

ATAJAYA

Gestión y monitoreo de agroquímicos



Ignacio
Valdivielso Valenzuela

Santiago, Diciembre 2021



Universidad del Desarrollo
Facultad de Diseño

Profesores Guía:

Mauricio Reyes, Alex Hurtado y Nataly Silva

DID

Memoria presentada a la Facultad de Diseño de la Universidad del Desarrollo para optar al Título Profesional
de Diseñador

Índice Temático

· Abstract	9
· Introducción	11
· Objetivo de la investigación	13
- Pregunta de investigación	13
- Objetivo general	13
- Objetivos específicos	13
· Marco teórico	15
- Estándares de productos y seguridad alimenticia	16
- Necesidad y beneficios de los pesticidas	17
- Uso de agroquímicos en cultivos agrícolas	19
- Compuestos químicos	21
- Mecanismos de IAP (Intoxicación aguda por plagucidas)	23
- Índice de intoxicación por agroquímicos	24
- Métodos de medición	28
· Protocolos y medidas de aplicación	31
- Equipamiento y protocolos ACHS	32
- Medidas de prevención ACHS	34
· Impacto en la salud	37
- Cuadros clínicos por intoxicación con agroquímicos	38
- Daños irreparables y malformación genética en nacimiento	41
- Efecto en el ambiente	44

· Casos de estudio	47	· Propuesta formal	89
- Estudio de síntomas, efectos y medidas de prevención de agroquímicos en embarazadas	48	- Atalaya	90
- Casos de intoxicación por agroquímicos en escuelas/colegios del sector rural	54	- Renders	91
· La tercera revolución verde	59	- Compuestos	92
- Smart Farming	60	- Prototipado y testeo	94
· Soluciones basadas en la aplicación de IoT	63	· Modelo de negocios	99
- Aplicación de IoT para el control de plagas y detección de pesticidas	64	- Modelo de negocios canvas	100
- Solución basadas en la implementación de IoT para el control de plagas	65	- Costos	101
- Solución basadas en la implementación de IoT para el monitoreo de pesticidas en frutas	67	- Flujo de caja	102
· Marco metodológico	71	· Conclusión	105
- Metodología	72	· Referencia Bibliografica	106
- Problema/Oportunidad	74		
- Perfil Usuario	79		
· Propuesta conceptual	81		
- Conceptualización	82		
- Referentes	82		
- Estados del arte	84		
- Bocetos	85		

Índice de ilustraciones

Imágenes e ilustraciones

· Imagen 1 - Clasificación OMS e identificación por color (codificación de riesgo)	19	· Imagen 9 - Esquema de la metodología Doble Diamante	72
· Imagen 2 - Esquema de vías de absorción de pesticidas	27	· Imagen 10 - Conceptos y temáticas de investigación	74
· Imagen 3 - Esquema del método de medición LUKE	28	· Imagen 11 - Resultados Desk research	75
· Imagen 4 - Esquema del método de medición MILLS	29	· Imagen 12 - Arquetipo de usuario	79
· Imagen 5 - Estándares de indumentaria para aplicadores	32		
· Imagen 6 - Medios de desplazamiento de los agroquímicos	45		
· Imagen 7 - Esquema de componentes del detector de pesticidas (IOT)	67		
· Imagen 8 - Arquitectura del sensor para detección de pesticidas	68		

Tablas y gráficos

· Figura 1 - Tabla de beneficios del uso de agroquímicos	18	· Figura 9 - Resultados OCDE de aspectos demográficos	76
· Figura 2 - Grafico de compuestos IAP (Intoxicación aguda por plaguicidas)	21	· Figura 10 - Contraste población regional INE y OCDE sobre población urbana y rural	76
· Figura 3 - Grafico de segmentación y causas de IAP (Intoxicación aguda por plaguicidas)	26	· Figura 11 - Porcentaje de producción de hortalizas y desgloses por AFC	77
· Figura 4 - Tabla de medición por Contacto Directo con Plaguicidas	48	· Figura 12 - Porcentaje de producción caprina y desgloses por AFC	77
· Figura 5 - Tabla de medición por Contacto Indirecto por Plaguicidas	49		
· Figura 6 - Tabla de medición por Sintomatología asociado al contacto con plaguicidas	50		
· Figura 7 - Tabla de Resultados Prenatales	52		
· Figura 8 - Discapacidad Intelectual en relación a distancia con predios	57		

Glosario

Colinesterasa: enzima crucial para la transmisión nerviosa en las uniones neuromusculares.

IAP: Intoxicación aguda por plaguicidas.

Latencia: término que refiere a la duración del agroquímico en una superficie.

Estérica: reacción química, en la conformación o en las interacciones intermoleculares

Muscarínico: Receptores de neurotransmisores.

Nicotínicos: Receptores de canales iónicos.

SNC: Sistema nerviosos central.

SNS: Sistema nerviosos somático.

Axones: Estructura nerviosa con forma alargada y delgada que sale del cuerpo de la neurona.

Cromatografía: Método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas.

Fasciculación: Contracción o tirón breve y espontáneo en un músculo.

Neuropatía: consecuencia del daño a los nervios fuera del cerebro y la médula espinal.

Neuropatía axonal: trastorno neurodegenerativo grave, lentamente progresivo.

Fosforilación: adición de un grupo fosfato a cualquier otra molécula.

AFC: Agricultura Familiar Campesina.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

INE: Instituto Nacional de Estadísticas.

Abstract

La actividad agropecuaria va acompañada de un uso permanente de agroquímicos tendientes a controlar múltiples plagas, enfermedades y otros agentes que comprometen la salud de los cultivos. Esto ocasiona que zonas aledañas al cultivo, inclusive áreas urbanas, queden expuestas a entrar en contacto con estos elementos posterior a su aplicación. Los efectos son letales y comprometen a un gran porcentaje de la población mundial en el área rural.

Aun cuando existe un proceso de degradación posterior a su aplicación, es posible que trazas químicas permanezcan en la atmósfera, aguas (canales de riego y napas subterráneas) e incluso en los mismos cultivos. Como efecto, estos remanentes entran en contacto con la población trabajadora y su entorno familiar directo, teniendo impactos negativos e irreversibles para la salud.

La actividad clave es evidenciar, demostrar los tipos y medios a los que se exponen los usuarios del rubro al aplicar agroquímicos.

El objetivo de esta investigación es comprender cuáles son los pesticidas/insecticidas empleados en la actividad agrícola con mayor tasa de cuadros clínicos, cuáles con sus impactos en los trabajadores y su entorno, cómo se desarrolla la trazabilidad con el fin de diseñar una solución digital que permita prevenir o evitar casos extremos de intoxicación crónica.

Palabras clave:

Intoxicación aguda, plaguicidas, insecticidas, organofosforados, colinesterasa, acetilcolinesterasa, vida media, IOT, Smart farming.

Introducción

En la actividad agropecuaria se ha generado una demanda por el uso de agroquímicos para poder garantizar el control de plagas que afectan el estado de los cultivos, ya que su aplicación es beneficiosa para la prevención de cualquier organismo que comprometa la salud tanto del commodity como de los consumidores.

Uno de los problemas frente al uso de agroquímicos es la poca fiscalización de las aplicaciones, lo que pondría en riesgo las vidas de los mismos trabajadores y de las poblaciones cercanas a los predios de aplicación. Entre el 2008 y 2018 los índices de intoxicación por pesticidas asociados a factores laborales y accidentales eran mayores al 85% en promedio de esa década, lo cual demuestra que la salud de esos individuos se vio comprometida por factores fuera de su control. Para llevar a cabo la investigación, se indagó sobre los tipos de escenarios que pueden presentarse por exposición a agroquímicos y se evidenciaron los diferentes cuadros clínicos posibles, en sus distintos grados. Estos se categorizaron en tres tipos:

- Intoxicación aguda: casos más notorios y simples de tratar.
- Intoxicación retardada: casos que comprometen de mayor forma al sistema nervioso central, y donde los síntomas no se presentan de forma inmediata, sino que pueden aparecer a largo plazo.

- Intoxicación crónica: casos extremos por exposición continua, que pueden presentar mayores retos para ser tratados e identificados y en algunos casos puede tener como resultado el **síndrome colinérgico**.

La Asociación Chilena de Seguridad (ACHS) facilita los protocolos de seguridad para los aplicadores de agroquímicos de la actividad agropecuaria. Pero se ha generado un vacío en los sistemas de control que deben tomarse durante el período de latencia del producto, es decir, el transcurso que se demora en degradarse. El período de latencia es donde se detectan mayores casos de intoxicación, ya sean por contacto directo de un trabajador o hasta el contacto involuntario de un habitante cercano al lugar.

La conducta del pesticida es muy variable e impredecible, por lo que señalar los radios de alcance es fundamental para asegurar el bienestar de la comunidad. En este contexto, la IoT juega un papel fundamental en la propuesta de este proyecto. La revolución y agricultura 4.0 es un proceso actual que ha brindado soluciones en base a la implementación de tecnología para la mejora de la ejecución de tareas y levantamiento de datos que ayudan en la toma de decisiones. A través de la facilitación y optimización de procesos, la integración de una IoT puede entregar grandes beneficios para la monitorización a nivel local y fiscalización a nivel nacional del control de productos agroquímicos.

Objetivo de la investigación

Pregunta de investigación

¿Es posible mediante el diseño de un dispositivo IOT monitorear y prevenir la exposición de la población presente en áreas agrícolas a compuestos agroquímicos presentes en pesticidas?

4_Analizar proyectos actuales que aborden el monitoreo y control sobre plagas y pesticidas en la agricultura.

5_Desarrollar sistema de monitoreo basado en la geo-localización y geo-cercado para prevención de exposición a agroquímicos

Objetivo general

Diseñar un dispositivo de monitoreo por medio de geo-localización y geo-cercado, con el fin de aportar al control y registro de aplicación de agroquímicos en predios de cultivo.

Objetivos específicos

1_ Investigar respecto de los plaguicidas, sus compuestos químicos, permanencia en suelos, agua, aire y sus efectos sobre la salud de las personas.

2_ Ver referentes de IOT utilizados en la agricultura.

3_ Investigar integración de métodos de alerta por medio de geo-cercado y geo-localización.

Marco Teórico



Estándares de productos y seguridad

El mercado alimenticio es un factor clave en la economía y sociedad actual, pero este debe regirse por varios protocolos de seguridad alimentaria y estándares para poder ser entregados a los consumidores. Para esto, los productores/distribuidores deben cumplir las siguientes normas.

- ” - **ISO 9001**: Sistema Eficaz de Gestión de Calidad, reducción de rechazos e incidencias, centrado en todos los elementos de administración de calidad
- **APPCC**: Análisis de peligros y puntos críticos
- **ISO 22.000**: Cubre las actividades de la cadena alimentaria, con el objetivo de asegurar la protección del consumidor. Sistema de Gestión de la Inocuidad de los Alimentos.
- **FSSC 22.000**: Sistema de certificación de Seguridad Alimentaria.
- **BRC**: Sistema de seguridad, legalidad y calidad alimentaria
- **IFS**: Sistema de evaluación consistente en procedimientos.

”

(Aeca & Compostela, 2011)

Como se puede ver, el proceso de entrega de alimentos por parte de los distribuidores debe ser riguroso, ya que si estos no se realizan pueden terminar comprometiendo la seguridad de los consumidores, para prever ese escenario, el control y bienestar de la producción es esencial para asegurar la calidad y seguridad, para ello el uso de pesticidas e insecticidas son clave para eliminar todo tipo de organismos que puedan generar impactos negativos.

Necesidad y beneficios de los pesticidas

A pesar de todos los efectos negativos que los pesticidas/ insecticidas generan en las personas, animales e incluso el ambiente, transformado ecosistema en un sector de riesgo modular. La necesidad por el uso de agroquímicos es alta, ya que gracias a sus efectos permite tener el control de las diferentes pestes, mantener la salud del cultivo prever pérdidas de producción.

El periódico de **Vasyl Stefanyk**, de la universidad nacional de Phecarpathian (Ucrania) estipuló lo siguiente en su artículo sobre los pesticidas:

“Durante los últimos 60 años, los agricultores lograron un progreso significativo en la producción de alimentos mediante el uso de plaguicidas. Lo han hecho principalmente para prevenir o reducir las pérdidas agrícolas debido a la actividad de las plagas, lo que resultó en un mejor rendimiento y una mayor disponibilidad de alimentos, a un precio razonable y en todas las temporadas. Mediante el uso de plaguicidas en la agricultura, la productividad ha aumentado drásticamente en la mayoría de los países.”

(Maksymiv, 2015)

En la **figura 1** se muestra los beneficios primarios respecto a los usos en la actividad agropecuaria y beneficios secundarios que van enfocados a bienes económicos y sociales

Como se puede evidenciar en el esquema, los plaguicidas cumplen un papel importante en el control y destrucción de los organismos que generan impactos negativos.

El control de diferentes vectores de enfermedades no solo beneficia a los humanos sino también al ganado, con el objetivo reducir la tasa de infección y muertes, además de prever la propagación de infecciones ya sea a nivel nacional como internacional.

“La matanza de vectores es el método más eficaz para combatirlos. Según la Organización Mundial de la Salud”
(Maksymiv, 2015)

Beneficios primarios	Beneficios secundarios
1. Control de plagas y vectores de enfermedades de las plantas	Beneficios para la comunidad
<ul style="list-style-type: none"> ·Mejor calidad de cultivos / ganado ·Reducción del uso de combustible para el deshierbe ·Reducción de la alteración del suelo ·Especies invasoras controladas 	<ul style="list-style-type: none"> ·Mejora de la nutrición y la salud ·Seguridad alimentaria ·Aumento de la esperanza de vida ·Reducción de los costos de mantenimiento
2. Control de vectores de enfermedades y organismos molestos	Beneficios nacionales
<ul style="list-style-type: none"> ·Se salvaron vidas humanas ·Se redujeron las perturbaciones humanas ·Se redujo el sufrimiento de los animales ·Se aumentó la calidad del ganado 	<ul style="list-style-type: none"> ·Economía agrícola nacional ·Aumento de los ingresos de exportación ·Reducción de la erosión del suelo / pérdida de humedad
3. Prevención o control de organismos que dañan otras actividades y estructuras humanas.	Beneficios globales
<ul style="list-style-type: none"> ·Peligros de árboles / arbustos / hojas prevenidos ·Protección con césped recreativo ·Estructuras de madera protegidas 	<ul style="list-style-type: none"> ·Menos presión sobre las tierras no cultivadas ·Menos introducción de plagas en otros lugares ·Ingresos por turismo internacional

(Maksymiv, 2015)


Uso de plaguicidas en cultivos agrícolas

En la agricultura convencional y en el sector forestal dentro de Chile, se utilizan cerca de 420 principios activos de plaguicidas con aproximadamente 1.000 marcas comerciales. De éstos, 13 ingredientes activos plaguicidas con 44 marcas comerciales corresponden a la clasificación toxicológica de la OMS, codificada como 1a, la que significa sumamente peligroso o extremadamente

tóxico y 14 ingredientes activos con 27 marcas comerciales corresponden a la clasificación 1b, que significa muy peligroso o altamente tóxico.

En la **imagen 1** se puede apreciar la clasificación en base a la toxicidad de estos

CLASIFICACIÓN OMS E IDENTIFICACIÓN POR COLOR (BANDA)

	CLASIFICACIÓN DE LA OMS SEGÚN LOS RIESGOS	CLASIFICACIÓN SEGÚN PELIGRO	BANDA
Ia	Sumamente Peligroso	Muy Tóxico	
Ib	Muy Peligroso	Tóxico	
II	Moderadamente Peligroso	Nocivo	
III	Poco	Cuidado	
IV	Producto que normalmente no ofrece peligro		

(MINSAL, 2014)

El uso de plaguicidas a nivel nacional tiene una estimación del 70%, correspondiendo al uso en la actividad agrícola, el porcentaje restante se focaliza en el área de la salud (control de plagas en ambiente urbano) y en productos domésticos. Su uso también ha traído beneficios para el control de enfermedades en el área agrícola, domésticas, sanitarias y veterinarias, pero el uso sin criterio en los efectos para la salud y medio ambiental ha generado una necesidad, en consecuencia se ha generado una demanda por el producto, por lo cual más de 1000 pesticidas fueron aprobados en el año 2016 por el S.A.G (servicio agrícola ganadero).

"Estos plaguicidas se pueden clasificar según:

- Según tipo de plaga que se desea controlar: Se clasifican en: insecticidas, fungicidas, herbicidas, molusquicidas, acaricidas.
- Según grupo químico del principio activo: Compuestos — organofosforados, carbamatos, organoclorados y organomercuriales, piretroides, derivados del ácido fenoxiacético, entre otros
- Según su persistencia al medio ambiente: Se dividen en — Persistentes, poco persistentes y no persistentes
- Según su toxicidad aguda (O.M.S): Esta se basa principalmente en la toxicidad por vía oral en ratas y ratones, registran dosis con el valor de DLM 50 (Dosis letal media) que es la dosis requerida para matar al 50% de la

población animales de prueba, se expresa en términos de mg/kg en base al peso del animal."

(Gomez, 2015)

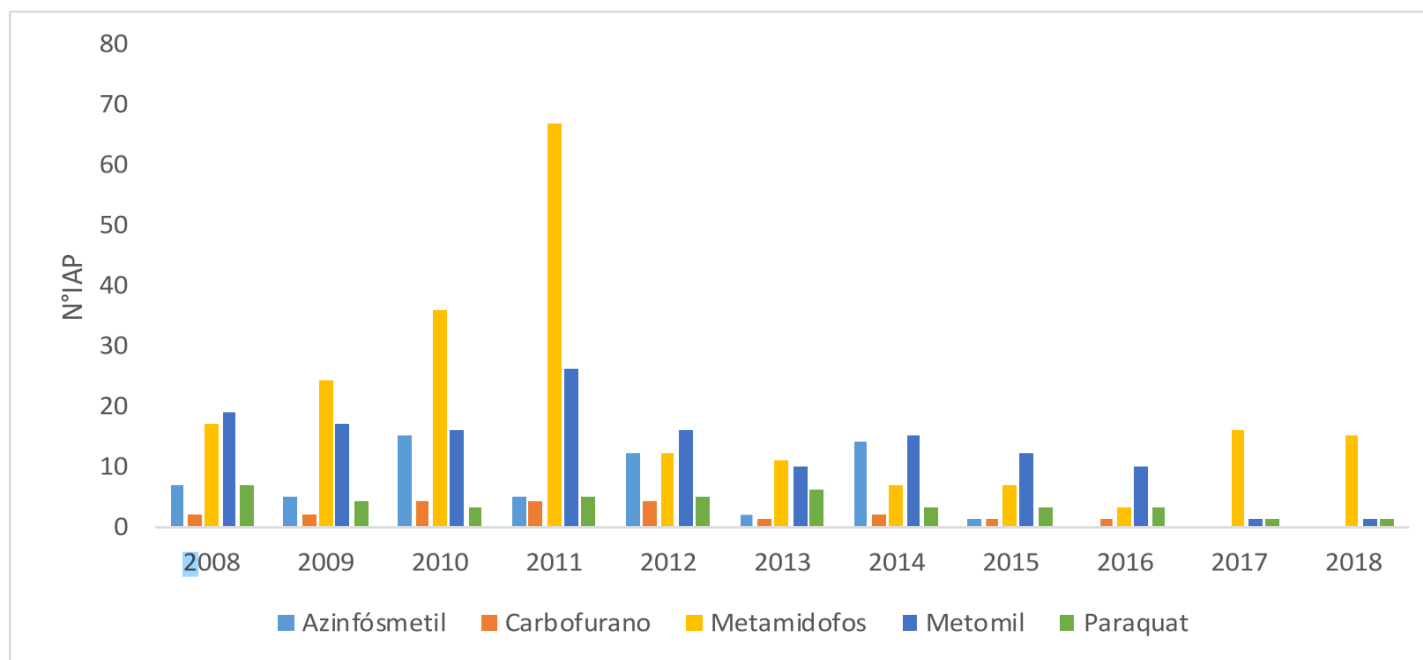
Compuestos químicos

Los plaguicidas tienen compuestos químicos variados, dependiendo de la plaga u/o enfermedad que se están controlando, para ello se generan mezclas para ser aplicada, los cuales se identifican en los siguientes compuestos:

Cipermetrina — Clorpirifos — Lambdacialotrina — Metamidofos — Diazinon — Alfacipermetrina — Glifosato

— Azinphosmethyl — Ciananida hidrogenada — Brodifacoum — Deltametrina — Metomilo — Paraquat — Desc.

De los cuales en la **figura 2** se muestran los componentes más constantes en relación al número de IAP (Intoxicación aguda por plaguicidas) causados durante el periodo del 2008 — 2018.



(REVEP, 2019)

Organofosforados

“La Organización Mundial de la Salud calcula que mundialmente más de 750 mil personas presentan algún tipo de efecto por exposición crónica con plaguicidas. Las manifestaciones clínicas de la exposición crónica por insecticidas organofosforados afectan principalmente el sistema nervioso” **(De Los Ríos et al., 2005)**

Los compuestos organofosforados (OP) son sustancias orgánicas que tienen una estructura química del compuesto de fósforo-carbono, tienen un gran número de aplicaciones y utilidades.

“Han sido utilizados como aditivos del petróleo, disolventes, en las industrias de colorantes, barnices, cuero artificial, aislantes eléctricos, impermeabilizantes, ablandadores de plásticos, fungicidas, insecticidas entre otros.”

(Fernandez et al., 2010)

“son ésteres del ácido fosfórico y de sus derivados, que comparten como característica farmacológica la acción de inhibir enzimas con actividad esterásica, más específicamente de la acetilcolinesterasa en las terminaciones nerviosas, lo que genera una acumulación de acetilcolina y como consecuencia se altera el funcionamiento del impulso nervioso.”

