida)	No
<b>Perejil</b>	Azoxistrobina (fungicida) Cipermetrina (insecticida) Clorpirifós (insecticida) Difenoconazol (fungicida) Forato (insecticida) Lambda Cihalotrina (insecticida) Lufenurón (herbicida) Malatión (insecticida) Oxifluorfen (herbicida) Tebuconazol (fungicida)		Si (carbofuran) Insecticida
<b>Rábano</b>	Cipermetrina (insecticida)		No
<b>Repollo</b>	Propamocarb (fungicida) Tebuconazol (fungicida)		No
<b>Vainica</b>	Bifentrina (insecticida) Boscalida (fungicida) Carbendazina (fungicida) Clorpirifós (insecticida) Lambda cihalotrina (insecticida) Piraclostrobina (fungicida) Tebuconazol (fungicida)		No
<b>Zanahoria</b>	Boscalida (fungicida) Flutalonil (fungicida) Tebuconazol (fungicida)	Etoprofos (insecticida)	No

Fuente: Morales (2017). Recopilado de SFE (PIMA-CENADA, 2016-2017).

Otra perspectiva del análisis de resultados, se observa en el cuadro 13 y en el cuadro 14 respectivamente, en los cuales se detallan las muestras analizadas en el periodo 2016 y 2017 de frutas y vegetales. En el cuadro 13, se resumen el análisis de 11 muestras realizadas sobre un grupo de frutas, en la cual 2 muestras salieron con presencia de plaguicidas no permitidos para ese producto (naranja y papaya).

Para el caso de los vegetales, el cuadro 14 detalla el análisis de 47 muestras de distintos vegetales analizados en estos periodos, de los cuales 30 muestras presentaron presencia de residuos de plaguicidas. Además, de esas 30 muestras con plaguicidas no permitidos para ese vegetal, 14 superan los LMR permitidos según el decreto según el Decreto 35301-MAG-MEIC-S, destacándose el apio, el chile dulce, la espinaca, la lechuga americana, el pepino, el perejil y la zanahoria.

**Cuadro 13**  
**Análisis de plaguicidas presentes en las frutas muestreadas**  
**en CENADA durante el periodo 2016 y 2017**

Tipo de fruta	Cantidad de muestras	Muestras sin residuos/%	Muestras con residuos/%	Muestras que no superan los LMR	Muestras que superan los LMR			Tipo de molécula encontrada	Color de la banda (OMS/EPA)
					Con un residuo	Con 2 residuos	Con más de 2 residuos		
Limón dulce	1	1(100%)	0	0	0	0	0		
Melón	2	2(100%)	0	0	0	0	0		
Naranja	1	0	1(100%)	1 (100%)	0	0	0	Cipermetrina (insecticida)	
								Piraclostrobina (fungicida)	Nd
Papaya	3	2 (67%)	1(33%)	1 (100%)	0	0	0	Buprofecina (insecticida)	
								Carbendazina (fungicida)	
Piña	1	1(100%)	0	0	0	0	0		
Sandía	3	3(100%)	0	0	0	0	0		

Fuente: Morales (2017). Recopilado de SFE (PIMA-CENADA, 2016-2017), Pesticide Properties Database, University of Hertforshire. PPDB (2018).

**Cuadro 14**  
**Análisis de plaguicidas presentes en los vegetales**  
**muestreados en CENADA durante el periodo 2016 y 2017**

Tipo de fruta	Cantidad de muestras	Muestras sin residuos/%	Muestras con residuos/%	Muestras que no superan los LMR	Muestras que superan los LMR			Tipo de molécula encontrada que supera los LMR	Color de la banda (OMS/EPA)
					Con un residuo	Con 2 residuos	Con más de 2 residuos		
Apio	4	0	4(100%)	4(100%)	1(25%)	2(50%)	1(25%)	Dimetoato (insecticida)	Yellow
								Cipermetrina (insecticida)	Yellow
								Metamidofós (insecticida)	Red
								Tebucanozol (fungicida)	Yellow
Ayote	1	1(100%)	0	0	0	0			
Brócoli	2	2(100%)	0	0	0	0			
Camote	1	1(100%)	0	0	0	0			
Cebolla	2	2(100%)	0	0	0	0			
Chile dulce	6	0	6(100%)	1(17%)	3 (50%)	1(17%)	1(17%)	Carbendazina (fungicida)	Blue
								Cipermetrina (insecticida)	Yellow
								Fipronil (insecticida)	Yellow
								Metamidofós (insecticida)	Red
								Metil Tiofanato (fungicida)	Blue

Chile morrón	1	0	1(100%)	1(100%)	0	0	0		
Coliflor	1	1(100%)	0	0	0	0	0		
Culantro de coyote	1	0	1(100%)	1(100%)	0	0	0		
Espinacas	3	0	3(100%)	2 (67%)	1(33%)	0	0	Cipermetrina (insecticida)	
Lechuga	1	0	1(100%)	1(100%)	0	0	0		
Lechuga americana	2	0	2(100%)	1(50%)	1(50%)	0	0	Metamidofós (insecticida)	
Lechuga mantequilla	1	0	1(100%)	1(100%)	0	0	0		
Mostaza	1	0	1(100%)	1(100%)	0	0	0		
Papa	4	4(100%)	0	0	0	0	0		
Pepino	6	2 (33%)	4(67%)	3(75%)	1(25%)	0	0	Acefato (insecticida)	
Perejil	1	0	1(100%)	0	1(100%)	0	0	Carbofuran) Insecticida	
Plátano	1	1(100%)	0	0	0	0	0		
Rábano	1	0	1(100%)	1(100%)	0	0	0		
Repollo	1	0	1(100%)	1(100%)	0	0	0		
Tomate	2	2(100%)	0	0	0	0	0		
Vainica	1	0	1(100%)	1(100%)	0	0	0		
Yuca	1	1(100%)	0	0	0	0	0		
Zanahoria	2	0	2(100%)	1(50%)	1(50%)	0	0	Etoprofos (insecticida)	

Fuente: Morales (2017). Recopilado de SFE (PIMA-CENADA, 2016-2017), Pesticide Properties Database, University of Hertforshire. PPDB (2018).

