

# Diseño y validación de muestreo de cítricos para detección de enfermedades en viveros del Valle del Cauca

Kevin García 1533173  
Alejandro Vargas 1525953

Universidad del Valle

3 de febrero de 2019

# Contenido

- 1 Proyecto
- 2 Problema
  - Problema contextual
  - Problema estadístico
- 3 Justificación
- 4 Objetivos
  - Objetivos general
  - Objetivos específicos
- 5 Variable de interés
- 6 Antecedentes
  - Antecedentes contextuales
  - Antecedentes estadísticos
- 7 Marco teórico
  - Marco conceptual
  - Marco estadístico
- 8 Metodología

# Información del proyecto

## Entidad encargada

- AGROSAVIA (Corpoica)

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, es una entidad pública descentralizada de participación mixta sin ánimo de lucro, de carácter científico y técnico, cuyo objeto es desarrollar y ejecutar actividades de Investigación, Tecnología y transferir procesos de Innovación tecnológica al sector agropecuario.

## Personal a cargo

- Nubia Murcia Riaño (Investigador Ph.D.)
- Mauricio Fernando Martínez (Investigador Máster)
- Elizabeth Narvaez Toro (Líder de Seguimiento y Evaluación)

## Problema contextual

Existen diversas enfermedades en los cítricos transmitidas principalmente por injertación, vectores (organismos o insectos), y uso de herramienta, las cuales son muy dañinas para este cultivo, entre ellas, el virus de la tristeza, HLB, Leprosis y Exocortis. Estas debilitan el árbol, generando producciones escasas, y en casos avanzados puede llegar a matar el árbol. El inconveniente es que estas enfermedades son asintomáticas en edades tempranas de la planta, es decir, no podemos diferenciar a simple vista una planta infectada con una no infectada. Al sembrar una planta con alguna de estas infecciones desde el comienzo, se perderá mucho dinero invirtiendo en su mantenimiento, por lo cuál se necesita asegurar o garantizar que las plantas que van a ser sembradas y entregadas estén limpias de estas enfermedades, logrando de esta manera la producción de material certificado.

## Problema estadístico

- ¿Es posible diseñar un plan de muestreo adecuado y asequible que permita la detección temprana de estas enfermedades en los cítricos?
- ¿Es posible estimar la cantidad de plantas infectadas en los lotes a partir del plan de muestreo diseñado?

# Justificación

La agricultura siempre será de gran importancia para el desarrollo de un país, de aquí que la industria de los cítricos requiera normas claras en cuanto a la producción evitando un posible desabastecimiento del producto por una epidemia en plantas de cítricos. Nuestro rol como estadísticos es de vital prioridad para lograr verificar con una certeza alta que la producción esté libre de cualquier plaga y mitigar en gran medida posibles perdidas en toda la industria por lotes infectados, logrando también que tanto consumidores como productores se vean beneficiados.

# Objetivos propuestos

## Objetivo general

Diseñar y validar un plan de muestreo para aceptación y rechazo de lotes de cítricos en viveros del Valle del Cauca que permita estimar la cantidad de plantas infectadas con el virus de la tristeza en el lote.

## Objetivos específicos

- Proponer y diseñar diferentes tipos de muestreo tipo aceptación/rechazo para lotes de cítricos en viveros del Valle del Cauca.
- Validar los diseños muestrales por medio de simulación teniendo en cuenta confianza y costo del muestreo.
- Estimar la cantidad de plantas infectadas con el virus de la tristeza.

# Variable de interés

Nuestra variable de interés se puede definir de la siguiente manera:

$$X = \begin{cases} 1 & \text{si la planta esta infectada} \\ 0 & \text{si la planta no esta infectada} \end{cases}$$

## Variable de interés

Para llegar a la variable de interés definida anteriormente, se lleva a cabo una prueba de laboratorio en la cuál se pueden medir hasta 45 muestras de tejido de plantas, donde se obtiene al final una coloración en el recipiente, a esta coloración se le hace una lectura visual o colorimétrica, usualmente se utiliza más la medida colorimétrica por ser mas objetiva, esta se obtiene con un valor de absorbancia, que corresponde en pocas palabras a una cuantificación de la percepción del color. Se encuentra de la siguiente manera:

$$A_{\lambda} = -\log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

Donde:

$I$  es la intensidad de la luz con una longitud de onda específica  $\lambda$  tras haber atravesado una muestra (intensidad de la luz transmitida).

$I_0$  es la intensidad de la luz antes de entrar a la muestra (intensidad de la luz incidente).