(Fernandez et al., 2010)

Este tipo de insecticida acompañado de sus pares como el organoclorado y organomercuriales tienen efectos adversos al entrar en contacto con el usuario, ya que

generar espectro de signos y síntomas, a este conjunto se le conoce como “síndrome colinérgico”, el cual se produce por la excesiva estimulación hacia los receptores de acetilcolina, el cual causa dolor muscular, posible actividad secretora y cambios en el estado de la conciencia.

El tratamiento frente al cuadro clínico por intoxicación de organofosforados es clave para evitar efectos secundarios e incluso evitar que la vida del paciente se vea comprometida.

La relevancia de tomar en cuenta este tipo de insecticida en particular por sobre los otros, es la tasa de intoxicaciones en comparación con los otros plaguicidas, Médicos neurocirujanos de zonas rurales afirman que es el compuesto con mayor índice de cuadros clínicos, con un aproximado del 50% de los casos en pacientes, el cual no es tan alejado de la realidad ya que en el 2012 las IAP (Intoxicación aguda por pesticidas) se produjeron en primer lugar por inhibidores de la Colinesterasa, con un 42,5% de los casos (31.1% Organofosforados y 11,4% Carbamatos)

(Sintesis.Med.Uchile.Cl – Sintesis.Med.Uchile.Cl, Uchile.)

“La mayoría de agentes organofosforados poseen una elevada liposolubilidad, tienen mayor predilección por los tejidos ricos en grasa como el pániculo adiposo o el tejido nervioso (14,15), poseen una corta vida media en plasma y un elevado volumen de distribución en los tejidos, son metabolizados en el hígado a través del citocromo p-450, generando, en ocasiones compuestos aún más tóxicos. Se eliminan por la vía urinaria y por las heces.”

(Galarreta Orbegoso et al., 1997)

Mecanismo de IAP

La intoxicación aguda por plaguicidas se puede deber a múltiples factores dentro del área laboral agricultora, a diferencia de la intoxicación crónica, esta se debe tratar de forma inmediata y tomar los procedimientos clínicos apropiados, ya que tanto el paciente afectado como los que están asistiéndolo pueden verse expuestos al entrar en contacto.

Según la norma técnica 92 (designada el 2007 por el MINSAL) las 4 principales causas del IAP son:

- Contacto directo: "La actividad realizada por el intoxicado (usuario) al momento de la intoxicación implica la manipulación, contacto directo o consumo de plaguicidas; aplicación, preparación de mezcla, etc."

(REVEP, 2019)

- Expansión: "Se produce por la extensión de la nube de aplicación del plaguicida (vía avioneta o dron) más allá del lugar donde debía ser aplicado, afectando incluso a terceros que estaban no estaban de la actividad"

(REVEP, 2019)

- Incumplimiento de periodo de reentrada: "Ingreso a una zona tratada con plaguicidas o manipulan un producto u objeto tratado con éstos (cultivos) antes del cumplimiento de la latencia que debe transcurrir entre la aplicación y el ingreso o manipulación (generalmente los

productos poseen los periodos de latencia a cumplir antes de su manipulación)" **(REVEP, 2019)**

Incumplimiento período de carencia: "Afectados por consumo de frutas, hortalizas u otros alimentos, antes del periodo de latencia del producto". **(REVEP, 2019)**

Los puntos anteriores especifican los factores de causas del IAP en el área laboral — accidental, ahora también se presenta segmentación de grupo de población con mayor riesgo a la exposición de plaguicidas, internos y externos a la actividad. Dentro de estos grupos están los trabajadores, quienes presentan contactos directos con el producto:

- Trabajadores del sector agrícola, agroindustrial y forestal (aplicador, mezclador)
- Trabajadores expuesto a aplicación en su lugar de trabajo
- Trabajadores aplicadores urbano, transporte, otras

Y después se segmentan a los afectados de forma indirecta a la actividad agricultora:

- Estudiantes de colegio rurales que vivan cerca del recinto donde se aplica plaguicidas

- Comunidades rurales que vivan cerca del recinto donde se aplica plaguicidas
- Familiares de trabajadores agrícolas
- Expuesto a aplicaciones (domésticas, campañas, agua y alimentos contaminados)

"Su acción tóxica se ejerce por tres mecanismos:

- Acción tóxica directa sobre diferentes parénquimas como: Pulmón, hígado, riñón, corazón, médula ósea.
- Inhibición de la acetilcolinesterasa, generando síntomas muscarínicos y nicotínicos.
- Neurotoxicidad retardada por inhibición de una esteras llamada esteras a neurotóxica."

(Galarreta Orbegoso et al., 1997)

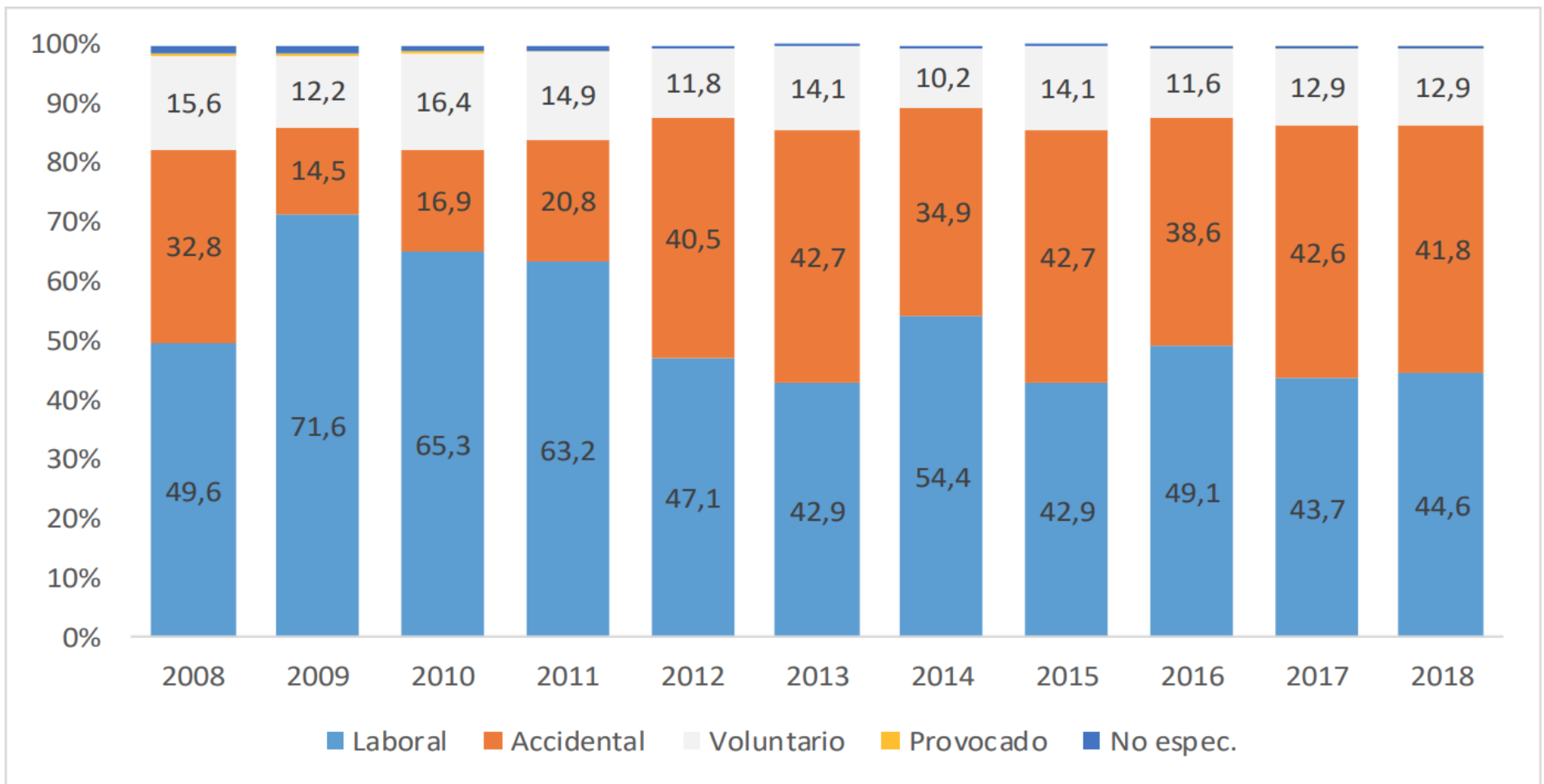
Índice de intoxicación por agroquímicos

REVEP dentro del periodo 2008 – 2018, dio a conocer los perfiles de los trabajadores que se intoxican por plaguicidas a nivel nacional, presentando los siguientes datos:

- **Sexo:**
 - Hombres 47,6% (1866 IAP)
 - Mujeres 52,4% (2051 IAP)
- **Tipo de trabajador:**
 - Temporal (hombres 49,3%) – (mujeres 52,3%)
 - Permanente (hombres 35,5%) – (mujeres 39,9%)
 - Otros (Independiente o dueño del predio) (hombres 2,7%) – (mujeres 0,8%)
- **Edad:** Promedio de 36 a 65 años
- **Participación de trabajadores en un brote de IAP:**
 - Hombres 38%
 - Mujeres 83,6%
- **Gravedad:**
 - Hospitalización (hombres 27,2%) – (mujeres 14,4%)
 - Fallecidos (hombres 2) – (mujeres 2)

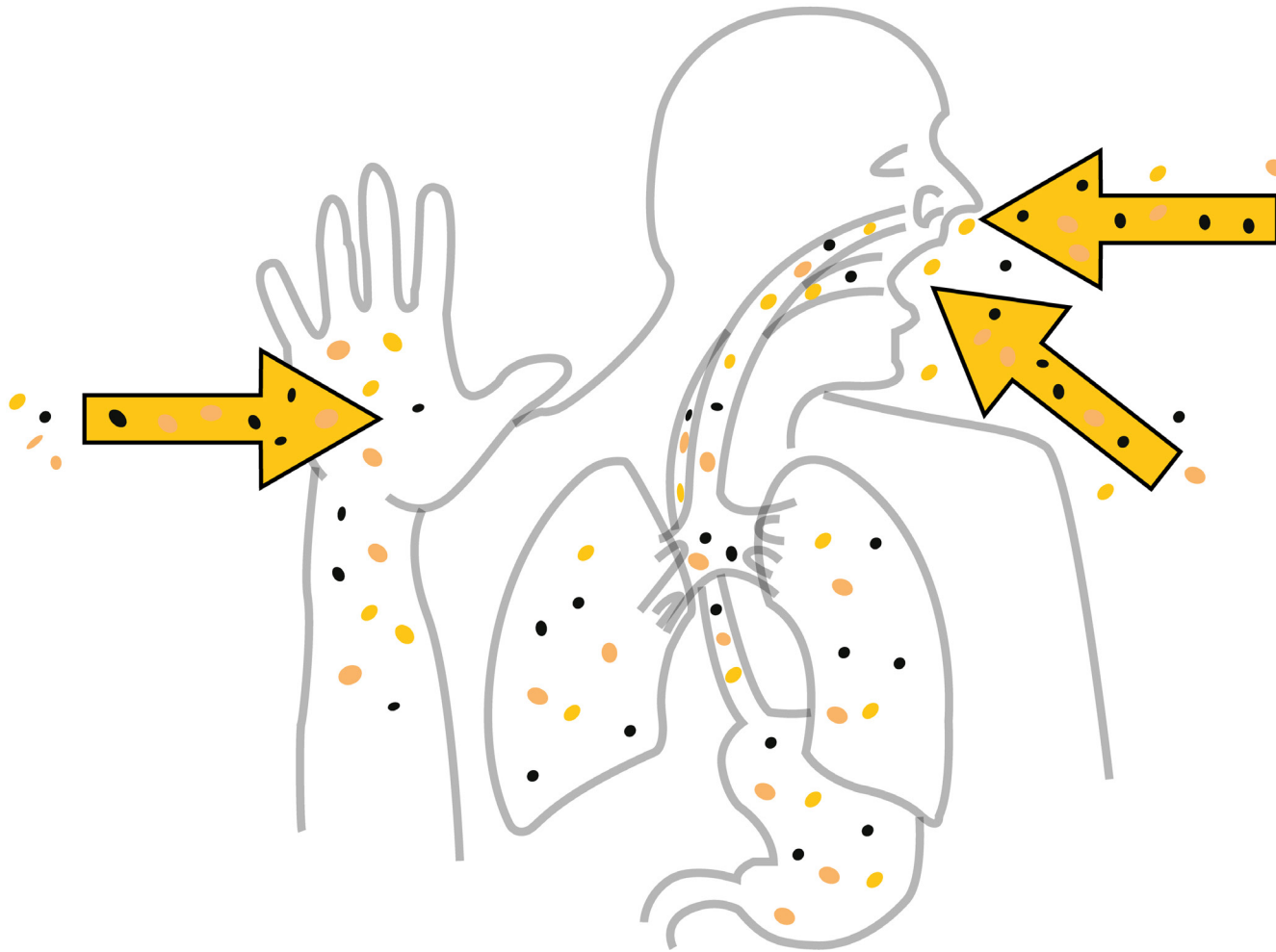
- **Actividad de aplicación al momento de la aplicación:**
 - Hombres (Trabajo permanente 26,1%) – (Temporal 17,8%)
 - Mujeres (Trabajo permanente 1%) – (Temporal 2,8%)

La siguiente **figura 3** muestra el resultado por año, segmentaciones y causas por parte del Departamento de Epidemiología dentro de la década del 2008 – 2018.



(REVEP, 2019)

Cabe mencionar que existen múltiples medios por el cual el insecticida puede ser absorbido, ya que estos a ser altamente volátiles pueden pasar a la etapa de evaporación en corto plazo, generando nubes de componentes de organofosforados, organoclorados y demás. La **imagen 2** representa las vías de absorción del ser humano frente a los agroquímicos.



(Imagen editada)

(¿Qué Pasa Con Los Pesticidas Liberados En El Medio Ambiente?, n.d.-a)

Estos tienen una alta reacción con el cuerpo de cualquier ser vivo (humano o animal), ya que estos pueden entrar por medio de la absorción dérmica, inhalatoria y digestiva, el cual resulta en cuadros clínicos por intoxicación aguda, que en el mejor de los casos este se puede presentar entre los primeros 10 min hasta 24 horas (esto es en los casos de contacto directos con la solución), ya en situaciones extremas cuando el contacto son por medios de nubes con menor concentración, los síntomas pueden retrasarse hasta 2 semanas después de su contacto, ya en los casos de exposición continua se pasa a un cuadro de intoxicación crónica.

Métodos de Medición

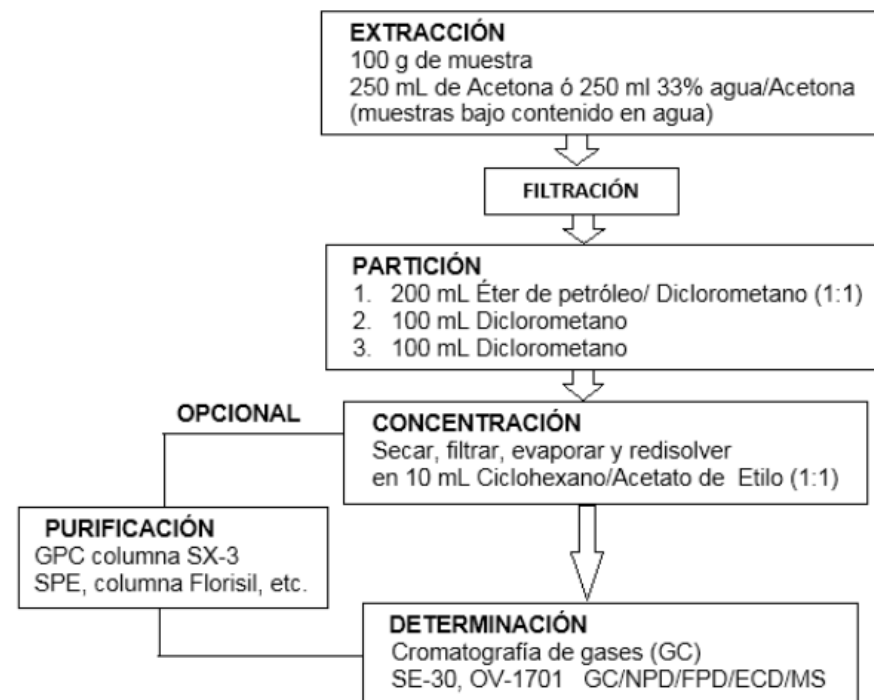
La contaminación atmosférica por plaguicidas se debe a la incapacidad de la atmósfera de procesar ciertos productos químicos por su uso y/o fabricación, lo que no solo contamina el aire, sino hasta los mismos cultivos y agua. Para ello se utilizan los siguientes métodos de medición por medio de cromatografía, el cual les permite medir el índice de concentración por diferentes componentes en líquidos.

Método de LUKE

Este método se utiliza para las matrices no grasas (frutas, hortalizas, hojas, arroz, etc.), tiene como objetivo la determinación de plaguicidas mediante la cromatografía de gases (GC), acoplado a un detector NPD/ECD/FPD/MS.

Este método utiliza los siguientes procesos: **Extracción de la muestra** y aplicación en mezcla de acetona con agua (33% agua) el cual pasa por **Filtración** para pasar a la **Partición** donde se agrega diclorometano, paso siguiente es la **Concentración**, donde el objetivo es secar, filtrar, evaporar y disolver la mezcla, esta puede tomar el proceso extra de **Purificación**, en el caso que sea necesario, de no ser así, ya se toma el paso final que es la **Determinación** del resultado para la definición del índice.

El **imagen 3** ejemplifica el proceso del método LUKE.



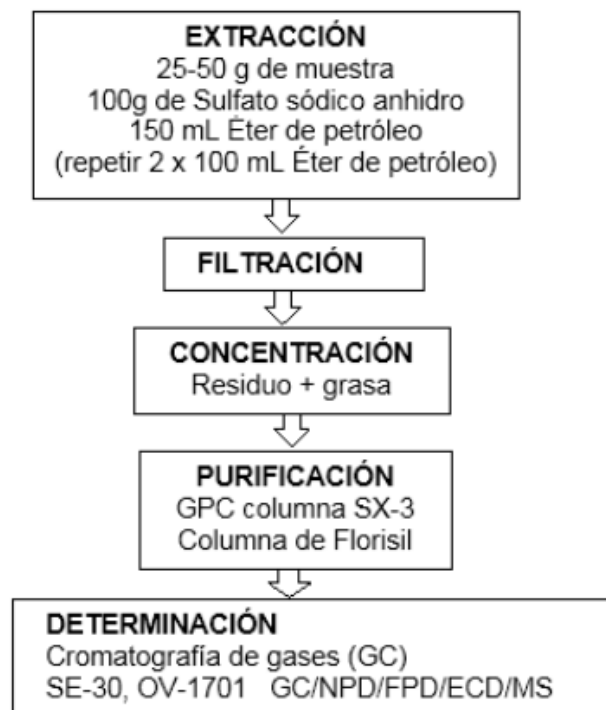
(Simó, 2018)

Método de MILLS

Este método se utiliza para la determinación de residuos de plaguicidas Organoclorados, Organofosforados, etc. Mediante el uso de la cromatografía de gases, siendo útil para las matrices grasas (tejidos animales, grasa de pescado, etc.), así mismo este proceso puede ser empleado para semillas, granos, nueces y más.

El método de MILLS usa los mismo principios que el de LUKE: Extracción — Filtración — Concentración — Purificación — Determinación.

En la **imagen 4** se muestra el proceso del método MILLS.



(Simó, 2018)



Protocolos y medidas de aplicación

Equipamiento y protocolos ACHS

Para la aplicación de pesticidas en la actividad agropecuaria estas deben cumplir varios protocolos por parte los aplicadores ya sean por medios directos (persona encargada de aplicar mezcla del pesticida/insecticida en sector predeterminado) o por medio de aplicación aérea (nubes) ya sea por avionetas aptas para la aplicación o drones. Para eso la Asociación Chilena de Seguridad ha dictado los siguientes equipamientos y medidas de prevención para evitar los riesgos de los usuarios al utilizar y exponerse a estas sustancias.

La **imagen 5** ejemplifica la indumentaria de los aplicadores para poder realizar su tarea.
(Asociación Chilena de Seguridad, 2018)

APLICADOR DE PLAGUICIDAS

DESCRIPCIÓN DEL OFICIO

Considera las actividades de almacenamiento, dosificación y aplicación de productos fitosanitarios o plaguicidas para controlar plagas que afectan la producción agrícola en general.

LUGARES DE TRABAJO


Bodegas, galpones, caminos interiores, rurales y calles públicas, laderas de cerro y plantaciones.

ESTE LISTADO ES DE APOYO PARA LAS EMPRESAS, LO CUAL DEBEN COMPLEMENTAR CON LOS PROCESOS ESPECÍFICOS DE LAS LABORES DESARROLLADAS EN SUS INSTALACIONES".

NOTA: "Obligación de Informar los Riesgos Laborales" a los trabajadores, según lo establecido en el artículo 21º de D.S. 40/69 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social.

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDADOS

- PROTECCIÓN UV
- ROPA IMPERMEABLE
- GUANTES
- BOTAS DE PVC
- PROTECCIÓN RESPIRATORIA
- PROTECCIÓN VISUAL



Los aplicadores de pesticidas tienen que utilizar equipamiento adecuado para evitar la exposición a las sustancias de la mezcla, el incumplimiento de esto puede ocasionar intoxicaciones y cuadros clínicos dependiendo de la sustancia trabajada.

La asociación de seguridad estipula el uso de:

- Protección UV (exposición a ambiente)
- Ropa impermeable
- Guantes
- Botas PVC
- Protección respiratoria
- Protección visual

Dentro de los mencionados estos deben ser partícipes en las tareas de manipulación y aplicación de pesticidas, estos se rigen por medio de protocolos en base a la tarea que se tenga que cumplir.