Por otra parte, en el cuadro 15 se observan los plaguicidas que no cumplen con los LMR según el Decreto 35301-MAG-MEIC-S presentes en los vegetales comercializados en CENADA y sus efectos en la salud. Tal y como se muestra también en este cuadro 15, los 7 vegetales estudiados en este PFG, exceptuando el pepino, presentan plaguicidas moderadamente y altamente tóxicos con serias repercusiones en la integridad humana.

**Cuadro 15**  
**Efectos en la salud de los plaguicidas que no cumple con LMR presentes en los vegetales comercializados en CENADA durante el periodo 2016-2017**

Vegetal	Plaguicida (Clase)	Grupo Químico	Efectos a la salud		Efectos agudos y crónicos	Color de banda
			Según OMS	Según EPA		
Apio	Cipermetrina (Insecticida)	Piretroide, clorado.	Moderadamente peligroso	Moderadamente tóxico	Neurotóxico, irritativo ocular y dérmico, genotóxico	Yellow
	Dimetoato (Insecticida)	Organofosforado	Moderadamente peligroso	Moderadamente peligroso	Inhibidor de la Colinesterasa, irritante ocular	Yellow
	Metamidofós (Insecticida)	Organofosforada	Altamente peligroso	No inscrito en la lista	Mutagénico, neurotóxico, inhibidor de la colinesterasa	Red
	Tebuconazol (Fungicida)	Azol, clorado	Ligeramente peligroso	Moderadamente tóxico	Síndrome tóxico por triazol, irritante ocular	Yellow
Chile dulce	Carbendazim (Fungicida)	Benzimidazol	Normalmente no causa ningún peligro	Ligeramente tóxico	Síndrome tóxico por benzimidazo, irritación ocular, dérmica, y alérgico	Green
	Cipermetrina (Insecticida)	Piretroide, clorado.	Moderadamente peligroso	Moderadamente tóxico	Neurotóxico, irritativo ocular y dérmico, genotóxico	Yellow
	Fipronil (Insecticida)	Fenilpirazol, clorado, fluorado	Moderadamente peligroso	Moderadamente tóxico	Neurotóxico, irritante ocular y dérmico	Yellow
	Metamidofós (Insecticida)	Organofosforada	Altamente peligroso	No inscrito en la lista	Mutagénico, neurotóxico, inhibidor de la colinesterasa	Red
	Metil Tiofanato (Fungicida)	Benzimidazol	Normalmente no causa ningún peligro	Ligeramente tóxico	Síndrome tóxico por inhibidores de la colinesterasa. irrita el tracto respiratorio	Green
Espinaca	Cipermetrina (Insecticida)	Piretroide, clorado.	Moderadamente peligroso	Moderadamente tóxico	Neurotóxico, irritativo ocular y dérmico, genotóxico	Yellow
Lechuga americana	Metamidofós (Insecticida)	Organofosforado	Altamente peligroso	No inscrito en la lista	Mutagénico, neurotóxico, inhibidor de la colinesterasa	Red
Pepino	Acefato (Insecticida)	Organofosforado	Ligeramente peligroso	Ligeramente tóxico	Disruptor endocrino, inhibidor de la Colinesterasa, neurotóxico	Blue
Perejil	Carbofuran (Insecticida)	Carbamato	Altamente peligroso	Altamente tóxico	Síndrome tóxico por inhibidores de la colinesterasa, irritativo ocular y dérmico	Red
Zanahoria	Etoprofos (Insecticida)	Organofosforado	Extremadamente peligroso	Altamente tóxico	Síndrome tóxico por inhibidores de la colinesterasa, irritativo ocular y dérmico	Red

Fuente: Morales (2017). Recopilado de SFE (PIMA-CENADA, 2016-2017), Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. PPDB (2018).

## Sistema de muestreo

Con respecto al modelo de muestreo de frutas y vegetales, el SFE es el responsable de la toma de las muestras y el respectivo análisis mediado por el Laboratorio de Análisis de Residuos de Agroquímicos (LARA). No obstante, el sistema de muestreo que aplica actualmente está bajo la discreción del departamento de control fitosanitario. Dicho departamento, tiene protocolos y operaciones claramente establecidos bajo los procedimientos: AE-RES-PO-01 (Muestreo de vegetales frescos), AE-RES-PO-04 (Muestreo de los productos vegetales no procesados en los puntos de ingreso), AE-RES-PO-07, AE-RES-PO-08, AE-RES-PO-09 (SFE, 2017). Sin embargo, la definición del volumen anual de muestras por producto, no está establecida bajo un modelo estadístico definido por lo que se propone la siguiente propuesta metodológica bajo un carácter científico y técnico.

Considerando la comercialización anual que tiene registrada CENADA para el periodo 2017 (ver anexo 6), y tomando en cuenta las posibilidades operativas del SFE, se estableció definir el tamaño de muestra para cada alimento (fruta y vegetal) de interés bajo el siguiente algoritmo estadístico.

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q}$$

N = Tamaño de la población

$Z_a^2$  = nivel de confianza 1.96 (si la seguridad es del 95%)

p = proporción esperada (prevalencia del fenómeno de estudio)

q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95)

d = precisión (Valor mínimo de la diferencia que se desea detectar 5-10%).

n= tamaño mínimo de la muestra.



Este algoritmo, fue establecido por Murray y Larry (2005), el cual permite estimar una proporción cuando se tiene una población finita y conocida. De manera que al revisar el número de las muestras realizadas en el periodo 2016 y 2017 para las frutas y vegetales registradas en los cuadros 12 y 13, se establece un valor de prevalencia esperada. La formula sugiere mantener un nivel de confianza entre un 95%, y se define trabajar con una precisión de 5-6% cuyos rangos permiten obtener muestras más representativas de la población de estudio (ver anexo 4).

Tomando en cuenta estos elementos, en el cuadro 16 se presentan los tamaños de muestra de los principales vegetales y frutas a muestrear anualmente. Se enfatiza sobre aquellos alimentos, que presentaron residuos de plaguicidas y valores de LMR por encima de los permitidos, priorizando las actividades, recursos y capacidades operativas del SFE (ver total de muestras y bases de estimaciones estadísticas anexo 5). Las diferencias entre cada tamaño de muestra de alimento, se define por el porcentaje de participación según el volumen comercializado anualmente en CENADA.