# Antecedentes

## Antecedentes contextuales

1. Epidemiología de Plum pox virus y citrus tristeza virus en bloques de plantas de vivero. Métodos de control.(2010)[3]
2. Enfermedades causadas por Phytophthora en viveros de plantas ornamentales.(2012)[8]
3. Phytophthora community structure analyses in Oregon nurseries inform systems approaches to disease management.(2014)[7]
4. El Virus de la Tristeza de los Citricos (CTV) en Plantaciones Comerciales y Viveros de la República Dominicana.(2008)[5]
5. Ocurrencia de Huanglongbing (Candidatus Liberibacter asiaticus) y su vector [Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)] en viveros de cítricos de Masaya.(2018)[4]

# Antecedentes

## Antecedentes estadísticos

1. Monitorización del cumplimiento del protocolo de mantenimiento de la cateterización venosa mediante el método LQAS.(2004)[1]
2. Using lot quality assurance sampling to improve immunization coverage in Bangladesh.(2001)[9]
3. Evaluación, mejora y monitorización de la adecuación de ingreso y estancia en Medicina Interna con el muestreo de aceptación de lotes.(2000)[2]
4. Field trial of applicability of lot quality assurance sampling survey method for rapid assessment of prevalence of active tracoma.(2003)[6]

# Marco Teórico

El marco teórico está compuesto por algunas definiciones y teorías tanto contextuales como estadísticas necesarias en la investigación.

## Marco conceptual

- Vivero: Toda porción de terreno o medio de cultivo dedicado a la multiplicación de plantas, a su crianza o a su conservación.
- Lote: Conjunto de unidades de un solo producto básico, identificable por su composición homogénea, origen, etc., que forma parte de un envío [FAO, 1990]
- Plaga: Cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales [FAO 1990; revisado FAO, 1995; CIPF, 1997]
- Prueba: Examen oficial, no visual, para determinar la presencia de plagas o para identificar tales plagas [FAO, 1990]

# Marco Teórico

## Marco conceptual

- Virus de la tristeza: El virus de la tristeza de los cítricos (Citrus tristeza virus, CTV) causa una de las enfermedades más dañinas de este cultivo.). Se refiere al decaimiento observado en muchas especies de cítricos injertados sobre patrones de Citrus aurantium (naranja amarga) o de Citrus limon (limonero); algunas cepas del CTV inducen otros síndromes, como acanaladuras o picado del tallo, enanismo, menor productividad y baja calidad del fruto en muchos cultivares comerciales, incluso en ejemplares injertados sobre patrones tolerantes a la tristeza.
- Huanglongbing(HLB):Es una de las enfermedades más peligrosas y temidas por las pérdidas productivas y económicas que ocasiona. Las plantas jóvenes afectadas no entran nunca en producción y las plantas adultas dejarán de producir pocos años después de que se manifiesta la enfermedad. En las plantas de vivero infectadas, los síntomas pueden ser esporádicos e inconsistentes aunque un porcentaje alto de plantas se encuentren contaminadas.

# Marco Teórico

## Marco conceptual

- **Leprosis:** Enfermedad viral que se trasmite por ácaros del genero *Brevipalpus* spp. La leprosis es causada por un virus, que es transmitido por un ácaro o arañuela, es una enfermedad en los naranjos, mandarinas y otros cítricos. Primero salen manchas amarillas en las hojas y frutos. En los tallos las manchas son de color café con grietas, el árbol va muriendo gradualmente y el daño más importante es la caída prematura de los frutos, a su vez las manchas en los frutos bajan el valor de los mismos.
- **Exocortis:** Es una enfermedad producida por el viroide de la exocortis de los cítricos (CEVd), un agente patógeno mucho más pequeño que los virus. Se caracteriza por la aparición de escamas y grietas verticales en la corteza, manchas amarillas en los brotes tiernos y enanismo, en especies sensibles.

# Marco Teórico

## Marco estadístico

- Muestreo: Es el proceso mediante el cuál se extrae un conjunto de unidades ó individuos de una población con el objetivo de analizarlos e intentar caracterizar el total de la población. Existen dos tipos de muestreo desde el punto de vista estadístico:
- Muestreo probabilístico: Todos los elementos de la población deben tener la misma probabilidad de ser seleccionados. Dentro de este tipo de muestreo tenemos los siguientes:
- Muestreo Aleatorio Simple (MAS): Se trata de un procedimiento de selección con probabilidades iguales que consiste en obtener la muestra unidad a unidad de forma aleatoria.
- Muestreo sistemático: El muestreo sistemático consiste en retirar una muestra de las unidades del lote a intervalos fijos y predeterminados. Sin embargo, la primera selección debe hacerse al azar en el lote. Dos ventajas de este método son que una maquinaria podrá automatizar el proceso de muestreo y que sólo se requiere utilizar un proceso aleatorio para seleccionar la primera unidad.