En la tarea de Manipulación de plaguicidas, los riesgos son más directos a exposición a los plaguicidas o productos químicos por el cual deben cumplirse las siguientes medidas de control:

- Los aplicadores deben ser instruidos sobre los riesgos de esta tarea (Acuerdo 20.308.).
- Utilizar el equipamiento apto para la seguridad del aplicador — Ropa impermeable, guantes de PVC de puño de largo (goma, nitrilo, neopreno o latex), botas de PVC, protección respiratoria, protector o careta ocular sellada (para productos químicos).

- Conocimiento de los riesgos de cada producto.
- Respetar los periodos de latencia para la reentrada y señalización (indicaciones en la etiqueta del producto).
- Programa de horarios de aplicación.
- Prohibición de consumo de alimentos durante la aplicación.
- Efectuar higiene personal después de la aplicación.
- Los elementos utilizados para la dosificación y mezcla del producto debe ser exclusivo para esa finalidad.
- Considerar intensidad y dirección del viento al momento de aplicar.
- Precauciones para evitar derrames en el suelo, canales, acequias, etc.
- Productos fitosanitarios deben permanecer en sus envases.
- ndumentaria y prendas de trabajo no pueden ser llevados al hogar del aplicador.
- Aseo personal.

Medidas de prevención ACHS

La Asociación Chilena de Seguridad toma su papel sobre el tema del uso de pesticidas y estipula en su artículo las medidas en base a las diferentes situaciones ya sea desde el proceso de mezcla del producto hasta la mitigación de residuos de estos en los cultivos. La ACHS las divide en los siguientes puntos:

1. **Falta de capacitación del personal expuesto**
2. **Preparación de mezclas**
3. **Aplicación**
4. **Post-aplicación**
5. **Gestión de residuos y derrames**
6. **Almacenamiento**
7. **Mitigación de consecuencias**

Estos puntos cumplen el ciclo de la aplicación del pesticida/insecticida, el cual el mismo cuerpo gubernamental cuenta con medidas para contrarrestar los diferentes escenarios en relación en que proceso se puede generar, pero los más a recalcar son los del punto 4, 5 y 7, que logran cubrir los puntos abordados dentro de la investigación, estas son medidas de prevención establecidas por la ACHS.

Después de la aplicación

“Con posterioridad a la aplicación, los peligros corresponden a la contaminación que persiste en el sector de aplicación y en la ropa de trabajo.”

(Asociación Chilena de Seguridad, 2005)

Los protocolos para este escenario consisten en lo siguiente:

1. Señalización de las áreas tratadas con plaguicidas, inhabilitando el ingreso de personal, ya sea trabajadores u otro usuario y también animales, esto se debe cumplir en base al periodo de latencia, según en la información entregada en la etiqueta del producto.
2. Proceso de cosecha debe ser después del proceso de latencia, indicado en la información entregada en la etiqueta del producto
3. Todos los trabajadores deben bañarse meticulosamente después de cada aplicación y ponerse ropa limpia, las prendas contaminadas y no desechables de deben dejar en un casillero predominado para su limpieza adecuada.

(Asociación Chilena de Seguridad, 2005)

Gestión de residuos y derrames

El uso de pesticidas en la actividad agropecuaria genera una serie de residuos peligrosos que corresponden a los envases del plaguicida, las aguas de lavado de equipos, utensilios y material utilizado para recoger derrames accidentales.

Los protocolos para este escenario consisten en lo siguiente:

1. Proceso de triple lavado, este proceso se utiliza con el fin de limpiar los envases de los plaguicidas/ insecticidas, el cual se efectúa en 3 pasos: agregar agua hasta 1/4 de la capacidad del envase, después se cierra y se agita por 30 segundos, y para finalizar el contenido del envase deber ser vertido en un estanque del equipo pulverizador. Y repetir los pasos anteriores tres veces.
2. El envase de lavado debe ser manejado según un programa de eliminación aprobado por la autoridad sanitaria (ISP o Instituto de salud pública de Chile "artículo 3"), el cual dependen de la capacitación de personal para la manipulación de los envases, diseño de lugares de recepción y almacenamiento de envases, sistema de recolección y la identificación de la reutilización del material recuperado.
3. Los equipos utilizados (equipos, envases, utensilios y equipamiento de protección personal) deben someterse a lavados y los residuos de ese proceso deben ser manejados, para evitar otras exposiciones por compuestos contaminantes.

4. Todo derrame de plaguicidas deben ser recolectados de forma inmediata de acuerdo a un procedimiento escrito que al menos contemple: Uso de protección personal, especificación de los utensilios y equipamiento a utilizar, determinar el tipo de plaguicida, identificar los cursos de agua contaminados (paso siguiente avisar a autoridades sanitarias, SAG y bomberos).

(Asociación Chilena de Seguridad, 2005)

Mitigación de consecuencias

Este escenario contempla el caso de que ocurra intoxicación aguda o contaminación accidental del personal, en ese caso el establecimiento/empresa tiene que tener implementadas las siguientes medidas:

1. Duchas de emergencia para ojos y cuerpo completo.
2. Personal preparado para administrar primeros auxilios.
3. Material de primeros auxilios, que al menos cuente con jabón neutro líquido, recipientes o sobre son sal para inducir al vómito si fuera necesario, botella de bicarbonato de sodio y botella con agua potable.

(Asociación Chilena de Seguridad, 2005)



Impacto en la salud

Cuadros clínicos por intoxicación con agroquímicos

Mencionados anteriormente existen 3 vías de absorción, dérmica, inhalatoria y digestiva, una vez absorbidas por el cuerpo, estas son metabolizadas por el hígado a través del Citocromo, en resumidas palabras, estas terminan causando el **síndrome colinérgico**.

Estas muestran 2 tipos de síntomas: **Muscarínicos** y **Nicotínicos**.

Los síntomas **Muscarínicos** pueden presentar: agitación, ansiedad, opresión torácica, miosis, náuseas, sudoración, sialorrea, broncorrea, lagrimeo, incontinencia urinaria, hipotensión y bradicardia.

Los síntomas **Nicotínicos** pueden presentar: debilidad generalizada, fasciculaciones, parálisis muscular, depresión respiratoria, fiebre, crisis convulsivas, coma y arritmias (BAV-FA).

Los efectos de este síndrome no solo presentan espectro de signos y síntomas sino que también tienen un efecto en órganos finales en complementación con los mencionados anteriormente.

Muscarínicos:

Corazón: Disminución de frecuencia cardíaca, contractilidad y velocidad de conducción.

Bronquiolos: Constricción.

Glándulas salivales: Estimula secreción.

Intestinos: Contracción y relajación de esfínteres, estimula las secreciones.

Nicotínicos:

Vejiga: Contracción y relajación de esfínteres.

Unión neuromuscular: Contracción de músculos esqueléticos.

Ganglios autónomos: Estimulación de SNS.

Para estos se desarrollan diagnósticos para el tratamiento en base a los síntomas y efectos del paciente, para determinar cuáles son los derivados del síndrome colinérgico y los antecedentes de exposición (tipos de contacto directo/indirecto), generalmente las personas dedicadas a la actividad agroindustrial son las más afectadas.

“La presentación clínica clásica de la IAP por Organofosforados es la de un paciente con alteración del estado de conciencia, sudoroso, con pupilas puntiformes, olor a insecticida en el aliento o ropa y fasciculaciones evidentes”.

(Sintesis.Med.Uchile.CI – Sintesis.Med.Uchile.CI, Uchile.)

La presentación clínica generalmente es insidiosa, generando calambres musculares en la zona inferior del cuerpo como manifestación inicial, después de un tiempo aparecen entumecimientos distales y parestesias, progresivamente empiezan debilitamientos de las piernas, hasta llegar a presentar los mismo síntomas en la parte superior.

Intoxicación aguda

La intoxicación aguda se le puede denominar como la primera muestra de los cuadros clínicos, estos pueden presentarse en los primeros 10 min hasta 24 horas después del contacto. “En la fase aguda de la intoxicación, la sobre estimulación colinérgica se produce en las sinapsis del sistema nervioso autónomo, placas motoras y en algunas sinapsis interneuronales del Sistema Nervioso Central.”

(Gallarreta Orbegoso et al., 1997)

“Las intoxicaciones agudas por organofosforados son muy frecuentes durante los procesos de fumigación en las zonas Colinesterasa plasmática”

(Gallarreta Orbegoso et al., 1997)

Los primeros síntomas que suele traer la intoxicación aguda suelen ser muscarínicos que con ellos producen miosis, visión borrosa, hipersecreción, entre otras mencionadas anteriormente. Para cuando los pacientes empiezan a presentar signos nicotínicos, fasciculaciones y parálisis músculo esquelético esto indican que ya se encuentra en una segunda etapa, entrando a un cuadro de intoxicación

A esto se le agrega un síndrome intermedio puede presentarse bruscamente en el periodo de 24 – 96 horas de la intoxicación, produciendo los siguientes síntomas:

- Parálisis de músculos respiratorios.
- Parálisis de músculos flexores del cuello.
- Parálisis de músculos dependientes de los pares craneales.

Intoxicación retardada

La intoxicación retardada es inducida por los organofosforados que es iniciada por la fosforilación de una proteína llamada esteras neurotóxica en el sistema nervioso. Este forma parte de la segunda etapa de la intoxicación, causando cambios en el complejo enzimático fosforado que termina produciendo efectos tóxicos. Estos pueden presentarse tras un lapso de 7 a 20 días después de la absorción de los agentes organofosforados, de igual forma dependen del tipo de tóxico, de la dosis absorbida,

exposición por parte del usuario y los antecedentes de intoxicaciones. La recuperación es muy variable, puede tardar meses o años y además este puede resultar en una recuperación no tan efectiva e incompleta.

Daños irreparables y malformación genética en nacimiento

Neuropatía axonal

Dentro de los cuadros clínicos por daños debido a la exposición de organofosforado estos se presentan como daños a usuario por contacto directo, pero estos también pueden tener un efecto a largo plazo ya sea al mismo paciente o en el caso de las embarazadas esto puede producir una malformación genética, la más presente es la **Neuropatía axonal**.

“La neuropatía axonal gigante (GAN, siglas en inglés) es un trastorno neurodegenerativo grave, lentamente progresivo, caracterizado por neuropatía periférica sensoriomotora progresiva, afectación del sistema nervioso central (incluyendo signos piramidales y cerebelosos) y cabello rizado característico, en la mayoría de los casos.”

(Orphanet: Neuropatía Axonal Gigante, n.d.)

En el caso de afectar a un paciente con embarazo, el periodo para demostrar que el niño presenta síntomas de neuropatía es variado, estos pueden aparecer desde la lactancia hasta la etapa de infancia tardía, “características clínicas distintivas incluyen alteración progresiva de la marcha (caídas frecuentes debidas a debilidad muscular, neuropatía sensitiva y ataxia), pies en rotación externa, deambulan agachados, cabello muy

rizado y afectación precoz del sistema nervioso central (SNC), que incluye signos piramidales y cerebelosos que, cuando se presentan de manera conjunta casi permiten emitir un diagnóstico.”

(Orphanet: Neuropatía Axonal Gigante, n.d.)

Por lo general los afectados presentan discapacidad intelectual, epilepsia, nistagmus y disartria que empeora en la segunda década de vida y finalmente teniendo una gran tasa de mortalidad en la tercera década de vida del afectado.

Los diagnósticos clínicos se basan en hallazgos clínicos y por medio de neuroimagen, para así evidenciar anomalías cerebelosas, aunque estas también pueden terminar en otros diagnósticos ya que hay presencia de axones en otras enfermedades, pero la biopsia de nervio no da resultados claros para poder diagnosticarla, en estos casos dependerá de pruebas genéticas moleculares o inmunodetección de gigaxonina para la confirmar el diagnóstico.

En el caso de prenatales se requiere antecedentes familiares para ver si estos presentan mutaciones que lleven a la causante de esta enfermedad.

Neuropatía retardada

Esta neuropatía es bastante peculiar ya que esta ha presentado casos por exposición a organofosforados como causante principal del cuadro clínico.

“La Neurotoxicidad retardada es una complicación que se ha observado tras el contacto con determinados tóxicos; consiste en una polineuropatía sensitivo motora de predominio axonal más que nerviosa, que se manifiesta en forma de parestesias y debilidad distal de las extremidades.”

(Gallarreta Orbegoso et al., 1997)

Esta se caracteriza especialmente por ser una polineuropatía sensitivo — motora de predominio axonal, de carácter agudo y bilateral, esta afecta directamente a los nervios periféricos, además de evolucionar de forma retrógrada y ascendente pudiendo llegar a afectar al sistema nervioso central.

Esta neuropatía se manifiesta después de la fase aguda de la intoxicación, alrededor de la 2da — 4ta semana, pero a la vez esta puede mostrarse en un periodo indeterminado si el paciente está pasando por una intoxicación retardada o crónica.

Con la neuropatía retardada además de verse afectada el SNC (sistema nervioso central), el sistema nervioso periférico se ve altamente comprometido, este inicia síntomas sensitivos en forma de calambres musculares extremidades inferiores del cuerpo, la primera manifestación no se presenta con dolores, pero puede tener una progresión como segunda manifestación y está

ya presenta debilidad muscular, ataxia bilateral y simétrica y, en casos graves parálisis flácidas.

EL cuadro de esta neuropatía es progresiva de forma retrógrada y ascendente, hasta el punto que no solo afectará las extremidades inferiores, si no que se esparcirá a las superiores teniendo los mismos síntomas, puede manifestarse dentro del periodo 3 — 10 días, alcanzando el peak máximo en 2 semanas desde el inicio de los síntomas. El daño causado puede dejar secuelas, resultando en la posibilidad de que el paciente quede tetrapléjico.

Tratamientos poco efectivos

“Ningún tratamiento farmacológico para la neuropatía por intoxicación por organofosforado ha demostrado su efectividad. Únicamente la rehabilitación ha demostrado ser útil.”

(10.5.4. Neuropatía Retardada Por Insecticidas Organofosforados, n.d.)

Según autores dentro de la investigación para el tratamiento de esta neuropatía, el fármaco conocido como corticoide tiene un alto índice de positividad en el tratamiento, pero estos están siendo probados en animales y los resultados no han sido aplicados en humanos. Aunque han apreciado bajas dosis de corticoides como un posible beneficio para algunos casos.

“No se sabe por qué mecanismo actuarían los corticoides, pero se ha propuesto que pudieran incrementar la

velocidad de recuperación de la ENT o que incrementarán en las neuronas la síntesis de sustancias esenciales para el mantenimiento de la integridad axonal. Sin embargo la mayoría de autores no han apreciado efecto beneficioso alguno en el uso de corticoides, e incluso se han descrito efectos negativos si se utilizan dosis más elevadas.”

(10.5.4. Neuropatía Retardada Por Insecticidas Organofosforados, n.d.)

Aunque se han realizado otros ensayos con otros fármacos para el tratamiento de las neuropatías por intoxicación de organofosforado como la dopamina, nifedipino, verapamil y otros contrarios del calcio, no han asegurado resultados positivos del todo claro.

Evolución

La evolución de la Neuropatía retardada es muy variable, depende fundamentalmente de la gravedad inicial del cuadro clínico por la intoxicación, los casos leves en pacientes suelen tener una recuperación total, pero de lo contrario estos quedan con secuelas de por vida, también la progresión y evolución dependerá de la edad, este puede afectar en el pronóstico. “Se ha observado que los niños y los animales jóvenes se recuperan de forma más importante y rápida que los adultos.”

(10.5.4. Neuropatía Retardada Por Insecticidas Organofosforados, n.d.)

También afirman que el metabolismo y el apoyo de farmacocinética de la intoxicación por organofosforados pueden intervenir en la evolución de las neuropatías, en

todo caso, la recuperación es un proceso lento, los signos favorables de la rehabilitación pueden llegar a tardar semanas sino meses en evidenciarse.

Efecto en el ambiente

“Los pesticidas pueden ser transportados por el aire, entrar en el suelo, entrar a los cuerpos de agua, o ser absorbidos por las plantas y los animales. El destino ambiental de los pesticidas depende de las propiedades físicas y químicas de los plaguicidas, así como de las condiciones ambientales. Las propiedades físicas y químicas del pesticida determinan qué tan probable es que se mueva a través del suelo (movilidad en el suelo), que tan bien se disuelve en el agua (solubilidad en agua), y cuán probable es que sea transportado por el aire (volatilidad).”

(¿Qué Pasa Con Los Pesticidas Liberados En El Medio Ambiente?, n.d.-b)

A través de la liberación de estos estos se pueden impregnar en varios medios para ser absorbidos, ya sea por el aire inhalado, agua e incluso los alimentos, incluyendo también otros medios.

Estos a la vez cumplen ciclos de vida media durante su aplicación, se van degradando cada periodo, se aproximan que por cada vida media el 50% de esta se descompone, ahora eso depende de varios factores tanto ambientales como de la naturaleza del pesticida/insecticida.

Una vez liberada en el medio ambiente esta puede ser descompuesta por medio de:

- Exposición a la luz solar
- Exposición al agua
- Exposición a otras sustancias químicas
- Actividad microbiana
- Plantas o animales

Tras ser liberadas en el ambiente y cumplir las vidas medias estas deben pasar por varios ciclos para ir degradando sus compuestos, ya que cierto porcentaje del pesticida se mantiene tras pasar un ciclo:

- Primera vida media: 50% se degrada
- Segunda vida media: 25% se degrada
- Tercera vida media: 12% se degrada
- Cuarta vida media: 6% se degrada
- Quinta vida media: 3% se degrada

Ya después de la 5ta vida media esta debería desaparecer, pero estas son estimaciones y varían según las condiciones en las que esta se encuentre y además de la cantidad de pesticida/insecticida que se haya aplicado originalmente. Incluso en el caso de algunas sustancias de la mezcla dependen de otras sustancias para que estas puedan ser descompuestas, lo que puede ser que estas sean aún más tóxicas que la que se aplicó inicialmente.

Ya en los casos de los insecticidas de organofosforado es ligeramente persistente, la vida media que esta tiene va entre los 60 y 120 días, pero esta es bastante variable ya que puede ir de 2 semanas a 1 año en sus persistencia en el ambiente, dependiendo de la tierra, factores climáticos y otras condiciones.

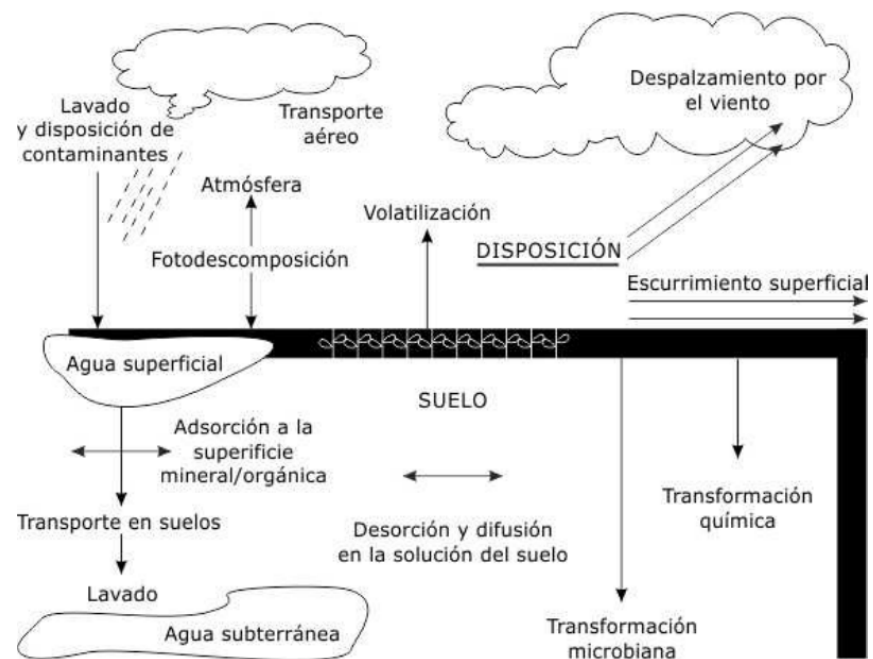
La vida media es un factor para que los plaguicidas puedan degradarse/descomponerse pero a la vez que existen todos estos medios de descomposición, también existen varios medios de desplazamiento al ser liberado en el ambiente.

En el 2014 la Revista Cubana de Higiene y Epidemiología mencionó que:

“ Cuando los plaguicidas ingresan en las cadenas alimentarias se distribuyen a través de ellas, se concentran en cada nicho ecológico y se acumulan sucesivamente hasta que alcanzan una concentración letal para algún organismo constituyente de la cadena, o bien hasta que llegan a niveles superiores de la red trófica.”

(del Puerto Rodríguez et al., 2014)

En la **imagen 6** se muestra un esquema de los medios en los cuales los pesticidas/insecticidas pueden desplazarse y efectos que estos dejan dentro del ambiente (aire, tierra y agua).



(del Puerto Rodríguez et al., 2014)

Los plaguicidas tienen varios medios de esparcimiento y algunos compuestos no son completamente degradados, contaminan sus medios de degradación (en el caso del agua y la tierra) y hay otros que por el hecho de la volatilidad del producto se generan nubes y estas son desplazadas por corrientes de aire, el cual no solo terminan afectando ambientes de la actividad agrícola, sino también a toda su alrededor, tal vez la concentración de los compuestos no son tan densas como en la zona principal, pero estas pueden llegar a generar cuadros de intoxicación retardada o crónica en el caso de exposición continua.