**Cuadro 16**  
**Tamaño de muestras de las frutas y vegetales prioritarios a ser muestreados anualmente por el SFE en CENADA para el periodo 2018**

Alimento	Tamaño de la muestra (kg)	
	Precisión 5%	Precisión 6%
Naranja	16	11
Papaya	18	13
Apio	3	2
Chile Dulce	29	20
Espinaca	0,2	0,15
Lechuga Americana	3	2
Pepino	9	6
Perejil	0,3	0,2
Zanahoria	22	15

Fuente: Morales (2018). Recopilado (PIMA-CENADA, 2017).

## VIII. DISCUSIÓN

La necesidad de que se cuente con un monitoreo de residuos de plaguicidas en las frutas y vegetales que se comercializan en el CENADA, cobra gran importancia por el impacto que puede generar en la salud pública de Costa Rica. Identificar las frutas y vegetales prioritarios para su muestreo es determinante para canalizar recursos y crear una logística adecuada que garantice un monitoreo de plaguicidas eficaz y eficiente.

El CENADA, como centro estratégico de venta y distribución de frutas y vegetales representa el punto de venta y acopio más importante de estos alimentos que son distribuidos a gran parte del territorio nacional. Razón por la cual, para el SFE cobra suma importancia el conocer estos datos y tomar medidas de acción efectivas que desarrollen una adecuada gestión institucional.

De acuerdo con (Sánchez, 2018), "...el monitoreo cobra gran importancia para conocer los alimentos de producción local que presentan mayor riesgo por su contenido de plaguicidas, tiene gran importancia para identificar el cumplimiento de los LMR permitidos, y su relación con el consumo de estos alimentos (frutas y vegetales) y la salud de la población" (Sánchez-Carballo, comunicación personal, 4 de enero del 2018).

El CENADA, distribuye y comercializa un portafolio muy amplio de frutas y vegetales durante el transcurso del año, tomando en cuenta la temporalidad de la producción, y el acceso y disponibilidad de estos alimentos. Por lo que, esta gestión constituye una segura valoración del consumo de estos productos en los hogares costarricenses.

Por lo cual cobra suma importancia, la revisión del consumo per cápita para identificar las frutas y vegetales de mayor consumo y su vinculación con la presencia o no de plaguicidas no permitidos para ese producto y el cumplimiento de los LMR según el Decreto 35301-MAG-MEIC-S. Para el caso de las frutas, sobresale el banano, la naranja, la piña, la sandía, la papaya y la manzana como los más consumidos y al compararlo con los datos de los cuadros 11 y 13 se observa que de estas frutas la naranja y la papaya son las opciones que han presentado en los análisis químicos realizados en el periodo 2016-2017, algunos plaguicidas no permitidos para ese producto, pero cumpliendo con los LMR nacionales. No obstante, a pesar del cumplimiento de estos insecticidas y fungicidas detectados, con los límites máximos de residuos permitidos por ley, **no debería usarse** para estas frutas según la normativa y reglamentación internacional del Codex Alimentarius.

Sin embargo, de acuerdo con Arrieta (2018), "...el SFE queda limitado para impedir la venta de estos productos por aspectos de tipo administrativo, como por ejemplo el hecho que esta institución no es la dueña de la molécula y no puede obligar al comercializador a inscribir el plaguicida sobre todos los cultivos para los cuales esta molécula es efectiva. Por lo cual, por efecto de costos y aspectos comerciales cada interesado registra el plaguicida vinculado al cultivo de su interés". (Arrieta- Quesada, comunicación personal, 16 de febrero del 2018).

De manera, que estas frutas y los antecedentes encontrados en el periodo analizado, se sugiere priorizar el seguimiento de esos alimentos dentro del monitoreo establecido. Considerando por ejemplo en el caso de la naranja como se mostró en el cuadro 13, que la cipermetrina presenta un efecto en la salud moderadamente peligroso y moderadamente tóxico según la clasificación de toxicidad de la OMS y la EPA respectivamente (University of Hertforshire. PPDB, 2018).

Asimismo, si se justifica el consumo de estos alimentos por gustos y preferencias en los hogares según las estadísticas expuestas en los resultados, las frutas más gustadas por los hogares consultados son en primer lugar el banano, segundo la **papaya** y en tercer lugar la **naranja**. Además, si se especifica por consumo en grupos vulnerables como los niños entre 0-12 años, este grupo poblacional es el principal consumidor de frutas (46,2%) de acuerdo con la encuesta del estudio de PIMA (2015). Además dentro de ese consumo la naranja y la papaya se ubican dentro de las 12 principales frutas consumidas según la clasificación establecida en esta encuesta durante el 2015 (PIMA, 2016).

Por otra parte, si se justifica la disponibilidad de alimentos por capacidad de producción. Los resultados del VI Censo Nacional Agropecuario (CONAGRO), identifico las principales actividades a las que se dedican las fincas agropecuarias en el territorio nacional. En Costa Rica, las tierras dedicadas a la labranza en el 2014 fueron de 16 7133.4 hectáreas de las cuales el 66.5% responden a cultivos anuales (INEC, 2014). En los cuales las principales fincas cultivadas de frutas son: banano, **naranja**, piña y otras, los cuales son consistentes con los datos que ofrece el informe de consumo del PIMA.

Con respecto al consumo de vegetales, la ingesta per cápita de estos alimentos de 112,57 kg de hortalizas, sobresalen 14 vegetales con los consumos más altos como son: el tomate, la papa, el repollo, la zanahoria, la lechuga, el chayote, la cebolla, el pepino, el chile dulce, la yuca, la coliflor, el culantro, el brócoli y las vainicas. Además este grupo de vegetales tiende a coincidir con los comportamientos en cuanto al gusto y preferencias de consumo de los hogares entrevistados, adicionando otros vegetales como la remolacha, el apio, el ayote y el camote (PIMA, 2016).

Otro elemento a considerar, es la frecuencia de consumo de los hogares donde los resultados de la encuesta del 2015, muestran un 40% de consumo “A diario” de hortalizas, un 33,2% con un consumo de 2 a 3 veces por semana y un 18,1% con un consumo de 4 a 6 veces por semana (PIMA, 2016). Asimismo, si se analiza el consumo en grupos vulnerables como los niños entre 0-12 años, este grupo poblacional ocupa el segundo lugar como consumidor de vegetales (23,7%) de acuerdo con la encuesta del estudio de PIMA (2015). Además, dentro de ese consumo aparecen 15 vegetales que más gustan a los niños como: la papa, el tomate, la lechuga, la zanahoria, el repollo, el pepino, la yuca, el brócoli, la coliflor, la cebolla, el chile dulce, entre otros según la clasificación establecida en esta encuesta durante el 2015 (PIMA, 2016).

