

SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AGROCLIMÁTICAS PARA LOS
CULTIVOS DE AGUACATE HASS EN EL VALLE DEL CAUCA

JUAN ESTEBAN RESTREPO TEJADA
JUAN DAVID DIAZ TELLEZ

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA CATÓLICA LUMEN GENTIUM
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍAS
INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI

2020

SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AGROCLIMÁTICAS PARA LOS
CULTIVOS DE AGUACATE HASS EN EL VALLE DEL CAUCA

JUAN ESTEBAN RESTREPO TEJADA
JUAN DAVID DIAZ TELLEZ

Proyecto presentado para optar al título de Ingeniero Industrial
Director del trabajo de grado

NESTOR MAURICIO CASTAÑEDA
Magister Ingeniería Industrial

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA CATÓLICA LUMEN GENTIUM
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍAS
INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI

2020

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la familia por apoyarnos en cada decisión y proyecto, gracias a la universidad, por habernos permitido formarnos en ella y a todas las personas que fueron partícipes de nuestro proceso.

Gracias a Dios por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso arduo de obtener uno de los anhelos más deseados.

agradecimientos al tutor de este proyecto el Ing. Mauricio Castañeda por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a nuestras sugerencias e ideas, por la dirección y el rigor que ha facilitado a las misma.

Agradecimiento a la Ing. Charlotte M. Burbano por su entrega, compromiso y acompañamiento en el proyecto

Gracias a mis amigos, que siempre me han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo y esta profesión.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	12
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	15
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 JUSTIFICACIÓN	17
3.1 ALCANCE	17
3.2 LIMITACIONES	18
3.3 IMPACTOS ESPERADOS	18
3.3.1 Social	18
3.3.2 Económico	19
3.3.3 Ambiental	20
4 ESTADOS DEL ARTE	22
4.1 SISTEMA DE CONTROL DE VARIABLES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	22
4.2 DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES CLIMATICAS QUE AFECTAN AL CULTIVO DE CAFÉ, EL LA PLANTACION ASOPROCCSI.	22
4.3 LA TECNIFICACION COMO HERRAMIENTA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA AGRICULTURA.	23
4.4 VARIABLES AGROCLIMÁTICAS QUE MÁS INFLUYEN EN LOS CULTIVOS DE AGUACATE HASS	24
4.4.1 Temperatura	24
4.4.2 Humedad relativa	24
4.4.3 Precipitacion	25

4.4.4 Viento	25
4.4.5 Altitud	25
4.4.6 Requerimientos de suelo	26
4.4.7 Enfermedades y su manejo	27
5 MARCO REFERENCIAL	28
5.1 MARCO CONTEXTUAL	28
5.2 MARCO CONCEPTUAL	29
5.3 MARCO JURÍDICO	30
5.4 MARCO TEORICO	31
5.4.1 Ingeniería de métodos	32
5.4.2 Enfoque por procesos	33
5.4.3 Buenas prácticas agrícolas: manejo integrado de cultivos	35
5.4.4 Desarrollo sostenible	43
5.4.5 Monitoreo y control	44
5.4.6 Sistemas de preparación de suelo	45
5.4.7 Epidemiología sanitaria	46
6 DISEÑO METODOLÓGICO	47
6.1 TIPO DE ESTUDIO	47
6.1.1 Estudio descriptivo	47
6.1.2 Estudio exploración	47
6.2 METODO DE INVESTIGACION	47
6.2.1 Método cuantitativo	47
6.2.2 Administración de la información	48
7 RESULTADOS	49
7.1 PROCESO PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE AGUACATE HASS	49
7.2 CONSOLIDACION REQUERIMIENTOS	51

7.3 SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES AGROCLIMATICAS PARA LOS CULTIVOS DE AGUACATE HASS	51
7.3.1 Selección del terreno	52
7.3.2 Siembra	61
7.3.3 Monitoreo y control	82
7.3.4 Cosecha	91
7.4 VERIFICACION DEL SISTEMA	96
7.4.1 validación selección terreno	96
7.4.2 validación siembra	97
7.4.3 validación monitoreo y control	98
7.4.4 validación cosecha	98
7.4.5 validación sistema	98
8 CONCLUSIONES	100
9 RECOMENDACIONES	102
REFERENCIAS	103
ANEXOS	107

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama Causa-Efecto. Fuente: Creación Propia	15
Figura 2 Influencia de la altura sobre la forma y aspecto de la epidermis del fruto del aguacate cv. Hass.	26
Figura 3 Método sistemático de mejora de procesos	34
Figura 4 Balanza de riegos físicos	37
Figura 5 . Esquema de Riegos químicos	37
Figura 6 Esquema riegos biológicos	38
Figura 7 Esquema desarrollo sostenible.	44
Figura 8 Forma del aguacate hass	49
Figura 9 Diagrama de producción Aguacate Hass.	50
Figura 10 Diagrama de actividades por procesos	50
Figura 11 Diagrama proceso de selección de lote	53
Figura 12 Diagrama proceso altitud.	54
Figura 13 Diagrama proceso PH y Humedad del suelo.	57
Figura 14 Diagrama proceso Tipo de Suelo.	58
Figura 15 .Diagrama proceso vientos.	60
Figura 16 Diagrama proceso siembra	62
Figura 17 . Diagrama proceso adquisición material vegetativo	63
Figura 18 Diagrama proceso sistema de siembra	65
Figura 19 Sistema en cuadro	66
Figura 20 Sistema Tresbolillo o Hexagonal.	67
Figura 21 Diagrama proceso hoyado	69
Figura 22 Diagrama proceso siembra planta	71
Figura 23 Siembra planta de Aguacate Hass	72
Figura 24 Diagrama proceso fertilización	73
Figura 25 Diagrama proceso riego.	79
Figura 26 Diagrama proceso poda.	80
Figura 27 . Diagrama proceso Monitoreo y Control	83

Figura 28 . Diagrama proceso Temperatura	87
Figura 29 Diagrama proceso Humedad del suelo.	88
Figura 30. Diagrama proceso PH del suelo. Fuente: Elaboración propia	89
Figura 31. Diagrama de procesos medición de vientos.....	90
Figura 32 Diagrama proceso Cosecha.....	91
Figura 33 Diagrama proceso Recolección	93
Figura 34 Diagrama proceso Manejo Postcosecha.....	95

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Generación de empleo sector aguacatero.	19
Tabla 2 .Variables agroclimáticas para los cultivos de aguacate Hass. Fuente: Elaboración propia.....	51
Tabla 3 Altitudes en el Valle del Cauca por Municipio. Fuente: Elaboración propia	55
Tabla 4 Vientos por municipio Valle del cauca. Fuente: Elaboración propia	59
Tabla 5 Sistema de siembra	67
Tabla 6 Capacidad de siembra en 1 hectárea.....	68
Tabla 7 Recomendación por tipo de suelo.	70
Tabla 8 Nutrientes necesarios para el árbol de aguacate Hass.	74
Tabla 9 Nutrientes del suelo por municipio del Valle del Cauca	75
Tabla 10 Caracterización del nutriente en el suelo.....	76
Tabla 11.Reconocimiento de categoría de nutrientes de la tierra.....	76
Tabla 12. Razones por las que los árboles no son saludables.....	84
Tabla 13. Síntomas y causas en los árboles de Aguacate Hass	85
Tabla 14. Folleto plagas y enfermedades	86
Tabla 15.Comparativo de requerimientos para la selección del terreno	97

INTRODUCCION

De acuerdo con (Grajales Guzmán, 2017) El mundo está demandando más aguacate Hass y Colombia es el quinto productor de esta variedad, sin embargo, existen obstáculos que separan al país de la meta de exportación planteada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y de no ser superadas pueden dejar al país por fuera del negocio.

Según los datos del MADR el área sembrada con aguacate en Colombia es de 28.000 hectáreas con lo que se logra con una producción anual de 250.000 toneladas de las cuales la variedad Hass tiene 10.500 hectáreas sembradas y su producción anual es de 47.000 mil toneladas lo que representa el 38% del total de la producción a nivel nacional,

Corpo Hass es la corporación de productores y exportadores de Aguacates Hass en Colombia y han publicado una investigación de (Grajales Guzmán, 2017) en donde se indica que esta variedad es la que tiene mayor potencial en el mercado internacional ya que en este momento se consume aguacate colombiano en Holanda, Reino Unido, España y Francia, El consumo del aguacate en EE. UU. ha registrado un crecimiento del 100% en los últimos cinco años, 11% solo en el 2015. Sin embargo, el MADR indica que La inversión e implementación en la tecnificación de la agricultura en Colombia ha sido baja en comparación a otros sectores económicos, siendo este uno de los principales afectados por los conflictos geopolíticos internos del país y por esta razón la llegada de la tecnología y de la academia ha sido limitada por ello el crecimiento ha sido basado de forma empírica. La presente investigación es un aporte para disminuir el rezago tecnológico presente en la actualidad en el sector agrícola de Colombia, más específicamente en los cultivos de aguacate Hass mediante el diseño de un sistema que permita realizar un monitoreo a las variables ambientales que más influyen en la producción del aguacate.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, el sector agrícola colombiano se perfila como uno de los más productivos y competitivos del país, gracias a los avances que se han realizado en materia de desarrollo científico y tecnológico, al fortalecimiento de la infraestructura básica y el acceso a recursos productivos y financieros (procolombia, 2017) este avance tecnológico ha sido evidenciado inminente en las últimas décadas, el posicionamiento de la tecnología ha sido cada vez mayor, de la misma forma más personas, empresas, instituciones entre otros hacen uso de esta (Orlando & Poveda, 2019) A pesar del crecimiento actual, Colombia se encuentra en un nivel intermedio de adquisición y aplicación de nuevas tecnologías.

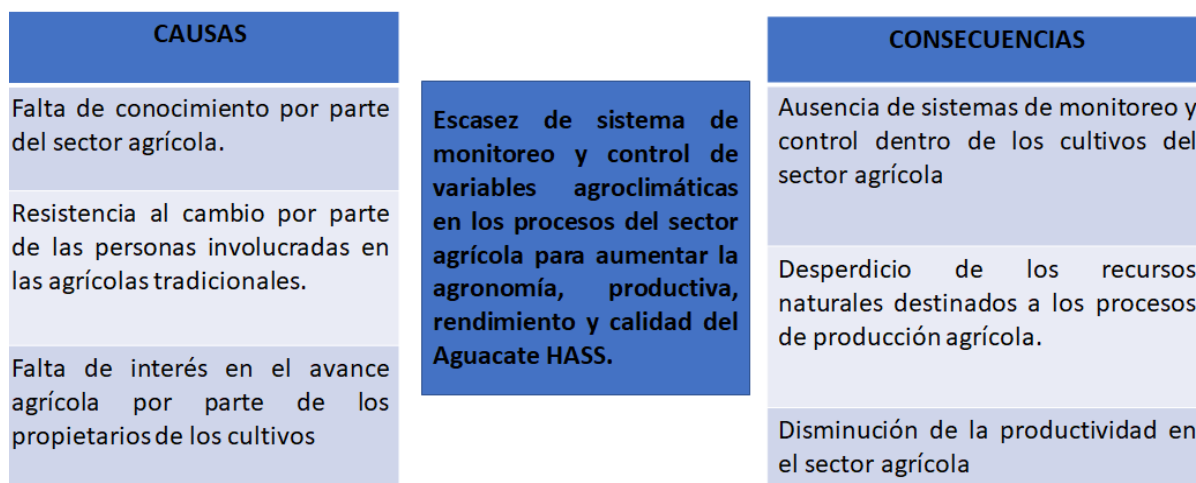
Según (García González & Quiroga Carrillo, 2017) se tiende a pensar que el atraso económico de Colombia es producto del conflicto armado, que ha entorpecido el aprovechamiento de las cualidades del territorio, sobre todo en el sector agrícola. Debido a esto se presenta un rezago en materia de tecnificación en dicho sector, específicamente para el sector aguacatero en su variedad Hass, el ochenta por ciento (80%) de los productores cerca de 60.000, del estado no han integrado nuevas tecnologías a sus procesos productivos, tal como reconoció el Gobierno (Secretaría de Agricultura, 2006), por otro lado, la (Revista Dinero, 2015) muestra que la tecnificación presente en el sector agropecuario de Colombia, ha llegado por parte de las grandes empresas que conforman este sector, ya que cuentan con la capacidad de invertir en nuevas tecnologías de sus campos logrando así un apoyo técnico, que suministra información para monitorear, seguir y controlar el estado de sus diversos procesos dando información precisa para la toma de decisiones.

En el caso de las pequeñas y medianas empresas del sector, no todas cuentan con la capacidad económica de invertir en la tecnificación de sus campos, es debido a lo anterior que los métodos de producción empleados por los cultivadores son en su mayoría empíricos, lo cual aumenta al sesgo tecnológico presente en el sector. El sector agrícola de Colombia presentó un reciente crecimiento en la exportación del Aguacate Hass, dicha producción incrementa cada año debido a su alta

demanda, anualmente el consumo de aguacate en el mundo crece un 3% según (Aliende Povedano & De Oro Martinez, 2011) Para ilustrar mejor este crecimiento, para el Super Bowl del 2020 un total de 541 toneladas de Aguacate Hass Colombiano fueron enviadas a Estados Unidos, entre diciembre 2019 y enero 2020 presentando un aumento de 404%, respecto a los mismos meses de 2018-2019. (Minagricultura, 2020) Considerando este aumento en la demanda, invertir en la tecnificación del campo para mejorar la productiva y calidad del Aguacate Hass se ha vuelto una necesidad. La ausencia de tecnificación en el campo trae consigo consecuencias negativas, según el (ICA, 2012) el establecimiento y la diseminación de las enfermedades en un huerto de aguacate obedece a un mal manejo del cultivo y esto genera afectaciones a la productividad y calidad de los mismo, debido a que se ve limitada por la incorrecta gestión que se da a estos.

En vista de aportar a la necesidad de tecnificación presente y concientizar a los cultivadores frente a las nuevas tecnologías, se llevó a cabo esta propuesta de investigación, en la cual se hace el interrogante de cómo debe ser un sistema de producción para los cultivos de aguacate Hass y para esto se levantó información cualitativa de los requerimientos de los cultivos de aguacate Hass y los métodos de producción, ya que en la actualidad no se cuenta con asistencia técnica con respecto a estas prácticas de producción. Es por esto que resulta relevante visibilizar esta práctica, analizar esta temática y sentar las bases para que abra el camino a otras modalidades para los cultivos de Aguacate Hass.

Figura 1. Diagrama Causa-Efecto. Fuente: Creación Propia



Fuente: Los autores

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Como debe ser un manual para el cultivo de aguacate Hass con el apoyo de un sistema de monitoreo y control de variables agroclimáticas?

1.2 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cuáles son las variables agroclimáticas que más influyen en los cultivos de aguacate Hass?
- ¿Como debe ser un manual para el cultivo de aguacate Hass con el apoyo de un sistema de monitoreo y control de variables agroclimáticas?
- ¿Cómo verificar el funcionamiento del sistema de monitoreo y control de variables agroclimáticas para los cultivos de aguacate Hass?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de monitoreo y control de variables agroclimáticas, que facilite a las empresas del sector aguacatero la gestión de sus cultivos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las variables agroclimáticas que más influyen en los cultivos de aguacate Hass.
- Elaborar un sistema que permita el monitoreo y control de las variables agroclimáticas para cultivos de aguacate a partir de un manual.
- Verificar el funcionamiento del sistema de monitoreo y control de variables agroclimáticas para los cultivos de aguacate Hass.

3 JUSTIFICACIÓN

3.1 ALCANCE

El sector aguacatero en Colombia con su variedad HASS, ha tenido un crecimiento de demanda a nivel comercial en los últimos años gracias a un producto con el cual se pueden asegurar buenos rendimientos económicos que contribuyan tanto a nivel productivo como financiero, dicho producto se comporta muy bien en alturas superiores a los 500 metros sobre nivel del mar (msnm) (dependiendo de los materiales), lugares donde el conflicto social es más agudo en Colombia, lo anterior hace que el cultivo merezca una particular atención para que pueda seguir ocupando su lugar en el ámbito nacional y ser la alternativa para el pequeño productor o campesino colombiano destacando que generalmente los cultivos de aguacate se encuentra en manos de estos pequeños productores los cuales presentan un alto nivel de analfabetismo y ausencia de aplicación de altas tecnologías.(Londoño Z, 2008)

En cuanto a los métodos empleados para la producción de aguacate Hass en los cultivos son muy empíricos, lo cual ha generado una mala gestión de los mismos y esto a su vez enfermedades en los árboles, Las enfermedades están entre los factores que más limitan la productividad y la vida útil del árbol de aguacate Hass, por lo que la importancia de un organismo fitopatógeno puede estar dada por la distribución y la severidad del daño que ocasiona (Hass, 2016). En general, el establecimiento y la diseminación de las enfermedades en un cultivo de aguacate obedecen a un mal manejo del cultivo (ICA, 2012)

Es debido a lo anterior que se busca mediante esta investigación indagar acerca del proceso de producción de aguacate Hass y las variables agroclimáticas presentes que intervienen en este, brindando una herramienta que apoye las buenas prácticas de cultivo y aporte al sesgo tecnológico actual.

El trabajo incluye un estudio de los cultivos de aguacate Hass, donde se identificaron los procesos, los métodos de trabajo y las distintas variables agroclimáticas que afectan a estos con el objetivo de tener conocimiento de la forma

de producción actual; después se presenta una estandarización de los procesos de fabricación por medio de un manual y haciendo uso de un sistema de monitoreo y control de variables agroclimáticas.

Este trabajo no tiene como objetivo una implementación ni adecuaciones ni diseños de maquinarias.

3.2 LIMITACIONES

Una de las limitaciones de esta investigación es el acceso a la información debido a que hasta el momento los procesos de producción en el campo se manejan de forma empírica por los cultivadores y es debido a esto que en la actualidad existe ausencia de documentación de apoyo para llevar a cabo la investigación de estos procesos de producción

Otra de las limitaciones de esta investigación es la dificultad para el acceso a cultivos de aguacate Hass debido a que estos cultivos se encuentran fuera del perímetro urbano dificultando así tanto el acceso a estos como alianzas con los cultivadores para realizar la investigación en el campo.

Además, por las directrices implantadas por el gobierno colombiano ante la situación de salud mundial ocasionada por el virus covid-19, se tuvieron restricciones en el momento de llevar a cabo trabajos de campo para la recopilación de información del proyecto, debido a políticas establecidas en el decreto 457.

3.3 IMPACTOS ESPERADOS

Con este trabajo de investigación se pretende aportar desde distintos ámbitos tales como el social, económico y ambiental.

3.3.1 Social

De ser llevado a cabo el monitoreo y control de variables agroclimáticas dentro de los cultivos de aguacate Hass puede generar la tecnificación del campo facilitando a los cultivadores la correcta gestión de sus cultivos además de la disminución de esfuerzo físico que se requiere para el cuidado de estos teniendo así una mejora en las condiciones de trabajo lo cual supone un impacto social positivo, además generación de conocimiento a partir de nuevas prácticas y métodos de producción, esto generando a la vez empleos para la sociedad.

Como se evidencia en la Tabla 1 la generación de empleo marca una tendencia de crecimiento durante los últimos años, esto relacionándose al incremento de la productividad y comercialización.

Tabla 1 Generación de empleo sector aguacatero.

Tipo de empleo	2015	2016	2017	2018
Directo	12.034	12.850	13.107	13.631
Indirecto	36.102	38.550	39.321	40.894
Total empleo aguacate	50.150	53.416	54.445	54.525

Fuente: Indicadores e instrumentos monetarios. Minagricultura 2018

3.3.2 Económico

Al llevar a cabo el monitoreo y control de las variables que afectan a los cultivos se está teniendo una correcta utilización de los recursos, lo cual permite una disminución en los costos de producción, siendo lo anterior un impacto económico grande para el sector aguacatero, destacando también que la correcta utilización de los recursos aporta a la disminución de pérdidas por enfermedades presentes en los cultivos, lo cual puede incurrir en aumentos de producción debido a la fortaleza del árbol, y a la vez incremento en la calidad del producto el cual puede tener un alce en su costo de venta.