Casos de estudio



Estudio de síntomas, efectos y medidas de prevención de plaguicidas en embarazadas

En el 2015 en la zona rural de la región de Valparaíso se realizó una encuesta a mujeres embarazadas de forma voluntaria sobre su exposición y síntomas que manifestaban al tener contacto con plaguicidas y otros tipos de productos agroquímicos. El fundamento de la investigación se basaba en: "Los trabajadores agrícolas y habitantes rurales están expuestos a productos plaguicidas. Aun cuando las políticas sanitarias se preocupan de normarlos, diversos estudios demuestran exposición en trabajadores y residentes cercanos a las zonas productivas. Entre ellos se encuentran mujeres gestantes, consideradas población particularmente vulnerable frente a plaguicidas." (Silva D et al., 2015)

Según lo que informó la encuesta, en Chile existe la obligación de notificar en caso de intoxicaciones agudas por plaguicidas, pero no se mantiene un monitoreo o registro por casos de intoxicaciones crónicas. La distancia entre zonas de actividades agricultoras y zonas residenciales generan una exposición no solo por el ámbito laboral, si no que también por el residencial, exponiendo a los pobladores a altos riesgos de presentar cuadros clínicos, en especial mujeres gestantes y sus hijos e hijas por nacer.

Para comprobar patrones y corroborar la investigación, mujeres gestantes mayores de 18 años aceptaron participar en el estudio. En la **figura 4** se midieron los contactos directos con agroquímicos, tomando en cuenta lugar, momento y medios para la aplicación de plaguicidas, incluyendo si el aplicador(a) era la misma persona. fuente tabla (Silva D et al., 2015).

**CONTACTO DIRECTO CON PLAGUICIDAS,
SEGÚN LUGAR, MOMENTO Y MEDIOS
DE APLICACIÓN**

Contacto	Porcentaje que ha tenido contacto
<i>Ha tenido contacto:</i>	
Sí	86,8
No	13,2
Total n=76	100
<i>Lugar de contacto*:</i>	
Predio y/o invernadero no empresarial	32
Empresa agrícola/invernadero de empresa	66,1
Sector donde reside	33,8
Otro n= 65	3,3
<i>Momento del contacto*:</i>	
Este año	41,9
El año pasado	33,9
Hace más de dos años n= 62	62,9
<i>Medios de aplicación*:</i>	
Bomba manual o de espalda	50,8
Con tractor	52,5
Fumigación aérea n= 61	24,6

* Las personas podían responder a más de una alternativa

La tabla demuestra que más de la mitad de las mujeres en período de gestación tuvieron contacto con plaguicidas de forma directa, como lugar principal en su área laboral, aunque también en algunos sectores fuera de ésta, como predios/invernaderos no empresariales, los cuales pueden corresponder a cultivos residenciales.

Dentro de la investigación se demostró que la mitad de los encuestados tuvo contacto de forma indirecta, por factores como: convivencia con personal que trabaja en lugares de aplicación de agroquímicos y almacenamiento de productos fitosanitarios en residencias. Éstos pueden considerarse como factores que ya están fuera de su control. Los resultados se pueden apreciar en la **figura 5**.

CONTACTO INDIRECTO CON PLAGUICIDAS

Contacto	Porcentaje de gestantes
<i>Convive con personas que trabajan en un lugar donde se aplican plaguicidas:</i>	
Sí	41,1
No	58,9
n= 73	100
<i>Almacena plaguicidas:</i>	
Sí	21,3
No	78,8
n= 80	100

* Las personas podían responder a más de una alternativa

(Silva D et al., 2015)

Existen otros méritos de la investigación los cuales también verificaban la exposición a agroquímicos, no solo abarcando el área laboral y residencial, sino que también se consideraba:

- **Manejo y condición de almacenaje de plaguicidas.**
- **Uso de implementación de protección personal.**
- **Medidas de prevención post aplicación de plaguicidas.**

Pero la evidencia más destacable era la presentación de cuadros clínicos por parte de las mujeres en la etapa de gestación.

“un estudio reciente sobre exposición no ocupacional a plaguicidas concluye que la comprensión de las vías de exposición en mujeres que viven en zonas agrícolas es crítico para el estudio de efectos sobre la salud y para el diseño de estrategias de reducción de la exposición”.

(Silva D et al., 2015)

El acertar con el factor de exposición es complejo, está escasamente definido para la mayoría de las comunidades a la par con las conductas asociadas al uso de plaguicidas, por lo que los estudios de esta naturaleza son esenciales para la toma de decisiones y la prevención de riesgos. Para ello los síntomas por exposición y los procedimientos que tomaban los pacientes son fundamentales para demarcar patrones de conducta frente al contacto con agroquímicos. En la **figura 6** se señala la sintomatología asociada a contacto con productos fitosanitarios y las acciones tomadas para contrarrestar los síntomas.

SINTOMATOLOGÍA DE SALUD ASOCIADA A CONTACTO CON PLAGUICIDAS, ACCIÓN TOMADA Y NOCIONES DE PRIMEROS AUXILIOS

<i>Sintomatología inespecífica asociada al contacto con plaguicidas*</i>	<i>Porcentaje que lo mencionó</i>
Náuseas	15,3
Mareos	6,8
Vómitos	5,1
Visión borrosa	3,4
Cefalea	30,5
Lesión, picazón a la piel	11,9
Sudoración	3,4
Calambres piernas, pies	3,4
Convulsiones	1,7
Salivación excesiva	3,4
Cambios estado de ánimo	6,8
Debilidad en piernas, pies	1,7
Insomnio	3,4
Dolor de estómago	10,2
Dificultad para respirar	1,7
Dolores musculares	3,4
n= 59	
<i>Acción tomada al sentir las molestias*:</i>	<i>Porcentaje que lo mencionó</i>
Descansar un rato	51,9
Tomar leche	7,4
Tomar agua o bebida	55,6
Asistir a consultorio o buscar atención médica	18,5
n= 27	
<i>Tiene nociones de primeros auxilios frente a intoxicación con plaguicidas:</i>	<i>Porcentaje que lo mencionó</i>
Sí	20
No	80
n= 70	100

* Las personas podían responder a más de una alternativa

Dados los resultados, la sintomatología con mayor frecuencia era “cefalea”, que se traduce en dolores en diferentes partes de las regiones craneales, que confirma cuadros clínicos sobre intoxicación aguda por plaguicidas. Otro punto a destacar dentro del estudio son las acciones tomadas por parte de los usuarios, en donde se pudo ver que la mayoría prefería descansar o beber líquidos antes de asistir a un consultorio médico, ya que se podían confundir con síntomas de un resfriado común o una fatiga. Además de esto, se menciona que un gran porcentaje no tenía nociones de como asistir o tratarse frente a una intoxicación por plaguicida. Esta encuesta muestra que hay poco conocimiento y conciencia frente a la gravedad del asunto por parte de los usuarios.

Pero esta mala práctica no solo se presenta en Chile, “observación que se asemeja a lo informado en estudios recientes sobre prácticas de uso de plaguicidas de trabajadores (hombres y mujeres) de otros países, como por ejemplo Australia, México o Indonesia, destacando también la falta de uso de elementos o equipos de protección personal en gestantes italianas.”

(Silva D et al., 2015)

En conjunto con investigaciones mostradas anteriormente, el estudio finalizó con los resultados perinatales de las mujeres entrevistadas, tomando factores como: tipo de parto y edad gestacional, entre otros, para determinar patrones y efectos por exposición a agroquímicos y desarrollo gestacional del feto. En la **figura 7** se pueden apreciar las respuestas y resultados de la etapa final de gestación y como se concluyó el proceso con la alteración por el contacto con estos químicos.

RESULTADO PERINATAL

	Porcentaje de gestantes
<i>Tipo de parto</i>	
Vaginal	51,9
Cesárea	48,1
n= 54	100
<i>Edad gestacional</i>	
Término	94,1
Pretérmino	5,9
n= 51	100
<i>Muerte intrauterina</i>	
Sí	1,9
No	98,1
n= 53	100
<i>Rango de peso</i>	
Normal	88,5
Bajo peso	0
Macrosómico	11,5
n= 52	100
<i>Rango de talla</i>	
Pequeño	7,8
Normal	90,2
Grande	2
n= 51	100
<i>Estado de cordón</i>	
Normal	95
Alterado	5
n= 20	100
<i>Estado de salud general del recién nacido</i>	
Sano	88,9
Enfermo	11,1
n= 54	100

(Silva D et al., 2015)

Debido a la cantidad de encuestadas, los resultados no son tan exorbitantes y llamativos como para considerarlos una problemática de gran escala, pero en los afectados, 1 **(1,9%)** de 53 mujeres sufrieron de una muerte intrauterina, y entre los recién nacidos ó **(11%)** de 54, se diagnosticaron con enfermedades al nacer. Los resultados no son a gran magnitud debido a que esta se realizó de forma voluntaria dentro de una comunidad, pero logran mostrar una problemática que afecta directa e indirectamente a los pobladores de sectores rurales y su entorno.

Casos de intoxicación por plaguicidas en escuelas/colegios del sector rural

Intoxicación en colegio rural en Paine

En el año 2018 la Universidad de Chile publicó una noticia sobre una investigación que se realizó en una escuela de Paine, debido a que en alrededores del recinto se estaban aplicando productos fitosanitarios clasificados como altamente peligrosos. Debido a tal suceso, la Escuela Municipal Senderos de Culitrín se vio obligada a suspender sus clases por posibles intoxicaciones registradas. Según informan, esto ocurrió luego de que en un predio aledaño realizara fumigaciones sin tomar medidas preventivas para evitar contacto directo.

Después de 2 días de la suspensión de clases, la escuela reactivó sus clases. El motivo de la suspensión se debió a la posible intoxicación por plaguicida que sufrieron docentes y posteriormente se corroboró que efectivamente personal del colegio presentaban cuadros clínicos por intoxicaciones por agroquímicos. “A nosotros nos llegó una denuncia anónima donde nos comentaron que había profesores que se empezaron a sentir mal y tuvieron que ir a la Mutual, y después de la Mutual de Seguridad de acá de Paine los trasladaron a Santiago, los tuvieron en observación y según lo que nos informaron cuatro profesores habrían recibido un diagnóstico de intoxicación severa.”

(Investigan Intoxicación En Escuela de Paine Por Uso de Plaguicida Peligroso « Diario y Radio Universidad Chile, n.d.)

Según informa la Municipalidad de Paine: “Hasta el 2012 contábamos con un informe del Departamento de Salud que daba cuenta del número de intoxicaciones por agrotóxicos en Paine, entonces realmente la información sobre qué tipo de plaguicidas usan, qué marca, qué código, qué color de etiqueta, que es el que dice la toxicidad, es una información a la que no es fácil acceder. Este informe data de 2012 porque es súper difícil acceder y tener información actual”.

(Investigan Intoxicación En Escuela de Paine Por Uso de Plaguicida Peligroso « Diario y Radio Universidad Chile, n.d.)

Lucía Sepúlveda, una representante de la red de Acción en Plaguicidas Chile, afirma que existe un problema con la fiscalización de los químicos utilizados. Y que el SAG (Servicio Agrícola Ganadero) no cuenta con un gran staff de fiscalizadores en relación a la cantidad de predios que deben ser monitoreados. Otro problema mencionado por Sepúlveda dentro de este contexto, es el enfoque primordial de la fiscalización de los predios, ya que, según expone, hay una preferencia en fiscalizar condiciones de exportaciones por sobre la regulación de

agroquímicos, y afirma que puede resultar en daños a mayor escala si no se regulariza.

Sepúlveda señala que esta problemática es más común de lo que parece y que pasan desapercibidas, en relación al caso anterior, ya que los afectados no acuden a servicios médicos para tratarse, por lo que no se generan registros.

Voceros del comité de Paine confirman que este tipo de situación es bastante frecuente en la comuna, que existe poca transparencia en torno a los tipos de plaguicidas y periodos, complicando las medidas preventivas por parte de la comunidad.

Según informaban, el plaguicida utilizado en el predio era un insecticida (Zero5), un químico autorizado para su uso a nivel nacional, perteneciente a la categoría **II** según determinación de la **OMS** como moderadamente peligroso. A pesar de ser solo nocivo, este compuesto químico está limitado a su aplicación si es que las condiciones climáticas están aptas (poca humedad y bajo flujo de viento).

“Lucia Sepúlveda explicó que ocultar el tipo de plaguicida utilizado es bastante común para no informar el real daño que puede ocasionar el químico utilizado.”

(Investigan Intoxicación En Escuela de Paine Por Uso de Plaguicida Peligroso « Diario y Radio Universidad Chile, n.d.)



(MINSAL, 2014)

Plaguicidas y discapacidad intelectual en estudiantes de escuelas municipales

En el 2010 se dio a conocer un estudio realizado por **María T. Muñoz**, psicóloga especializada en salud pública de la Universidad de Chile, el cual asimilaba el riesgo de aplicación de plaguicidas y la discapacidad intelectual en estudiantes de escuelas. Este se llevó a cabo en escuelas municipales de Talca.

En este estudio se demostró que los agroquímicos tienen una gran influencia en el rendimiento escolar, en especial en establecimientos educacionales que están expuestas directamente a ellos, ya que los niños se ven completamente afectados, al estar en constante exposición por:

- **Contaminación de alimentos.**
- **Contaminación de medio ambiente.**
- **Contaminación de fuentes de agua.**
- **Contaminación residencial.**

El simple hecho de vivir cerca de un campo o tener familiares que trabajan en un predio agrícola, exponen a los niños a tener contacto por varios medios de propagación. La psicóloga María T. Muñoz afirma lo siguiente sobre los efectos de los plaguicidas en el aprendizaje de los niños:

“existen investigaciones que han constatado que los niños que viven cerca de predios agrícolas presentan

deficiencias funcionales en la coordinación fina y menor retención en la memoria. También se han observado efectos a largo plazo en niños a nivel neuroconductual por la exposición a órgano-fosforados y órgano-clorados, como dificultades en tareas de memoria de corto plazo, déficit de atención, agudeza visual empobrecida, problemas en la secuenciación, flexibilidad mental, formación de conceptos, problemas conductuales y dificultades motrices”

(Muñoz Quezada, 2010).

Como se menciona anteriormente, los compuestos de órgano-fosforados y órgano-clorados son productos fitosanitarios de alta presencia y de gran impacto en la salud, lo cual entra en convergencia con todo lo que se demuestra en la investigación. Al mismo tiempo se evidencia la prevalencia de niños con autismo en aquellas madres que vivían a menos de 500 metros de predios agrícolas.

En los casos chilenos por intoxicación aguda por plaguicidas, desde 1997 hasta 2005 se mostró un aumento de 6.223 casos. En promedio eran 675 casos anuales. Estos se puede asociar con los siguientes índices por efectos de los plaguicidas en las comunidades.

- **Abortos espontáneos.**
- **Nacimientos de niños con malformaciones congénitas.**
- **Disminución en los niveles de colinesterasa (en escolares que asistían a escuelas en el sectores agrícolas).**

Se demostraba que una de las regiones con mayor porcentaje de población rural dedicada a la agricultura y ganadería es la región del Maule, donde su población habitando en zonas rurales corresponde al 33.6 %. Ésta es la región con mayor porcentaje de discapacidad en todo el país con 17,8%, además de que en ese periodo (2005 – 2010) hubo un aumento en la venta de plaguicidas para el control de plagas, el cual deriva en la aumento de casos por intoxicaciones agudas.

La investigación de **Maria T. Muñoz** concluyó en un estudio ecológico exploratorio y comparativo, las variables de respuesta correspondían a la proporción de alumnos con discapacidad intelectual según las matrículas de cada escuela que se le fue otorgada como información de fuente secundaria. Los datos entregados solo corresponden a estudiantes de escuelas primarias. Para el 2008, Talca tenía 185 establecimientos escolares básicos municipalizados en la provincia, con una matrícula de 31.677 estudiantes, del cual 98 de esos establecimientos presentaban programas de integración escolar, con una total de 27.435 estudiantes pertenecientes a ese programa, de los cuales 783 presentaban discapacidad intelectual.

La **figura 8** muestra la cantidad de estudiantes con discapacidad intelectual en base a la cercanía a predios agrícolas con aplicación de plaguicidas.

Exposición	Estudiantes con discapacidad intelectual		Total
	Sí	No	
Cercano a predio	290	3.050	3.340
No cercano a predio	493	23.602	24.095
Total	783	26.652	27.435

(Muñoz Quezada, 2010)

Los escolares con discapacidad intelectual de las escuelas cercanas a los predios correspondían a un 8,68% y, en cambio, en los escolares de establecimientos alejados de los predios, “se observa una prevalencia de 2,04%. La razón de prevalencia indica que existiría 4,24 veces más probabilidad de encontrar escolares con discapacidad intelectual en escuelas cercanas a predios agrícolas.” **(Muñoz Quezada, 2010).**

Para concluir con la investigación entregada por la psicóloga Maria T. Muñoz, los resultados obtenidos pueden evidenciar que los plaguicidas son un factor mayoritario en el desarrollo de discapacidad intelectual, y están más presentes en los estudiantes de establecimientos educacionales cercanos a predios donde se aplican estos productos.

“Los resultados muestran que existe mayor proporción de estudiantes con discapacidad intelectual en aquellas escuelas municipales cercanas a predios agrícolas, de

niveles socioeconómicos bajos y pertenecientes a sectores rurales. Esto coincidiría con las referencias consultadas en que son las poblaciones de niveles socioeconómicos bajos, de comunidades rurales y con ocupación principalmente agrícola, las más expuestas a plaguicidas y asociadas a dificultades del desarrollo o del aprendizaje." **(Muñoz Quezada, 2010)**



La tercera revolución verde

Smart Farming

El Smart farming es la aplicación de tecnologías TIC (información y comunicación) dentro de la agricultura, considerándose como la **Tercera revolución verde**.

“La agricultura inteligente presenta un potencial real para un incremento en la sostenibilidad y productividad agrícola, basada en un uso más eficiente y preciso en el uso de Recursos. No obstante, si bien en Estados Unidos entre el 20 y 80% de la comunidad agrícola utiliza este tipo de soluciones, en Europa se estima que únicamente entre un 0 y un 24% las utilizan.”

(¿Qué Es La Agricultura Inteligente? – Opia.CL: Observatorio Para La Innovación Agraria, Agroalimentaria y Forestal, n.d.)

El Smart farming se enfoca en 3 puntos claves:

Sistemas de gestión de información: Sistemas con la función de recopilar, procesar, almacenar y analizar todo tipo de datos para gestionar operaciones y funciones agrícola.

Agricultura de precisión: Mejorar rendimientos y procesos para generar menor impacto medioambiental, optimizar funciones para la preservación recursos, que es facilitada por sistemas como: geo-posicionamiento, observación terrestre y obtención de imágenes vía drones.

Automatización agrícola y robótica: Aplicación de tecnologías robóticas para optimizar procesos y realizar tareas.

El término “revolución verde” se aplicó en 1968 por William Gaud (ex director de la USAID) destacando la difusión el uso de tecnologías para la agricultura. La primera revolución verde tuvo como objetivo el aplicar tecnologías (maquinaria) su primera implementación fue en 1904 con el primera tractor a cadena.

Ya en su segunda etapa se tomó como foco la selección genética y la accesibilidad de estos bienes a todo público, creando pares genéticos a diferentes tipos de trigo, maíz y arroz capaces de aguantar temperaturas extremas y plagas, además de estar planificadas para producción masiva.

En la fase actual que se considera la tercera revolución verde la cual abarca la implementación de smart thing, IoT (el internet de la cosas) y la robótica como elemento impulsores para la actividad agricultora.

“Esta nueva filosofía centrada en los datos agrícolas se ha expresado con varios nombres: Agricultura 4.0, Agricultura digital o Agricultura inteligente, y nació cuando la telemática y la gestión de datos se

combinaron con el concepto ya conocido de Agricultura de Precisión, mejorando la precisión de operaciones.”

(Saiz-Rubio & Rovira-Más, 2020)

Ahora más que nunca la implementación de tecnología en la actividad agrícola ha sido muy necesitada, facilitar tareas y poder tener la mayor precisión al momento de ejecutarla.



Soluciones basadas en la aplicación de IoT

Aplicación de IoT para el control de plagas y detección de agroquímicos

Los IoT o internet de las cosas, se describe como red de objetos físicos (el cual se puede entender como cosas), que incorporan sensores, software y otros componentes tecnológicos con el objetivo de conectar, levantar e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través del internet. Estos dispositivos IoT pueden van desde objetos domésticos comunes hasta herramientas industriales sofisticadas.

La relevancia de estos tipos de dispositivos es que genera una perfecta conectividad entre persona, proceso y cosas, mediante la nube, big data, analítica y tecnología móviles todo tipo de objeto físico pueden recopilar datos con un mínima intervención por parte del usuario. En un contexto donde la gran mayoría de los procesos dependen de autonomía y eficacia, estos dispositivos lograron conectar el mundo físico y digital para su cooperación colectiva.

Con la constante implementación de tecnología en la actividad agropecuaria y que la tercera revolución verde ya está siendo un proceso actual, generando de la misma forma las granjas inteligentes (Smart farming), no es novedad que ciertas problemáticas se le estén aplicando dispositivos inteligentes para poder marcar trazabilidad y generar data, con el fin de poder tomar medidas adecuadas y eficiente para solucionar problemáticas que

debían ser afrontadas de forma convencional y experimental.

Aunque existen muchos factores para el problema de los pesticidas y su aplicación, se han mostrado soluciones para poder contrarrestar algunas de ellas, para esto entra la IoT (Internet of things) como propuesta de solución, con el fin de monitorear las plagas y permitir registrar la trazabilidad de la aplicación de estos productos en las superficies. Propuestas basadas en el uso de Arduinos, GPS, Sensores térmicos de alta potencia y otros componentes.

Solución basada en la implementación de IOT para el control de plagas

“Los insectos y los roedores siempre han sido una molestia para los agricultores. Se alimentan de sus esfuerzos e infestan los cultivos para propagar diversas enfermedades. Por lo tanto, controlar y mantener su población es importante para que un agricultor garantice la salud de los cultivos.”

(A Complete Guide for IoT Based Pest Detection with Its Benefits, Biz4Intellia.)