De tal manera, si se compara estos modelos de consumo y los datos del cuadro 12 y 14, algunos de estos vegetales de mayor consumo tienden a presentar en sus análisis químicos un grupo de moléculas que a pesar de cumplir con los límites máximos de residuos permitidos por ley, no están autorizados para ser utilizados en estos vegetales según la normativa y reglamentación de Costa Rica. De igual forma para casos puntuales como el apio y el chile dulce a pesar que el primero no se visualiza como un alimento con alto consumo según la encuesta de PIMA (2015), y el volumen de comercialización del 2017 que reporto CENADA (ver anexo 5); desde el punto de vista nutricional la tendencia y patrones sociales sugiere que el apio es un alimento frecuentemente recomendado en dietas y planes de alimentación por su bajo contenido calórico. Lo cual, supone una masificación de su uso tanto por sus propiedades nutricionales, así como su versatilidad en preparaciones crudas o cocidas como batidos, infusiones, sopas, cremas, ensaladas, picadillos, entre otras. De manera que bajo este supuesto y la presencia de 19 plaguicidas en el apio (ver cuadro 12) de los cuales 4 superan los LMR (ver cuadro 14) su monitoreo es prioritario, considerando que de todas las muestras analizadas en el 2016 y 2017, el 100% presenta algún residuo de

plaguicidas superior a los LMR permitidos con efectos negativos en la salud tanto de forma aguda como crónica.

Por ejemplo, el metamidofós presente en el **apio** según se muestra en los cuadros 14 y 15, es un insecticida órganofosforado con efectos neurotóxicos y teratogénicos por lo que está clasificado como altamente peligroso según la OMS. También se ha reportado en Centroamérica que este plaguicida estuvo asociado a la mayoría de intoxicaciones y muertes por uso y manejo inadecuado de agroquímicos; específicamente en Costa Rica, se tienen antecedentes de exposición de los padres a este plaguicida ya que en un estudio de leucemia infantil entre 1995 y el 2000, se determinó que el riesgo de ocurrencia de estas patologías se triplicó en hijos de quienes laboran con esta sustancia. (Avalos, 2008, Morera, 2015).

Con respecto al **chile dulce**, también es uno de los vegetales cuyo monitoreo es determinante por la presencia de plaguicidas según se observa en el cuadro 12 y 14 y el tipo de plaguicida y su toxicidad presente en los análisis del 2016-2017 que se muestran en el cuadro 15. Este alimento presenta también 19 moléculas de las cuales 5 sobrepasan los LMR según el Decreto 35301-MAG-MEIC-S. Dentro de estos plaguicidas sobresale el metamidofós, la cipermetrina y el fipronil, este último definido como un insecticida moderadamente peligroso y moderadamente tóxico cuya neurotoxicidad es un efecto crónico sobre la salud humana (University of Hertforshire. PPDB, 2018).

Casos similares de análisis se aplican para **la espinaca, la lechuga americana, el pepino y la zanahoria**, los cuales a pesar de que en sus análisis químicos solo presentan una molécula que supera los LMR permitidos (ver cuadro 14), las características de toxicidad de las mismas reflejan un efecto peligroso y tóxico que puede incidir en la salud del ser humano considerando sus secuelas agudas y

crónicas. Por otro lado, es de rescatar el caso del **perejil** que es el único vegetal cuyo análisis presentó al insecticida carbofuran, el cual está prohibido su comercialización y utilización en el país y que en otros países se aplica para el tomate para combatir la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*). Este plaguicida presenta un efecto en la salud según la OMS altamente peligroso y de acuerdo con la EPA altamente tóxico, generando como secuelas agudas y crónicas afectaciones neurotóxicas, irritaciones dérmicas y oculares (University of Hertforshire. PPDB, 2018).

Otros aspectos de destacar, es la definición de los procedimientos de muestreo, adquiere gran relevancia, una vez identificadas las frutas y vegetales prioritarias de monitorear por la presencia de plaguicidas que superan los LMR según el Decreto 35301-MAG-MEIC-S. Debido a su importancia para respaldar la inocuidad y calidad que guardan los alimentos de origen agrícola, por lo que es necesario aplicar un método de muestreo en la parcela agrícola o unidad de empaque, para recabar información relevante, a fin de inferir y determinar la presencia de residuos de plaguicidas en los alimentos (Senasica, s.f).

La toma de muestras no es sólo el procedimiento de tomar un número determinado de éstas, su objetivo primordial es suministrar información relacionada con la presencia de residuos de plaguicidas en los productos agrícolas, aspectos que definen su aceptación o rechazo en el mercado nacional e internacional (Senasica, s.f).

De acuerdo con (Monterrey, 2018) "... para muestrear una fruta o vegetal que pueda presentar plaguicidas se debe considerar varios aspectos como el ciclo de producción del producto, la estacionalidad ya sea en invierno (período lluvioso) o verano (temporada seca), la capacidad operativa de los equipos de muestreo, el volumen de participación y comercialización en el mercado, entre otros"

(Monterrey-Miguel, comunicación personal, 7 de febrero del 2018). Siguiendo en esta dirección, Arrieta, mencionó que "... un plan de muestreo debe tomar en cuenta los vegetales o cultivos por uso de ingrediente activo, el consumo en la dieta nacional, la ubicación geográfica, los puntos de muestreo, los monitoreos anteriores, la disponibilidad de metodología analítica, la capacidad del laboratorio" (Arrieta- Quesada, comunicación personal, 16 de febrero del 2018).

De igual forma, el método de muestreo a realizar debe considerar grados de incertidumbre y confiabilidad, así como el lugar de colecta, tipo y tamaño de producto, distribución y disposición del contaminante, que permitan obtener muestras representativas del producto vegetal a analizar. Todo esto permitirá a los laboratorios correspondientes, el análisis y la emisión de resultados confiables a través de técnicas validadas de laboratorio (Senasica, s.f).