Un producto de mayor calidad podría abrir campo a un mercado más amplio debido a lo apetecido que es el aguacate Hass como producto de exportación, tal y como se ha venido evidenciando, en los últimos años las exportaciones han incrementado exponencialmente pasando de 1.760 toneladas en 2014 a 28.487 en 2017 (Minagricultura, 2000); esta ampliación en el mercado trae consigo grandes beneficios para el PIB del país en el cual el aguacate Hass tiene un aporte significativo en el momento.

El aguacate es cada vez un producto más demandado en todo el mundo; Y si bien la demanda mundial ha impulsado nuestra producción, la tecnología ha jugado un papel determinante en permitir que llegue a nuevos destinos y comience a perfilarse

como un producto de exportación insignia para Colombia, afirmó Juan Camilo Vásquez, para la revista Las2Orillas (Luisa Cardona, 2018), lo cual despierta el interés cada vez en más personas hacia la inversión en este sector, tanto así que las importaciones de este producto han disminuido en un 96% en los últimos 4 años pasando de 3.128 toneladas en el 2014 a 133 toneladas en el 2017 (Minagricultura, 2000).

3.3.3 Ambiental

Dentro de los impactos ambientales que genera la producción de aguacate Hass se evidencia un daño a los recursos naturales; como el aire, el agua, y el suelo. Esto, debido al uso intensivo de agroquímicos, los cuales son una mezcla de diferentes productos químicos que se utilizan en la agricultura para proteger los cultivos contra insectos, hongos, plagas y enfermedades. Si bien, el uso de plaguicidas, herbicidas y fungicidas ayudan a prevenir y proteger los cultivos de plagas para poder tener una cosecha de calidad, éstos emiten diferentes sustancias tóxicas que contribuyen a una baja calidad del ambiente y de la salud humana (Álvarez Vélez & Monsalve, 2019).

Estos pueden tener efectos perjudiciales para la salud, como provocar cáncer, alteraciones en los sistemas reproductivo, inmunitario y nervioso, asimismo, por el consumo de sustancias tóxicas que ponen en riesgo la seguridad alimentaria de los productos.

Al llevar a cabo la correcta gestión de los cultivos se genera un aporte a la mitigación del impacto ambiental negativo producido por los cultivos de aguacate mencionados anteriormente, esto debido a que la aparición de enfermedades en el árbol se presenta debido al exceso o la ausencia de las variables agroclimáticas, el control de estas variables permite la pronta evaluación del estado de los cultivos, para tomar acciones correctivas ante el desarrollo de enfermedades del árbol, disminuyendo de esta forma el uso de agroquímicos como lo son los plaguicidas, herbicidas y fungicidas.

Además, esta evaluación de los cultivos es de apoyo para reconocer las necesidades del cultivo para evitar el uso innecesario de materia prima utilizada

dentro del proceso productivo del cultivo, con lo anterior se favorece al ecosistema, la calidad de vida de los trabajadores y de los consumidores del producto final.

4 ESTADOS DEL ARTE

4.1 SISTEMA DE CONTROL DE VARIABLES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

(Darío et al., 2015) Este proyecto se desarrolló en el SENA de CARTAGO a cargo del semillero de investigación TECNONET. Este consistió en la implementación de un sistema de control de variables de temperatura y humedad relativa para el invernadero del laboratorio de agromática. Dada la susceptibilidad a enfermedades por parte del cultivo de tomate se requiere de un monitoreo permanente y acciones de control para su conservación, las cuales se fundamentaron en la ficha de caracterización tomate milano variedad Santa Clara para que a través del desarrollo de un aplicativo SICLA en C# pueda ser monitoreado y controlado vía Web. La implementación del sistema realizado bajo invernadero permitió reducir el impacto generado por altos niveles de humedad y presencia de insectos.

Los resultados que se analizaron del trabajo realizado por el semillero de investigación TECNONET sirvieron como guía en esta investigación para determinar el proceso de fabricación e implementación de un sistema de control de variables de temperatura y humedad. Durante este análisis se evidencio los actuadores y sensores empleados para el sistema de control de variables de humedad relativa y temperatura, los cuales permitieron el monitoreo y control de las variables y su respectiva comunicación inalámbrica para un entorno Web donde se obtiene la telemetría de estos. Adicionalmente se identificó que su funcionalidad es acorde a los requerimientos del invernadero, a un costo más bajo que el usar otras tecnologías alternativas como controladores lógicos programables.

4.2 DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES CLIMATICAS QUE AFECTAN AL CULTIVO DE CAFÉ, EL LA PLANTACION ASOPROCCSI.

(Buri et al., 2018) En este proyecto se evidencia el diseño e implementación de una red de sensores inalámbricos, utilizando protocolos ZigBee y GPRS. Para el control de variables climáticas incidentes en la producción de un cafetal, con la finalidad de

desarrollar un sistema de bajo costo, energéticamente autosustentable y simplicidad HMI para el agricultor al momento de evaluar las condiciones climáticas en la plantación, sirviendo estas para facilitar la facultad de tomar en cuanto a medidas preventivas y correctivas correspondan, optimizando el desarrollo y producción de café.

Durante este análisis se evidencio los trabajos previos realizados en diferentes zonas agrícolas utilizando un software comercial en el diseño de su interfaz para el monitoreo de variables climáticas, siendo estos instrumentos aplicados en la medición de un invernadero de tomate de riñón, orquídea, etc.

4.3 LA TECNIFICACION COMO HERRAMIENTA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA AGRICULTURA.

(Orlando & Poveda, 2019) este proyecto de grado tiene como objetivo demostrar cómo el correcto uso de una tecnificación permite aumentar la productividad de una actividad económica o bien de un sector completo. ya que La ciencia y la tecnología demostraron su importancia y su capacidad para lograr ese aumento de productividad y competitividad los objetivos en que se apoyó el trabajo de fueron los siguiente:

- Caracterización del sector agropecuario y su nivel de tecnificación en el mundo.
- La tecnificación y su nivel en el sector agropecuario mundialmente.
- Caracterización del sector agropecuario e identificación de los procesos de tecnificación del campo, usados en los cultivos agropecuarios en Colombia.
- Caracterización del sector agropecuario en Colombia.
- Procesos de tecnificación implementados en los cultivos colombianos.
- Competitividad de los cultivos colombianos en el exterior, su capacidad de producción y tecnificación; proyección de la competitividad de cultivos rezagados.

Los resultados de este proyecto sirvieron como base para determinar cómo la implementación de un sistema de monitoreo de variables agroclimáticas es de gran apoyo para la correcta gestión de los cultivos en este sector, siendo lo anterior de gran importancia debido a la alta participación de este sector en la economía.

4.4 VARIABLES AGROCLIMÁTICAS QUE MÁS INFLUYEN EN LOS CULTIVOS DE AGUACATE HASS

Las variables agroclimáticas con mayor incidencia durante las etapas del desarrollo y la producción en el cultivo de aguacate son la temperatura, precipitación, viento, altitud y requerimientos de suelos, así como la calidad del aire. Elementos como vientos fuertes, precipitaciones intensas y heladas pueden causar la pérdida directa de la fruta durante la postcosecha, debido a las cicatrices que causan sobre la misma. Las zonas productoras de aguacate en Colombia presentan grandes variaciones en altitud, radiación solar, humedad relativa, temperatura y precipitación, entre otros factores; esto proporciona gran variación en las respuestas de los cultivares en cuanto a comportamiento agronómico, productividad, rendimiento y calidad de la fruta. (Hass, 2016).

A continuación, se describirán cada uno de los factores que tienen incidencia en los cultivos de Aguacate Hass:

4.4.1 Temperatura

Según (Hass, 2016) dentro de las razas que componen el cultivar Hass, la mexicana se adapta a climas más fríos, soportando temperaturas de hasta 2,2 °C, pero teniendo como temperaturas óptimas 5 a 17 °C; la raza guatemalteca se adapta a condiciones subtropicales, con temperaturas óptimas de 4 a 19 °C. Las temperaturas durante el desarrollo del fruto y la maduración pueden afectar también la calidad del fruto, ya sea acelerando o retrasando la madurez hortícola

De acuerdo con lo anterior se considera que el aguacate Hass al ser un híbrido entre las dos razas de aguacate mencionadas anteriormente, puede mantenerse dentro de rango más amplio. Teniendo en cuenta que la temperatura sigue influyendo en su calidad y desarrollo.

4.4.2 Humedad relativa

De acuerdo con (Avilán et al., 1989, citados por (Bernal & Díaz, 2014)) el aguacate se adapta a climas húmedos y semihúmedos, aunque se comporta bien en condiciones de humedad atmosférica baja; en este sentido, el aguacate Hass responde a climas con humedad relativa de baja a media, dado que la raza

mexicana presenta baja tolerancia a la humedad ambiental, prefiriendo climas más secos, y la guatemalteca es de tolerancia media, pues se adapta a climas semihúmedos. Según (Landa, 2017) la humedad relativa óptima para el cultivo del aguacate oscila entre el 75 y 80% para lograr un mayor rendimiento y cuaje de la flor.

4.4.3 Precipitación

(Galán-Saúco, 1990, citado por (Bernal & Díaz, 2014)) considera que el aguacate tiene una amplia adaptación a la pluviosidad; se cultiva sin riego en zonas con precipitaciones que varían entre 665 milímetros y más de 2.000 milímetros de lluvia anuales (mm/año). El período más crítico en el que la planta debe disponer de suficiente agua comprende desde el cuajado hasta la recolección del fruto; En resumen, el aguacate requiere entre 1.200 y 1.600 mm de lluvia bien distribuidos durante el año, lo que se traduce en una demanda baja a media de agua, especialmente en zonas de clima frío (Bernal & Díaz, 2014)

4.4.4 Viento

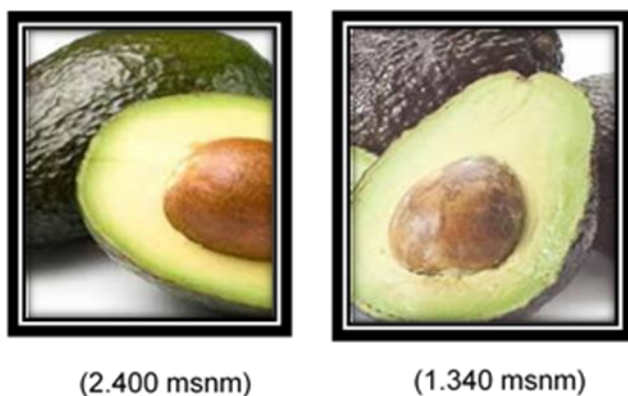
Para (Avilán et al., 1989, citados por (Bernal & Díaz, 2014)) las ramas del aguacate son muy quebradizas y se rompen fácilmente por la acción del viento; por esto es de gran importancia ubicar el lote para la siembra en una zona que presente vientos suaves o establecer barreras rompe vientos. Los vientos no deben ser constantes, ni alcanzar velocidades por encima de los 20 kilómetros por hora, ya que esto provoca ruptura de ramas, caída de flores y frutos, quemazón de las hojas y de los nuevos brotes del árbol, además de deshidratación, la cual impide la fecundación y la formación de los frutos.

4.4.5 Altitud

De acuerdo con (Bernal & Díaz, 2014) la raza mexicana se adapta a alturas por encima de los 2.000 msnm, que corresponden al piso térmico de clima frío, mientras que para la raza guatemalteca el rango altitudinal de adaptación es mucho más amplio, de 800 hasta 2.400 msnm, de manera que se puede establecer en los pisos térmicos frío moderado a medio; los híbridos entre estas razas, como es el caso del Hass, tienen un mayor rango de adaptación. En Colombia, el rango altitudinal óptimo

va desde los 1.800 hasta los 2.000 msnm, que corresponden al clima frío moderado; solo si las condiciones agroclimáticas son buenas, se puede establecer hasta los 2.500 msnm (Tafur, 2009, citado por (ICA, 2012)). Sin embargo, (Bernal & Díaz, 2014) encontró que existe una influencia de la altura sobre el período de floración a cosecha, en aguacate Hass en Antioquia, Colombia. De esta forma encontró que los árboles sembrados a 2.410 msnm tardaron 12 meses en producir después de la floración, mientras que aquellos a 2.180 msnm, tardaron entre 10 a 11 meses, a 1.900 entre 9 y 10 meses y a 1.340 msnm, este período fue de 7 a 8 meses. En estudios realizados por Bernal, los frutos de aguacate Hass, obtenidos de cultivos ubicados en zonas bajas, a 1.300 msnm, presentan formas más redondeadas y epidermis o cáscaras más rugosas, comparados con los obtenidos en condiciones de climas más fríos a alturas de 2.400 msnm, cuya forma es más alargada y la cáscara más lisa (Bernal & Díaz, 2014)

Figura 2 Influencia de la altura sobre la forma y aspecto de la epidermis del fruto del aguacate cv. Hass.



Fuente: Imagen tomada de <http://www.hacemosvidasana.com/>

4.4.6 Requerimientos de suelo

El aguacate requiere suelos muy bien drenados, dado que sus raíces son altamente susceptibles a la humedad, lo cual le trae al árbol problemas sanitarios o enfermedades; suelos con profundidad efectiva y nivel freático superiores a 1,0 m, con texturas livianas que favorezcan la formación de un sistema radicular denso y muy ramificado, son los más recomendados (Avilán et al., 1989, citados por Bernal

& Díaz, 2014). El aguacate se adapta a una gran gama de suelos, desde los arenosos (A) hasta los franco-arcillo-arenosos (FARA); el contenido de arcilla en los suelos no debe superar el 28%; además, deberán contar con buena estructura y buen drenaje interno, factores que son de mucha importancia para garantizar la vida útil del árbol. En general, se considera como un PH óptimo el rango comprendido entre 5,5 y 6,5; pues en suelos de reacción alcalina o con pH por encima de 7 se originan deficiencias nutricionales importantes de hierro y zinc (Galán-Saúco, 1990, citado por Bernal & Díaz, 2014).

4.4.7 Enfermedades y su manejo

(Téliz y Mora, 2007, citado por (Agropecuario, 2012)) relaciona que las enfermedades están entre los factores que más limitan la productividad y la vida útil del árbol de aguacate, por lo que la importancia de un organismo fitopatógeno puede estar dada por la distribución y la severidad del daño que ocasiona. En general, el establecimiento y la diseminación de las enfermedades en un huerto de aguacate obedecen a un mal manejo del cultivo.

Dentro de las enfermedades de mayor importancia, por su frecuencia y severidad en cultivos de aguacate, se destacan: la pudrición de raíces, la marchitez, la llaga radical, la roña, la antracnosis del fruto, la mancha de la hoja y la mancha negra del fruto, las cuales causan pérdidas importantes en el campo y en la postcosecha, al deteriorar la calidad de la fruta.

5 MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO CONTEXTUAL

En la actualidad, el sector agrícola colombiano se perfila como uno de los más productivos y competitivos del país. Gracias a los avances que se han realizado en materia de desarrollo científico y tecnológico, al fortalecimiento de la infraestructura básica y el acceso a recursos productivos y financieros. En consecuencia, Colombia es el primer proveedor latinoamericano de frutas exóticas en el mundo (*La oferta del sector agrícola colombiano | Colombiatrade - Compradores*, n.d.).

Uno de los sectores que componen al sector agrícola es el sector aguacatero, este ha tomado importancia en los últimos años para el sector económico del país, lo que ha generado que se incremente de manera significativa el cultivo a fin de responder al interés que presenta tanto el mercado local como internacional en donde hay una gran demanda y aceptación por el aguacate Hass (hernández, 2018).

Por su parte, para los agricultores este es un cultivo que no requiere abundante mano de obra y la vida útil de los árboles se encuentra entre 30 a 40 años, lo que representa para el productor la posibilidad de sostener el cultivo con el trabajo del núcleo familiar reduciendo los costos de producción y teniendo ingresos de su cultivo a largo plazo gracias a su vida útil (Medina Cartagena, 2017).

El Aguacate Hass en Colombia, se puede cultivar en cualquier territorio que cumpla con las condiciones agroambientales para el cultivo. En los últimos años el área y la producción del cultivo de Aguacate Hass se ha incrementado significativamente, este crecimiento se ha visto jalonado principalmente por el mejoramiento en los procesos productivos en la cadena, la promoción de las cualidades del cultivo por parte de entidades competentes, el aumento del consumo del fruto y el interés por llegar al mercado internacional.

5.2 MARCO CONCEPTUAL

Aguacate Hass: Es la Variedad de aguacate más importante a nivel mundial. Forma de pera de color verde oscuro en el árbol, se torna morado a negro al madurar. La piel es mediana a gruesa, con textura rugosa. Tamaño pequeño a mediano (140-400 gr.). El tamaño de la semilla es mediano con un aprovechamiento de la pulpa del 66-70%. La culpa es de excelente calidad con un rico sabor nuez comestible de excelente calidad y con un rico sabor nuez. (BROKAW ESPAÑA S.L., 2009)

Estudio de Tiempos: Técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida. (Lopez, 2019)

Monitoreo Ambiental: Constituye uno de los instrumentos fundamentales para materializar la gestión ambiental, dada contribución a retroalimentar la planificación y toma de decisiones en estos temas. Aunque desde el punto de vista conceptual ha sido mayormente abordado en el ámbito del manejo de los recursos naturales y en particular de la biodiversidad, no deja de ser un tema atractivo para los espacios empresariales donde la gestión ambiental cobra cada vez mayor auge (Espacios et al. 2019). Esto se mantiene como una herramienta de seguimiento continuo previsto en la evaluación de impacto ambiental.

Tecnificación Agrícola: Los agricultores necesitan datos que les permita tomar mejores decisiones para invertir su capital y alcanzar mayor productividad en sus cultivos. Ejes como: La administración, el mejoramiento de las cualidades nutritivas del suelo, automatizar procesos y el cultivo bajo infraestructura controlada facilitan acciones y constituyen los pilares para que se tecnifique la agricultura (Pillajo, 2017). Ya que la aplicación de estas herramientas apoya el aprovechamiento de los recursos naturales.

Asistencia técnica directa rural: Se enfoca en los pequeños y medianos productores, tiene como norte la generación de condiciones apropiadas para aumentar la competitividad y la rentabilidad de la producción agropecuaria, en un

contexto de desarrollo regional y en marco de la internacionalización de la economía. (ministerio de agricultura y desarrollo rural, 2015).

Labranza: Consiste en cortar la vegetación existente a ras del suelo, guadañar o sobre pastorear; luego se deberá esperar a que este rebrote para aplicar un herbicida en cada sitio de siembra, preferiblemente sistémico, cuando se trate de controlar gramíneas agresivas. Aunque la labranza mínima es una práctica de conservación de suelos, en muchas zonas del país se ha demostrado que la realización de un subsolado y posterior rastrillado del suelo favorece el desarrollo y crecimiento de los árboles de aguacate en el campo.(Hass, 2016)

Diseño: Consiste en trazar los surcos con orientación de sur a norte, para que los árboles puedan captar la mayor cantidad de luz durante el día y así incrementar la producción; en el aguacate, se busca reducir el tiempo entre el momento de la siembra y el desarrollo completo de la copa, así como el mantenimiento de la productividad del huerto una vez el árbol llega a su pleno desarrollo (Whiley, 2007, citado por (Hass, 2016)).

Hoyado: Consiste en hacer huecos de 40 a 80 cm de diámetro como de profundidad, aplicando luego 2 a 5 kg de materia orgánica bien compostada y seca, 500 g de cal agrícola o dolomita, y 250 g de roca fosfórica y tierra de buena calidad; las cantidades indicadas podrán variar, dependiendo de las condiciones físico-químicas, determinadas en los resultados de los análisis de suelos (Bernal & Díaz, 2014)

5.3 MARCO JURÍDICO

A continuación, se citan algunas normas, resoluciones y decretos que se deben cumplir en Colombia. Referente al desarrollo técnico, tecnológico y de sistemas, Para mejorar la eficiencia y el rendimiento de los campos, además del cumplimiento de políticas de producción y transporte que conciernen a los cultivos de aguacate Hass, esto desde las publicaciones oficiales de Min agricultura (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Gobierno de Colombia, 2020).