Una de las implementaciones de IoT para poder abordar esta problemática, es en control de las plagas, la data generada en este proceso permite tener una mejor visión para la toma de decisiones. La industria de fin a fin en implementación en IoT Biz4Intellia, ha entregado al público la solución para poder tener trazabilidad de los diferentes organismos que puedan amenazar a los cultivos.

“El propietario de una granja ahora puede usar diferentes sensores para monitorear el crecimiento de plagas y tomar más contramedidas para manejarlas.

A continuación se muestra una lista de diferentes sensores que se utilizan para identificar y rastrear el crecimiento de insectos.”

(A Complete Guide for IoT Based Pest Detection with Its Benefits, Biz4Intellia)

Biz4Intellia dicta los siguientes componentes tecnológicos para el control de las plagas:

1. Cámaras y sensores de baja potencia: Con el fin de un producto de bajo consumo y de alta retribución en inversión, estos dispositivos de captura de imagen por sensores para la detección de plagas son bien reconocidas. El objetivo es poder identificar el tipo y concentración presente del organismo en los cultivos para consiguiente tomar medidas de neutralización.
2. Sensores térmicos de alta potencia: Varios agentes patógenos son milimétricos en su escala, a diferencia de otros insectos que pueden ser detectados a simple vista. La termografía permite detectar a estos organismos, ya que este método utiliza sensores térmicos e infrarrojos para medir la cantidad de luz reflejada en la superficie de las plantas, el espectro de luz cambiara indicando que está siendo atacada por plagas.
3. Detectores fluorescentes por imagen: La presencia de organismos dañinos pueden demostrarse por medio del cambio de parámetros en la fluorescencia y por la cantidad de clorofila en la planta. Este proceso es por medio de comparación de imágenes con una que tiene hojas saludables, para determinar las variables mencionadas anteriormente para indicar la presencia de

agentes patógenos.

4. Sensores acústicos: Detección de insectos y roedores por medio del sonido es un método efectivo para asegurar la calidad de la planta. Los sensores acústicos inalámbricos permiten el monitoreo a largas distancias y distinción de la magnitud por medio de frecuencia del sonido emitido, aunque su precisión depende del ambiente en el que se someta y sus variables climáticas (lluvia, viento, etc.)

5. Sensores de gas: Las plantas al estresarse producen un compuesto químico volátil, estas se pueden diferenciar ya que el estrés por cambios en el ambiente produce un compuesto distinto al del estrés por infección o ataque de un organismo.

La aplicación de los siguientes componentes tecnológicos son con el fin de asistir en las tareas de cultivo y calidad de las plantas, estos permiten al usuario monitorear y tomar registro, del estado de las plantas y verificar tipo de plagas y locaciones.

Beneficios

La implementación de un IoT ofrece varias ventajas en el sistema de control de plagas tales como:

· **Monitoreo de plagas y estado del cultivo**

Esta ventaja es la principal ya que el punto anterior refuerza esta idea, los componentes electrónicos van centrados a la detección de plagas, pero detrás de ese proceso el levantamiento de datos que estos dispositivos generan

son esenciales, ya que con datos pueden realizar toma de decisiones acordes al escenario al cual se afronten (tipo de plaga/insecto acorde a la plaga).

· **Monitoreo del clima y analítica**

El monitoreo de las condiciones climáticas y patrones de reproducción son una gran asistencia para identificar la amenaza de la plaga y su concentración poblacional. La data levantada permite poder hacer analítica predictiva, con el objetivo de visualizar patrones y tendencias de las plagas por periodo estacionario y predecir posibles oleadas de estas.

Un ejemplo es la tendencia de los roedores, antes de entrar en hibernación, esto intentan acumular la mayor cantidad de grasa para sobrevivir el invierno, por lo cual los cultivos son su mayor recurso para alimentarse.

· **Monitoreo automatizado de la salud del cultivo**

La implementación de un sistema de manejo integrado de plagas (IPM) favorece grandemente a los aspectos ecológicos, sociales y económicos afectados por las consecuencias de las plagas/plagas e insectos. Este sistema también administra el uso de pesticidas para la dosificación adecuada, para prevenir posibles daños al cultivo y peligros relacionados a el uso de productos fitosanitarios.

Solución basada en la implementación de IOT para el monitoreo de pesticidas en frutas

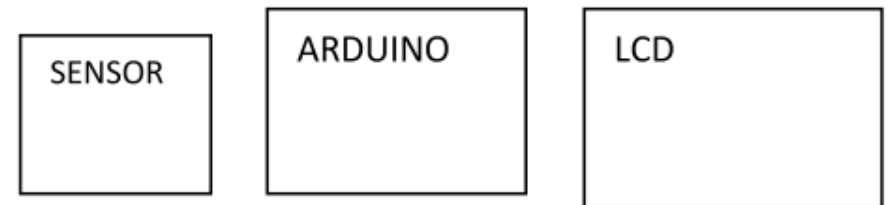
Uno de los mecanismos de trazabilidad por IOT, se presenta como open source al público para la detección de pesticidas/insecticidas en frutas y vegetales para consumo en el mercado, destacando el tipo y porcentaje. Este esquema de dispositivo se contextualiza bajo la siguiente afirmación de los investigadores y desarrolladores.

“El incremento en la población de la India, da como resultado una mayor demanda de alimentos, así como una disminución de la tierra para la agricultura. Por lo tanto, para satisfacer el aumento de la demanda, los alimentos se adulteran para obtener más cantidad en un período corto de tiempo. Además, los agricultores utilizan plaguicidas en los cultivos por encima del límite máximo legal de residuos para obtener más beneficios en menos tiempo.”

(Nikitha et al., 2019)

El objetivo es reducir los cuadros clínicos que causan al consumir los productos con restos de pesticidas adheridos a la fruta y vegetales que se le entrega en el mercado.

La arquitectura del sistema se divide en 3 partes, en el **imagen 7** representa su división:



(Nikitha et al., 2019)

- **El sensor** cumple la función de detectar el tipo de pesticida y porcentaje presente en la fruta y vegetal en el mercado.
- **Arduino** microcontrolador que está conectado a un computador, el cual con su programa entrega una pantalla de interacción.
- **Pantalla LCD** para entregar feedback del porcentaje del pesticida/insecticida y el tipo de residuo presente en la superficie.

El esquema de los componentes también dependen de hardwares y softwares para su funcionamiento.

- **El sensor** cumple la función de detectar el tipo de pesticida y porcentaje presente en la fruta y vegetal en el mercado.
- **Arduino** microcontrolador que está conectado a un computador, el cual con su programa entrega una pantalla de interacción.
- **Pantalla LCD** para entregar feedback del porcentaje del pesticida/insecticida y el tipo de residuo presente en la superficie.

El esquema de los componentes también dependen de hardwares y softwares para su funcionamiento.

Componentes de hardware

- Sensor — Kit de arduino — Pantalla LCD — Tablero de circuitos.

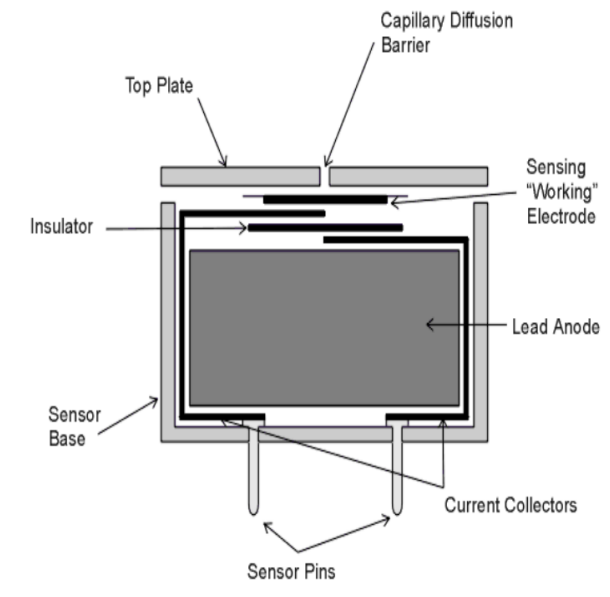
Componentes de software

- Software de arduino.

El sensor utilizado se basa en un sensor electroquímico de oxígeno. Su funcionamiento consiste en el ingreso de oxígeno al sensor a través de un capilar donde entra en contacto con el cátodo, y se reduce inmediatamente a iones de hidroxilo.



En el **imagen 8** se muestra la estructura y componentes del sensor.



(Nikitha et al., 2019)

Después estos iones de hidroxilo migran por a través del ánodo de plomo, reaccionando con él y dando como resultado el óxido de plomo.



A medida que estos 2 procesos se realizan, se generan corrientes por el instrumento, que termina siendo medido por el sensor, Esta corriente es proporcional a la concentración del oxígeno que entro en el sensor, este conduce una determinación precisa por gas con el fin de generar un análisis.

Como la reacción electroquímica entrega el resultado del ánodo de plomo, las propiedades electroquímicas de la celda cambian, por el cual dependen de calibraciones

periódicas. Por el hecho de que el ánodo de plomo se oxida al entrar en contacto con las corrientes de oxígeno que se inducen en el sensor, estos tienen una vida limitada, al ya oxidarse estas ya no producen resultados, y estas deben ser reemplazadas.

El promedio de vida útil de estos sensores está en los 3 – 5 años, pero también el factor de las corrientes de oxígeno y el nivel al que se expone el sensor determina cuando tiempo este podrá operar, otro factor que afecta la medición es si la corriente de oxígeno contiene otros componentes como dióxido de carbono (CO₂) y cloro diatómico (Cl₂).



Marco metodológico

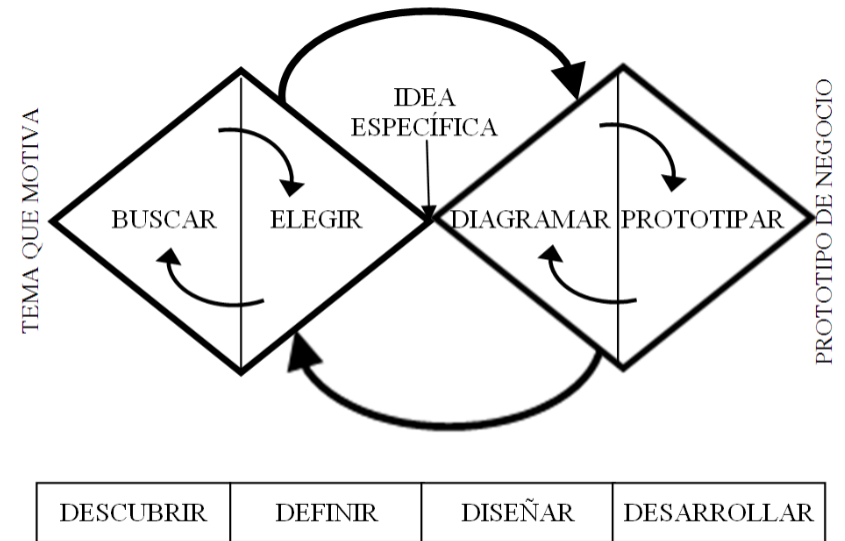
Metodología

La metodología de diseño que fue implementada para el desarrollo de este trabajo se basa en el Doble Diamante, esta metodología fue desarrollada por el British Design Council en 2005, como ayuda para los diseñadores en la tarea de crear soluciones.

El objetivo de esta metodología (según el **British Design Council**) Abordar problemas sociales, económicos y medio ambientales multifactoriales, esta metodología consta de 2 fases "la primera siendo el proceso de descubrir y definir el problema y la segunda en desarrollar y entregar una solución."

(Resuelve Retos de Manera Creativa a Través Del Doble Diamante, 2019)

Dentro de estas 2 fases se pueden identificar como: Creativo y Prototipado, el cual se pueden conformar de 4 partes, por el lado creativo se compone por "Descubrir" y "Definir" y por el lado del prototipado se conforma por "Diseñar" y "Desarrollar". En la **imagen 9** se muestra el concepto funcional de la metodología.



(Castillo, 2019)

1. Descubrir: Investigación previa el cual permite tener descubrir insights y aspectos claves del contexto en el cual se trabaja, con el objetivo de definir las soluciones para resolver el problema.
2. Definir: Proceso de búsqueda con el fin de filtrar y seleccionar resultados, este funciona como una fase de ideación y creación de nuevos conceptos.
3. Diseñar: Convertir idea y conceptos en un objetivo alcanzable, y de esto se lleva a la construcción visual del dispositivo, producto, etc.

4. Desarrollar: Llevar el producto a nivel prototipo, ver cómo responde el diseño a una escala mínima, con el objetivo de realizar validaciones y obtener feedbacks para lograr el acabado enfocado en el usuario.

Cabe recalcar que esto busca generar un pensamiento divergente y convergente dentro del proceso de para guiar el flujo de trabajo.

“Pensar de manera divergente es el ejercicio mental de desglosar una temática en todos sus componentes de manera des-estructurada, rápida, flexible y sin límites.”

“Por su parte el pensamiento convergente es aquel que busca, consolidar, condensar o estrechar la discusión para acotar las ideas y aspectos que determinan la temática en debate.”

(Resuelve Retos de Manera Creativa a Través Del Doble Diamante, 2019)

Problema - Oportunidad

Con lo definido anteriormente, esta etapa busca encontrar y conocer profundamente el problema — oportunidad la cual será el enfoque del trabajo. Para ello las herramientas metodológicas implementadas en esta fase del proyecto debe permitir ser lo más inmersivos con el tema y los dolores del usuario al cual responde.

Conceptos y tendencias

En primera instancia se seleccionó la agricultura como tópico principal para el desarrollo del tema, adhiriendo los conceptos de la revolución y agricultura 4.0 como componentes esenciales para la innovación y dirección del proyecto. En el proceso de investigación se determinaron 4 conceptos claves (**imagen 10**) para el desarrollo y propuesta del proyecto, enfocado específicamente en la comunidad rural que está activa en la actividad agropecuaria.



(Elaboración propia)

•**Trabajos agrícolas:** Las múltiples tareas en el sector agrícola, dan con el fin de producir y proveer alimentos y commodities a nivel nacional e internacional, los cuales han ido evolucionando con la implementación de tecnología para su gestión de forma óptima y eficiente, pero a la vez aún siguen existiendo problemas que deben ser abordados, no en el ámbito industrial y de producción, si no para la seguridad del trabajador y la comunidad residencial.

•**Comunidad:** Beneficio y cuidado de la comunidad, ya que son el elemento esencial para el trabajo y producción agrícola, utilizar medios tecnológicos para facilitar tarea, beneficiar la calidad de vida y mantener a la comunidad activa.

•**Big data:** La implementación tecnológica no solo ha traído consigo la optimización de tareas, sino también el registro de datos a nivel masivo, con el fin de tratarlos para el beneficio de la actividad y toma de decisiones, optimizando la tarea designada con data.

•**IOT:** El internet de las cosas permite interconexión digital entre objetos cotidianos con acceso a internet y personas, ofreciendo una gran cantidad de oportunidades, dando paso al acceso de datos, servicios (seguridad, transporte, etc.), facilitando tareas y generando un cambio radical en la calidad de vida de las personas.

Desk research

Dentro de esta fase de investigación se usó respaldo Bibliográfico para establecer cimientos de la investigación, el cual permita tener evidencia, casos y testimonios que visualice los problemas y oportunidades en el cual se trabajaran a lo largo del proyecto.

Los resultados y tendencias de la búsqueda bibliográfica determinaron los siguientes hallazgos (**imagen 11**), ya mencionados y establecidos en el marco teórico anteriormente, estos fueron los enfoques que darán paso al desarrollo la solución en base a los siguiente:

.1 | Plaguicidas

Los plaguicidas son productos agroquímicos que se utilizan para el control de plagas que puedan afectar el cultivo, pero a la vez estos son muy nocivos para la salud de todo ser vivo.

.2 | Intoxicaciones

La intoxicación por plaguicidas tiene un gran factor de riesgo, las secuelas pueden ser permanentes y le está afectando a más gente de lo que parece.

.3 | Transparencia

Indicar y revelar información al público con el objetivo de cambiar conductas.

.4 | Informar

Mantener informado al público para generar conciencia y tener a la comunidad activa con el estado agrícola y el estado residencial.

.5 | Visualización

Entregar la información filtrada visualizada en un formato y lenguaje legible para la comprensión del usuario.

.6 | Tecnología

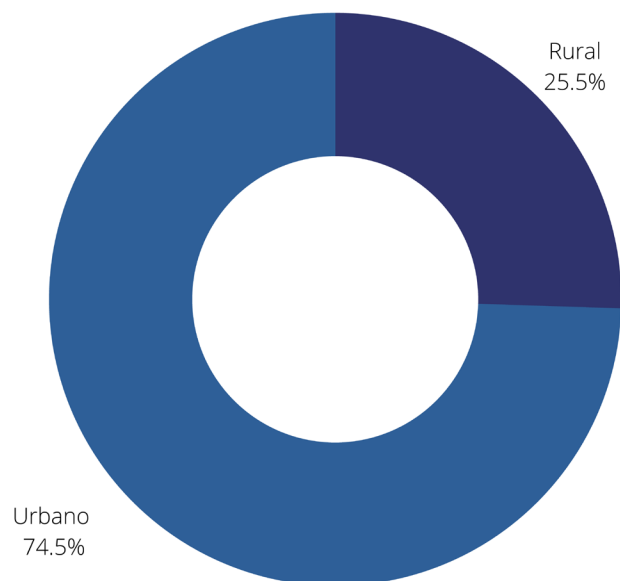
Estados del arte evidencian el estado de innovación en el cual se encuentra la agricultura 4.0 y como esta puede beneficiar mejorar la calidad de vida.

(Elaboración propia)

Estudio demográfico

El fin del estudio demográfico es determinar la escala poblacional de los sectores estudiados y a los cuales se les pretende generar una solución, a la vez si es relevante con la propuesta del trabajo. Para ello se utilizó censos y resúmenes de los panoramas de las actividades agrícolas de años pasados para obtener data, entender el contexto del problema, determinar el alcance de la solución y proyección futura del proyecto.

Las estadísticas demográficas estudiadas son extraídas del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico. En primera instancia se estudió los Aspecto demográficos (**figura 9**).



[Datos extraídos del censo silvoagropecuarios realizados por la INE y la OCDE 2019]

(Elaboración propia)

[Datos extraídos del censo silvoagropecuarios realizados por la INE y la OCDE 2019]

Se evidencio que una gran fracción de la población nacional vive en el área rural del país (25,5%), siendo el equivalente a 4.478.092 personas, que están viviendo en el "82,7% del territorio nacional". **(ODEPA, 2019)**

Con la cantidad de personas viviendo en la zona rural del país también se distribuyen en campos/predios/viñas a lo largo del territorio, se investigaron las regiones con mayor contraste poblacional de zonas urbanas y rurales **(figura 10)**, esta información se utilizó con el fin de confirmar casos de estudio, con la concentración de área

rural destinada. Dando como resultado, a la región de la Araucanía con la mayor población regional en la zona rural, siguiéndole la región del Maule y de Valparaíso.