Por lo tanto, al considerar todos estos aspectos, se definió un modelo estadístico que permitió complementar los procedimientos y protocolos de muestreo aplicados por el SFE desde el 2014 según lo estipulado en el **AE-RES-PO-01 (Muestreo de vegetales frescos)**. La propuesta metodológica tomó en cuenta que las frecuencias o incidencias en la detección de plaguicidas en frutas (18,2%) y vegetales (63,8%) son muy altas en los periodos de análisis (2016 y 2017) (ver anexo 3), esto por el tamaño muestral revisado. Lo cual, justificó no utilizar la fórmula de Cannon y Roe, para detectar la presencia o ausencia de plaguicidas, ya que ésta se usa con prevalencias esperadas cercanas al cero. Por consiguiente, la fórmula que se utilizó en este caso específico, con el fin de detectar prevalencia (independientemente si la contaminación rebasa los límites máximos permisibles), fue el algoritmo de Murray y Larry (2005), el cual permitió estimar una proporción dada, cuando se tiene una población finita y conocida (Murray y Larry, 2009).



Por otra parte, para que el proceso de muestreo sea menos costoso, tomando en cuenta que los volúmenes de comercialización indicados por CENADA son altos (ver anexo 5), se definieron de forma separadas las poblaciones totales como los volúmenes totales comercializados de frutas y de vegetales, detallándose para ambos grupos, un porcentaje de participación como mecanismo de estratificación de los productos que componen cada grupo y no hacerlo de manera individual por su volumen comercializado ya que cada tamaño de muestra sería muy grande y la suma de todos sería costosa.

Con respecto al nivel de precisión utilizado según (Heneidi, 2018), “estimar la precisión en un muestreo es un poco arbitraria, ya que generalmente se utiliza entre 5-10%, pero se debe considerar que los valores superiores en este rango reducen el tamaño de la muestra y lo hace más factible de implementar” (Heneidi-Zeckua, comunicación personal, 02 de marzo del 2018).

Por último, se debe tener claro que si la prevalencia esperada disminuye en el siguiente muestreo anual (2018), se tendrá que ajustar el tamaño de la muestra con la nueva prevalencia detectada. Además, considerando que con este muestreo lo que se buscó fue la prevalencia de plaguicidas en frutas y vegetales y no la presencia o ausencia, porque se sabe que si existe contaminación con plaguicidas, tal y como se indicó en este proyecto. Razón por la cual, si se implementa un adecuado programa de buenas prácticas agrícolas (BPA), se podría evaluar posteriormente su eficacia al determinar la presencia o ausencia de plaguicidas en frutas o vegetales provenientes de este centro de distribución.

### **Consideraciones generales**

En Costa Rica, los análisis de muestras de origen vegetal para residuos de plaguicidas forman parte de las funciones del Servicio Fitosanitario del Estado (SFE). Esta entidad, se encarga de verificar el cumplimiento de los límites

máximos de residuos permitidos por ley, mediante el muestreo y seguimiento de la condición fitosanitaria en productos que se producen e importan al territorio nacional. Para ello, ésta busca establecer las BPA, tomando de referencia la legislación que los respalda como la Ley de Protección Fitosanitaria 7664 y el conocimiento técnico de su equipo de profesionales.

Los plaguicidas que se aplican a los cultivos para combatir las plagas y enfermedades, pueden permanecer por largos periodos de tiempo en forma residual aún después de su cosecha. De ahí, la importancia de determinar si existen residuos de plaguicidas que sobrepasen los LMR permitidos y afecten la salud de las personas. Esto faculta al SFE, para que pueda registrar los plaguicidas que se aplican a los diferentes cultivos, fiscalizar y fijar la tolerancia legal permitida para cada ingrediente activo por cultivo, amparado en el Decreto N° 35301 MAG-MEIC-S (Norma RTCR 424:2008; Límites Máximos de Residuos de Plaguicidas) fundamentada en las normas del CODEX, la UE y el EPA.

El vacío legal o administrativo, que existe al permitir que alimentos que presentan plaguicidas no permitidos para ese producto a pesar que no sobrepasan los LMR permitidos, puedan ser comercializados en el país, genera una puerta abierta para que no se hagan todos los registros de un plaguicida cuyos usos abarcan una gran cantidad de cultivos. Este procedimiento, está en fase de análisis por el SFE y al parecer se está considerando de implementar con la propuesta denominada IR4, que es un programa destinado a abordar las preocupaciones del agricultor sobre el acceso a usos menores de plaguicidas, los riesgos para el ambiente y la salud humana que presentan los plaguicidas, para generar datos y preparar las solicitudes de registro para los nuevos usos menores de plaguicidas y bioplaguicidas, y para desarrollar herramientas, tecnologías y técnicas de riesgo reducido para el manejo de plagas (SFE, 2018).

La condición sanitaria de las frutas y vegetales que se consumieron en Costa Rica y que se comercializaron en CENADA durante el 2016 y 2017, de acuerdo con los registros del SFE. Mostraron que los alimentos prioritarios a ser muestreados en el siguiente periodo tienen como común denominador el tipo de molécula encontrada, su nivel de toxicidad y los efectos en la salud de las personas, así como la tendencia de consumo de este alimento por la población. Algunos de estos productos presentan moléculas con alta y moderada toxicidad y efectos agudos y crónicos nocivos para el ser humano como efectos neurotóxicos, irritantes dérmicos y oculares.

Como parte de una adecuada gestión de un monitoreo de residuos de plaguicidas, se debe considerar una apropiada selección de la muestra de frutas y vegetales mediante modelos estadísticos que permitan estimar una muestra representativa. Además, debe considerar variables técnicas y científicas como: el ciclo de producción del alimento, la estacionalidad, la capacidad operativa de los equipos de muestreo, el volumen de participación y comercialización en el mercado, el consumo en la dieta nacional, la ubicación geográfica, los puntos de muestreo, la disponibilidad de la metodología analítica y la capacidad del laboratorio, entre otros.

Dentro del proceso de muestreo, existe la opción de estratificar aún más la muestra para que sea más representativa. Por ejemplo, para un determinado producto podrían tomarse muestras de dos o más diferentes lotes seleccionados aleatoriamente, de tal manera que así el muestreo no solo afecte a un único lote, empresa o región/país. Asimismo, cuando en algunos casos el tamaño de la muestra tienda a ser muy pequeño, podrían al menos considerar algunas unidades del lote con más producción, es decir, si son diez productores, tomar la muestra del que tenga mayor producción. Además, en casos que el porcentaje de participación del volumen total comercializado para un producto tienda a cero en la estratificación del tamaño de la muestra, el tamaño estadístico "mínimo" no puede

ser menor porque afectaría la estimación estadística, pero si puede ser mayor, por lo tanto al menos debe muestrearse una unidad del producto o el mínimo valor según el protocolo AE-RES-PO-01 (Muestreo de vegetales frescos).