- **Ley 1731 de 2014:** Por medio de la cual se adoptan medidas en materia de financiamiento para la reactivación del sector agropecuario, pesquero, acuícola,

forestal y agroindustrial. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Gobierno de Colombia, 2020).

- **Ley 1450 de 2011:** Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 20102014. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Gobierno de Colombia, 2020).

- **Ley 1448 de 2011:** Por la cual se dictan medidas de atención, asistencia y reparación integral a las víctimas del conflicto armado interno y se dictan otras disposiciones. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Gobierno de Colombia, 2020).

- **Ley 1675 de 1997:** Por el cual se suprime el instituto de Mercadeo Agropecuario y se ordena su liquidación. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Gobierno de Colombia, 2020).

- **Ley 139 de 1994:** Por la cual se crea el certificado de incentivo forestal y se dictan otras disposiciones. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Gobierno de Colombia, 2020).

- **Ley 41 de 1993:** Por la cual se organiza el subsector de adecuación de tierras y se establecen sus funciones. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Gobierno de Colombia, 2020).

- **Ley 101 de 1993:** Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Gobierno de Colombia, 2020).

- **Ley 29 de 1990:** Por la cual se dictan disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y se otorgan facultades extraordinarias. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Gobierno de Colombia, 2020).

5.4 MARCO TEORICO

El presente trabajo además de desarrollar un sistema de monitoreo y control para variables agroclimáticas en los cultivos de aguacate Hass, también busca, aportar tanto a la ausencia de tecnificación como a la debida gestión de los cultivos de aguacate Hass, Para poder hacerlo es conveniente aclarar algunos conceptos o herramientas que serán utilizadas para el desarrollo de la investigación propuesta.

5.4.1 Ingeniería de métodos

Según (Durán, 2007) La Ingeniería de Métodos, como una de las herramientas básicas de la Ingeniería Industrial, tiene, como problemática básica, la integración del ser humano dentro del proceso de producción de bienes o del proceso de generación de servicios. Debe decidir dónde y cómo encaja el hombre en el trabajo para lograr el desempeño más eficaz de su labor, especificando las condiciones, las herramientas, el equipo, los formularios y los procedimientos necesarios para que éstos, los componentes de un sistema funcionen en las mejores condiciones económicas posibles. Su campo de acción no se limita a trabajos fabriles. También se emplea con éxito en trabajos de mantenimiento, de operaciones de almacén, de limpieza, de servicios industriales, de servicios hospitalarios y de educación, en el diseño de cuadrillas o de equipos de trabajadores, en la simplificación de procedimientos, en la utilización de equipos y de instrumental profesional y en general, en cualquier actividad en la que intervenga el ser humano.

Sin embargo, su mayor potencial está en las facilidades que presta en el levantamiento de datos para la aplicación posterior de otras técnicas, sean estas estadísticas, de control de costos, de investigación de operaciones, de teoría de decisiones, de diagnósticos operacionales, etc. En una forma analítica, la Ingeniería de Métodos es definida como "la técnica que somete cada actividad de una determinada tarea a un delicado y minucioso análisis tendiente a eliminar toda actividad innecesaria, y en aquellas que sean necesarias, hallar la mejor y más rápida manera de ejecutarlas". Incluye la normalización del equipo y de las condiciones generales de trabajo.

Algunas de las características resultantes de un trabajo de Métodos profesionalmente bien realizado:

- Aumenta la productividad de la inversión, requiriendo poco o ningún desembolso para la implantación de sus recomendaciones.
- La naturaleza de su ejecución garantiza la consideración de todos los factores que influyen en la eficacia de la tarea a analizar.

- Es la manera más exacta para determinar normas de rendimiento, sistemas de incentivos, cuotas de atención o de servicios.
- Las economías resultantes de su correcta aplicación son palpables de inmediato, y se mantienen siempre que las condiciones necesarias para ello subsistan también.
- Es un instrumento que permite ser utilizado en todas partes en donde se ejecute un trabajo, en fábricas, oficinas, comercio, laboratorios, hospitales, restaurantes, etc.
- Es el instrumento de investigación más penetrante con el que cuéntala Dirección de las organizaciones.
- Constituye un arma excelente para comprobar la eficacia de cualquier elemento de la organización, ya que siendo eminentemente investigativo

5.4.2 Enfoque por procesos

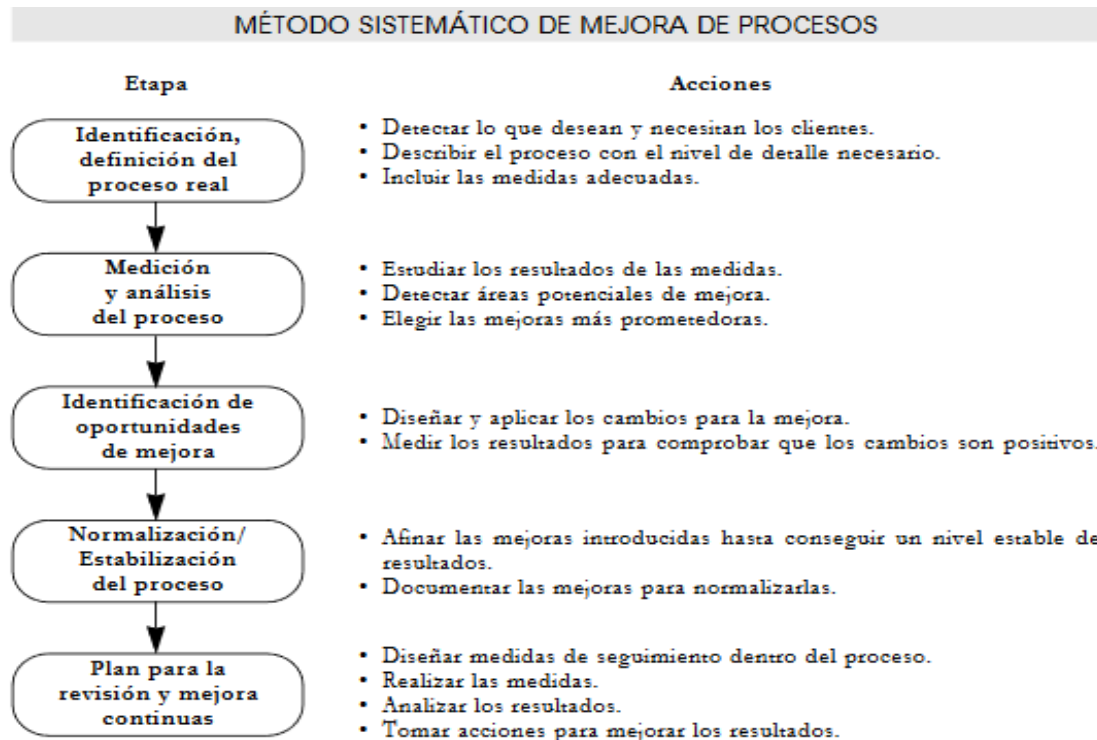
Los procesos han permitido desarrollar una serie de técnicas relacionadas con ellos. Por un lado, las técnicas para gestionar y mejorar los procesos, de las que se citan el Método sistemático de mejora y la Reingeniería, ambas de aplicación puntual a procesos concretos o de uso extendido a toda la empresa. Por otro lado, están los modelos de gestión, en que los procesos tienen un papel central como base de la organización y como guía sobre la que articular el sistema de indicadores de gestión.

La experiencia japonesa, sobre todo en los años setenta y ochenta, con sus métodos de trabajo en equipo y la participación de todo su personal en las mejoras empresariales, popularizó las ventajas obtenidas en la revisión y reto-que continuo de los procesos empresariales.

Kaoru Ishikawa difundió por todo el mundo su modelo de Método sistemático o científico de mejora de procesos, basado en el recorrido de una serie de pasos o etapas, desde la detección de un problema o de una posibilidad de mejora(dependiendo de que el motor sea una serie de defectos detectados, o una nueva posibilidad tecnológica u organizativa),pasando por su estudio en busca de sus causas, de posibles perfeccionamientos o soluciones, la elección de la solución

o conjunto de soluciones que parecen idóneas, hasta llegar a su implantación y a la medida de las mejoras conseguidas. El diagrama de la Figura 3 resume las etapas de este método y sus rasgos más característicos.

Figura 3 Método sistemático de mejora de procesos



. Fuente: La gestión por procesos

El rasgo más característico de este de Método sistemático de mejora de procesos es su continuo recurso a las medidas, a los datos objetivos, para la detección de los puntos a mejorar, para confirmar el hallazgo de la causa real de los defectos detectados, para corroborar que la solución adoptada es la apropiada y para cuantificar el nivel de mejora alcanzado. Como puede deducirse del contenido de las acciones en sus cinco etapas, de la necesidad de verificar muchas de las decisiones tomadas mediante la toma de mediciones y su análisis, de encargar su desarrollo a equipos más o menos estables y de otros detalles secundarios, este método pretende conseguir mejoras apreciables, pero no espectaculares, de forma sostenida a lo largo del tiempo (Zaratiegui, 1999).

5.4.3 Buenas prácticas agrícolas: manejo integrado de cultivos

Según (Tolima et al., 2015), las buenas prácticas agrícolas (BPA) es el nombre que reciben una serie de actividades y practicas aplicadas a la producción de frutas, hortalizas y demás cultivos, encaminadas a asegurar la calidad del producto entregado al consumidor. Las BPA se encuentran asociadas al desarrollo sostenible, así pues, se debe buscar que la producción agrícola sea amigable con el medio ambiente.

Para que un sistema de producción agrícola sea sustentable es necesaria la sinergia entre los aspectos sociales, tecnológicos, económicos y ecológicos. Desde lo social, se debe garantizar que los sistemas productivos sean incluyentes con la población local, generando mejores condiciones de vida para la comunidad. A nivel tecnológico se deben utilizar semillas e insumos y maquinaria adaptada a las necesidades del productor, del cultivo y que garanticen una producción amigable con el medio ambiente. En cuanto a factores económicos, se deben tener en cuenta los gastos asociados a la producción y hacer una planificación detallada del cultivo. Los tres aspectos anteriores deben ir encaminados a garantizar el desarrollo sostenible del área de producción.

Para implementar las BPA se debe tener en cuenta los distintos elementos que conforman el sistema productivo:

BPA: Planificación del cultivo

- Conocer la historia de la unidad productiva, tipos de cultivos que han existido, agroquímicos aplicados, plagas que se presentaron, dedicación agropecuaria o forestal.
- Tramitar ante la secretaria de planeación municipal correspondiente, el certificado del uso del suelo de la unidad productiva.
- Revisar la cantidad y calidad del agua disponible para las labores del cultivo, y solicitar el permiso para el uso del agua ante la Corporación Autónoma Regional (CAR) - CORTOLIMA para el caso del Departamento del Tolima- cuando el origen sea un afluente natural, y/o el certificado de calidad del agua

expedido por la empresa de servicios públicos o de acueducto municipal cuando el origen sea un canal de riego o acueducto veredal.

- Evaluar las condiciones climáticas (temperatura, humedad, precipitaciones, etc.) y geografía del suelo.
- Evaluar los accesos viales, por medio peatonal, animal y vehicular.
- Valorar la disponibilidad de personal calificado para las labores que le son propias al cultivo.
- Disponer de un plano espacial de la unidad productiva (de ser posible, disponer de un plano topográfico), para tener claridad sobre la ubicación de instalaciones, demarcación de lotes, linderos, fuentes de agua, entre otros aspectos.
- Realizar análisis físico-químico del suelo y del agua.
- Buscar asesoría con un ingeniero agrónomo, respecto al cultivo que se desea sembrar para determinar el material de siembra adecuado, fertilización, manejo de plagas, entre otros.
- Realizar el análisis de riesgos frente a la unidad productiva y el cultivo a sembrar.

BPA: Identificación y gestión de riesgos

Se conoce como riesgo a cualquier agente biológico, físico o químico que pueda ocasionar algún daño ambiental o un efecto nocivo para los cultivos y la salud, creando una situación de emergencia. Los riesgos comúnmente encontrados en la producción de frutas y hortalizas, según su categoría, son los siguientes (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Gobierno de Colombia, 2009).

RIESGOS FISICOS

En el siguiente grafico se pueden observar los riesgos físicos presentes en los cultivos de aguacate Hass:

Figura 4 Balanza de riegos físicos



Fuente: Los autores

RIESGOS QUIMICOS

En el siguiente grafico se pueden observar los riesgos químicos presentes en los cultivos de aguacate Hass

Figura 5 . Esquema de Riegos químicos

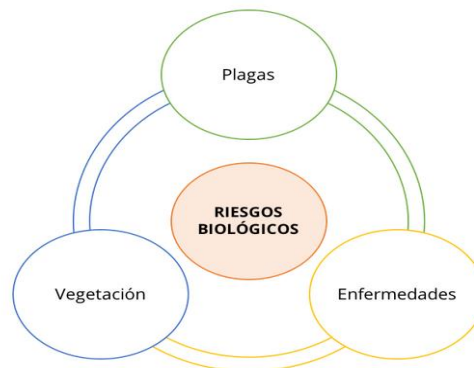


Fuente: Los autores

RIESGOS BIOLÓGICOS

En el siguiente grafico se pueden observar los riesgos físicos presentes en los cultivos de aguacate Hass

Figura 6 Esquema riegos biológicos



Fuente: Los autores

BPA: Adecuación y mantenimiento de áreas, herramientas e Instalaciones

Con el fin de garantizar condiciones adecuadas para los trabajadores y para facilitar el trabajo asociado al cultivo de frutas y hortalizas, la unidad productiva debe contar entre otras, con las instalaciones siguientes:

Figura 7. Instalacion unidad productiva.



Fuente: (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Gobierno de Colombia, 2009)

Estas áreas deben estar debidamente identificadas, ubicadas y construidas de la manera adecuada de acuerdo con la normatividad vigente del ICA. Se deben mantener en óptimas condiciones de higiene para evitar accidentes, intoxicaciones y contaminación, a fin de garantizar la inocuidad de lo producido. Se precisa también, el registro de todas las labores de mantenimiento y limpieza de las instalaciones, conforme a los protocolos y procedimientos establecidos para ello. (Tolima et al., 2015)

Aseguramiento de la calidad del agua

El agua es un recurso escaso y de origen natural, por lo que su uso al interior de una unidad productiva debe ser eficiente y racional, propendiendo por su conservación. En éstas se debe garantizar que la calidad del agua utilizada para consumo humano, riego y lavado de productos, es la ideal para evitar afectación a la salud de los trabajadores y a la integridad del cultivo (SENASA, 2010). En toda unidad productiva se debe tener un plan de manejo de agua, el cual debe incluir entre otros, los aspectos siguientes (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Gobierno de Colombia, 2009):

- Programas para el aprovechamiento eficiente del recurso y planes para cuidar las fuentes de agua.
- Realización de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua para verificar la calidad de la misma.

El agua utilizada para todas las labores de cultivo tales como: riego, aplicaciones, lavado de equipos y herramientas, entre otras, debe estar libre de contaminación por agentes biológicos (ej. coliformes, parásitos y excrementos), agentes químicos (ej. sustancias peligrosas) o agentes físicos (ej. basuras). Con el objetivo de hacer un uso eficiente del agua, es recomendable que al momento de elegir el sistema de riego para la unidad productiva, se consideren los aspectos siguientes:

Tipo de cultivo y sus necesidades hídricas

- Ubicación geográfica
- Clima predominante
- Tipo de terreno (planicie, ladera)

BPA: Manejo en cosecha y postcosecha

Se entiende como el momento desde la recolección hasta su almacenamiento temporal en la unidad productiva.

Cosecha

Al realizar la cosecha de los productos hortofrutícolas se debe considerar entre otros, los siguientes aspectos (ICA, 2009):

- Determinar adecuadamente el grado de madurez del producto hortofrutícola, teniendo en cuenta sus características fisiológicas y el destino del mismo.
- Verificar en los registros la aplicación de agroquímicos y los tiempos de carencia de éstos, para garantizar que el producto esté libre de trazas contaminantes.
- Evitar contaminación cruzada con otras actividades agropecuarias.
- Utilizar agua potable para la limpieza de producto y de herramientas en contacto con ellas, proceder a la desinfección de herramientas y recipientes de recolección con los productos recomendados.
- Seleccionar los productos en óptimas condiciones, y desechar o disponer separadamente, los que presenten daños o alteraciones.
- Tener en cuenta los horarios de recolección de mercancía por parte del transportista, y los tiempos de recorrido hasta el lugar de destino.
- Contar con personal idóneo para la recolección de producto, que esté capacitado en la manipulación de alimentos y además, utilice la indumentaria adecuada para esta labor.

Postcosecha

Se entiende como las actividades desde el almacenamiento temporal de productos en la unidad productiva, pasando por el transporte, hasta la comercialización con

destino al consumidor final o la agroindustria. En esta etapa, es necesario considerar los aspectos siguientes:

- Seleccionar y clasificar el producto en un área libre de contaminaciones y adecuada para esta labor
- El centro de acopio o lugar de almacenamiento debe ser cubierto y protegido para evitar el acceso de plagas, debe estar en óptimas condiciones de limpieza y el producto debe estar ubicado sobre estibas alejado del suelo.
- Contar con un programa para la disposición de residuos en los lugares de almacenamiento
- Controlar condiciones de temperatura y humedad en almacenamiento, principalmente en ubicaciones geográficas con altas temperaturas

BPA: Manejo integrado de plagas (MIP)

El MIP en cultivos de frutas y hortalizas, es una estrategia integrada principalmente por componentes físicos, químicos y biológicos, para el control de plagas. El MIP se aplica en tres etapas diferentes: prevención, monitoreo e intervención. Un objetivo claro de este programa es reducir los impactos ambientales por el uso de agroquímicos y plaguicidas.

BPA: Bienestar de los trabajadores

En toda organización el recurso más importante es el talento humano, por esto es importante garantizar las condiciones adecuadas para que el trabajo realizado en finca se haga de manera eficiente y velando por la seguridad e integridad física y mental de los operarios.

Para garantizar las condiciones laborales adecuadas, se recomienda tener en cuenta:

- Capacitación periódica en temáticas asociadas con la seguridad laboral (ej. trabajo en alturas, manejo de alimentos, manejo de herramientas, manipulación de agroquímicos)

- Diseñar y divulgar los procedimientos de emergencias (ej. desastres naturales, incendios, alteración del orden público).
- Mantener los lugares de trabajo y reposo en condiciones de higiene y limpieza.
- Afiliar a los trabajadores de tiempo completo, a una entidad prestadora de salud (EPS) y a un Aseguradora de Riesgos Laborales (ARL); para el caso de los trabajadores ocasionales, estos deben estar cubiertos por estos servicios, como hecho previo al momento de su contratación.
- Suministrar las herramientas de trabajo adecuadas y el equipo de seguridad mínimo para labores que representen algún tipo de riesgo ergonómico, locativo o psico laboral.

Protección del Medio Ambiente

Las dinámicas actuales a nivel mundial reclaman una producción agrícola sostenible y amigable con el medio ambiente, a fin de procurar la conservación de fauna, flora, fuentes hídricas y demás recursos naturales presentes en las zonas productoras.

Gestión Documental y Trazabilidad

La trazabilidad es entendida como el conjunto de procesos que permiten realizar el seguimiento de un producto desde cualquier lugar de la cadena de suministro hasta su etapa inicial, haciendo verificación de los registros documentales relacionados con él.

La trazabilidad tiene dos componentes principales (SENASA, 2010):

- Rastreo: Se inicia desde la producción hasta llegar al consumidor, para identificar productos no conformes e inspeccionar y mejorar las condiciones de logística dentro de la cadena.
- Trazado: Inicia desde el consumidor y regresa por cada una de las etapas de la cadena hortofrutícola hasta llegar al lugar de producción, permite identificar el lugar donde se produjo un inconveniente.