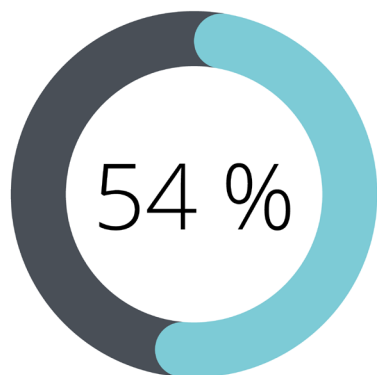
Regiones Regions	INE 2017		OCDE 2017	
	Rural Rural	Urbana Urban	Rural Rural	Urbana Urban
Arica y Parinacota	18.764	207.304	4.704	221.364
Tarapacá	20.495	310.063	30.715	299.843
Antofagasta	35.845	571.689	79.930	527.604
Atacama	25.755	260.413	132.231	153.937
Coquimbo	142.426	615.160	197.530	560.056
Valparaíso	163.431	1.652.471	530.770	1.285.132
Metropolitana	263.174	6.849.634	296.654	6.816.154
O'Higgins	234.126	680.429	487.478	427.077
Maule	280.047	764.903	581.855	463.095
Ñuble	147.066	333.543	295.870	184.739
Biobío	177.476	1.379.329	498.424	1.058.381
La Araucanía	278.552	678.672	621.547	335.677
Los Ríos	108.909	275.928	218.757	166.080
Los Lagos	218.779	609.929	421.346	407.362
Aysén	21.044	82.114	45.340	57.818
Magallanes	13.489	153.044	34.941	131.592
Total país	2.149.377	15.424.626	4.478.092	13.095.911
% del total país	12,2%	87,8%	25,5%	74,5%

(ODEPA, 2019)

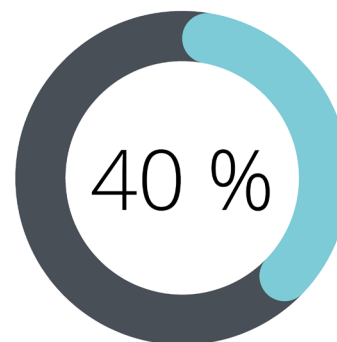
Verificando los casos de estudios anteriormente, los casos ocurridos en la Región del Maule y Valparaíso toman más relevancia ya que se confirman que gran porcentaje de la población rural pertenece a esas

regiones. Para dar aún más peso a los estudios de casos, el censo del 2007 por La Agricultura Familiar Campesina (AFC) dio a conocer “desde un punto de vista territorial, casi el 70% se concentra entre las regiones de Libertador O’Higgins y Los Lagos, teniendo un mayor peso relativo en las regiones de Biobío y La Araucanía.” **(ODEPA, 2019)**

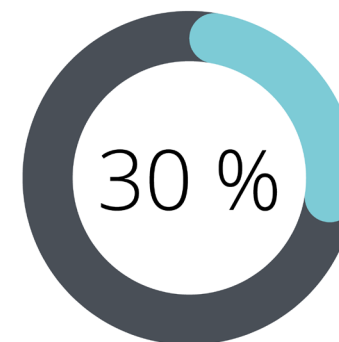
La AFC es un segmento con una gran importancia en el medio rural, tanto para abastecimiento al mercado como la auto sustentabilidad a nivel local, particularmente en productos hortícolas para el consumo doméstico. El AFC tiene gran peso y control sobre la producción de diferentes productos **(figura 11)** en comparación de la producción industrial **(figura 12)**. “La AFC equivale cerca del 90% del total de unidades productivas agrícolas del país.” **(ODEPA, 2019)**



Producción de hortalizas por AFC



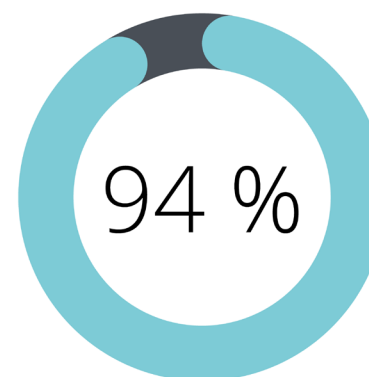
Producción anual cultivos y floral AFC



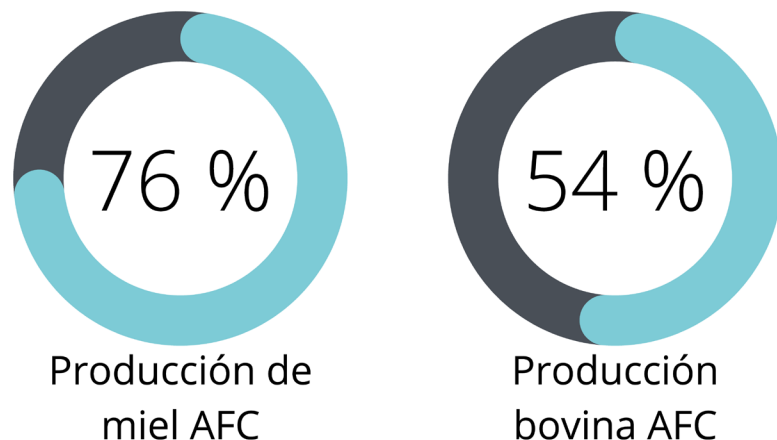
Producción viñas viníferas AFC

(Datos extraídos del censo silvoagropecuario realizado por la INE y la OCDE 2019)

(Elaboración propia)



Producción caprina por AFC



(Datos extraídos del censo silvoagropecuarios realizados por la INE y la OCDE 2019)

(Elaboración propia)

Para resumen de la información, se puede notar una tendencia que las superficies destinadas a la producción agricultora pertenecen a los mismos residentes para el abastecimiento nacional, por el cual el trabajo ocurre por la comunidad para la comunidad y el mercado. La gran mayoría de los territorios utilizados para cultivos son poblados, viendo los datos de población rural a nivel regional, se presentan mayor concentración entre las regiones de Libertador O’Higgins y Los Lagos, con la cantidad de superficies destinadas a la actividad agricultora (70%).

“Del total de 75,6 millones de hectáreas que conforman Chile continental, no más de 31,6 millones de hectáreas

potenciales están bajo uso agrícola, pecuario y forestal, incluyendo la superficie de bosque nativo.” **(ODEPA, 2019)**

Debido a factores limitantes (geográficos y económicos), la superficie de cultivos se restringe, dejando actualmente 2.123.943 hectáreas activas en la producción agrícola. Y dentro de las hectáreas determinadas estas se distribuyen de la siguiente forma:

- 1.303.210 hectáreas destinadas al cultivo
- 401.018 hectáreas forrajeras sembradas
- 419.714 hectáreas destinadas al barbecho y descanso

(Datos extraídos del censo silvoagropecuarios realizados por la INE y la OCDE 2019)

Se evidencia que la cantidad de superficies son pueblos con establecimientos, colegios, viviendas y locales, al ser sectores remotos y alejados de las ciudades, dependen mucho de sus recursos naturales para el abastecimiento y producción, por el cual si estos se ven comprometidos, no solo afectan a los trabajadores y agricultores, todas las comunidades se ven afectadas.

Con la implementación del marco teórico y el metodológico se define la siguiente problemática a tratar:

“La falta de fiscalización y conciencia sobre la aplicación de productos agroquímicos, ha puesto en riesgo al personal agrícola y la comunidad rural, la exposición continua sin medidas preventivas puede resultar daños y secuelas graves, hasta el punto de afectar funciones motoras si no se trata con tiempo.”

Perfil Usuario

Por medio de la investigación se definió un usuario arquetipo (**imagen 12**) al cual iría dirigido la solución. El usuario comparte características ficticias como reales (entrevista a trabajador y residente de sector rural de Santiago), formando un perfil ideal para, en base a los pasos realizados en la investigación previa.



“ Siento que hay que generar una conciencia completa, los riesgos de trabajar en predios sin cumplir protocolos por parte del establecimiento y por los trabajadores no solo pone en riesgo nuestras vidas, también la de nuestras familias y comunidades, es una realidad que pocos ven y es muy cruda de presenciar. ”

Metas

- Tener sus propios terrenos para producción de hortalizas
- Tener un estilo de vida tranquilo y seguro para su familia
- Poder jubilarme de la mejor forma

Frustraciones

- Que en sus sectores de trabajos pueden exponerse a graves peligros y no se tomen medidas
- Ver que en otros predios/viñas gente se enferme por solo estar ahí
- Poner en peligro a su familia y conocidos de forma involuntaria

Motivaciones

- Cultivar y sacar el mejor provecho de la cosecha
- Utilizar e implementar tecnología en ámbitos de su trabajo y hogareñas para facilitar tareas
- Aportar, cuidar su lugar de trabajo y optimizar procesos agrícolas

Trabajador



Tecnológico



Vocacional



Conciente



(Elaboración propia)



Propuesta conceptual

Conceptualización

La propuesta conceptual se basa en el “desarrollo de un sistema IoT capaz de monitorear predios de cultivo/viñas y todo tipo de territorios destinados a la actividad agropecuaria en periodos de latencia de agroquímicos aplicados, con el fin de informar las poblaciones cercanas sobre los tipos de productos aplicados y periodos de vida útil de esta. En paralelo, levantar y registrar data de entrada y salida de los radios de alcance, con el fin de determinar patrones y flujos por las zonas afectadas, para la toma de decisiones, con ello se busca otorgar una red de información transparente hacia la comunidad, productores y entidades de regulación.”

Referentes

Referentes indirectos



(interempresas.net/Electronica/Articulos/185208-Balizas-de-advertencia-LED-de-alta-potencia.html)



(interempresas.net/Electronica/Articulos/185208-Balizas-de-advertencia-LED-de-alta-potencia.html)

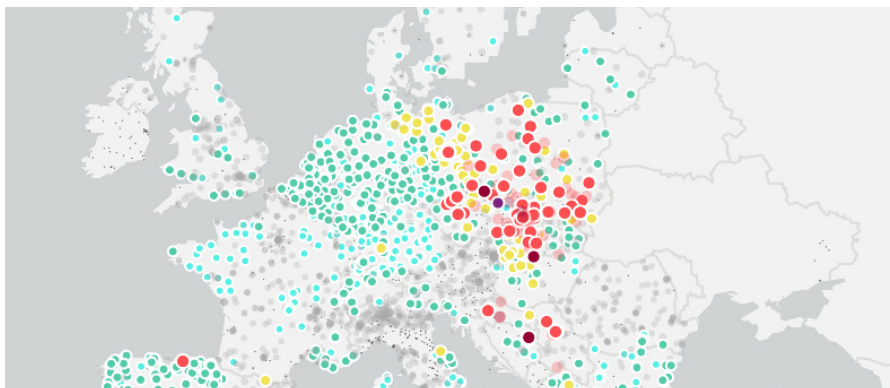
Uso de la forma de la señalética de detención y estructura de la baliza como referente para el desarrollo y lógica de funcionamiento.

Referentes Directos

European Air Quality Index: Air index quality es una portal web utilizado para el monitoreo del estado del aire en Europa, utilizando sensores a en todo el continente para la visualización de datos obtenidos. Desafortunadamente esta se limita solo al continente europeo y hasta en el mismo sector tienen regiones que no generan data, pero logra cumplir con su objetivo como fuente de calidad.



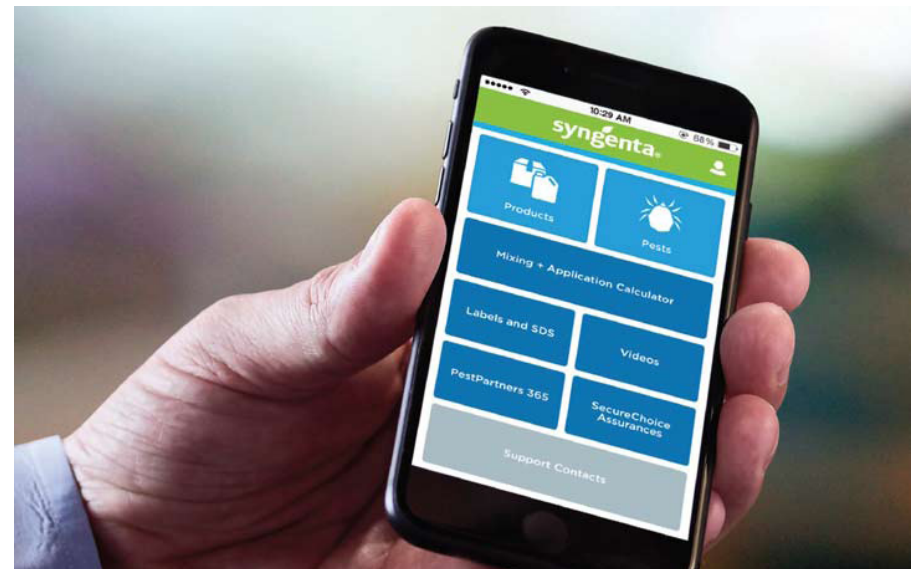
**European
Environment
Agency**



(eea.europa.eu/es)

Syngenta Pest Management App: Syngenta es una aplicación de manejo de plagas, tomando como iniciativa el informar al usuario que productos utilizar en base a la variedad de plagas y como controlarlas. Se le denomina como herramienta agrícola para la identificación de plagas, daños y formas de contrarrestarlas.

syngenta



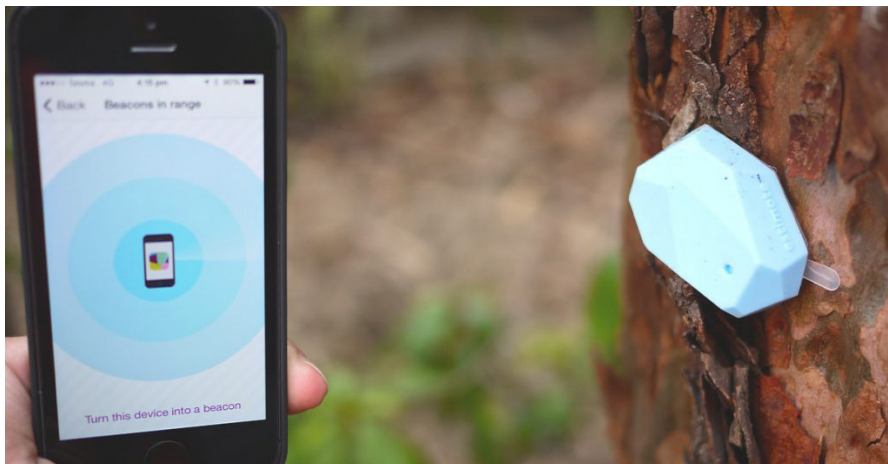
(eea.europa.eu/es)

Estados del arte

Durante la investigación se presentaron estados del arte el cual influenciaron en el desarrollo sistemático y estructural del proyecto.

Bluetooth Beacon

Los beacons o balizas electrónicas, son dispositivos transmisores que utilizan emitir señales de bluetooth de baja energía, demarcan radios de transmisión y envían notificaciones a dispositivos móviles si es que se encuentran en su perímetro. El concepto utilizado del beacon es el dispositivo de emisión para alertar y enviar notificación al entrar en su radio de alcance, con la información designad de forma rápida, sencilla y comprensible.



[antevenio.com/blog/2017/02/que-es-un-beacon-y-sus-beneficios-para-el-marketing]

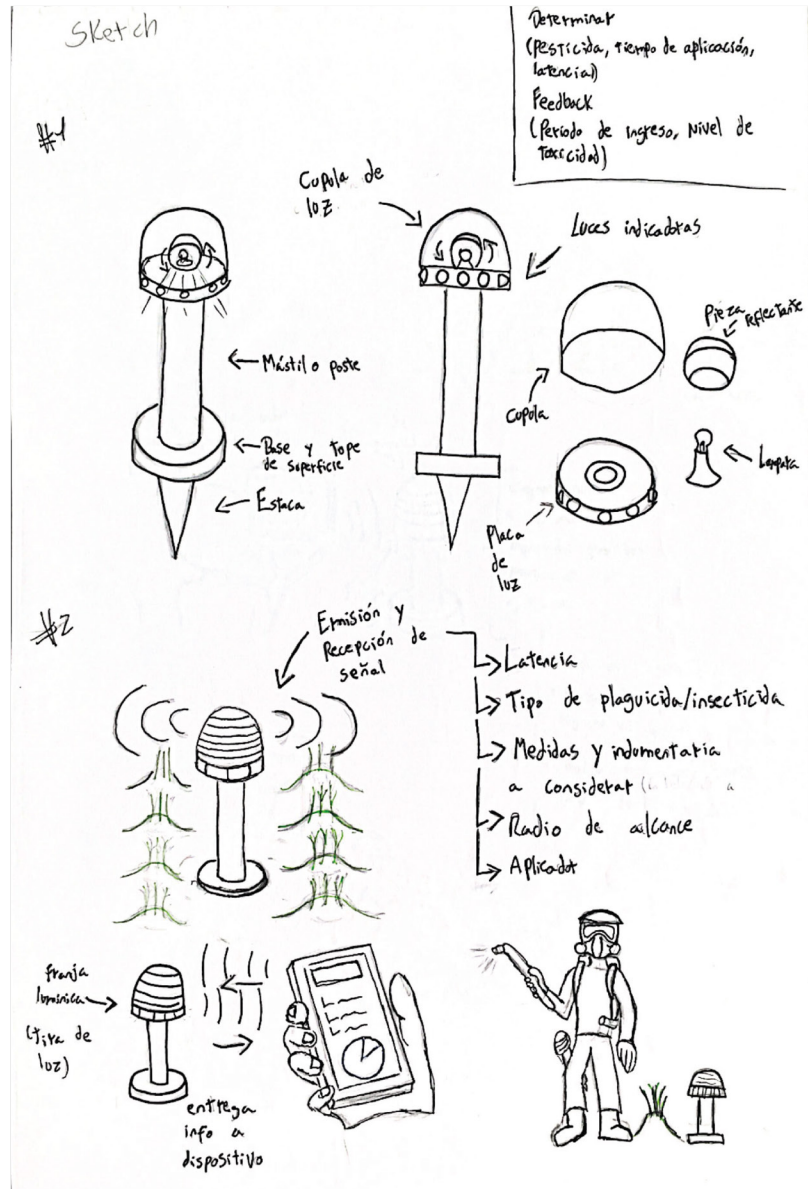
IQ Air Visual

Air Visual es una dispositivo de monitoreo indoor y outdoor, estos miden el estado del aire a nivel residencial y se conecta al servicio que IQAir para informar del estado exterior de la ciudad o región residencial, de la misma forma aportar a la data que registrada para la visualización en su app y plataforma, uso de IoT para llenar monitorear residencias, entregar información de forma comprensible y levantar datos para sus servicio.



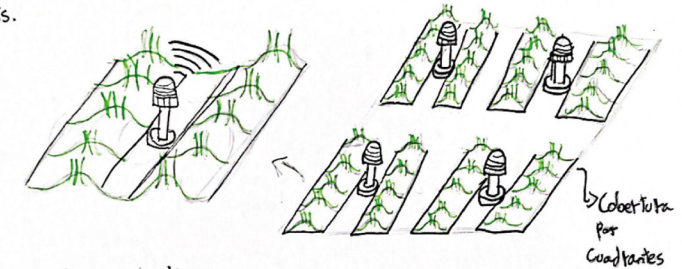
[iqair.com/air-quality-monitors/airvisual-series]

Bocetos



Áreas de cobertura
50 mts.

Múltiples dispositivos para cobertura

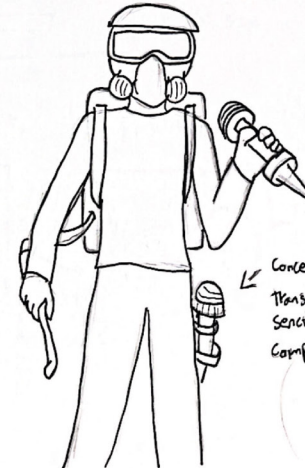


Uso de un ordenador para configuración de la información



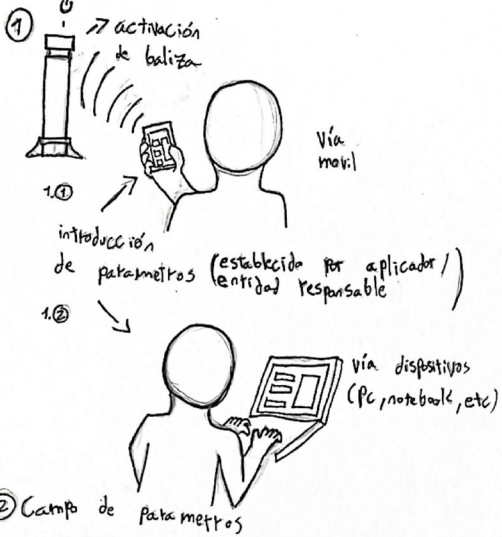
Asignar parámetros e información requerida por los protocolos de aplicación

- Tipo de plaguicida
- Fecha de aplicación e ingreso al sector
- Radio de alcance 50mts (área de restricción)