Un mecanismo para valorar costos operativos dentro del proceso de muestreo, es la aplicación de “pulles”, o sea la mezcla de varias muestras para aplicarles una prueba diagnóstica. Por ejemplo, si se tiene que muestrear 10 naranjas, deberían realizarse 10 pruebas de laboratorio, es decir, una prueba a cada naranja. Sin embargo, en algunos casos depende de la muestra y de la técnica diagnóstica utilizada, se pueden mezclar varias muestras a la vez. Por ejemplo, en lugar de realizar 10 muestras para cada naranja, se puede hacer dos “pulles”, cada uno de ellos de 5 naranjas y entonces solo se realizan dos pruebas diagnósticas. El inconveniente de aplicar esta técnica, es que si la muestra sale positiva a la técnica diagnóstica, no sabría cual de las 5 naranjas fue la afectada, por lo cual se recomienda tomar los pulles del mismo lote o embarque de alimentos.

Tal y como lo indicó el SFE, en relación con ciertas de las causas por las cuales se puede cometer una violación de los LMR, a continuación, se mencionan algunas de éstas a manera de referencia:

- Que el plaguicida no fue utilizado según las instrucciones de la etiqueta, panfleto o de la prescripción.
- El usar un plaguicida o formulación no autorizada.
- No se cumplió con el período de carencia para la cosecha de los cultivos, posterior al tratamiento con un plaguicida.
- Aplicación de una dosis inadecuada.
- El equipo de aplicación contaminado.
- No realiza la calibración del equipo de aplicación.
- Uso de boquilla inadecuada.

También, se deben considerar aspectos tales como las modificaciones en la efectividad de los plaguicidas asociados a los efectos del cambio climático, los ciclos de estacionalidad, las variaciones de la temperatura, la presencia de nuevas moléculas y nuevas razas de plagas. Todos estos aspectos, deben ser encuadrados dentro del programa de BPA y las capacitaciones hacia los productores y comercializadores.

La gestión del monitoreo de residuos de plaguicidas debe incluir además del proceso de muestreo y identificación de cultivos de riesgo sanitario por la presencia de plaguicidas, un programa que articule un efectivo plan de capacitación y de medidas administrativas, para aquellos productores que continúen violando los LMR y pongan en riesgo la integridad de la población costarricense. Es claro que el personal técnico del SFE, tiene el suficiente conocimiento científico y técnico, para ejecutar otras acciones como estimular el Manejo Integrado de Plagas (MIP), entre ellas: el control biológico, alternancias de cultivos, control de plagas por medios no químicos cuando afecta el umbral del cultivo, control etológico, trampas, control cultural, entre otros. No obstante, el SFE debe ser dotado de recurso humano y operativo si se pretende cumplir con una labor eficaz y eficiente por lo que debe someterse a estudio la necesidad presupuestaria para dotar a la unidad de control de residuos de equipos modernos de recolección de datos, personal de campo, sistemas informáticos de rastreabilidad/trazabilidad, articulados con la gestión técnica del laboratorio de punta con el que cuenta el SFE actualmente.

## IX. CONCLUSIONES

Se concluye que:

- La tendencia del consumo per cápita refiere al banano, la naranja, la piña, la sandía, la papaya, la manzana, el tomate, la papa, el repollo, la zanahoria, la lechuga, el chayote, la cebolla, el pepino y el chile dulce, como los principales alimentos consumidos durante el 2015.
- La naranja, la papaya, el apio, el chile dulce, la espinaca, la lechuga americana, el pepino, el perejil y la zanahoria, son los productos prioritarios para ser monitoreados dada la presencia de residuos de plaguicidas en sus respectivos análisis químicos.
- El apio y el chile dulce son los vegetales con mayor presencia de plaguicidas que no cumplen con los LMR, según el Decreto 35301-MAG-MEIC-S. El perejil, es el único vegetal que presentó un plaguicida que tiene prohibida su venta y comercialización en el país.
- Las principales moléculas encontradas en los alimentos analizados fueron la cipermetrina y el metamidofós, los cuales son altamente peligrosos y tóxicos por sus efectos neurotóxicos, mutagénicos y genotóxicos.
- El modelo de muestreo se estableció mediante una fórmula, para estimar la prevalencia tomando como referencia el volumen anual comercializado de frutas y vegetales según el algoritmo de Murray y Larry (2015).

## X. RECOMENDACIONES

### **Enfocadas en la gestión del monitoreo de residuos de plaguicidas**

- ✓ Concentrar por categorías a diferentes grupos de frutas o vegetales, que puedan en conjunto ser candidatas a la aplicación de un plaguicida registrado. Esto podría descongestionar los productos que no superan los LMR y focalizar esfuerzos y recursos del SFE, sobre los alimentos que presentan residuos de plaguicidas superiores a los LMR permitidos.
- ✓ Mantener los protocolos sobre las pruebas de eficacia biológica, para garantizar la efectividad de un plaguicida sobre un determinado cultivo, no obstante, debe valorarse la capacidad operativa institucional, la capacidad presupuestaria y quitar trabas administrativas y políticas que restrinjan el uso de recursos para este tipo de labores, de manera que esta gestión se realice de forma adecuada.
- ✓ Usar la unidad de medida del "kilogramo" dado que a nivel de campo y como metodología de trabajo, se facilita el muestreo y los mecanismos de selección del producto.
- ✓ El CENADA debe coordinar con los comercializadores de productos (productores-distribuciones), el disponer sus alimentos en lotes para mejorar el mecanismo de rastreabilidad/trazabilidad y direccionar de forma más sistematizada la selección de alimentos en el proceso de muestreo.
- ✓ Considerar el mecanismo de "pulses" como elemento de muestreo en situaciones donde se deba valorar los costos operativos en este proceso.
- ✓ Dentro del programa de BPA, se debe enmarcar todos los causales por los cuales los productores tienden a violar los LMR permitidos y mediante un

vocablo práctico y sencillo de comprender sensibilizar al productor sobre su responsabilidad en el tema.