# Marco Teórico

## Marco estadístico

- Muestreo estratificado: El muestreo estratificado consiste en separar el lote en subdivisiones distintas (es decir, en estratos) para luego extraer unidades de muestra de todas y cada una de las subdivisiones. Dentro de cada subdivisión, las unidades de muestra se retiran utilizando un método particular (sistemático o aleatorio). En ciertos casos, se podrán tomar distintos números de unidades muestrales de cada subdivisión; por ejemplo, el número de muestras podrá ser proporcional al tamaño de la subdivisión o podrá basarse en conocimiento previo sobre la infestación de las subdivisiones.
- Muestreo secuencial: El muestreo secuencial consiste en retirar una serie de unidades de muestra utilizando uno de los métodos anteriores. Después de retirar cada muestra (o grupo), se acumulan los datos y se comparan con rangos predeterminados, para decidir si se aceptará o rechazará el lote, o si se continuará con el muestreo.

# Marco Teórico

## Marco estadístico

- Muestreo por conglomerados: Es una técnica utilizada cuando hay agrupamientos "naturales" relativamente homogéneos en una población estadística. En esta técnica, la población total se divide en estos grupos (o clusters) y una muestra aleatoria simple se selecciona de los grupos.
- Muestreo no probabilístico: No se conoce la probabilidad que tienen los diferentes elementos de la población de estudio de ser seleccionados. Dentro de este tipo de muestreo tenemos los siguientes:
- Muestreo de conveniencia: El muestreo de conveniencia consiste en seleccionar las unidades más convenientes (por ejemplo, las más accesibles, económicas, rápidas) del lote, sin seleccionar las unidades en forma aleatoria o sistemática.



# Marco Teórico

## Marco estadístico

- Muestreo arbitrario: El muestreo arbitrario consiste en seleccionar unidades arbitrarias sin utilizar un verdadero proceso de aleatoriedad, lo cual suele parecer aleatorio debido a que el inspector no está consciente de ningún sesgo en la selección. Sin embargo, puede existir un sesgo inconsciente, de modo que se desconoce en qué medida la muestra es representativa del lote.
- Muestreo selectivo o dirigido: El muestreo selectivo consiste en seleccionar deliberadamente muestras de las partes del lote que más probabilidad tienen de estar infestadas o en seleccionar unidades que están obviamente infestadas, para aumentar la probabilidad de detectar una plaga reglamentada específica. Este método podrá depender de inspectores que tengan experiencia con el producto y que conozcan bien la biología de la plaga.

# Marco Teórico

## Marco estadístico

- Muestreo de aceptación: Es un procedimiento para obtener información de un proceso (población) con base en cierto número de observaciones (muestra), con la finalidad de inferir la calidad de dicho proceso. Escalante (2006).

El procedimiento estadístico del muestreo de aceptación se basa en la metodología de la prueba de hipótesis. Las hipótesis nula y alternativa son las siguientes:

$H_0$  : *La calidad del lote es buena*

$H_a$  : *La calidad del lote es mala*

# Marco Teórico



# Marco Teórico

## Marco estadístico

El muestreo de aceptación puede dividirse en dos tipos fundamentales dependiendo de la característica observada:

- Muestreo por atributos: cuando en la inspección los artículos se dividen en defectuosos y en no defectuosos, según cumplan con un conjunto de requerimientos.
- Muestreo por variables: cuando en la inspección se mide una variable cuantitativa: longitudes, pesos... y se evalúa la distancia entre dicha cantidad y la requerida en las especificaciones.

En el muestreo de aceptación se utilizan principalmente tres distribuciones de probabilidad dependiendo del tamaño del lote (grande o pequeño), las distribuciones utilizadas son la Hipergeométrica, la Poisson y la Binomial.