Estabilidad por medio de perforación superficial

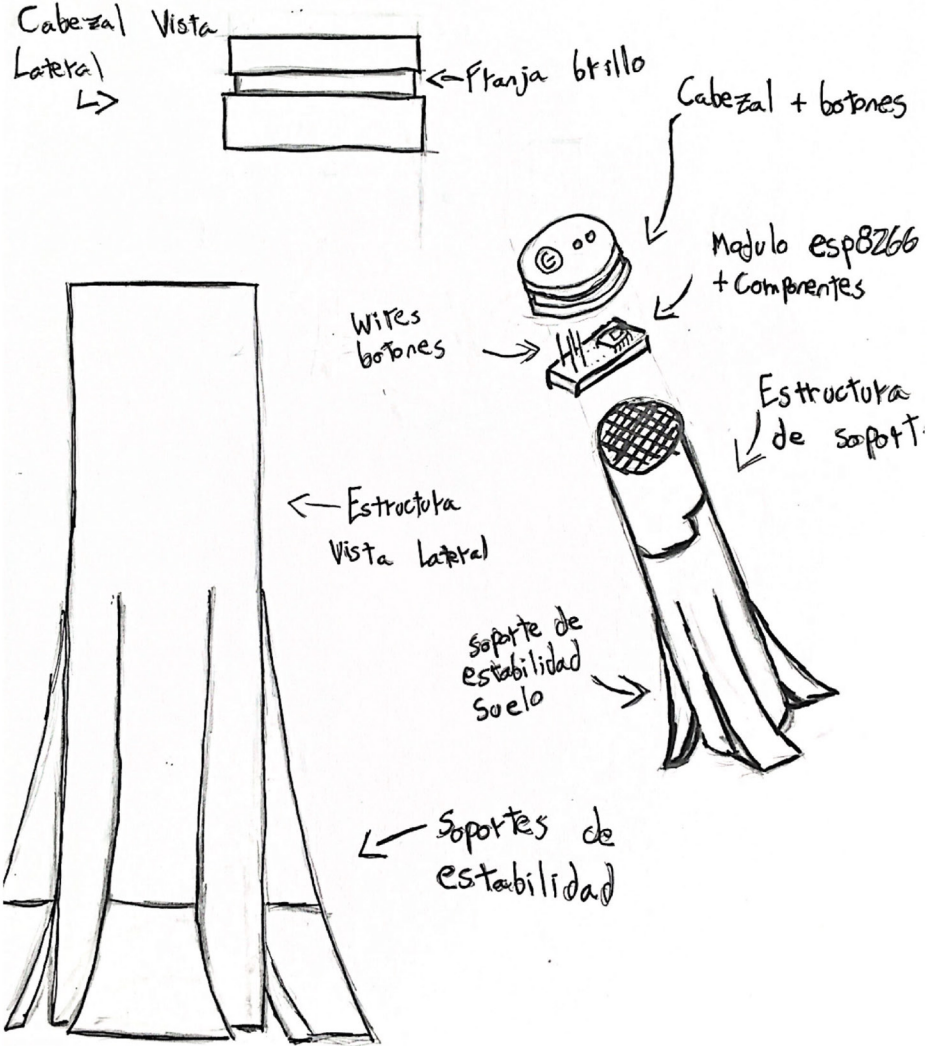
Interfaz usuario y administrador

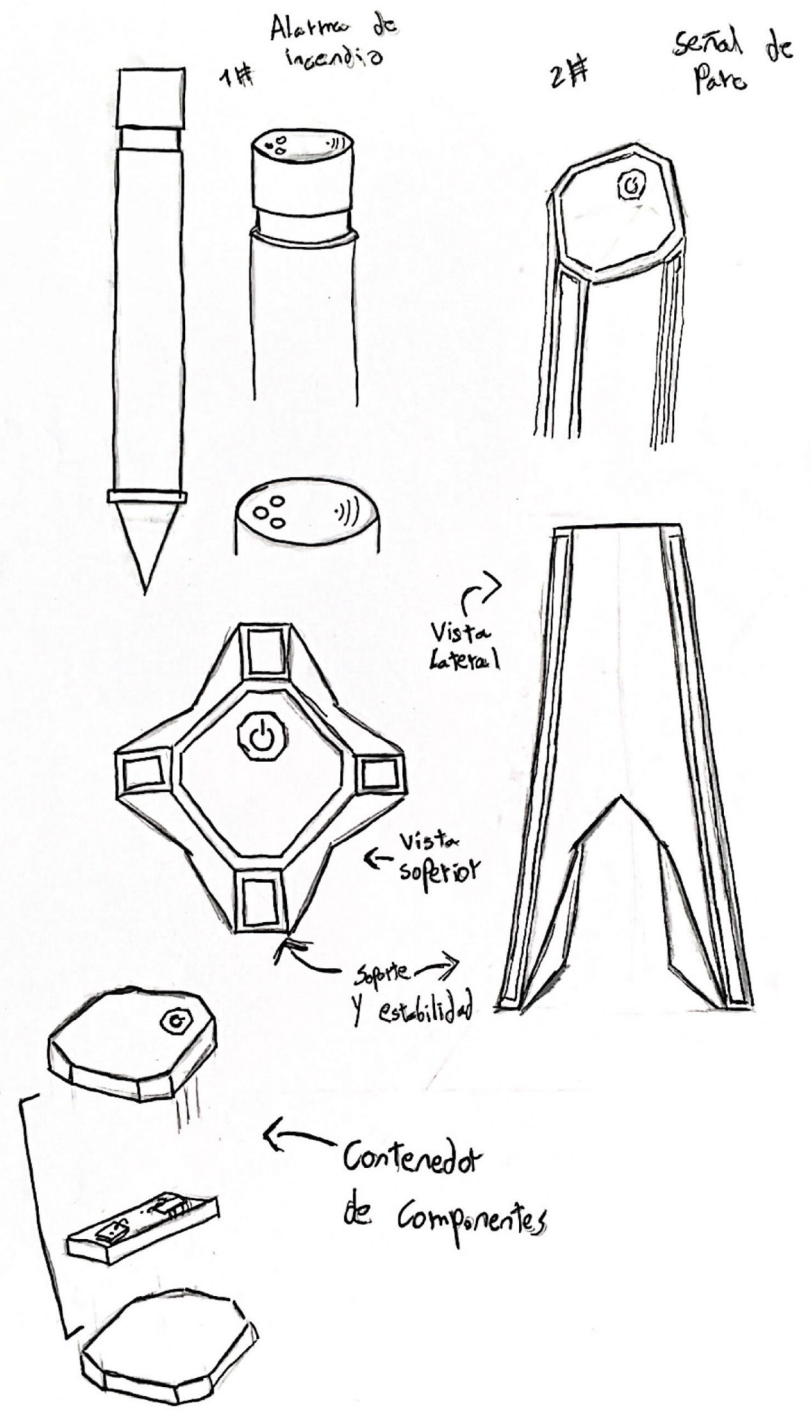


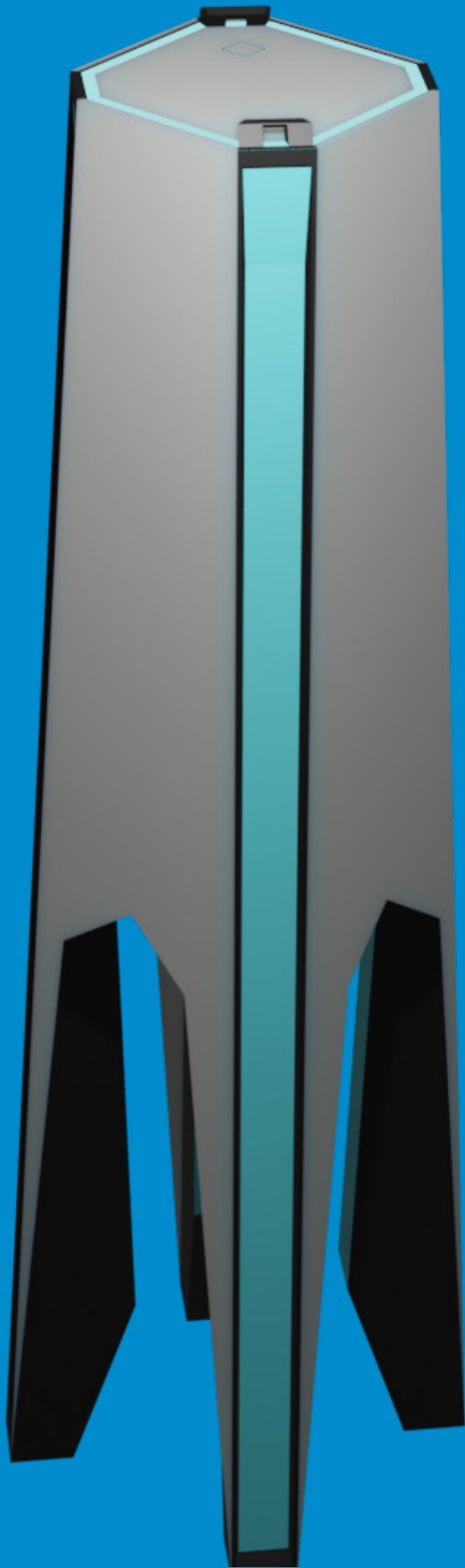
Parámetros

Fecha de aplicación	→ Fecha de aplicación
Recurrit	→ tipo de pesticida
Tipo de pesticida	→ Latencia
Input	→ Radio de alcance
Latencia	→ aplicador/empresa responsable
Input	→ Balizas sync

3. Alertas de proximidad

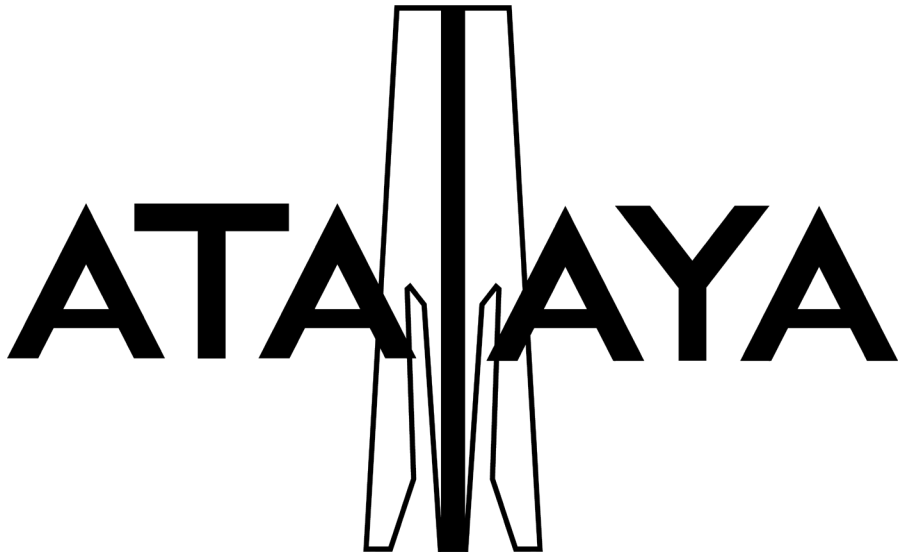






Propuesta
formal

Atalaya

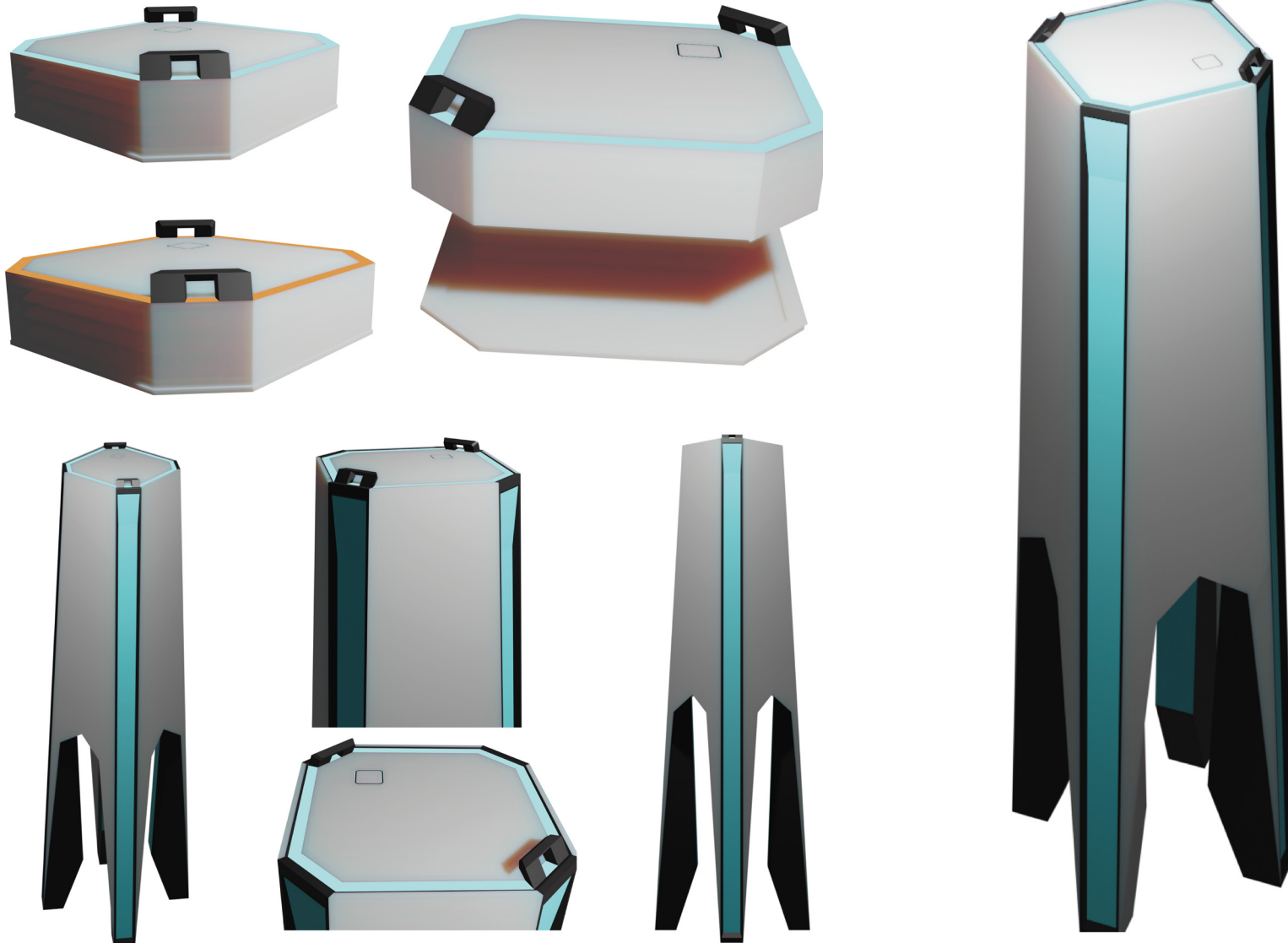


Atalaya es un sistema IoT de monitoreo, prevención y registro de aplicación de agroquímicos en predios/viñas de las regiones rural. Este consiste en balizas inteligentes que emiten señales y generan geo-cercados en relación al radio de alcance de los productos para el control de plagas aplicado, tiene la capacidad de otorgar alertas a los usuarios cuando estos se encuentran en riesgo a componentes químicos (entrada y salida de los radios de alcance), dar información a nivel público sobre el tipo de producto fitosanitario, su latencia, posición geo-referencial y demás. Al mismo tiempo los dispositivos están levantando datos para información en ámbito administrativo, con el objetivo de dejar registro y utilizarlo para la toma de decisiones.

De esta forma, Atalaya es un sistema que funciona en múltiples aristas. En primera instancia, les permite a los pobladores estar al tanto de las zonas de riesgo y mantenerse informados en tiempo real sobre los agroquímicos utilizados, clasificación de riesgo por la OMS y periodos de vida útil, con el fin de prever casos clínicos por intoxicación. Por otro lado, este funciona también como un herramienta de gestión y control, permite mantener registro de entrada y salida de los radios de alcance para la detección de patrones y flujos de usuarios por las zonas de aplicación, esta busca ayudar a entidades fiscalizadoras a tener registros precisos e historial de aplicación y producir un cambio de conducta en los productores, generar conciencia en y tener a las comunidades activas.

Este sistema de IoT busca generar una solución que otorgue transparencia tanto a pobladores como trabajadores agrícolas sobre los peligros de manejar y exponerse a agroquímicos, para evitar que los efectos puedan comprometer la salud pública, y al mismo tiempo regularizar el uso de estos y evitar cuadros clínicos de forma involuntaria.

Renders



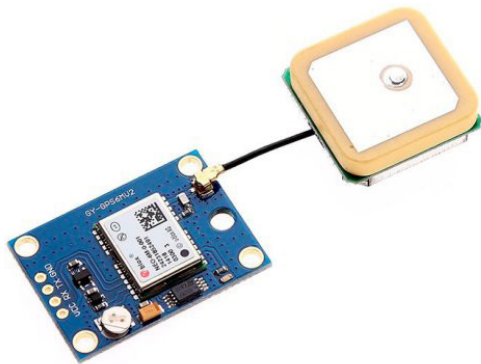
Componentes

Node MCU V3



Este microprocesador cumple el rol de comunicar la activación mediante webhooks de servidores conectados al dispositivo y a la vez registrar las activaciones.

GPS Ublox NEO-6M 2V



Este módulo GPS permite dar geo-referencia al dispositivo para demarcar geo-cercados y al mismo tiempo entregar coordenadas de posicionamiento de este mismo.

Pulsador



Este pulsador permite dar la activación/desactivación del dispositivo, ya que es modular depende de un medio para habilitarlo en el sector donde este será colocado.

Batería de Litio Ion — 6000mAh



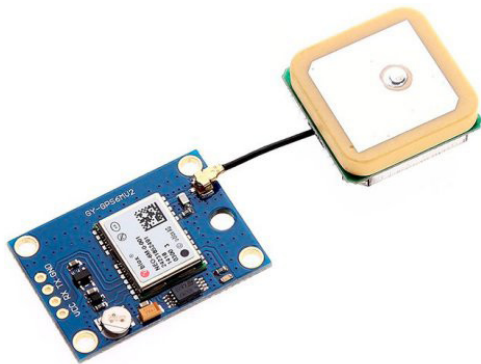
Se utiliza una batería compacta capaz de generar voltaje para mantener el sistema completo en funcionamiento (Microprocesador, gps, franja de luces rgb).

Extensión de Tira Led RGB 5050



Tira de luz con la finalidad de visualizar el estado del dispositivo. la luz RGB permite dar un feedback, estado de la batería y estado de la baliza (activado/desactivado).

GPS Ublox NEO-6M 2V



Este módulo GPS permite dar geo-referencia al dispositivo para demarcar geo-cercados y al mismo tiempo entregar coordenadas de posicionamiento de este mismo.

Cables



Ya que son dispositivos modulares, los cables les permiten mantener conectados los diferentes componentes (microprocesador, módulo GPS, Luces, etc.).

Aplicación móvil



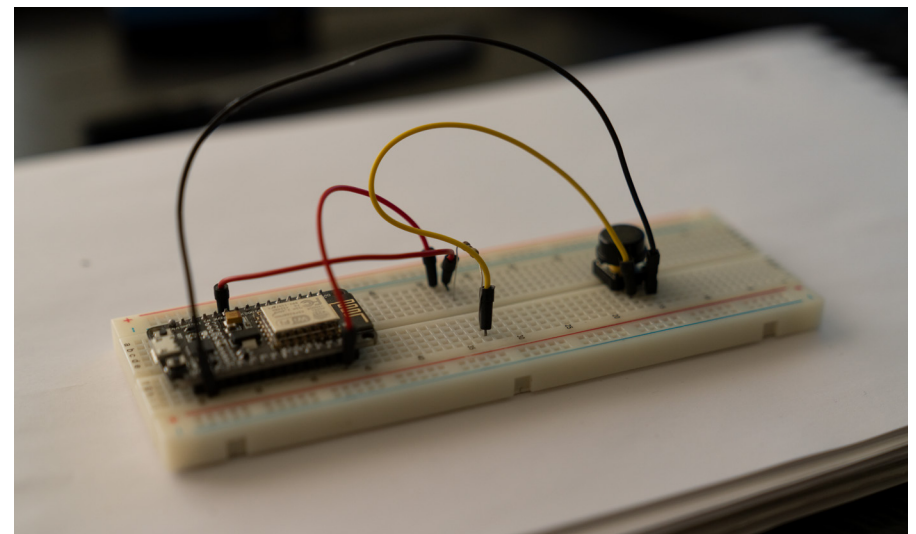
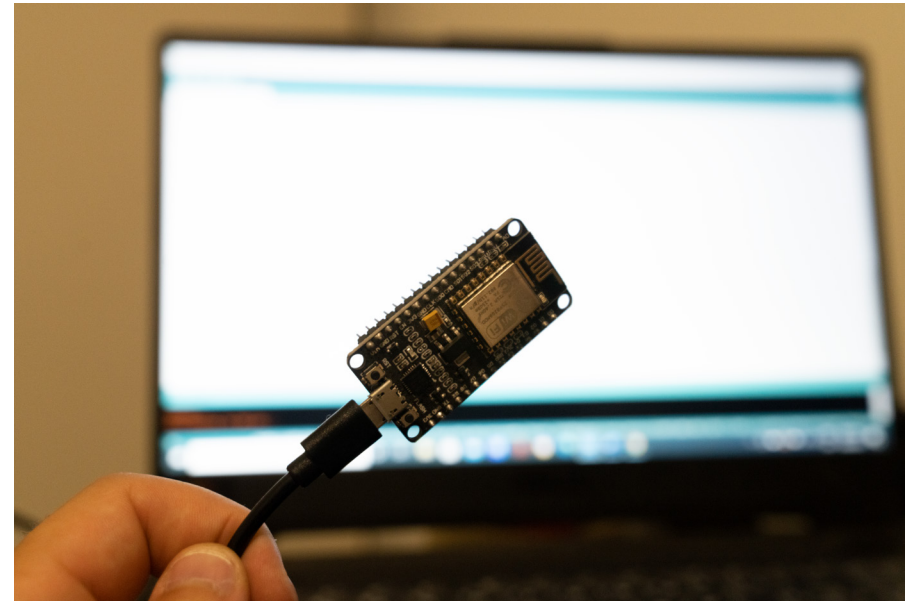
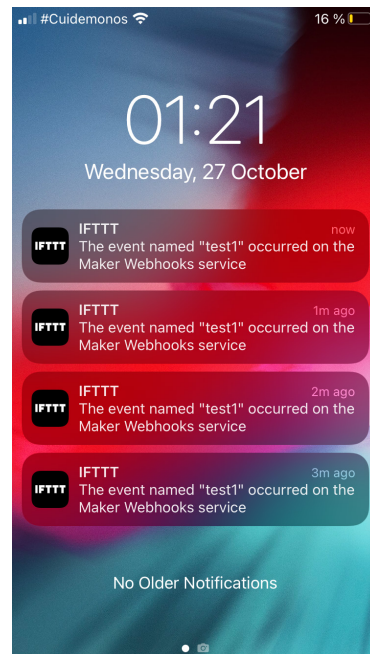
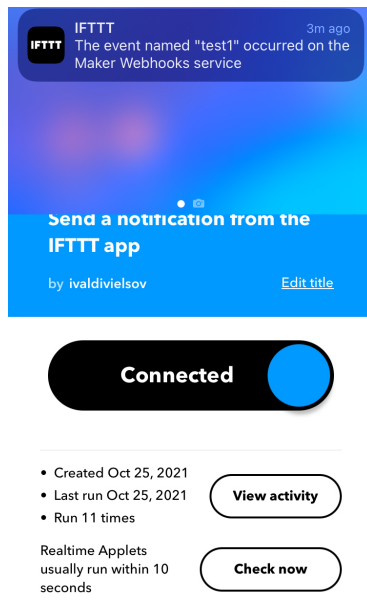
En la aplicación móvil se puede visualizar el estado del dispositivo y posicionamiento en base a su geo-localización (módulo GPS).

Prototipado y testeo

Prototipo 1: Concepto básico baliza

Para el primer prototipo se focalizo en construir un dispositivo básico de la baliza, a través de la configuración del **Node MCU 3V** para generar alertas al ser encendido.

Este se enlazo por medio de webhooks hacia servidores para realizar las alertas de activación, esta se limitaba por el hecho de depender de un conexión de internet estable para su funcionamiento.