- ✓ Dentro de la gestión del monitoreo de residuos de plaguicidas, como medida correctiva y administrativa, se deben dar plazos justos para el cambio cultural y corrección de la falta, así como, modelos sancionatorios puntuales en caso que no se modifique la conducta, como la pérdida de la concesión para comercializar los productos en CENADA.
- ✓ Analizar la necesidad presupuestaria de la Unidad de Control de Residuos de Agroquímicos del SFE, para asignarle recursos humanos y tecnológicos que mejoren las labores propias de un monitoreo de residuos de plaguicidas en frutas y vegetales.



## XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AECOSAN (2010). Informe: Productos Fitosanitarios. Agencia española de consumo y seguridad alimentaria y nutrición. Gobierno de España. Recuperado de:[http://www.aesan.mspsi.gob.es/AESAN/web/cadena\\_alimentaria/subseccion/fitosanitarios.shtml](http://www.aesan.mspsi.gob.es/AESAN/web/cadena_alimentaria/subseccion/fitosanitarios.shtml)
- Araya, J. (2015). Costa Rica es el consumidor más voraz de plaguicidas en el mundo. Tomado 17 octubre 2017. Disponible en <https://semanariouniversidad.com/pais/costa-rica-es-el-consumidor-mas-voraz-de-plaguicidas-en-el-mundo/>
- Avalos, A. (2008). El peligro es tres veces mayor en hijos de quienes laboran con estas sustancias. Hasta 200 niños desarrollan cáncer cada año y el 35% de ellos corresponde a leucemia. Obtenido de [http://www.rapal.org/index.php?seccion=4&f=news\\_view.php&id=253](http://www.rapal.org/index.php?seccion=4&f=news_view.php&id=253)
- Badii, M. H., & Landeros, J. (2007). Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. Cultura Científica y Tecnológica CULCyT// Toxicología de Plaguicidas, 19(4), 1-34. Recuperado de <http://openjournal.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/454/433>
- Barquero, M. (2016). Aumento en uso de plaguicidas reabre debate sobre eventuales abusos. Tomado 16 octubre 2017. Disponible en [http://www.nacion.com/economia/agro/Aumento-plaguicidas-reabre-eventuales-abusos\\_0\\_1591840809.html](http://www.nacion.com/economia/agro/Aumento-plaguicidas-reabre-eventuales-abusos_0_1591840809.html)
- Bell, M. M. (2004). An invitation to environmental sociology. Second Edition. Pine Forge Press.

- Bempah, C. K., Buah-Kwofie, A., Enimil, E., Blewu, B., & Agyei-Martey, G. (2012). Residues of organochlorine pesticides in vegetables marketed in Greater Accra Region of Ghana. *Food Control*, 25(2), 537-542.
- Blair, A., S.H. Zahm, N.E. Pearce, E.F. Heineman, and J.F. Fraumeni Jr. (1992). Clues to cancer etiology from studies of farmers. *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health* 18: 209-215.
- Boroukhovitch, M. (1992). Plaguicidas y medio ambiente. En: *Plaguicidas Agrícolas y su Impacto Ambiental. Serie Cuadernos. Fundación Prudencio Vázquez y Vega. Montevideo, Uruguay*
- Brady, N.C; R.R. Weil. (1996). Soils and chemical pollution. Chapter 18. *The Nature and Properties of Soils. Prentiss Hall Intnal.*
- Castillo, L.E., E. De la Cruz, and C. Ruepert. (1997). Ecotoxicology and pesticides in tropical aquatic ecosystems of Central America. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16 (1): 41-51.
- Clemens R. (2011) Plaguicidas y otros contaminantes. Informe final. Decimoséptimo informe estado de la nación (2010). Costa Rica.
- Contraloría General de la República (2017). Informe de auditoría operativa sobre la eficacia en las acciones que realiza el servicio fitosanitario del estado para asegurar la inocuidad química de los alimentos para consumo humano. Informe N° DFOE-EC-IF-00018-2017. San José, Costa Rica.
- Costa, F. P., Caldas, S. S., & Primel, E. G. (2014). Comparison of QuEChERS sample preparation methods for the analysis of pesticide residues in canned and fresh peach. *Food Chemistry*, 165, 587-593.

- Delgado-Moreira, E. (2006). Elaboración de proyectos en centros infantiles. San José: Euned. ISBN: 9977-64-963-4
- FAO (2007). Estudio 87: Análisis de riesgos relativos a la inocuidad, guía para las autoridades nacionales de inocuidad de los alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-a0822s.pdf>
- Fox B. & Cameron A. (1999). Ciencia de los Alimentos, Nutrición y Salud. Editorial Limusa. ISBN 968-18-4257-X
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill/ Interamericana Editores. ISBN: 978-607-15-0291-9.
- Hidalgo F. (2012). Registro fitosanitario de plaguicidas. San José, Costa Rica. Editorial: CropLife Latin America. Recuperado de: [http://www.croplifela.org/pdfs/Registro\\_Fitosanitario\\_Plaguicidas\\_2013.pdf](http://www.croplifela.org/pdfs/Registro_Fitosanitario_Plaguicidas_2013.pdf)
- INEC (2014). Informe Nacional: VI Censo Nacional Agropecuario (CONAGRO). Instituto Nacional de Estadística y Censos. San José, Costa Rica.
- Jáquez Matas, S. V. (2013). Comportamiento de Plaguicidas Persistentes en el Medio Ambiente. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional, Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Dgo., 34200. 1-17
- Kopper G. (2002). Food Safety Perspectives in Costa Rica: Export and Local Markets for Fresh Produce. En: E. Hanak, E. Boutrif, P. Fabre, M. Piñeiro (Scientific Editors),

Food Safety Management in Developing Countries. Proceedings of the International Workshop. CIRAD-FAO Montpellier, France.

MAG (1998). Reglamento a la Ley de Protección Fitosanitaria. Decreto N° 26921-MAG. Recuperado de: [http://www.sfe.go.cr/quienes\\_somos/normativa/leyes%20y%20decretos/Decreto\\_26921.pdf](http://www.sfe.go.cr/quienes_somos/normativa/leyes%20y%20decretos/Decreto_26921.pdf)

Morera I. (2015). Identificación de principios activos de plaguicidas en frutas, hortalizas y granos básicos en Costa Rica: Una propuesta para la implementación de nuevas metodologías de análisis. Revista Pensamiento Actual - Vol. 15 - No. 25, 2015 - Universidad de Costa Rica - Sede de Occidente.

Morera, I. (2014). Perfil de evaluación de riesgo químico por residuos de plaguicidas presentes en productos vegetales no procesados de producción nacional en el año 2014. (Tesis de Licenciatura sin publicar). Universidad de Costa Rica, Sede Occidente, Costa Rica.