Para que un sistema de trazabilidad sea exitoso, es necesario que en cada una de las etapas que integran la cadena hortofrutícola, se levanten registros de todas las actividades relacionadas al proceso, con fechas, responsables, insumos utilizados, observaciones, entre otras; además, se debe garantizar que cada eslabón de la cadena cumpla con la documentación legal.

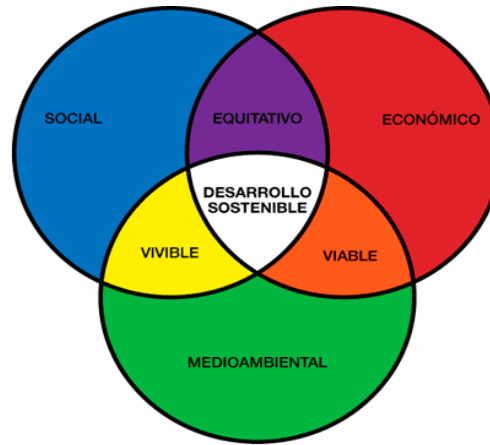
La unidad productiva o finca, es el eslabón angular en la cadena hortofrutícola. Es allí donde se inicia la cadena, sin la existencia de la producción no se podrían dar los eslabones de transporte, acopio, distribución o consumo. Por ser allí donde se generan los productos hortofrutícolas, es sobre este eslabón sobre el cual recaen los mayores controles a nivel fitosanitario y documental. El productor debe garantizar que el producto que sale desde su unidad agrícola cumple con las condiciones mínimas exigidas de inocuidad y seguridad.

5.4.4 Desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible es la capacidad de una sociedad para cubrir las necesidades básicas de las personas sin perjudicar el ecosistema ni ocasionar daños en el medio ambiente. De este modo, su principal objetivo es perpetuar al ser humano como especie, satisfaciendo sus necesidades presentes y futuras, mediante el uso responsable de los recursos naturales.

Según (Planeta, 2018) Para alcanzar el denominado desarrollo sostenible se tienen que cumplir una serie de requisitos que permitan alcanzar un estado de equilibrio entre economía, sociedad y medio ambiente como se muestra en el siguiente gráfico:

Figura 7 Esquema desarrollo sostenible.



Fuente: (Planeta, 2018)

El desarrollo sostenible constituye la máxima prioridad de la comunidad internacional y el objetivo central de la agenda para el desarrollo después de 2015. Como parte del núcleo central del sistema de las Naciones Unidas, el ECOSOC articula su actividad en torno a los tres pilares del desarrollo sostenible (económico, social y ambiental). Este órgano actúa como plataforma unificadora para la integración, la adopción de medidas relativas al desarrollo sostenible y la realización de tareas de seguimiento y examen (ONU, 2018).

El desarrollo sostenible se presenta, entonces, como un proceso de cambio y transición hacia nuevas formas de producir y consumir, pero también hacia nuevas formas de ser, estar y conocer. Es necesario considerar el ambiente no en función de su utilidad para el ser humano, sino de acuerdo a una postura ética que problematiza sobre los valores que guían nuestra relación con la naturaleza. Así, el verdadero sentido del desarrollo sostenible reside en concebirlo en su dimensión global (Gudynas, 2000).

5.4.5 Monitoreo y control

(Gudynas, 2000) plantea que, aunque existen múltiples definiciones de monitoreo, se considera la que propone, en 1991, el Fondo Internacional de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNICEF, en inglés): un seguimiento sistemático y periódico de la ejecución de una actividad, que busca

determinar el grado en que su desenlace coincida con lo programado, con el fin de detectar oportunamente deficiencias, obstáculos y/o necesidades de ajuste de la ejecución. En 1997, el Banco Interamericano para el desarrollo (BID) agrega que: busca comprobar la efectividad y eficiencia del proceso de ejecución, mediante la identificación de los aspectos limitantes y/o ventajosos. Ambos procesos monitoreo y evaluación son complementarios entre sí, aunque diferenciables. El primero actúa como un semáforo, estableciendo las alertas para el cambio de señales. En la medida en que la evaluación revela un cumplimiento o incumplimiento de los objetivos, el monitoreo genera valiosa información para analizar las relaciones causales entre las actividades de la iniciativa que se evalúa y su incumplimiento. Ambos conceptos diferenciables por el objeto sobre el cual recae la acción: el monitoreo, sobre factores y la evaluación sobre los resultados. También se diferencian desde el punto de vista temporal: el primero siempre ocurre durante la implementación, en tanto que la segunda puede aplicarse antes, durante y al concluir dicha implementación. Se evalúan los resultados, ya sean finales o parciales, y se monitorean los factores. La elección de los objetos sobre los cuales recaerán estos procesos requiere de una cuidadosa discriminación. El monitoreo, aunque temporalmente antes que la evaluación, es posterior desde el punto de vista metodológico de la identificación de su objeto. Este orden se deriva del hecho de qué se evalúa y qué se monitorea. Primero hay que establecer los resultados y estos dependen de la visión, en general, y sus estrategias, en particular. Una vez establecidos los resultados objeto de evaluación es necesario identificar los procesos que conducen a ellos y los factores actuantes como objeto de monitoreo. Por otro lado, evaluar en sentido estrecho, responde a la interrogante de si se están obteniendo los resultados esperados. En correspondencia con esto, la evaluación involucra la comparación con estándares relevantes para el objetivo y es conocida también como evaluación de resultados o evaluación de objetivos.

5.4.6 Sistemas de preparación de suelo

Según (INIA, 2012) Estas prácticas buscan brindar una cama para las semillas con un suelo mullido, aireado y enriquecido con la incorporación de la materia orgánica

disponible, de tal forma que favorezca la germinación de la semilla, el arraigamiento de la planta, la retención de agua, la actividad microbiológica y los cambios químicos que se produzcan en la temporada. Por otra parte, se busca disminuir o destruir la población de malezas y plagas perjudiciales para el cultivo.

Mucha importancia reviste las labores de preparación de un suelo junto con el conocimiento del historial del potrero, dado que una labor bien ejecutada y oportuna, entregan un beneficio para el establecimiento del cultivo. Contrariamente, una labor apresurada, repetitiva en el tiempo o mal ejecutada proporciona un ambiente negativo, tanto para el cultivo como para el suelo.

5.4.7 Epidemiología sanitaria

Como lo expresa (Pérez Gómez et al., 2009) en su manual docente de la escuela nacional de sanidad, la epidemiología es la disciplina científica que estudia la frecuencia y distribución de fenómenos relacionados con la salud y sus determinantes en poblaciones específicas, y la aplicación de este estudio al control de problemas de salud.

El estudio incluye las investigaciones caracterizadas por la simple vigilancia y observación de fenómenos para medir su magnitud y sugerir hipótesis sobre su origen. Este tipo de investigaciones reciben el calificativo de descriptivas. Pero también incluye las investigaciones dirigidas a contrastar estas hipótesis mediante estudios observacionales y experimentales. Estas investigaciones reciben el nombre de analíticas. Distribución significa la medida de la frecuencia y variación de un fenómeno en grupos de población a lo largo del tiempo, en diferentes lugares o formados por diferentes tipos de personas.

La epidemiología no sólo estudia enfermedades sino todo tipo de fenómenos relacionados con la salud, entre los que se encuentran causas de muerte como los accidentes o suicidios, hábitos de vida como el consumo de tabaco o la dieta y el uso de servicios de salud o la calidad de vida relacionada con la salud, entre otros. Los determinantes de estos fenómenos son todos los factores físicos, biológicos, sociales, culturales y de comportamiento que influyen sobre la salud.

6 DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 TIPO DE ESTUDIO

6.1.1 Estudio descriptivo

Este proyecto de viabilidad es un estudio descriptivo, en donde se documentó la información para la caracterización de un sistema de variables agroclimáticas para los cultivos de Aguacate Hass en el sector agrícola de Colombia, a su vez se documentó cómo debería ser la recopilación y análisis de información, la cual suministra el sistema para conocer el estado actual del cultivo; la cual permitirá una visión periférica más amplia para la toma de decisiones en el desarrollo del cultivo.

6.1.2 Estudio exploración

En este proyecto se evidencia un estudio exploratorio, consecuente a que la información sobre sistemas de monitoreo de las variables agroclimáticas para cultivos de aguacate Hass no se encontraba especificada, la cual sería de gran utilidad para el sector aguacatero, para evaluar el criterio de desarrollo del cultivo a fin de tomar acciones correctivas o preventivas en estos. Con el objetivo de demostrar la viabilidad de disponer de un sistema de monitoreo de variables agroclimáticas, que permitirá al agricultor conocer cuándo y cómo puede producir.

6.2 METODO DE INVESTIGACION

6.2.1 Método cuantitativo

Se le llama método o investigación cuantitativos a la que se vale de los números para examinar datos o información. Es uno de los métodos utilizados por la ciencia, la matemática, la informática y la estadística, como principal herramienta (Dr. Roberto Hernández Sampieri, 2010). La metodología cuantitativa consiste en el contraste de teoría(s) ya existente(s) a partir de una serie de hipótesis surgidas de la misma, siendo necesario obtener una muestra, ya sea en forma aleatoria o discriminada, pero representativa de una población o fenómeno objeto de estudio. Por lo tanto, para realizar estudios cuantitativos es indispensable contar con una teoría ya construida, dado que el método científico utilizado en la misma es el deductivo (Martínez Carazo, 2006). Este método fue de gran apoyo

para realizar una herramienta dinámica y práctica de apoyo para el establecimiento y manejo de instrumentos técnicos en los cultivos de aguacate Hass.

La información recopilada para el presente proyecto se adquirió mediante libros, artículos, informes, trabajos de grado y sitios web; de tipo primario de organizaciones internacionales y gubernamentales como: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Banco Mundial, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Agronet, Procolombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fondo de financiamiento para el sector agropecuario (Finagro), Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE; gremios del sector y fuentes especializadas en el tema económico y agrícola como Asohofrucol entre otras, de igual forma portales informativos como la Revista Dinero, Portafolio, la República. Por otra parte, como fuente secundaria se realizaron: visitas a fincas con cultivos de Aguacate Hass, entrevistas a los agricultores y documentación de los procesos, esta fue una actividad constante permitiendo la recolección de datos reales. Por esta razón la información obtenida refleja la condición real de los cultivos. sirvieron de guía para la documentación y elaboración del presente documento.

6.2.2 Administración de la información

La captación de información mediante fuentes primarias, accedió minimizar la variabilidad de los datos obtenidos, proporcionando su análisis, en donde finalmente el resultado fue mucho más efectivo.

7 RESULTADOS

7.1 PROCESO PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE AGUACATE HASS

La variedad Hass es un aguacate predominantemente guatemalteco, pero con algunos genes mexicanos, que surgió a partir de una mutación espontánea de parentales desconocidos y fue seleccionado por Rudolph G. Hass, en La Habra Heights (California), debido a la alta calidad de su pulpa, mayor productividad y una madurez más tardía. (Hass, 2016).

Figura 8 Forma del aguacate hass



Fuente: La república, febrero 4, 2019

El apoyo a la necesidad identificada con respecto al crecimiento de la oferta de Aguacate HASS en el mercado internacional consiste dar una guía de cómo los equipos técnicos dan un soporte en la producción, desde la selección del terreno para cultivo, la siembra, el monitoreo para el crecimiento y control del cultivo, recolección de los frutos de acuerdo a los estándares requeridos. haciendo uso de las buenas prácticas mediante la tecnificación del proceso, el proceso se puede reflejar en el siguiente diagrama de bloques:

Figura 9 Diagrama de producción Aguacate Hass.



Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar de forma sintetizada las actividades que se realizan en cada uno de los procesos:

Figura 10 Diagrama de actividades por procesos

Selección de terreno	Siembra	Monitoreo y control	Cosecha
Monitoreo y análisis de variables iniciales	Preparación del terreno Sistema de siembra Hoyado Siembra de planta Fertilización, riego y poda	Análisis de variables agroclimáticas Diagnóstico del cultivo Controles recomendados para el cultivo	Recolección Manejo postcosecha

. Fuente: Elaboración propia

Con lo anterior se puede identificar que en el proceso de producción del cultivo de aguacate Hass, se deben controlar ciertos parámetros como lo son las variables agroclimáticas para evitar la aparición de agentes patógenos que generan enfermedades en el árbol de aguacate Hass, y así mantener la calidad en el producto final, la cual es fundamental teniendo en cuenta que el aguacate Hass es un producto tipo exportación.

Se realizó un análisis de las variables agroclimáticas necesarias para tener un cultivo de aguacate Hass en óptimas condiciones partiendo desde las buenas prácticas de cultivar y el apoyo de asistencia técnica para alcanzar la tecnificación.

7.2 CONSOLIDACION REQUERIMIENTOS

Se puede evidenciar en la tabla Requerimiento para un Cultivo de aguacate Hass (ver Tabla 2), el consolidado de las variables con sus rangos óptimos para la adecuada gestión de los cultivos

Tabla 2 .Variables agroclimáticas para los cultivos de aguacate Hass. Fuente: Elaboración propia

VARIABLES AGROCLIMATICAS PARA LOS CULTIVOS DE AGUACATE HASS	
SUELO	
Textura	Franca
% Arcilla	suelos con un máximo de 28% (a mayor contenido de arcilla menor capacidad de infiltración y por tanto retención de humedad)
Profundidad	No menor a 1,5 m en suelos planos y 1 m en suelos con pendiente mayor a un 25%
Drenaje	excesivo o excelente, permitiendo que el agua filtre fácilmente en el suelo
Acidez	Preferible un pH entre 5,5 y 6,5
Pendiente	Menor al 30% y preferiblemente de topografía ondulada, lo cual favorecerá el manejo agronómico del cultivo.
CLIMA	
Temperatura	Las mejores condiciones sería 4°C y 23°C
Altitud	Preferiblemente 1200 y 2500 msnm en Colombia
Humedad Relativa	Preferiblemente entre 75% y 80%
Precipitacion	Lo más aceptables es 1200 y 1800 mm distribuido en todo el año
Vientos	Estos deben ser moderados por debajo de los 20 Km/h

Fuente: Los autores

7.3 SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES AGROCLIMATICAS PARA LOS CULTIVOS DE AGUACATE HASS

Para la correcta gestión de los cultivos es necesario establecer procedimientos y monitorear y controlar ciertas variables y aspectos definidos anteriormente, para esto se diseñaron dos herramientas las cuales se utilizan en el desarrollo del proyecto, dichas herramientas se pueden encontrar de forma digital en el drive del proyecto o de forma análoga (ver Anexo 1.)

la primera fase que da inicio al proceso de producción del aguacate es la selección del lote.

A continuación, se establecen los pasos a seguir en dicha etapa para una correcta selección, apoyándose tanto de buenas prácticas como de tecnificación.

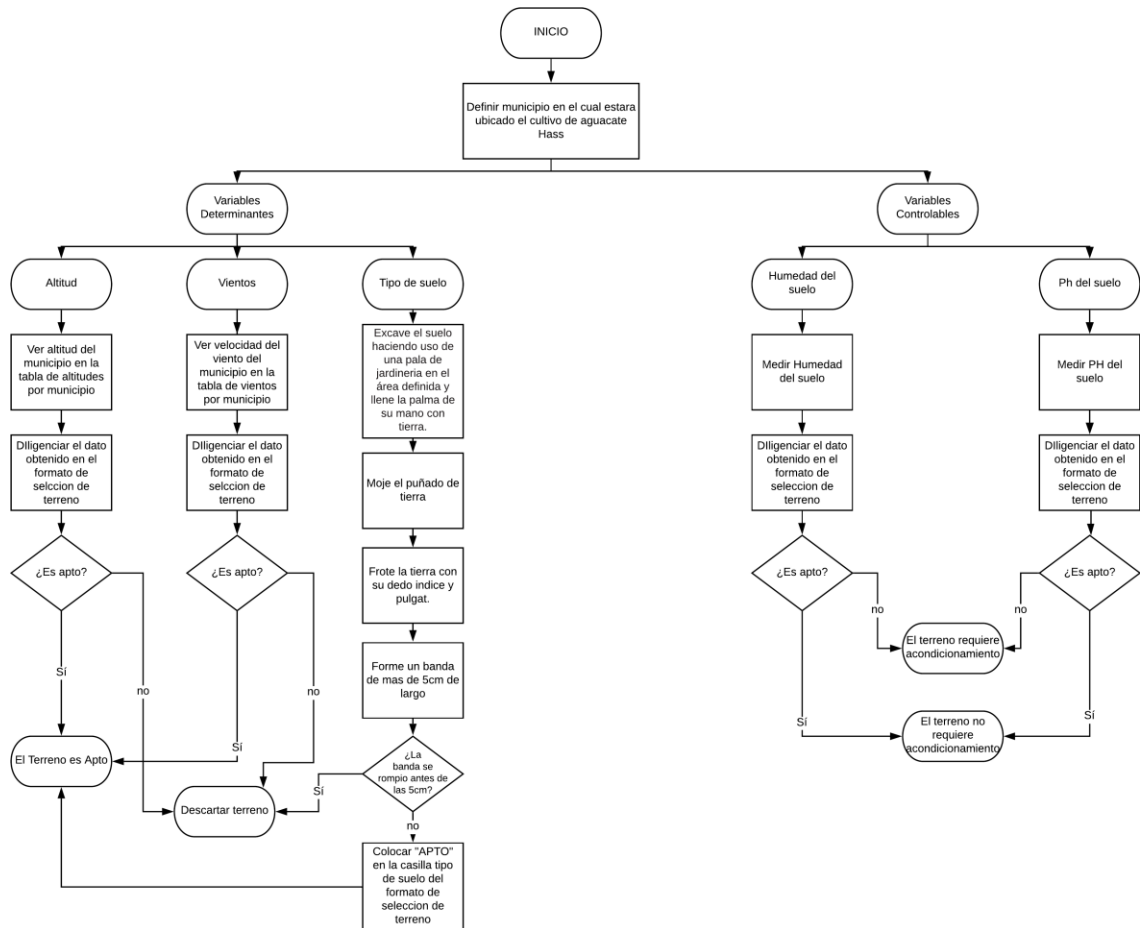
7.3.1 Selección del terreno

En el momento de llevar a cabo la selección del lote se deben tener en cuenta las variables agroclimáticas establecidas anteriormente en el numeral 7.1 de este documento, esto debido a que es allí donde estarán ubicados los árboles productores de aguacate Hass, los cuales son los principales afectados por dichas variables.

El lote debe estar ubicado cerca de vías carreteables, con el fin de facilitar el transporte de los insumos y los materiales, y de la fruta hacia los mercados. Además, debe contar con una adecuada disponibilidad en calidad y cantidad de agua, para el uso en el cultivo.