# Marco Teórico

## Marco estadístico

- Distribución hipergeométrica: La distribución hipergeométrica es fundamental para gran parte del muestreo de aceptación. Es aplicable cuando se muestrea una característica de atributo de un lote finito ó pequeño sin reemplazo. Su función de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{\binom{N_p}{x} \binom{N_q}{n-x}}{\binom{N}{n}}$$

Donde;

N es el tamaño del lote,  $N > 0$

p es la proporción defectuosa en el lote,  $p = 0, 1/N, 2/N, \dots, 1$

q es la proporción efectiva en el lote,  $q = 1-p$

n es el tamaño de la muestra,  $n = 1, 2, \dots, N$

x es el número de ocurrencias,  $x = 0, 1, 2, \dots, n$

# Marco Teórico

## Marco estadístico

- Distribución binomial: Es la distribución más utilizada en el muestreo de aceptación. Complementa la hipergeométrica en el sentido de que se emplea al muestrear una característica de atributo de un lote (o proceso) infinito ó grande, o un lote finito cuando se toma una muestra con reemplazo. Su función de probabilidad es:

$$f(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} = \binom{n}{x} p^x q^{n-x}$$

Donde;

$n$  es el tamaño de la muestra,  $n > 0$

$p$  es la proporción defectuosa,  $0 \leq p \leq 1$

$q$  es la proporción efectiva,  $q = 1-p$

$x$  es el número de ocurrencias,  $x = 0, 1, 2, \dots, n$

# Marco Teórico

## Marco estadístico

- Distribución poisson: La distribución de Poisson se utiliza para calcular las características de los planes de muestreo, que especifican un número dado de defectos por unidad, como el número de remaches defectuosos en el ala de un avión o el número de piedras permitido en un pedazo de vidrio de un tamaño determinado. El parámetro en la distribución de Poisson es simplemente  $\mu$ . Su función de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{\mu^x e^{-\mu}}{x!}$$

Donde;

$\mu$  es el número medio de defectos,  $\mu > 0$

$x$  es el número de ocurrencias,  $x = 0, 1, 2, \dots$

# Marco Teórico

## Marco estadístico

- Curva característica de operación: La curva característica es un gráfico que expresa, para un plan de muestreo concreto, la probabilidad de aceptar un lote en función del porcentaje  $p$  de artículos defectuosos existentes en el lote. En esta gráfica se resume la eficacia de un procedimiento de muestreo de aceptación.



# Metodología

## Propuesta

- Definición del caso
- Criterio de aceptación/rechazo
- Enfermedades (asintomáticas – no asintomáticas)
- Tipos de vivero (con regulaciones – sin regulaciones)
- Tipo de muestreo
- Simulación
- Análisis y validación del muestreo



E. Abad Corpa, Leal Llopis, A. J., Paredes Sidrach de Cardona, and A. García Palomares.

Monitorización del cumplimiento del protocolo de mantenimiento de la cateterización venosa mediante el método Iqas.

*Enfermería global*, 2004.



José A Andreo, Matilde Barrio, Rosa M Ramos, Miguel Torralba, Faustino Herrero, and Pedro J Saturno.

Evaluación, mejora y monitorización de la adecuación de ingreso y estancia en medicina interna con el muestreo de aceptación de lotes.

*Revista de Calidad Asistencial*, 2000.



EDUARDO VIDAL IZQUIERDO.

*Epidemiología de Plum pox virus y Citrus tristeza virus en bloques de plantas de vivero. Métodos de control.*

PhD thesis, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, Valencia, 2010.



Carlos Joel Melgara Maradiaga.

Ocurrencia de huanglongbing (candidatus liberibacter asiaticus) y su vector [diaphorina citri kuwayama (hemiptera: Liviidae)] en viveros de cítricos de masaya.

Master's thesis, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA, 2018.



Luís Matos and Julio Borbón.

El virus de la tristeza de los citricos (ctv) en plantaciones comerciales y viveros de la república dominicana.

*CARIBBEAN FOOD CROPS SOCIETY*, 2008.



Mark Myatt, Hans Limburg, Darwin Minassian, and Damson Katyola.

Field trial of applicability of lot quality assurance sampling survey method for rapid assessment of prevalence of active trachoma.

*Bulletin of the World Health Organization*, 2003.



Jennifer L. Parke, Brian J. Knaus, Valerie J. Fieland, Carrie Lewis, and Niklaus J. Gr'unwald.

Phytophthora community structure analyses in oregon nurseries inform systems approaches to disease management.

*PHYTOPATHOLOGY*, 2014.



A. PÉREZ-SIERRA, B. MORA-SALA, M. LEÓN,  
J. GARCÍA-JIMÉNEZ, and P. ABAD-CAMPOS.

Enfermedades causadas por phytophthora en viveros de plantas ornamentales.

*Boletín de Sanidad Vegetal Plagas, 2012.*



Youssef Tawfik, Shamsul Hoque, and Mizan Siddiqi.

Using lot quality assurance sampling to improve immunization coverage in bangladesh.

*Bulletin of the World Health Organization, 2001.*