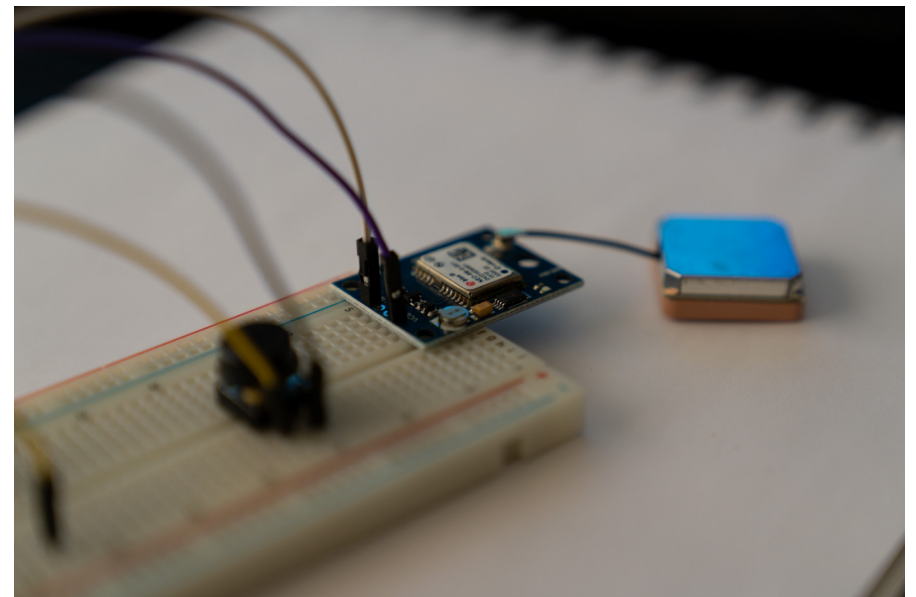
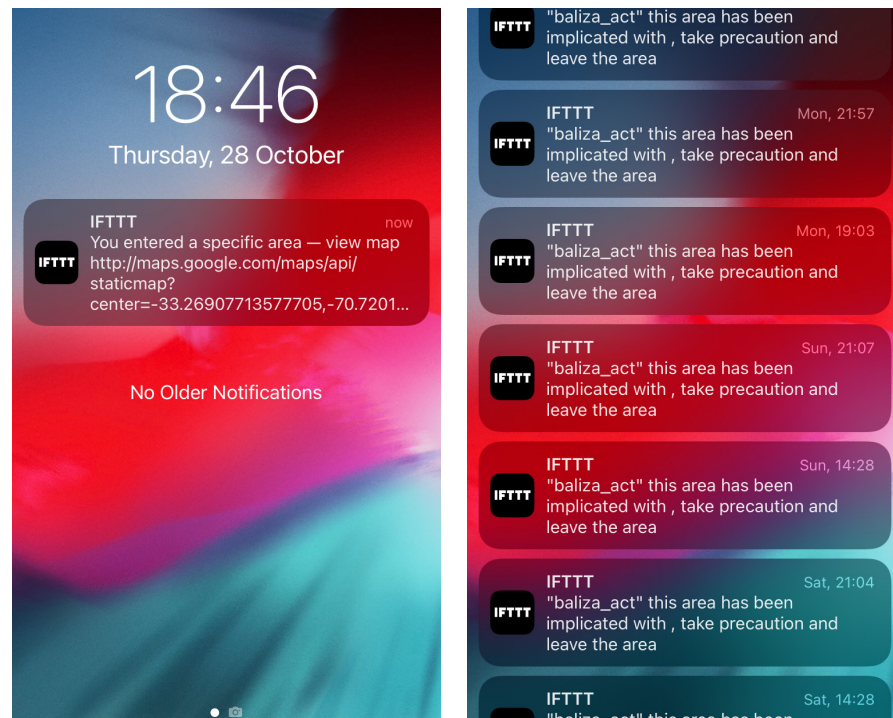
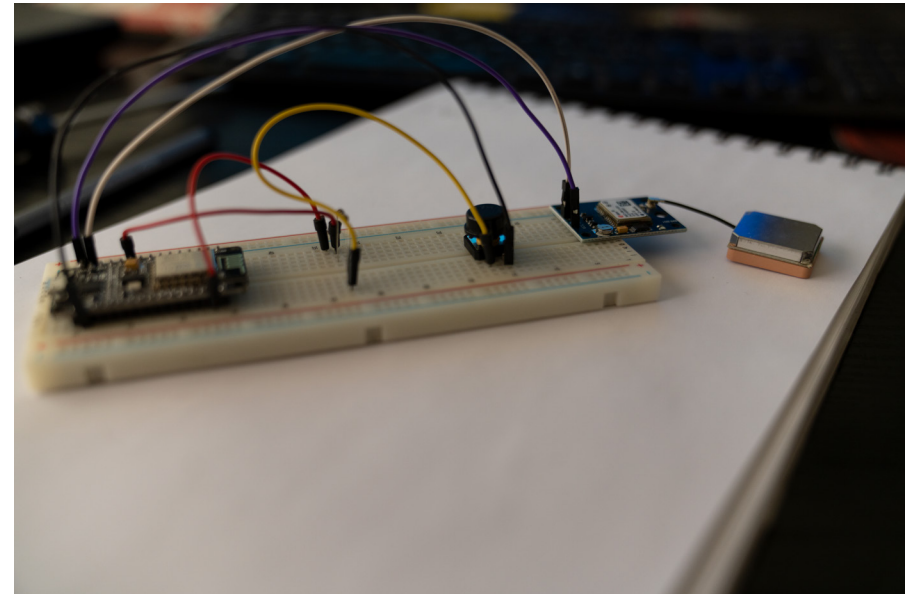
Prototipo 2: Alerta geo-referencial

En el segundo prototipo se testeó la activación de notificaciones por medio de geo-localización.

Para su funcionamiento, se aplicó al primer prototipo un Módulo GPS para dar la geo-referencia del dispositivo.

Por el lado de la aplicación, se utilizó el trigger del webhook en base a la posición del usuario.

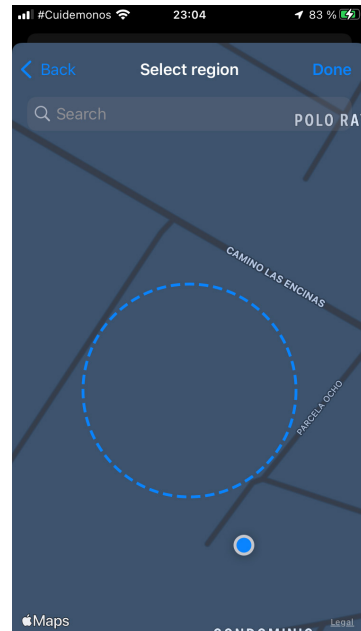
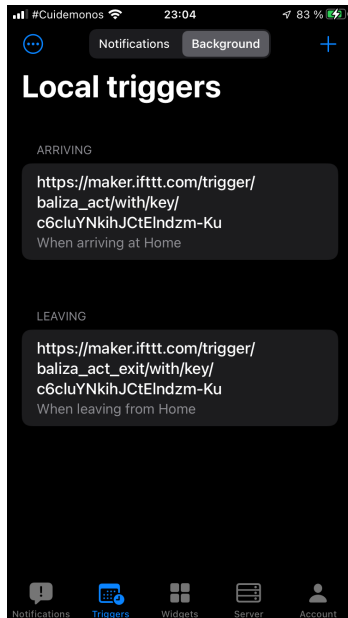
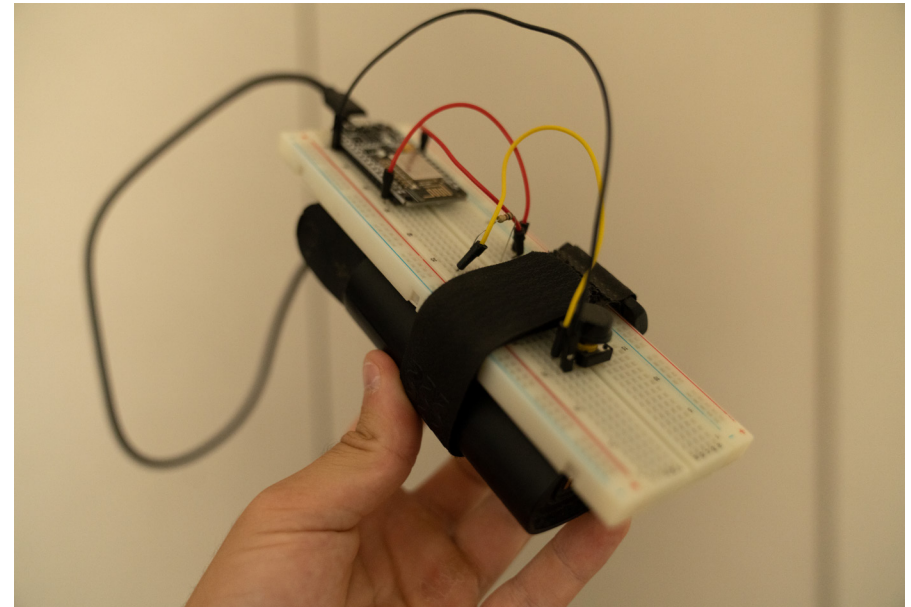
En esta fase no se logró converger el dispositivo con la aplicación, como resultado de este proceso ambos componentes funcionaban, pero de forma separada.



Prototipo 3: Triggers por geo-localización y geo-cercado

Para esta fase de prototipado, se designaron radios de alcance en base a la posición del dispositivo, este caso busca simular el caso hipotético de una aplicación y el radio de transmisión de los triggers para generar las alertas por proximidad a estos sectores.

Para ello se implementó el servicio de IFTTT junto con otro servicio para demarcar los geo-cercados, de esta forma poder testear la entrada y salida de estos sectores de aplicación y al mismo tiempo empezar a registrar los ingresos en una base de datos, como base para la propuesta de un dispositivo que asiste a la "toma de decisiones".



IFTTT_Maker_Webhooks_Events

Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas Complementos Ayuda Última modificación

	A	B	C	D
1	November 4, 2021 at 01:59PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
2	November 4, 2021 at 02:03PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
3	November 4, 2021 at 03:28PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
4	November 4, 2021 at 06:44PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
5	November 5, 2021 at 03:45PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
6	November 6, 2021 at 08:32PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
7	November 7, 2021 at 01:30PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
8	November 7, 2021 at 04:00PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
9	November 7, 2021 at 10:15PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
10	November 8, 2021 at 06:50PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
11	November 10, 2021 at 06:48PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
12	November 10, 2021 at 06:53PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
13	November 12, 2021 at 01:02PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
14	November 12, 2021 at 07:41PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
15	November 13, 2021 at 11:54AM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
16	November 13, 2021 at 02:28PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
17	November 13, 2021 at 09:04PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
18	November 14, 2021 at 02:28PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
19	November 14, 2021 at 09:07PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7
20	November 15, 2021 at 07:03PM	baliza_act	NTP_512	https://goo.gl/maps/Tz34MumdgE9hdWns7

Prototipo 4: Testeo en campo

Se enfocó la prueba de campo del dispositivo, esta fue testeada en predios con aplicación de agroquímicos, con el fin de ver como usuarios y este funcionaba en conjunto, también para ver falencias y ver factores a considerar en la construcción estructural del proyecto.

Al mismo tiempo se desarrolló el medio público para dar información de activación del dispositivo, este con el fin de dejar un registro a nivel usuario y de forma comprensible, además de ser implementada en una red común y accesible como lo es Twitter.





Modelo de negocios

Modelo de negocios canvas



Actividades clave

- Diseño producción, distribución y venta del sistema de monitoreo
- Diseño de front-end y programación de la aplicación móvil

Propuesta de valor

Sistema IoT que levanta datos y emite alertas a los pobladores del sector rural, informando a la comunidad por la aplicación de plaguicidas en predios cercanos y radio de alcance que estos tienen.

Relación con clientes

Asistencia a grupo administrativo y personal, procesamiento de información para toma de decisiones y transparencia a nivel público.

Aplicación móvil y encuesta de servicio

Segmentos de clientes

Personas entre 23 y 60 años que vivan y/o participen de la actividad agropecuaria

Que busquen gestionar y monitorear el estado de los terrenos al momento de aplicación de plaguicidas.

Entidades que busquen optimizar el registro de productos agroquímicos aplicados y mantener al personal agrícola y comunidades cercanas protegidas.

Socios clave

- Municipalidades
- Entidades fiscalizadoras
- Predios/viñas/campos
- Red de clientes

Recursos claves

- Sistema modular de geo-localización, geo-cercado y monitoreo
- Conexión a internet
- Red de clientes

Generar red pública de sectores de riesgo, fechas de aplicación y latencia del agroquímico, mantener a la comunidad informada y activa.

Canales

- Medios públicos
- Municipalidades
- RRSS
- Entidades fiscalizadoras
- Sitio Web

Estructura de costes

- Costo total de materiales de producción 51.802 pesos, tomando en cuenta micro controladores, módulos gps, etc.
- Mano de obra y servicio de mantenimiento 1.130.000 pesos.
- Mantenimiento y arriendo de plataforma web y digital 579.340

Fuentes de ingreso

- Venta de servicio y sincronización de dispositivos modulares
- Convenio con entidades fiscalizadoras en el ámbito agrícola, municipalidades y predios de buena practica
- Mantenimiento de servicio y dispositivos activos.

Costos

Costo Variable			
	Cantidad	Precio Unitario	Costo total
Microcontrolador Esp8266	1	\$ 4.500	\$ 4.500
Módulo GPS	1	\$ 7.500	\$ 7.500
Wires	8	\$ 455	\$ 3.640
Botón a presión	1	\$ 400	\$ 400
Protoboard	1	\$ 20.000	\$ 20.000
Resistencias	1	\$ 10	\$ 10
Plastico ABS	1	\$ 11.320	\$ 11.320
Cinta luminika LGV	1	\$ 4.432	\$ 4.432
Total x unidad			\$ 51.802

Costos mensuales	Valor
Mantenición	\$ 700.000
Monitoreo	\$ 500.000
Ensamblaje	\$ 600.000
Dominio	\$ 1.570
Hosting	\$ 17.640
Seguridad	\$ 6.833
Luz	\$ 30.000
Internet	\$ 24.990
Sueldos Total	\$ 2.500.000
Otros	\$ -
Total Mensual	\$ 4.381.033

Costo semestral	Valor
Programación	\$ 720.000
Otros	\$ -
Total Semestral	\$ 720.000

Inversión Inicial (Únicos)	Valor
Instalación	\$ 450.000
Desarrollo web	\$ 75.000
Desarrollo App	\$ 220.000
Molde	\$ 135.000
Otros	\$ -
Total	\$ 880.000

Activo Fijo	Valor	Vida útil (años)	Depreciación
Maquinaria	\$ 658.000	5	\$ 131.600
Computadores	\$ 2.000.000	5	\$ 400.000
Mesa de Trabajo	\$ 125.000	5	\$ 25.000
Otros	\$ -	1	\$ -
Total	\$ 2.783.000		\$ 556.600

Flujo de caja

Flujos de caja							
Período	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028 - Infinito
Ingresos	\$ -	\$ 140.000.000	\$ 140.000.000	\$ 140.000.000	\$ 140.000.000	\$ 140.000.000	\$ 140.000.000
Costos Variables	\$ -	\$ 36.261.400	\$ 36.261.400	\$ 36.261.400	\$ 36.261.400	\$ 36.261.400	\$ 36.261.400
Costos Fijos	\$ -	\$ 54.012.396	\$ 54.012.396	\$ 54.012.396	\$ 54.012.396	\$ 54.012.396	\$ 54.012.396
Depreciación		\$ 556.600	\$ 556.600	\$ 556.600	\$ 556.600	\$ 556.600	\$ -
UAI	\$ -	\$ 49.726.204	\$ 49.726.204	\$ 49.726.204	\$ 49.726.204	\$ 49.726.204	\$ 49.726.204
TAX	\$ -	\$ 13.426.075	\$ 13.426.075	\$ 13.426.075	\$ 13.426.075	\$ 13.426.075	\$ 13.426.075
R. Neto	\$ -	\$ 36.300.129	\$ 36.300.129	\$ 36.300.129	\$ 36.300.129	\$ 36.300.129	\$ 36.300.129
Inversión Inicial	\$ 880.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo Caja	\$ -880.000	\$ 36.300.129	\$ 36.300.129	\$ 36.300.129	\$ 36.300.129	\$ 36.300.129	\$ 36.300.129

Parámetros	Valor
P° Venta	\$ 200.000
Producción Mensual	700
IVA	19%
IDPC	27%
Tasa Dscto	15%

TIR	VAN
4125%	\$ 225.363.860

Conclusión

En conclusión, las soluciones sobre la regulación de agroquímicos están enfocadas al monitoreo y control de plagas, por sobre la prevención de los impactos negativos que estos químicos pueden tener en la salud de las personas.

Varias propuestas para solucionar problemáticas dentro de la actividad agroindustrial están dirigidas al antes o después de la cosecha, siendo el periodo activo de estos productos (latencia), el que más exponen a los individuos a generar cuadros clínicos.

Este proyecto busca implementar una IoT como solución al problema planteado. La función de este dispositivo es señalar e indicar los radios de alcance de los agroquímicos aplicados en diferentes zonas agrícolas durante su período de latencia, para evitar que la población cercana entre en contacto con los químicos y mitigar posibles intoxicaciones.

De la misma forma, el objetivo es poder asistir a los aplicadores y también a las empresas y entidades encargadas de la trazabilidad de los productos aplicados. Tener el registro del tipo de producto y de su radio de alcance es primordial para la seguridad de los pueblos rurales en donde la actividad agropecuaria es constante, ya que con esta información se pueden delimitar las zonas en donde existe la posibilidad de

intoxicación por químicos.

Este registro también busca marcar la trazabilidad del flujo de personas u animales dentro de las zonas delimitadas por agroquímicos, con el fin de generar planes de prevención y seguridad para éstos.

Atalaya es una herramienta de entrega de información y trazabilidad para entidades y colaboradores de la actividad agropecuaria. Sus objetivos son prevenir posibles intoxicaciones evitando que las personas ingresen a las zonas con presencia de agroquímicos; marcar registros y trazabilidad para los usuarios, como herramienta de respaldo para la toma de decisiones enfocadas en la seguridad de los posibles afectados; y hacer un enlace entre las entidades agroindustriales y la comunidad, con el fin de generar un cambio de conducta que busque la concientización y la prevención de problemas de salud relacionados al contacto con agroquímicos.

Referencia bibliográfica

- ¿Qué es la agricultura inteligente? - Opia.CL: Observatorio para la Innovación Agraria, Agroalimentaria y Forestal. (n.d.). Retrieved December 7, 2021, from <https://www.opia.cl/601/w3-article-92386.html>
- ¿Qué pasa con los pesticidas liberados en el medio ambiente? (n.d.-a). Retrieved July 21, 2021, from <http://npic.orst.edu/envir/efate.es.html>
- ¿Qué pasa con los pesticidas liberados en el medio ambiente? (n.d.-b). Retrieved June 22, 2021, from <http://npic.orst.edu/envir/efate.es.html>
- A Complete Guide for IoT Based Pest Detection with its Benefits. (n.d.). Retrieved July 15, 2021, from <https://www.biz4intellia.com/blog/a-complete-guide-for-iot-based-pest-detection-with-its-benefits/>
- Aeca, M. A.-, & Compostela, S. D. E. (2011). PRODUCTO Y DE SEGURIDAD.
- Asociación Chilena de Seguridad. (2005). Trabajadores y plaguicidas. 21.
- Asociación Chilena de Seguridad. (2018). Aplicador De Plaguicidas. 2—4.
- Castillo, J. O. (2019). Perspectivas: Revista Científica de la Universidad de Belgrano, V 2, Na 2, 2019. 2(2), 84—91.
- Decreto-157 30-JUN-2007 MINISTERIO DE SALUD, SUBSECRETARÍA DE SALUD PÚBLICA - Ley Chile - Biblioteca del Congreso Nacional. (n.d.). Retrieved July 6, 2021, from <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=262263>
- Investigan intoxicación en escuela de Paine por uso de plaguicida peligroso « Diario y Radio Universidad Chile. (n.d.). Retrieved November 25, 2021, from <https://radio.uchile.cl/2018/10/01/investigacion-intoxicacion-en-escuela-de-paine-por-uso-de-plaguicida-peligroso/>
- Maksymiv, I. (2015). Pesticides: Benefits and Hazards. Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, 2(1), 70—76. <https://doi.org/10.15330/jpnu.2.1.70-76>
- MINSAL. (2014). Normas sanitarias para el uso de plaguicidas y vigilancia de trabajadores expuestos. Ministerio de Salud, 88. <http://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2015/11/Compendio-de-Normas-Sanitarias-para-Uso-y-Vigilancia-de-trabajadores-expuestos-a-Plaguicidas.pdf>
- Muñoz Quezada, M. (2010). Uso de plaguicidas y discapacidad intelectual en estudiantes de escuelas municipales. Facultad Nacional de Salud Pública: El Escenario Para La Salud Pública Desde La Ciencia, 28(1), 11.
- Nikitha, R., Pavithra, T. K., Pavithra, V., & Kavyashree, M. (2019). IoT based solution for monitoring of pollution through pesticide in fresh fruits and vegetable available in market. 10(3), 760—769.

- ODEPA. (2019). Panorama de la agricultura Chilena (Chilean agriculture overview). In Odepa.
- Resuelve retos de manera creativa a través del doble diamante. (2019). 2019.
- REVEP. (2019). Vigilancia nacional de intoxicaciones agudas por plaguicidas — REVEP. 8—12. https://www.sena-do.cl/appsenado/index.php?mo=tramitacion&ac=getDoc-to&iddocto=5780&tipodoc=docto_comision
- Silva D, A., Arancibia H, M., Pulgar G, C., Astorga C, L., Castillo C, A., Adasme A, V., Quiroz R, J., García V, J., & Cavieres F, M. F. (2015). Exposición a plaguicidas y prácticas de uso y protección en embarazadas de zona rurales en control de atención primaria en la región de Valparaíso, Chile. *Revista Chilena de Obstetricia y Ginecología*, 80(5), 373—380. <https://doi.org/10.4067/s0717-75262015000500004>
- Simó, J. (2018). De Plaguicidas Por Cromatografía De Gases Masas (Gc-Ms / Ms) En Muestras. Uned, 1—79. http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Jsimo/Simo_Peiro_Jorge_TFM.pdf

Agradecimientos

Quisiera agradecer profundamente a todas las personas que aportaron en la etapa de investigación y desarrollo del proyecto

Agradecer a mis profesores guías Marucio Reyes, Nataly Silva y Alex Hurtado por ayudar con la investigación del tema, encaminar el proyecto hacia un objetivo completo y de impacto dentro de su rol, y las recomendaciones para su desarrollo.

Y agradecer a conocidos y familiares por el aporte en el desarrollo de este trabajo.

ATA|AYA