Las variables presentes en este lote deben estar en el rango establecido, para hacer una correcta selección del lote apoyarse del manual para la correcta gestión de los cultivos de aguacate Hass y del siguiente diagrama de procedimiento en el cual se estable el proceso para llevar a cabo la selección del terreno:

Figura 11 Diagrama proceso de selección de lote



. Fuente: Elaboración propia

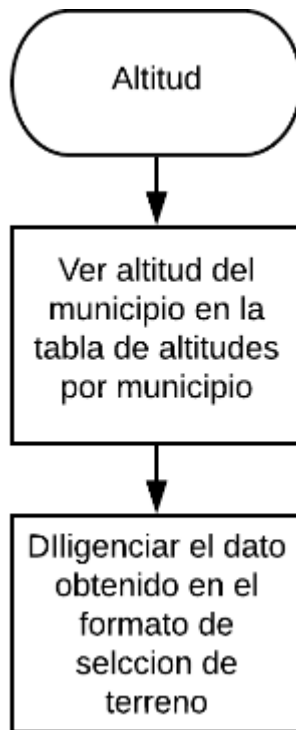
Las variables determinadas para llevar a cabo la selección del lote fueron:

- Altitud
- PH del suelo
- Humedad del suelo
- Tipo de suelo
- Vientos

Altitud

Para la evaluación de esta variable se reconocieron las diferentes altitudes en los municipios del Valle del Cauca haciendo uso de una tabla de altitudes (ver Tabla 3) por municipio, para determinar qué zonas son aptas para el cultivo de Aguacate Hass, además se estableció el proceso de evaluación mediante un diagrama de proceso, el proceso para evaluar la altitud se muestra a continuación:

Figura 12 Diagrama proceso altitud.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3 Altitudes en el Valle del Cauca por Municipio. Fuente: Elaboración propia

TABLA DE ALTITUD POR MUNICIPIO							
MUNICIPIO	ALTITUD EN M.S.N.M	MUNICIPIO	ALTITUD EN M.S.N.M	MUNICIPIO	ALTITUD EN M.S.N.M	MUNICIPIO	ALTITUD EN M.S.N.M
Cali	1018	La cumbre	1591	Cartago	917	Sevilla	1612
Alcalá	1290	La unión	975	Dagua	828	Toro	960
Andalucía	995	La victoria	912	El águila	3950	Trujillo	1260
Ansermanuevo	1035	Obando	917	El Cairo	1850	Tuluá	973
Argelia	1560	Palmira	1001	El cerrito	987	Ulloa	1350
Bolívar	978	Pradera	1057	El Dovio	1434	Versalles	1864
Buenaventura	7	Restrepo	1400	Florida	1038	Vijes	964
Bugalagrande	950	Riofrio	969	Ginebra	1100	Yotoco	1129
Caicedonia	1100	Roldanillo	966	Buga	969	Yumbo	1021
Calima Darién	1485	S. Juan Bautista de Guacarí	900	Jamundí	869	Zarzal	916
Candelaria	975	San pedro	220				

Fuente: Los autores

La razón de reconocer la altitud, en la cual se establecerá el cultivo es que, de no encontrarse en el rango, puede presentar dificultades para el crecimiento y desarrollo del cultivo.

En altitudes menores al rango fijado, este puede presentar limitaciones en su producción, como: frutos de menor tamaño, mayor presencia de plagas y mayor incidencia en de hongos. Por otro lado, en altitudes mayores sus limitaciones son: su tiempo de producción es aproximada a un año, su textura es lisa a lo habitual del fruto y de igual forma incidencia de hongos.

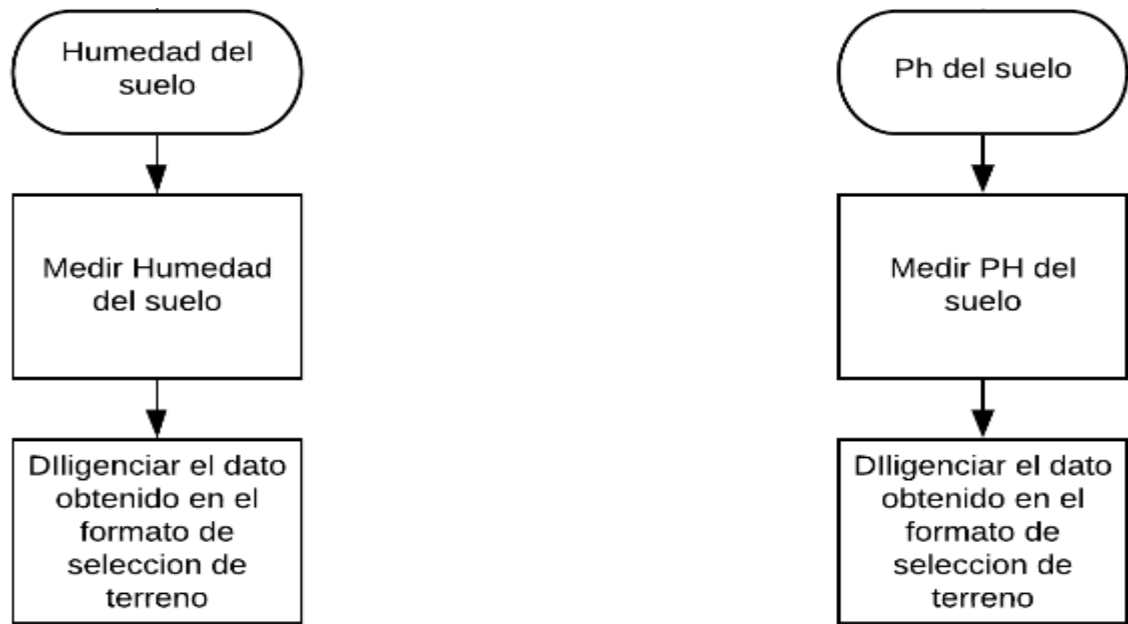
Nivel de acidez y humedad del suelo

Haciendo uso del sistema de monitoreo de control de variables agroclimáticas diseñado por la universidad católica se evaluó el nivel de acidez (PH) y la humedad del suelo, obteniendo de esta forma un dato de PH relativo del terreno, el cual registrándose en el formato de selección de lote, realizo una comparación entre el dato registrado y el rango establecido (ver Tabla 2), determinando si el terreno cumple con la condición para la siembra, requiere de adecuación para su utilidad o simplemente no es apto.

De no contar con el sistema de monitoreo desarrollado por la universidad católica el agricultor debe optar por formas alternativas para la medición del nivel de acidez y la humedad del suelo, se recomienda el uso de un medidor de PH y un termohigrómetro.

El sistema diseñado se comporta de acuerdo al siguiente diagrama de proceso para la evaluación de esta variable:

Figura 13 Diagrama proceso PH y Humedad del suelo.



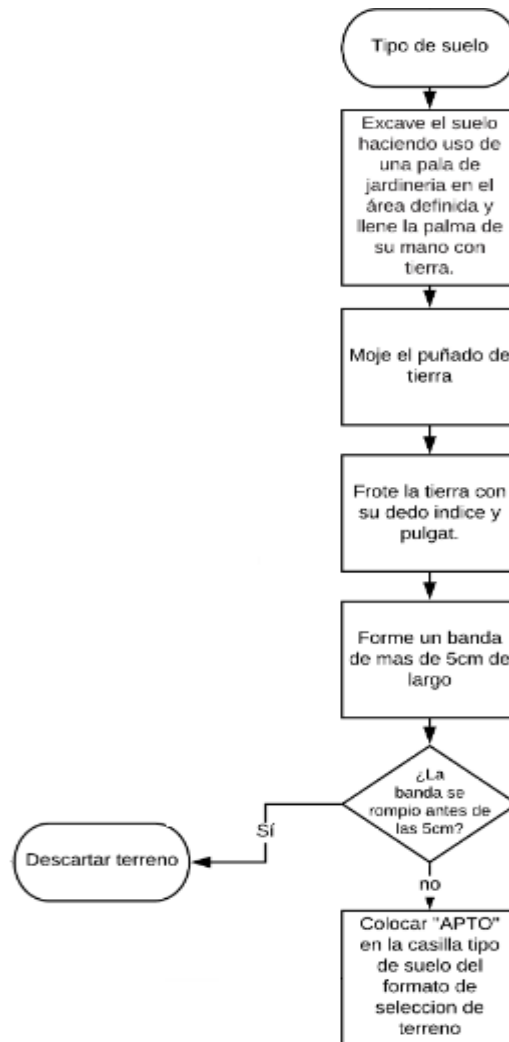
Fuente: Elaboración propia

En cuanto el PH y la humedad del suelo al encontrarse por encima o por debajo del rango fijado hace que el cultivo tenga deficiencias nutricionales, las cuales aumentan la probabilidad de enfermedades en los árboles y a su vez afectando la calidad el producto final.

Tipo de suelo

Para llevar a cabo el reconocimiento del tipo de suelo, se utilizó el siguiente diagrama de procedimiento:

Figura 14 Diagrama proceso Tipo de Suelo.



Fuente: Elaboración propia

De no ser un tipo de suelo óptimo, es decir suelos con poco drenaje pueden generar enfermedades por causantes de humedad excesiva y de igual forma causar un déficit en los nutrientes que requiere el cultivo para su crecimiento o simplemente ocasionar la no germinación de la semilla.

Vientos

Haciendo uso de una tabla de vientos por municipio (ver tabla 4), se lleva a cabo la evaluación para determinar qué zonas son aptas para el Cultivo de Aguacate Hass, obteniendo de esta forma una velocidad promedio que cruzan por el terreno,

Tabla 4 Vientos por municipio Valle del cauca. Fuente: Elaboración propia

TABLA DE VIENTOS POR MUNICIPIO							
MUNICIPIO	VIENTOS EN KM/H	MUNICIPIO	VIENTOS EN KM/H	MUNICIPIO	VIENTOS EN KM/H	MUNICIPIO	VIENTOS EN KM/H
Cali	5.2	La cumbre	6.8	Cartago	3.6	Sevilla	5
Alcalá	4.8	La unión	4.3	Dagua	6.4	Toro	4.1
Andalucía	4.8	La victoria	4.2	El águila	3.6	Trujillo	5
Ansermanuevo	3.6	Obando	4	El Cairo	4.4	Tuluá	0.8
Argelia	6	Palmira	7.5	El cerrito	6.4	Ulloa	4.2
Bolívar	4.7	Pradera	8.8	El Dovio	4.8	Versalles	4.5
Buenaventura	10.8	Restrepo	5.5	Florida	8.9	Vijes	5.2
Bugalagrande	4.7	Riofrio	5.1	Ginebra	6.9	Yotoco	5.3
Caicedonia	5.2	Roldanillo	4.6	Buga	5.5	Yumbo	5.3
Calima Darién	11	Guacarí	5.7	Jamundí	5.1	Zarzal	4.3
Candelaria	7.1	San Pedro	5				

Fuente: Los autores

Este dato debe registrarse en el formato de selección de lote ya se sea de forma análoga en el anexo 2 o en el formato que se encuentra en el drive del proyecto (ver siembra digital), donde se realiza una comparación entre el dato registrado y el rango establecido (ver Tabla 2), determinando si el terreno cumple con la condición para la siembra, requiere de adecuación para su utilidad o simplemente no es apto. El procedimiento para llevar a cabo esta evaluación se graficó mediante el siguiente diagrama de proceso:

Figura 15 .Diagrama proceso vientos.



Fuente: Elaboración propia

En cuanto los vientos por encima del rango, es un factor que favorece a la caída de flores y frutos, por otro lado, el de desarrollo de hongos al causar heridas en árbol. de modo que limita un adecuado crecimiento, al dañar nuevos brotes y causar heridas en el follaje. En caso de presentarse vientos excesivamente altos con frecuencia lo ideal es colocar barreras rompe vientos en la plantación y alrededores, mitigando de esta forma el efecto directo de esta variable.

7.3.2 Siembra

Una vez se han considerado todos los aspectos relacionados con la selección del terreno, se prosiguió a evaluar la adecuada preparación del suelo antes del establecimiento del cultivo, siendo una práctica importante para alcanzar un buen desarrollo del mismo. Las actividades a realizar durante la preparación del terreno para la siembra son:

- Adquisición de material vegetativo.
- Sistema de siembra.
- Ahoyado.
- Siembra de planta.
- Fertilización.
- Riego.
- Poda.

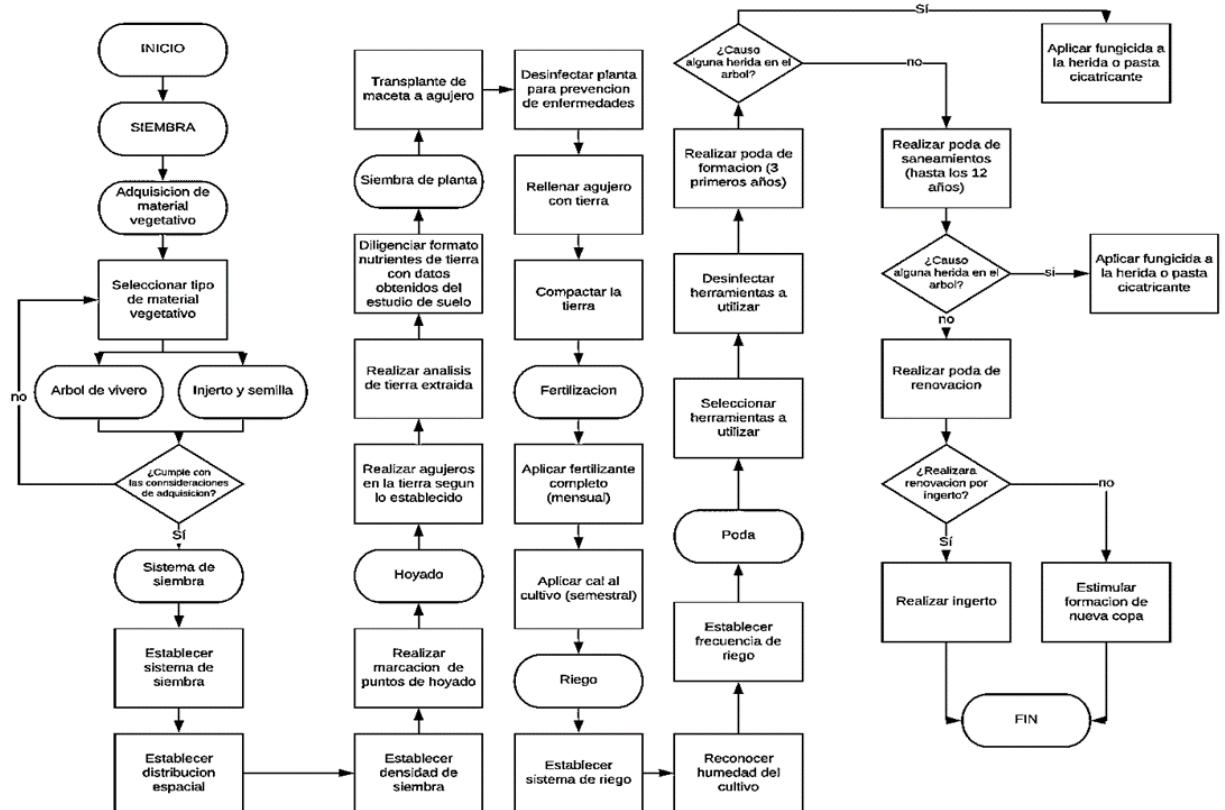
Considerándose como procesos individuales de igual forma son complementarios entre ellos, en razón que sin el resultado de cada una de las actividades anteriores puede complicarse el proceso de mantener el cultivo en óptimas condiciones o al tener en cuenta los resultados de la anterior actividad pueden ayudar a tomar acciones de mejora para un mejor rendimiento del cultivo desde su inicio. Se puede observar en (Figura 17) el flujo de los procesos en la etapa de siembra

Adquisición de material vegetativo.

Esta actividad se considera que es un factor de gran importancia por razón que al lograr obtener árboles desde un inicio vigorosos y de un rápido crecimiento, hace más fácil el manejo de la plantación.

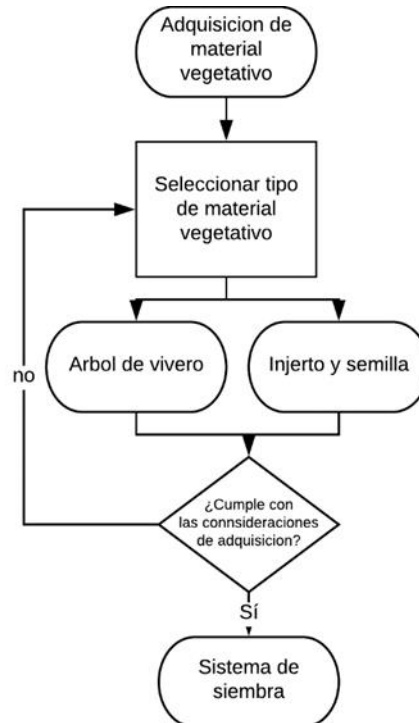
El procedimiento para llevar a cabo esta actividad se graficó mediante el siguiente diagrama de proceso:

Figura 16 Diagrama proceso siembra



Fuente: Elaboración propia

Figura 17 . Diagrama proceso adquisición material vegetativo



. Fuente: Elaboración propia

Para la adquisición del material vegetativo puede darse de 2 formas:

Adquirir árboles por viveros: es la forma en la cual se adquiere un árbol con condiciones de siembra inmediata. Esta forma es recomendada para cultivos que tengan como objetivo comercializar el fruto, ya que estos árboles son uniformes en cuanto la calidad, forma y tamaño.

Sembrar por semilla y realizar injerto: Es la forma artesanal de comenzar el cultivo, estando presente desde el desarrollo y crecimiento de la semilla.

De acuerdo a la forma de adquisición vegetativa que sea elija por el usuario del manual para los cultivos de aguacate Hass, se determinaron unas consideraciones para reconocer si la forma que está tomando es viable de acuerdo a sus condiciones actuales o si debe realizar alguna adecuación. Para reconocer la viabilidad de la forma de adquisición vegetativa se diseñó una tabla calificativa con las consideraciones que requiere cada una (ver Anexo 1), la cual al ser diligenciada de

forma análoga o digital dará un concepto y una observación sobre la forma escogida. Para que el usuario del manual comprendiera como usar la tabla calificativa de forma análogo y digital, se diseñó un paso a paso para cada forma.

El modo de diligenciar la tabla calificativa de forma análoga es de la siguiente forma:

- Ubicar la tabla calificativa que corresponda a la forma de adquisición vegetativa elegida.
- Leer las consideraciones a tener en cuenta.
- Marcar en la casilla del lado con el número 1 en caso de cumplir con la consideración, sino cumple con la consideración marcar con el número 0.
- Contar las casillas donde marco el número 1.
- Escribir el total de casillas con el número 1 en la casilla de total.

De acuerdo con el numero escrito en la casilla total, se observará la tabla de calificación de la forma de adquisición vegetativa elegida, la cual tiene un concepto y observación de acuerdo al resultado.

Para el reconcomiendo de viabilidad de la forma de adquisición vegetativa digital es de la siguiente forma:

- Abrir Excel de siembra digital.
- Ubicar la hoja de Excel con el nombre (ADQUIS.MATE. VEGE.DIGITAL)
- Ubicar la tabla calificativa que corresponda a la forma de adquisición vegetativa elegida.
- Marcar en la casilla del lado con el número 1 en caso de cumplir con la consideración, sino cumple con la consideración marcar con el número 0.
- Observar tabla de resultados, dará automáticamente el concepto y la observación.

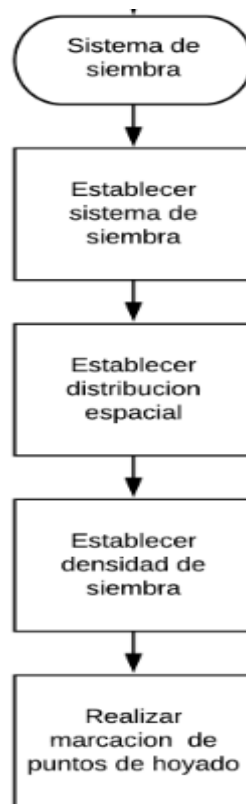
Sistema de siembra

El establecer el sistema de siembra consiste observar que forma es la óptima para el establecimiento del cultivo dependiendo de las características y pendientes del terreno. Para esto se tienen en cuenta.