Muñoz, M. (2017). Las frutas y los vegetales en la dieta. Infomed. Red de salud de Cuba. Disponible en <http://www.sld.cu/sitios/pdguanabo/temas.php?idv=10516>

Murray D. (1994). Cultivating crisis: the human cost of pesticides in Latin America. University of Texas Press. United States of America.

Murray R. L y Larry J.S. (2009). Estadística. 4ta edición. Mc Graw-Hill. México, D.F.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2009). Análisis de Riesgo relativos a la Inocuidad de los Alimentos. Guía para las Autoridades nacionales de inocuidad de los alimentos.

Organización Mundial de la Salud. (2005). World Health Organization. Obtenido de World Health Organization: [http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides\\_hazard\\_rev\\_3.pdf](http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_rev_3.pdf)

Organización Mundial de la Salud. (2010). Código internacional de conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas; Directrices para el registro de plaguicidas. 44p. Recuperado de [http://whqlibdoc.who.int/hq/2010/WHO\\_HTM\\_NTD\\_WHOPES\\_2010.7\\_spa.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2010/WHO_HTM_NTD_WHOPES_2010.7_spa.pdf)

Organización Mundial de la Salud. (2015). Alimentación Sana. Nota descriptiva N°394. Organización Mundial de la Salud. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs394/es/>

Pérez, A., Navarro, E., Miranda, E. (2015). Residuos de plaguicidas en hortalizas: Problemática y riesgo en México. Internacional de contaminación ambiental, 29(2). Recuperado el 27 de febrero de 2018, de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rica/article/view/41423>

PIMA. (2018). Quienes somos. Disponible en: <http://www.pima.go.cr/>

PIMA. (2016). Análisis del consumo de frutas, hortalizas, pescado y mariscos en los hogares costarricenses. Programa Integral de Mercadeo Agropecuario. Dirección de Estudios y Desarrollo de Mercados. Disponible en: <http://www.pima.go.cr>

Pozo, A. (2013). Estudio de residuos de carboburán y metamidofos en papa (*Solanum tuberosum*) consumida en la sierra ecuatoriana (Tesis para optar por el Título Profesional de Químico de Alimentos) Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador, p.89. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1864/1/T-UCE-0008-08.pdf>

Quesada, M. (2011). Aspectos Bioéticos en el control y aplicación de plaguicidas en Chile. Acta Bioethica, 1(17), 95-104. Recuperado de: <http://www.scielo.cl/pdf/abioeth/v17n1/a11.pdf>

Santamaría, U.C. (2009). El impacto de la exposición a plaguicidas sobre la incidencia de cáncer de mama. Evidencia de Costa Rica. Población y Salud en Mesoamérica. Revista electrónica semestral, ISSN-1659-0201, Volumen 7, número 1, artículo 1 (versión en español) 1, jul - dic 2009 <http://ccp.ucr.ac.cr/revista/>

Sáenz, M.V. (2001). Diagnóstico General sobre la situación de inocuidad de alimentos en Costa Rica. Editores: Rocabado, F. y Murillo, S. OPS-INCAP. San José.

Senasica, (s.f). Manual técnico de muestreo de productos agrícolas para la determinación de residuos plaguicidas. Gobierno federal de estados unidos mexicanos. Sagarpa, Senasica. Disponible en: [http://www.agrolab.com.mx/sitev002/sitev001/assets/manual\\_muestreo\\_plaguicidas\\_senasica.pdf](http://www.agrolab.com.mx/sitev002/sitev001/assets/manual_muestreo_plaguicidas_senasica.pdf)

SFE (2014). Publican informe sobre plaguicidas detectados en vegetales. Comunicado de prensa. CP-12-2014.

SFE (2018). Quienes somos. Disponible en: <https://www.sfe.go.cr/SitePages/QuienesSomos/InicioQuienesSomos.aspx>

SFE (2017). Estimación de uso de plaguicidas en kilogramos de ingrediente activo por hectárea (kg i.a./ha) utilizados en Costa Rica en el periodo del 2008 al 2014. Consultado el 8 de octubre 2017, disponible en [https://www.sfe.go.cr/DocsResiduosAgroquim/Estadisticas\\_importacion\\_y\\_exportacion\\_plaguicidas.pdf](https://www.sfe.go.cr/DocsResiduosAgroquim/Estadisticas_importacion_y_exportacion_plaguicidas.pdf)

SFE (2018) Proyecto IR-4. Consultado el 20 de marzo 2018. Disponible en:  
<https://www.sfe.go.cr/SitePages/IR4/Inicio-iR4.aspx>

Sociedad Argentina de Nutrición (SAN). (s.f). Vegetales y frutas, los antioxidantes naturales. Charlas para la comunidad.

Tavarez M. M.A. (2016). Análisis de los resultados del programa de monitoreo y vigilancia de residuos de plaguicidas en frutas y vegetales producidos en la República Dominicana. (Proyecto Final de Graduación, sin publicar). UCI-Costa Rica.

UNA (2015). Manual de plaguicidas de Centroamérica. Recuperado de: <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/>

University of Hertfordshire. (2018). Pesticide Properties Database (PPDB) Disponible en:  
<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm>

Valderrama, J. F. N., Baena, J. A. P., & Pérez, F. J. M. (2012). Persistencia de plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad: Una revisión de los procesos de degradación natural. *Gestión y Ambiente*, 15(3), 27-38

Wesseling C. (1997). Health effects from pesticide use in Costa Rica. An epidemiologic approach. Kongl.Karolinska Medico Chirurgiska Institutet. Stockholm, Sweden.

Zamorano, (2011). Informe final, Consultoría BPA/MAG.

## **XII. ANEXOS**



**ANEXO 1**  
**Chárter del proyecto**

**Anexo 2**  
**Cuadros resúmenes de la condición de plaguicidas de frutas**  
**y vegetales del 2006-2017**

**ANEXO 3**  
**Instrumento de recolección de datos formulado**  
**con preguntas abiertas**

**ANEXO 4**  
**Muestra de cálculo**

**ANEXO 5**  
**Total de muestras de alimentos (frutas y vegetales)**

**ANEXO 6**  
**El volumen de frutas y vegetales comercializados**  
**en CENADA durante el 2017**

**ANEXO 7**  
**EDT del proyecto**