- Distribución espacial
- Densidad de siembra

El procedimiento para llevar a cabo esta actividad se graficó mediante el siguiente diagrama de proceso:

Figura 18 Diagrama proceso sistema de siembra



. Fuente: Elaboración propia

Distribución espacial

Es la forma como son distribuidas las plantas en un terreno, los sistemas más utilizados son:

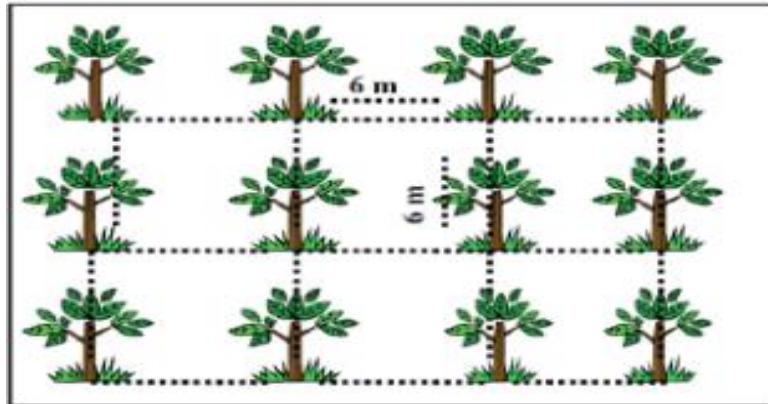
- Sistema de cuadro o marco real.
- Sistema de tresbolillo o hexagonal.

Sistema de cuadro o marco real

Este sistema consiste en establecer la plantación en forma de cuadrado, donde los árboles tendrán el mismo distanciamiento en ambos lados, formando líneas paralelas.

Nota: este sistema se recomienda en terrenos de 0 a 5 % de pendiente.

Figura 19 Sistema en cuadro



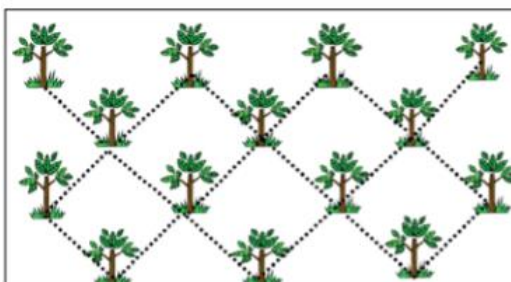
. Fuente: Manual Técnico del Cultivo de Aguacate en Honduras

Sistema de tresbolillo o hexagonal

Este sistema consiste en establecer la plantación en forma de triángulos equiláteros, a diferencia del sistema de cuadro logra un 15% más de plantas por área.

Nota: este sistema se recomienda en terrenos de 5 a 15 % de pendiente.

Figura 20 Sistema Tresbolillo o Hexagonal.



Fuente: Manual Técnico del Cultivo de Aguacate en Honduras

El sistema de siembra es escogido de acuerdo al grado de pendiente del terreno en porcentaje (ver Tabla 5).

Tabla 5 Sistema de siembra

SISTEMA DE SIEMBRA	Porcentaje (%) de inclinación
CUADRO O MARCO REAL	0 a 5
TREBOLSILLO O HEXAGONAL	6 a 15

. Fuente: Elaboración propia

Nota: El sistema de siembra puede escogerse de acuerdo a la recomendación del sistema o también se puede escoger por preferencia, ya que la diferencia es el rendimiento en el terreno.

Densidad de siembra

Al establecer un huerto, la densidad de siembra determinará el tiempo requerido para el desarrollo total de la copa de los árboles y la mayor o menor cantidad de luz solar capturada. El número de árboles por unidad de área o hectárea de cultivo depende en gran parte de la variedad a sembrar y de factores como la pendiente del terreno, las condiciones físicas y químicas del suelo, la humedad relativa o del ambiente y la luminosidad, entre otros.

Densidad de siembra es el número de plantas que se pueden sembrar por unidad de superficie, determinada la distribución espacial que tendrá el cultivo, se determina las distancias siembra entre cada árbol, la distancia recomendada es de

7x7m, en caso de querer un cultivo en asocio, de no ser de esta forma se considera un cultivo compactado el cual permite un manejo más dirigido e individualizado para lograr mejores rendimientos.

Nota: el cultivar en asocio debe darse un manejo por separado para ambos, teniendo en cuenta que las plagas y enfermedades son diferentes, así como también aspectos nutricionales pueden llegar a competir causando un efecto en el rendimiento del árbol de Aguacate Hass.

Para reconcomiendo de la capacidad de siembra de acuerdo al sistema escogido, se diseñó un formato de forma análoga y digital, para el manual para los cultivos de aguacate Hass.

Para la forma análoga se diseñó una tabla para reconocer cuál será su capacidad de siembra de acuerdo con el sistema escogido (ver Tabla 6), la cual muestra la capacidad de siembra en 1 hectárea.

Tabla 6 Capacidad de siembra en 1 hectárea.

1 hectárea	Distancia de separación (PLANTAS X SURCO)	Densidad de siembra (# de árboles /espacio terreno)		Recomendación Método de siembra
		Cuadro	Trebolsillo	
	10	100	115	Asociada
	9	123	142	Asociada
	8	156	180	Asociada
	7	204	235	Compactada
	6	278	319	Compactada
	5	400	460	Compactada

. Fuente: Elaboración propia

Nota: Pensar en distancias amplias no es un problema, pero pasa lo contrario con las distancias cortas en las cuales se debe analizar la posibilidad de manejar podas, raleos, problemas de plagas y enfermedades entre otros aspectos. Al aumentar la densidad de siembra se debe ser consciente de que se debe disponer de mayor

capacitación e infraestructura, se deben realizar podas frecuentes y adecuar la fertilización al sistema productivo.

Por otro lado, el formato digital se diseñó un paso a paso el cual dará el apoyo para el uso de este:

- Abrir Excel de siembra digital.
- Ubicar la hoja de Excel con el nombre (CAPACIDAD SIEMBRA)
- Digitar en la casilla de espacio del terreno, el espacio disponible para la plantación en metros.
- Posicionar en la casilla distancia de separación (plantas x surco) y seleccionar la distancia deseada.

El sistema automáticamente dará la capacidad de siembra por sistema y una recomendación para el método de siembra.

Una vez el usuario de manual determina la densidad de siembra proseguirá a realizar el trazado en el terreno y a su vez la marcación de los puntos para el hoyado.

Hoyado

Esta labor consiste en realizar los huecos en los cual se va plantar el árbol de Aguacate Hass, se toma el trazado realizado anteriormente.

El procedimiento para llevar a cabo esta actividad se graficó mediante el siguiente diagrama de proceso:

Figura 21 Diagrama proceso hoyado



. Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones del hueco pueden variar dependiendo del tipo de suelo determinado en selección del terreno, la recomendación de acuerdo a dos tipos de suelos.

Tabla 7 Recomendación por tipo de suelo.

TIPO DE SUELO	RECOEMDNACION
Arcilloso o francos arcillosos	30 cm largo X 30 cm ancho X 30 cm de hondo o también 25 cm largo X 30 cm ancho X 30 cm de hondo
Arenoso de origen volcánico	50 cm largo X 50 cm ancho X 60 cm de hondo o también 80cm largo X 80cm ancho X 80 cm de hondo

Fuente: elaboración propia

Nota: el aguacate tiene una raíz de anclaje la cual posee la capacidad para abrirse espacio entre la tierra, mientras que los pelos absorbentes en esta etapa no tienen la fuerza para colonizar suelo compactado.

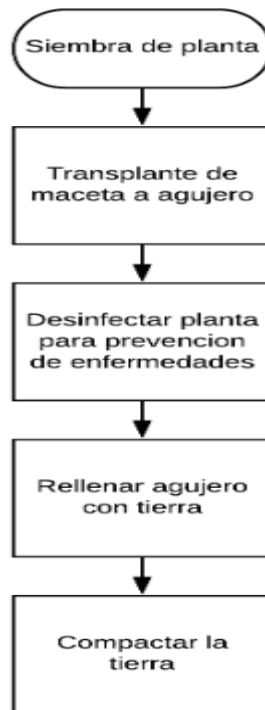
Siembra de planta

Adecuado el terreno se realiza el trasplante de las plantas a los agujeros desinfectados para prevención y protección de enfermedades en la planta.

Nota: Las plantas al momento de la siembra deberán contar con una altura de 60 a 120 cm, los cuales se alcanzan 180 a 200 días después del trasplante de la plántula a la bolsa.

El procedimiento para llevar a cabo esta actividad se graficó mediante el siguiente diagrama de proceso:

Figura 22 Diagrama proceso siembra planta



. Fuente: Elaboración propia

En el manual este proceso sembrar la planta el agujero se describió, mediante un paso a paso:

- Desinfectar los agujeros para prevención y protección de enfermedades en el árbol
- Realizar el trasplante de la planta al agujero.
- destapar la bolsa por la parte inferior hasta su totalidad
- retirar la bolsa en su totalidad
- depositando la planta en el agujero
- se llena el hueco con el suelo que se sacó de éste
- pisa para extraer el exceso de aire.

El árbol debe quedar en un montículo, de 30 cm por encima del suelo para evitar encharcamientos y pudriciones. Este proceso se puede evidenciar en la Figura 25.

Figura 23 Siembra planta de Aguacate Hass

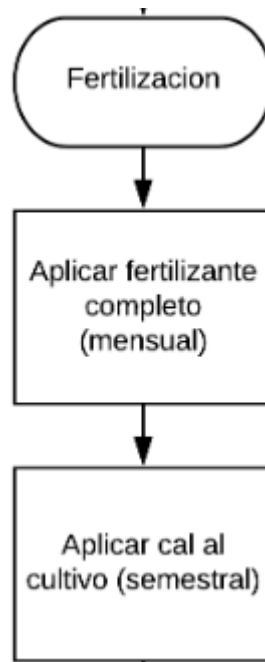


. Fuente: Manual Técnico del Cultivo de Aguacate en Honduras

Fertilización

El plan de fertilización se debe determina de acuerdo con el análisis de suelo realizado en la etapa de HOYADO, estableciendo de acuerdo a los resultados del análisis las necesidades de la planta en cada etapa de desarrollo y a lo largo del ciclo de producción. Al aplicar fertilizantes como enmienda, correctivo a aporte nutricional, se deben considerar los coadyuvantes y formas químicas de elementos más adecuados a utilizar, y asegurar la disponibilidad de nutrientes, al respecto se debe tener cuidado y evitar y superar antagonismos y desequilibrios nutricionales. El procedimiento para llevar a cabo esta actividad se graficó mediante el siguiente diagrama de proceso:

Figura 24 Diagrama proceso fertilización



. Fuente: Elaboración propia

Para la identificación de los nutrientes necesarios en el suelo para la nutrición del árbol de aguacate Hass en el manual se definen dos formas, la primera desde la identificación de unos nutrientes básicos de una forma general y la segunda es mucho más precisa, ya que es a partir de muestras de tierra que se envían a un laboratorio para su análisis dando un resultado más detallado sobre los nutrientes encontrados en la tierra.

La primera forma consiste en la identificación de los nutrientes que más aportan en el árbol de aguacate Hass (ver Tabla 8).

Tabla 8 Nutrientes necesarios para el árbol de aguacate Hass.

NUTRIENTES NECESARIOS PARA EL ARBOL DE AGUACATE HASS	
Nutriente	Aporte al árbol
Fósforo (P)	ayuda al crecimiento de las raíces, al crecimiento de la planta, hace parte del sistema de transporte de energía en la planta, influye en la floración, fructificación, desarrollo de semillas y maduración de las cosechas
Potasio (K)	ayuda a acelerar los procesos en las plantas y regula la cantidad de agua, favorece la utilización de la luz en el tiempo frío y nublado, aumenta la resistencia a la sequía y a las enfermedades.
Calcio (Ca)	Hace parte de la corteza o la piel de las plantas; además, que es el encargado de conformar el esqueleto de los árboles.
Magnesio (Mg)	Hace parte principal de la clorofila o color verde de la planta es importante en la fotosíntesis (proceso en el cual la planta absorbe los nutrientes del suelo y activa todos los procesos vitales) ayuda a la formación y movimiento de azúcares y energía en la planta.
Materia Orgánica (MO)	Ayuda a unir todos los componentes del suelo, mejora la aireación, aumenta la reserva y la disponibilidad de nutrientes; además del suministro de elementos menores. Facilita el crecimiento de organismos que mantienen vivo el suelo, tiene la capacidad de retener agua, por esta razón en aguacate no se deben hacer grandes aplicaciones ya que la raíz del árbol puede verse afectada por su pudrición. Además, la gallinaza u otra fuente de materia orgánica que se vaya aplicar en el cultivo de aguacate debe ser muy bien compostada.
Elementos menores (Hierro, manganeso, Boro, Cobre, Zinc, Molibdeno entre otros)	Son las vitaminas de la planta, son indispensables en todos los procesos; desde el crecimiento hasta la producción, sin estos la utilización de los demás nutrientes no es tan eficiente, el árbol los necesita en pocas cantidades y en caso de que no existan es más notable su ausencia.

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el plan de fertilización se puede observar la Tabla 9. La cual contiene un promedio de los nutrientes expuestos en la Tabla 8, en cada uno de los municipios del Valle del Cauca.

Tabla 9 Nutrientes del suelo por municipio del Valle del Cauca

Municipio	Nutrientes del suelo					Municipio	Nutrientes del suelo				
	MO	P	K	Ca	Mg		MO	P	K	Ca	Mg
	(%)	(mg.kg-1)		(cmolc.kg)			(%)	(mg.kg-1)		(cmolc.kg)	
Alcalá	9,3	14,02	0,4	3,41	0,8	La Cumbre	10	4,63	0,4	6,21	2,11
Andalucía	7,4	8,13	0,4	8,77	4,11	La Unión	4,9	11,46	0,5	13,7	6,06
Ans. Nuevo	8	8,95	0,5	7,69	2,13	La Victoria	3,8	13,77	0,4	8,97	4,15
Argelia	8,7	10,54	0,5	9,32	2,44	Obando	4,7	8,12	0,4	9,19	3,63
Bolívar	5,7	10,12	0,4	10,2	2,94	Palmira	7,7	11,22	0,4	15,5	6,63
Buga	10	6,61	0,4	7,9	2,49	Pradera	7,9	10,91	0,3	19,5	7,01
B. La grande	6,1	7,17	0,3	9,18	3,78	Restrepo	8,8	5,45	0,5	8,61	2,81
Caicedonia	6,9	11,99	0,4	6,32	1,84	Riofrío	11	4,77	0,3	5,77	2,05
Cali	9,6	9,45	0,3	5,55	2,65	Roldanillo	5,8	6,62	0,5	11	3,94
Cartago	6,1	6,73	0,4	7,39	3,33	San Pedro	4,3	6,25	0,2	7,98	2,3
Dagua	7,1	8,23	0,4	8,15	3,32	Sevilla	7,3	9,3	0,5	7,01	2,99
Darién	14	4,49	0,3	3,37	0,9	Toro	6,3	13,72	0,4	8,55	3
El Águila	9,8	10,16	0,4	7,1	1,92	Trujillo	9,9	4,42	0,3	6,44	2,1
El Cairo	8,8	11,23	0,7	10,5	2,68	Tuluá	6,3	8,23	0,3	10,8	4,56
El Cerrito	7,9	16,53	0,4	13,4	5,91	Ulloa	8,1	14,12	0,5	3,24	0,83
El Dovio	5,6	11,86	0,5	11,5	3,4	Versalles	6,6	13,16	0,5	11,4	3,16
Florida	5,8	12,72	0,3	14	5,3	Vijes	7,3	3,84	0,4	8,65	4,22
Ginebra	7,2	5,58	0,3	9,77	3,61	Yotoco	12	4,33	0,4	5,23	1,49
Guacarí	8,1	4,05	0,3	7,38	2,43	Yumbo	6,6	3,89	0,3	12,2	5,91
Jamundí	9,5	5,25	0,3	3,22	1,68						

. Fuente: Cenicafe

Una vez reconozca el municipio en el cual se está estableciendo el cultivo puede observar en la Tabla 10, donde se caracteriza el estado del nutriente en el municipio.

Tabla 10 Caracterización del nutriente en el suelo.

CARACTERIZACION DEL NUTIRENTE DE LA TIERRA					
CARACTERISTICA		CATEGORIZACION			
		DEFICIENTE	OPTIMA		ALTA
		(<= QUE)	DE	A	(>=QUE)
Ca	(meq/100 ml)	4	5	20	21
Mg	(meq/100 ml)	1	2	5	6
K	(meq/100 ml)	0,2	0,3	0,6	0,7
P	(µg/ml)	10	11	20	21
Materia Orgánica		1	2	10,1	10,2

. Fuente: Elaboración propia

En cuanto se idéntica la categoría en la cual se encuentra el nutriente se puede observar en la Tabla 9 una observación sobre la categoría del nutriente.

Tabla 11.Reconocimiento de categoría de nutrientes de la tierra

TABLA DE CALIFICACION		
Categorización	Deficiente	Debe revisar el nutriente y mejorarlo en plan de fertilización
Categorización	Optimo	Los nutrientes se encuentran en su rango de aceptabilidad
Categorización	Alta	Revisar nutriente y disminuir en el plan de fertilización

Fuente: Los autores

La segunda forma de realizar el análisis de suelo consiste en tomar muestras de tierra, para esto son necesarias las siguientes herramientas:

- Palín limpio (Pala o barreno).
- Balde plástico o saco limpios.
- Bolsas plásticas para depositar muestras por lo menos con capacidad de 1kg.
- Lapiceros y hoja para anotar.

Una vez el usuario del manual cuente con las herramientas prosigue a tomar las muestras en el terreno:

- si la plantación es muy grande dividir la toma de muestras por lotes, de ser pequeña dividirla en parcelas donde se tomará una muestra de cada una.
- La profundidad a sacar la muestra puede ser entre 10 cm a 30 cm.
- Se toman submuestras alrededor de 1 a 2 metros de la base del tronco, se recomienda de 10 a 12 submuestras por hectárea. Mientras más muestras más representativo será el análisis.
- Tomada la muestra se sacan piedras, raíces, palos y hojas.
- Se mezclan todas las submuestras en una bolsa de 1 kg aproximadamente con el objetivo de alcanzar mayor representación.
- Se rotula cada con el número de lote o muestra, productor y tipo de análisis.
- Enviar muestras de tierra a laboratorio especializado en análisis de suelo se recomienda (AGQ LABS).

Una vez el laboratorio ha recibido muestras del suelo y realiza su respectivo análisis, dará un formato con los resultados de cada micronutriente del suelo. Este formato se puede comprar con la Tabla nutrientes (ver Anexo 1), el cual muestra si los niveles de nutrientes se encuentran alta, óptimo o deficiente. En cuanto identifique podrá observar la Tabla nivel de nutrientes de en la tierra ubicada en la parte de anexos de este manual (ver Anexo 1).

Otra forma de hacer el análisis de los resultados del laboratorio es por medio del formato siembra digital el cual se utiliza de la siguiente forma:

- Abrir Excel de siembra digital.
- Ubicar la hoja de Excel con el nombre (NUTIRE. TIERRA DIGITAL)
- Digitar en la columna de resultado cada uno de los resultados por nutriente.
- Este automáticamente le dará una categorización y observación.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede hacer un plan de fertilización, el cual se recomienda elaborar de la siguiente forma:

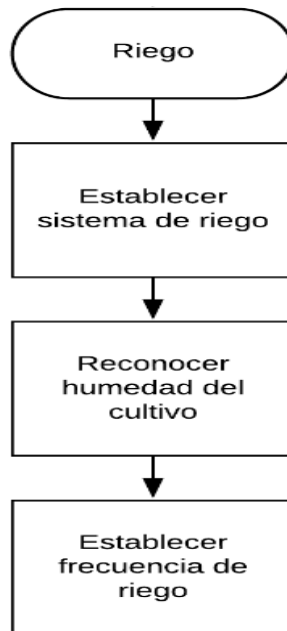
- La primera fertilización debe hacerse al mes de sembrado, utilizando para ello un fertilizante completo que aporte todos los nutrientes necesarios de acuerdo al análisis de suelo.
- El abonamiento durante el primer año debe hacerse de ser posible mensual, en pequeñas dosis.
- A partir del segundo año la aplicación de fertilizante se puede hacer menos frecuentemente, cada 2 meses.
- La localización del fertilizante alrededor del árbol debe hacerse considerando la ubicación de la mayor cantidad de raíces activas, asegurando así el eficiente aprovechamiento de los fertilizantes aplicados. Estas raíces se hallan localizadas en la zona de la gotera.
- Hay que tener en cuenta que el fertilizante químico es asimilado por la planta siempre y cuando el suelo esté húmedo.
- Los árboles deben ser encalados 2 veces en el año aplicando la cal en toda la zona del plateo.

Nota: Esto debe hacerse en épocas de lluvia, ya que el agua es la encargada de activar la acción de la cal. Además, debe tenerse en cuenta que la cal nunca debe ir mezclada con el fertilizante químico, por el contrario, debe ir espaciada por lo menos un mes la aplicación del fertilizante de la aplicación de la cal.

Riego

La disponibilidad de agua es factor determinante que influencia el crecimiento del árbol, producción y calidad del fruto. El procedimiento para llevar a cabo esta actividad se graficó mediante el siguiente diagrama de proceso:

Figura 25 Diagrama proceso riego.



Fuente: Elaboración propia

Al establecer un sistema de riego se reconoce como se va hacer la utilidad del agua en los cultivos y en que concentración se va distribuir, en estos cultivos se recomienda incorporar un sistema de riego por goteo, el cual brindara una eficiencia de aplicación de hasta 90 %, con ahorros de agua de hasta el 50 % con respecto a la aspersión, además se evita el efecto perjudicial del mojado de tronco y de intercepción por las ramas.

Para reconocer la frecuencia en las que se va a realizar la el riego del cultivo se hace un reconocimiento del estado del cultivo en cuestión de humedad haciendo uso del sistema de monitoreo y control de variables agroclimáticas, el cual dará respuesta de cómo se encuentra el cultivo y que se recomienda en caso de no estar en el promedio de necesidad del cultivo, este proceso se puede observar en el en capítulo de monitoreo y control en la sección de humedad de suelo.

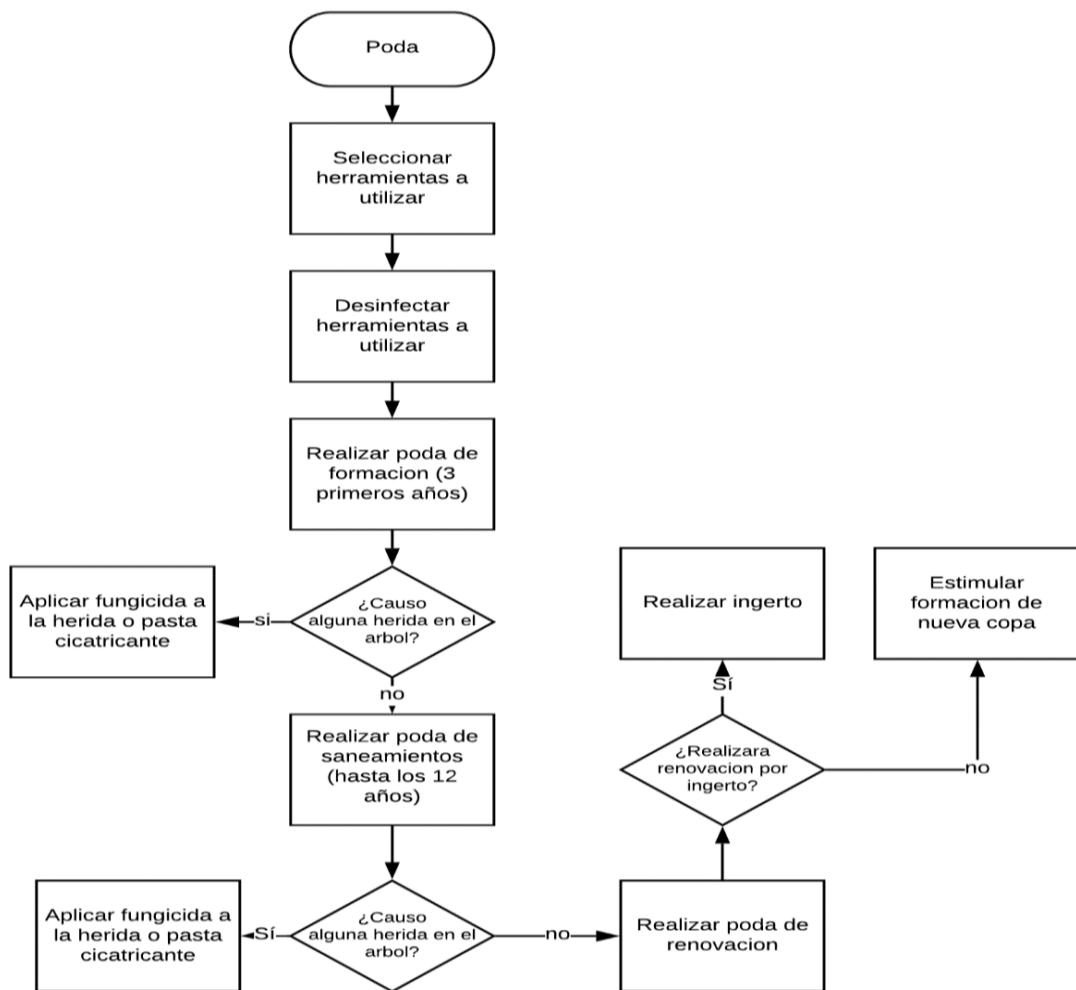
Poda

Esta práctica es fundamental para dar un buen manejo a la plantación, mayor producción sanidad, fruta mejor distribuida y facilidad de cosecha permitiendo

efectuarse en su mayoría, esta labor debe iniciarse desde el primer año, para evitar realizar podas drásticas que causen daño al árbol lo cual puede causar efectos negativos en producción del árbol.

El procedimiento para llevar a cabo esta actividad se graficó mediante el siguiente diagrama de proceso:

Figura 26 Diagrama proceso poda



Fuente: Elaboración propia.

Para un buen manejo se deben considerar 3 tipos de podas:

- Poda de formación.

- Poda de saneamiento.
- Poda de renovación.

Según (Londoño Z, 2008) se hacen unas recomendaciones generales antes de iniciar cada tipo de poda:

- Eliminar la menor cantidad posible de madera verde y hojas.
- Esta práctica se debe hacer en el transcurso de la mañana preferiblemente antes de las 10 Am, para reducir el estrés sobre la planta.
- Se deben usar herramientas, tijeras o navajas con buen filo; los cortes deben ser limpios y en bisel, teniendo cuidado de no magullar la corteza.
- Se recomienda desinfectar las herramientas al pasar de una planta a otra; se pueden emplear para la desinfección Puedes usar para la desinfección una solución de yodo al 10%.

Nota: se recomienda emplear dos herramientas, una que permanece sumergida en el desinfectante y otra con la que se realiza la labor de poda.

- Para prevenir la entrada de enfermedades por las heridas hechas, se debe aplicar un fungicida (Mancozeb, en dosis de 3,0 g/l) dirigido a los cortes de las plantas podadas.
- Cuando el grosor de la rama cortada supera 1,0 cm, se recomienda aplicar sobre la herida una pasta cicatrizante, la cual se puede hacer mezclando un insecticida, un fungicida y un sellante.

Poda de formación

Esta poda se realiza en los primeros años de la edad del árbol, ya que permite formar una adecuada copa del árbol dando una mejor distribución de ramas, favoreciendo las labores de manejo, así como rendimientos del cultivo.

Los pasos a seguir para la poda de formación de acuerdo a (Garbanzo, 2011) son:

- La primera poda debe realizarse cuando el árbol tiene una altura de aproximadamente 80cm y se encuentran en crecimiento activo.

Nota: esta práctica consiste en eliminar el punto de crecimiento central, permitiendo que la fuerza de desarrollo se distribuya en las 3 o 4 ramas laterales ubicadas en diferentes puntos cardinales, que irían a facilitar la formación de la copa del árbol.

- Cuando las ramas laterales han crecido 60 a 90 cm, se realiza un despume de la ramilla central, para lograr mayor vigor.
- Esta labor se puede realizar aproximadamente cada seis meses de acuerdo al crecimiento de ramas y en los primeros 3 a 4 años, hasta tener bien formada la copa base.

Poda de saneamiento

Se inicia a partir del 3 año, consistiendo a eliminar ramillas muy bajas, secas, ubicadas en la parte interna del árbol, en razón que estos generalmente son hospedadores de hongos que afectarían el cultivo. posteriormente; con ella se logra dar una adecuación aireación y luminosidad.

Nota: no es conveniente hacer una eliminación total de ramillas internas; algunas todavía son productivas y pueden dar frutos si reciben buena luz solar.

Generalmente estas ramillas se caracterizan por ser terciarias, delgadas y de poco vigor, después de dar frutos, tienden a secarse y se pueden eliminar más fácilmente.

Poda de renovación

Esta práctica se realiza con el fin de renovar el tejido productivo generalmente en arboles mayores de 12 a 15 años, que muestren agotamiento del área foliar. esto consiste en el corte de las ramas que forman la copa del árbol, para estimular la formación de una nueva copa o para renovar ésta por medio de injertos.

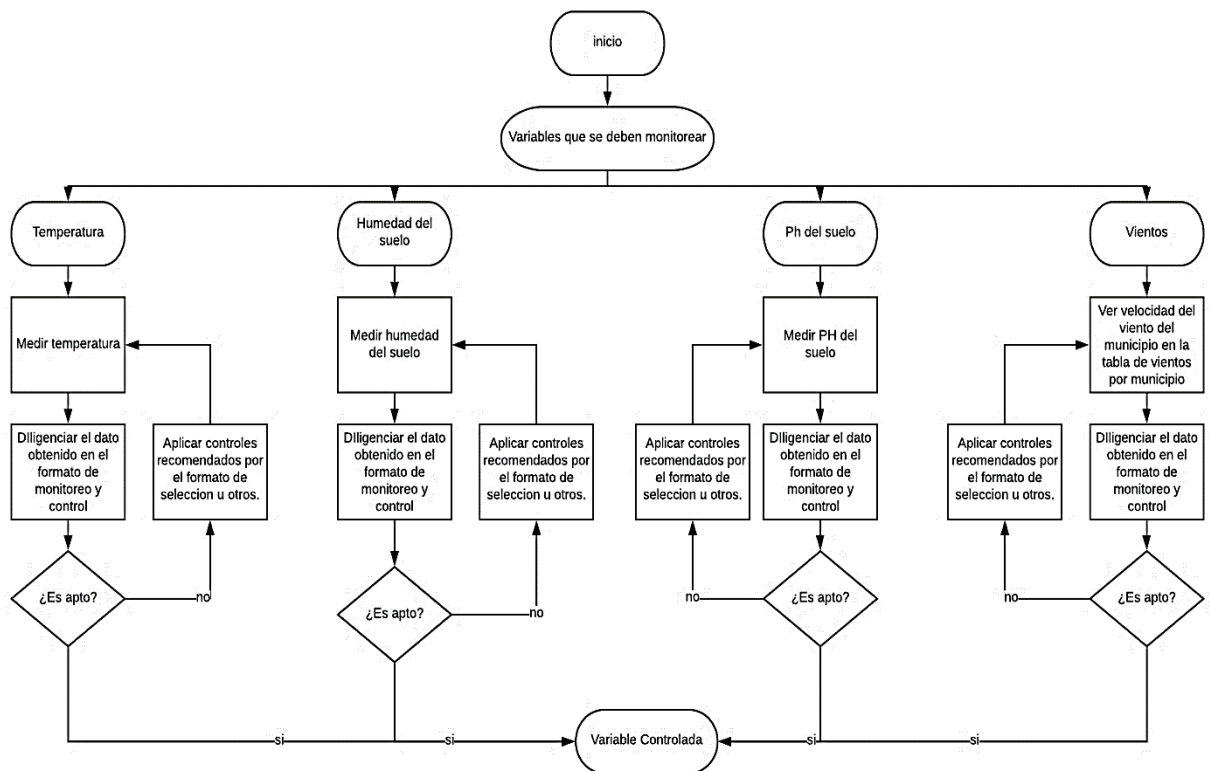
7.3.3 Monitoreo y control

Esta es una de las etapas determinantes dentro del proceso de producción del aguacate Hass, debido a que los errores cometidos en esta etapa son perjudiciales

para el desempeño del cultivo, y esto se ve reflejado en pérdidas de producción y a su vez económicas.

Para llevar a cabo el proceso de monitoreo y control es necesario apoyarse tanto de la tabla de variables agroclimáticas para los cultivos de aguacate Hass (ver tabla 2), como del prototipo de monitoreo y control de variables agroclimáticas para los cultivos de aguacate Hass realizado por el semillero de investigación INNOVATEC de la Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium y del siguiente diagrama de proceso:

Figura 27 . Diagrama proceso Monitoreo y Control



Fuente: Elaboración propia

En esta etapa es necesario monitorear periódicamente las variables agroclimáticas establecidas previamente, basándose en el proceso de evaluación establecido en el Manual para los cultivos de aguacate Hass el cual se encuentra subido en el drive del proyecto, para el control de las variables se recomienda hacer uso del formato

de monitoreo y control el cual se encuentra subido en el drive del proyecto (ver siembra digital)

Este monitoreo se lleva a cabo con el fin de conocer el estado actual del cultivo, más específicamente para conocer qué variables están requiriendo acciones de control para así darle solución a estas de manera concreta sin tener que tomar una medida de control colectiva como normalmente se hace en la actualidad, esto permite tener siempre el cultivo en óptimas condiciones; mediante el uso del prototipo se puede tener mediciones precisas e independientes para cada variable lo cual evita desperdicios de tiempo debido a que se toman medidas de control solamente para la variable que lo necesita y no para todo el cultivo, esto a la vez permite que se tenga mejor manejo de los recursos y así una correcta gestión del cultivo.

En general, las plagas y las enfermedades son una de las maneras en que la naturaleza elimina árboles que no son saludables, Esto debido a que las enfermedades afectan menos a los árboles saludables. La solución para tener plantas saludables y con menos índice de enfermedades es controlar las variables que afectan a los árboles pues esto permite que los árboles tengan una alimentación saludable, y las plantas saludables proporcionan una buena nutrición para alimentar personas saludables.

Las razones por las que los árboles no son saludables se pueden evidenciar en la siguiente tabla (ver tabla 14)

Tabla 12. Razones por las que los árboles no son saludables.

RAZONES POR LAS QUE LOS ARBOLES NO SON SALUDABLES
1. El árbol está recibiendo o demasiada o demasiada poca luz solar
2. El árbol está recibiendo demasiada o demasiada poca agua

3. El árbol está recibiendo o demasiado o demasiado poco calor
4. El suelo no se preparó adecuadamente
5. No se le aplicó suficiente composta al suelo
6. Las raíces de la planta se dañaron durante el trasplante
7. Los minerales de la tierra son deficientes y/o desbalanceados
8. Las plantas se trasplantaron demasiado cercanas o demasiado lejos unas de otras

Fuente: Elaboración propia

Algunos de los síntomas que presentan los árboles no saludables se pueden ver en la tabla de síntomas y consecuencias.

Tabla 13. Síntomas y causas en los árboles de Aguacate Hass

ALGUNOS SÍNTOMAS Y CAUSAS

Síntoma	Causa
<ul style="list-style-type: none"> Tallos alargados, débiles y delgados 	<ul style="list-style-type: none"> Muy poca luz solar o trasplante muy cercano
<ul style="list-style-type: none"> Marchitez excesiva 	<ul style="list-style-type: none"> Demasiada luz solar/calor o muy poca agua
<ul style="list-style-type: none"> Hojas amarillentas 	<ul style="list-style-type: none"> Demasiada o demasiada poca agua
<ul style="list-style-type: none"> Crecimiento limitado 	<ul style="list-style-type: none"> Muy poco calor, raíces dañadas durante trasplante, preparación de suelo insuficiente, muy poca composta agregada, los minerales del suelo en desbalance y/o inadecuada rotación y diversificación de cultivos
<ul style="list-style-type: none"> No se estableció un micro-clima 	<ul style="list-style-type: none"> Trasplante con demasiada distancia entre plantas.

Fuente: Los autores con datos del folleto plagas y enfermedades del aguacate hass

Se estableció mediante el folleto plagas y enfermedades, medidas de control para los problemas que pueden presentar los árboles no saludables, estas son:

Tabla 14. Folleto plagas y enfermedades

CAUSAS	CONSECUENCIA
LUZ SOLAR	Incrementar la luz solar que el árbol recibe quitando las obstrucciones o disminuyendo la cantidad de luz solar agregando una malla sombreadora o "techo" de jojas de palma o ramas
HUMEDAD	Medir la humedad del suelo con la mano para ver si debe incrementar o disminuir la cantidad de agua que se le riega. Los primeros 20cm de profundidad del suelo deberían estar mojados
TEMPERATURA	Agregue malla sombreadora o tina cubierta para atrapar el calor
PREP. SUELO	Cultivar con cuidado alrededor de la planta tan profundo como sea posible sin molestar las raíces
PH SUELO	Agregue composta curada (con un 50% de tierra por volumen) a una tasa de 6 a 12 cubetas (1 cubeta= 5 galones) por cada 10 m ² (una capa de 1 a 3cm), incorpore la composta al suelo con cuidado hasta una profundidad de 8 a 10 cm con un biello cuadrado
RAICES	Tener cuidado de no maltratar las raíces de las plantas que se transplantan. Las raíces deben quedar vertical en el suelo y no torcidas
VIENTOS	Sembrar árboles en zonas que delimitan el cultivo para que actúen como cortinas o cortavientos
DISTANCIA PLANTAS	Cambie la distancia entre plantas que está utilizando actualmente en base experimental para determinar cual funciona mejor

Fuente: Los autores con datos del folleto plagas y enfermedades del aguacate hass

Temperatura

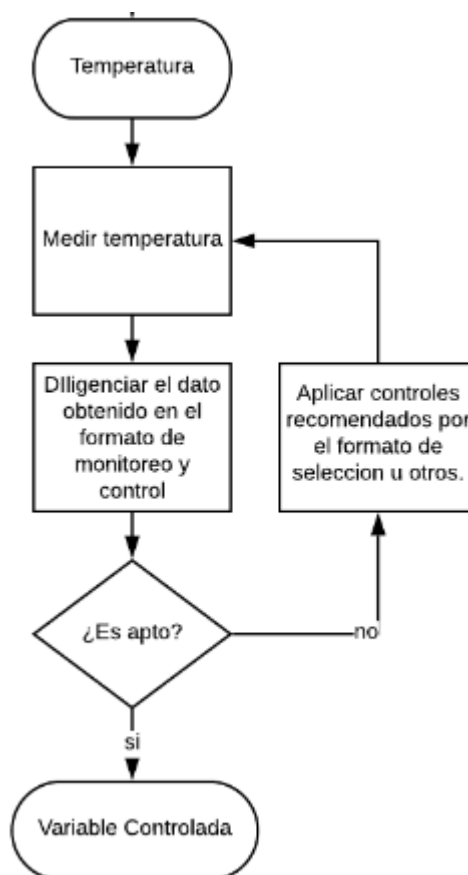
Haciendo uso de SIMVA se lleva a cabo el monitoreo de la temperatura, obteniendo de esta forma un dato de la temperatura actual del cultivo, el cual registrándose en el formato de monitoreo y control que se encuentra subido en el drive del proyecto (ver siembra digital) o de forma análoga (ver Anexo 2), se realiza una comparación entre el dato registrado y el rango establecido (ver tabla 2) y a la vez determina si

la variable requiere o no controles, de requerirlos muestra una recomendación de control.

De no contar con SIMVA el agricultor debe optar por formas alternativas para la medición de la temperatura en el cultivo, se recomienda el uso de un termómetro.

El sistema diseñado se comporta de acuerdo al siguiente diagrama de proceso para la evaluación de esta variable:

Figura 28 . Diagrama proceso Temperatura



. Fuente: Elaboración propia

Humedad del suelo

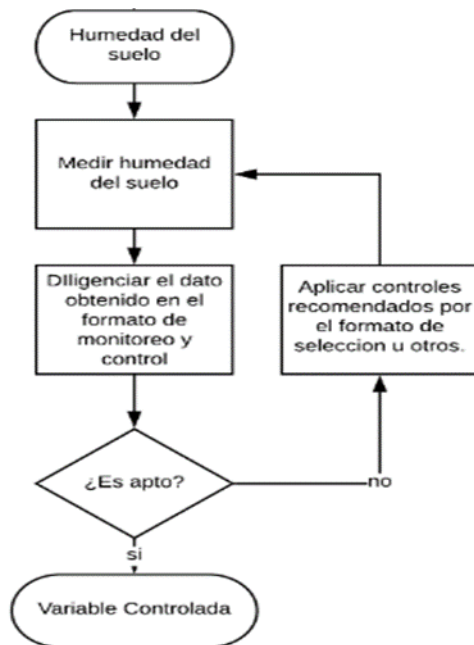
Haciendo uso de SIMVA ubicado en tres (3) zonas establecidas como se indica en el manual para cultivos de aguacate Hass (ver Anexo 1) el cual se encuentra subido en el drive del proyecto; se evalúa la humedad del suelo, obteniendo de esta forma

el dato actual de esta variable, el cual registrándose en el formato de monitoreo y control el cual se encuentra de manera digital en el drive del proyecto (ver siembra digital) o de forma análoga (ver Anexo 2), se realiza una comparación entre el dato registrado y el rango establecido en la tabla de variables agroclimáticas para cultivos de aguacate Hass (ver tabla 2) , determinando si la humedad del suelo en el cultivo actualmente cumple con la condiciones necesarias o requiere de controles, de requerirlos el formato muestra una recomendación de control.

De no contar con SIMVA el agricultor debe optar por formas alternativas para la medición de la humedad del suelo, se recomienda el uso de un termohigrómetro.

El sistema diseñado se comporta de acuerdo al siguiente diagrama de proceso para la evaluación de esta variable:

Figura 29 Diagrama proceso Humedad del suelo.



Fuente: Elaboración propia

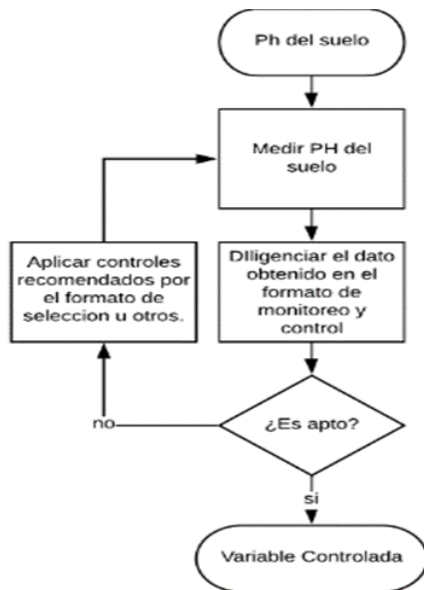
Ph del suelo

Haciendo uso SIMVA ubicado en tres (3) zonas establecidas como se indica en el manual para cultivos de aguacate Hass (ver anexo 1) se evalúa el PH del suelo, obteniendo de esta forma un dato del PH del suelo, el cual registrándose en el formato de monitoreo y control que se encuentra en el drive del proyecto (ver siembra digital) o de manera análoga (Ver anexo 2), se realiza una comparación entre el dato registrado y el rango establecido en la tabla de variables agroclimáticas para cultivos de aguacate Hass (ver Tabla 2), determinando si el PH del suelo en el cultivo actualmente cumple con la condiciones necesarias o requiere de controles, de requerirlos el formato muestra una recomendación de control.

De no contar con SIMVA el agricultor debe optar por formas alternativas para la medición del nivel de acidez, se recomienda el uso de un medidor de PH.

El sistema de monitoreo se comporta de acuerdo al siguiente diagrama de proceso para la evaluación de esta variable:

Figura 30. Diagrama proceso PH del suelo. Fuente: Elaboración propia



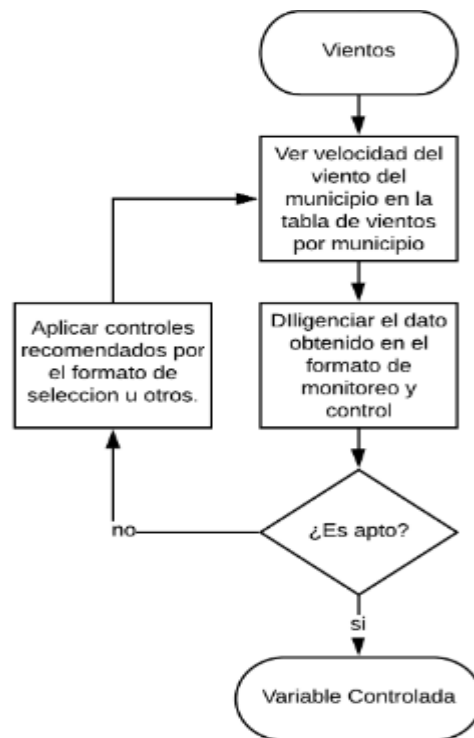
Fuente: Los autores

Vientos

Haciendo uso de una tabla de vientos por municipio (ver Tabla 4), se establece la velocidad del viento para el Cultivo de Aguacate Hass, obteniendo de esta forma una velocidad promedio que cruzan por el terreno, dato el cual debe registrarse en el formato de monitoreo y control el cual se encuentra subido en el drive del proyecto (ver Siembra digital) o de manera análoga (ver Anexo 1), donde se realiza una comparación entre el dato registrado y el rango establecido (ver Tabla 2), determinando si la variable actualmente cumple con las condiciones necesarias o requiere de controles, de requerirlos el formato muestra una recomendación de control.

El procedimiento para llevar a cabo esta evaluación se graficó mediante el siguiente diagrama de proceso:

Figura 31. Diagrama de procesos medición de vientos



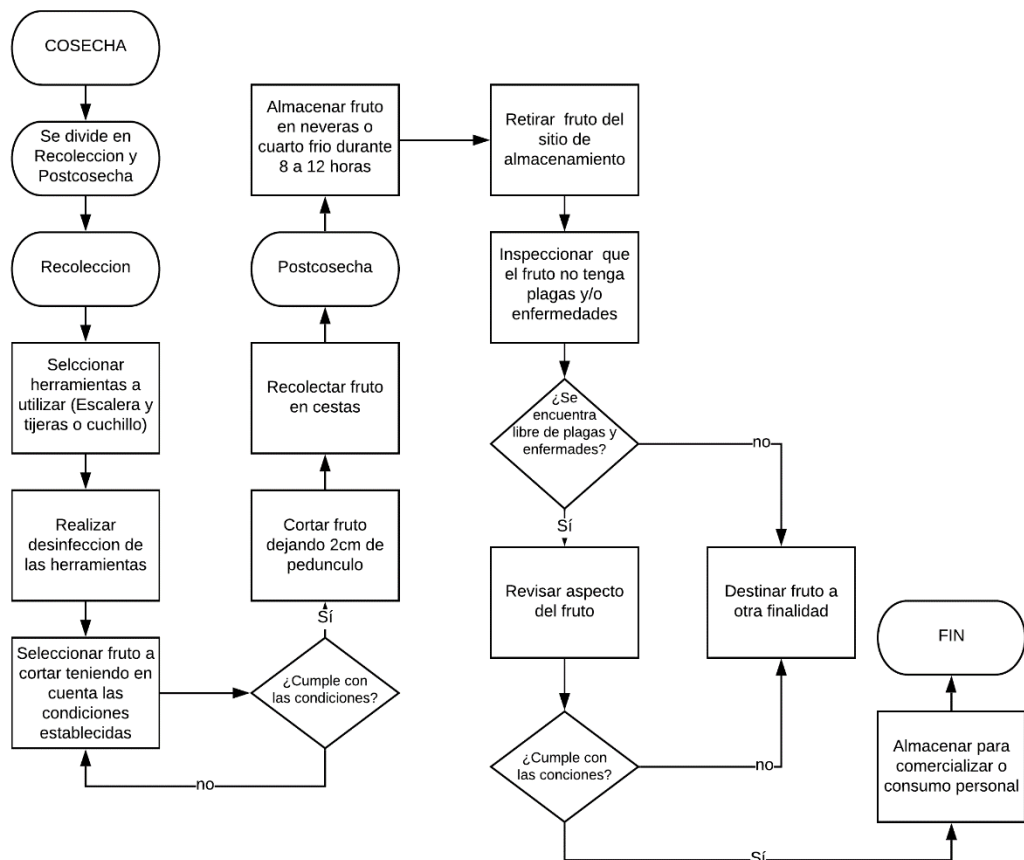
. Fuente: Elaboración propia

7.3.4 Cosecha

En las variedades injertadas la cosecha por lo general inicia a los 3 años, cosechando una mínima cantidad de frutos por planta. La cosecha comercial se realiza a los 5 años, y la cantidad de frutos obtenidos depende de la variedad y del manejo brindado a la planta. La cantidad de fruto incrementa año tras año, siempre y cuando el manejo sea el adecuado.

Para llevar a cabo la fase de cosecha de manera óptima se debe tener en cuenta el siguiente diagrama de proceso:

Figura 32 Diagrama proceso Cosecha



Fuente: Elaboración propia

También es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

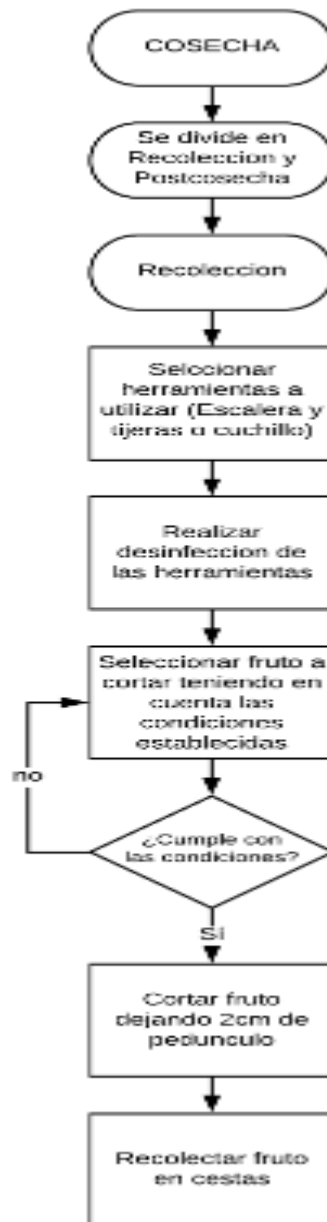
- Estado de maduración del fruto: El fruto de aguacate es climatérico, es decir, que al ser cosechado en estado de madurez fisiológica continúa su proceso de maduración (ICONTEC, 2003). Es importante que el fruto haya alcanzado su madurez fisiológica en el momento de la cosecha, pues de esto depende la calidad del fruto en postcosecha.
- Manejo del cultivo. Los frutos que provienen de plantas bien nutridas toleran mejor la manipulación. Algunas alteraciones fisiológicas en la postcosecha se deben a desbalances nutricionales.
- Contenido de humedad en fruto. Con una humedad alta hay mayor susceptibilidad al ataque de hongos, bacterias y daños mecánicos por manipulación (adaptado de Dorantes, et ál., 2003).
- Herramientas: deben estar en buen estado, limpias y desinfectadas. Durante el proceso es bueno desinfectarlas cada vez que se cambia de una planta a otra.
- Cuidado de los frutos: no exponer directamente al Sol y en lo posible no cosechar cuando esté lloviendo. Evitar daños mecánicos que puedan afectar la calidad del fruto (cortes y golpes).

Recolección

La recolección se hace a mano utilizando una escalera, con un cuchillo o tijera, se corta dejando 2 cm de pedúnculo. Esta práctica se hace con el objetivo de evitar que agentes patógenos dañen el fruto y también para que el fruto se conserve por más tiempo ya que el aguacate tiene una actividad respiratoria muy intensa después de recolectado, dificultando su almacenamiento por largos periodos. La magnitud de la respiración del fruto depende de las variedades, grado de madurez, condiciones ambientales de la zona y del almacenamiento.

Este proceso de recolección del aguacate Hass se lleva a cabo como se muestra en el siguiente diagrama de proceso:

Figura 33 Diagrama proceso Recolección



. Fuente: Elaboración propia

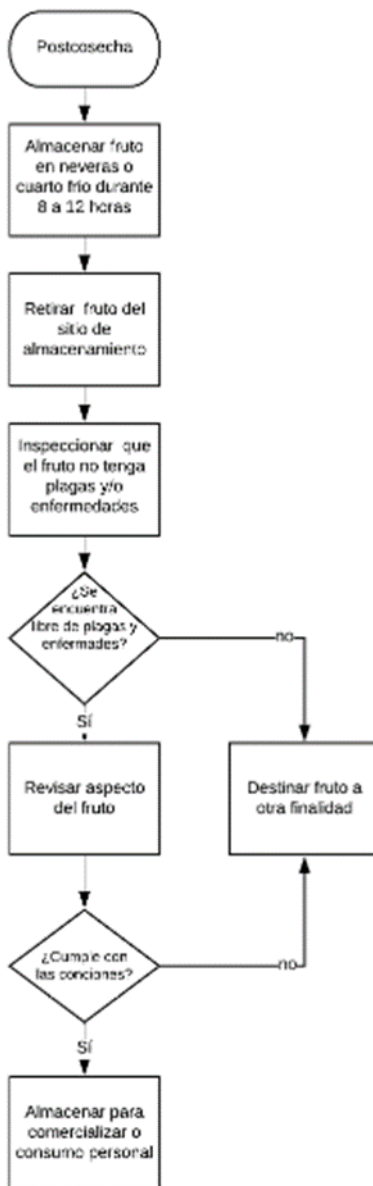
Al momento de la recolección se deben tener los siguientes cuidados:

- Cosechar frutos que han alcanzado su madurez fisiológica, y están en un estado conocido regionalmente como “sazón”
- Evitar la exposición de la fruta al sol ya que al elevar la temperatura interna se disparan procesos fisiológicos y químicos que aceleran la maduración y degradación del fruto.
- La fruta no debe sufrir golpes o compresión ya que se afecta la firmeza de la pulpa. El rozamiento de frutos y otros daños o heridas en la piel del fruto aceleran la pérdida de agua, la respiración y la liberación de etileno.

Manejo postcosecha

Después de cosechar la fruta ésta debe someterse a una serie de procedimientos como se muestra en el siguiente diagrama de proceso:

Figura 34 Diagrama proceso Manejo Postcosecha



. Fuente: Elaboración propia

El proceso de preenfriamiento se lleva a cabo para eliminar el “calor de campo”, y así retrasar el proceso de maduración y acondicionar la fruta para el proceso de conservación a bajas temperaturas (FHIA, 2008).

El tiempo que debe transcurrir de la cosecha al pre enfriamiento no debe sobrepasar las 6 horas, pero si llegase a suceder no se debe permitir que la fruta alcance temperaturas internas superiores a los 26 °C. La fruta debe conservarse a temperaturas de 4.5 °C a 5.5 °C, con una duración de 8 a 12 horas, lo anterior con el fin de prolongar la vida útil del aguacate Hass

Luego se debe realizar una inspección para verificar que las frutas vayan libres de plagas cuarentenarias, enfermedades y otras plagas de interés, revisar la apariencia del fruto tomando en cuenta los siguientes aspectos: que presente las características de la variedad reportada, libre de golpes y rozaduras, manchas y decoloraciones que afecten la calidad del mismo.

7.4 VERIFICACION DEL SISTEMA

Basándose en el estudio que se ha realizado en este proyecto de grado, se evidencia que con la implementación de un sistema de monitoreo y control de variables agroclimáticas para los cultivos de Aguacate Hass es una alternativa para mejorar los procesos de selección, siembra, seguimiento y cosecha de este.

7.4.1 validación selección terreno

De acuerdo con los lineamientos de Intagri S.C. una institución dedicada a la capacitación agrícola y a la transferencia de tecnología, posicionada como la más prestigiada en su actividad en México y Natural Fruits Vivero empresa productora del sector agrícola en Colombia. se realizó una comparación para determinar un rango de establecimiento promedio en el cual se pueda tener un cultivo de buena productividad, ya que según (INTAGRI, 2019) Determina que la productividad del cultivo de Aguacate Hass depende de múltiples factores, algunos ligados con las características edafoclimáticas donde se ubican los huertos, resaltando la importancia de una adecuada elección del terreno al establecer una plantación, con la intención de evitar una baja productividad por alguna eventualidad climática o problemática en el suelo.

Tabla 15.Comparativo de requerimientos para la selección del terreno

COMPARATIVO PARA SELECCIÓN DEL TERRENO			
VARIABLES	Intagri S.C.	Natural Fruits Vivero	S.M.V.A.C.A
Altitud	1200 a 2500msnm	1000 a 2500msnm	1800 a 2500msnm
PH del suelo	5,5-7	5-6,5	5,5-6,5
Humedad del suelo	70%	75%	75%-80%
Tipo de suelo	franca de consistencia media	Franco-arenoso	Franco
Vientos	Moderados por debajo a 20 Km/h	Moderados por debajo a 20 Km/h	Moderados por debajo a 20 Km/h

Fuente: Elaboración propia

Se mostro en la Tabla 19, los requerimientos definidos por cada uno de los autores. Con el análisis realizado se puede observar que los rangos con los cuales se están trabajando se encuentran próximos a los definidos por dos empresas con experiencia en el cultivo del Aguacate Hass.

7.4.2 validación siembra

Para llevar a cabo la validación de la fase de siembra con los parámetros necesarios para comenzar el proceso productivo del cultivo de aguacate Hass. Se manejaron dos soportes los cuales fueran de apoyo para reconocer que la fase se estableció debidamente.

En primera lugar se revisó un documental realizado por **TVagro**, el cual es un canal de televisión por suscripción colombiano que transmite programación especializada en agropecuaria nacional e internacional, donde se centro en el tema de proceso de

cultivo y cosecha del aguacate Hass para exportación, mediante la empresa Natural Fruits Vivero, mediante la explicación detallada de como se hace el proceso de siembra en sus cultivos de aguacate Hass se llevó a cabo un análisis comparativo identificando que los parámetros y resultados que se trabajaron en la fase de siembra de este proyecto de grado eran similares a los expuestos en el documental , dando certeza que el proceso se estaba realizando correctamente.

En segunda instancia se revisó un Manual de manejo básico del cultivo de aguacate Hass desarrolladas en la región de Boyacá, escrito por Yecid Leonardo Parra Camacho 2018-1, donde se realizó igualmente un análisis comparativo del proceso de siembra donde se observó que al igual con el documental de TVagro, presenta similitudes la cuales son favorables para el proceso establecido en este proyecto de grado.

7.4.3 validación monitoreo y control

Para llevar a cabo la validación del sistema en la fase de monitoreo y control se presento el sistema al Ingeniero Juan Manuel Restrepo Velazco, el cual tiene experiencia en cultivos y es experto en sistemas de monitoreo.

El llevo a cabo el análisis del funcionamiento de la herramienta realizada para los cultivos de aguacate Hass y corroboro la veracidad de este mediante una carta de aval (ver Anexo 4)

7.4.4 validación cosecha

Para llevar a cabo la validación del sistema en la fase de cosecha se presentó el sistema al Ingeniero Juan Manuel Restrepo Velazco, el cual tiene experiencia en cultivos y es experto en sistemas de monitoreo.

El llevo a cabo el análisis del funcionamiento de la herramienta realizada para los cultivos de aguacate Hass y corroboro la veracidad de este mediante una carta de aval (ver Anexo 5)

7.4.5 validación sistema

Para llevar a cabo la validación del sistema junto a las herramientas diseñadas para apoyar el proceso de producción de aguacate, se presentó el sistema al Ingeniero

Héctor Leónidas Brown, el cual llevo a cabo el análisis del funcionamiento de la herramienta realizada para los cultivos de aguacate Hass y valido mediante el formato de validación (ver Anexo 5)

8 CONCLUSIONES

De la investigación y el desarrollo del sistema de monitoreo de variables agroclimáticas para el cultivo de aguacate Hass en el Valle del Cauca desprenden las siguientes conclusiones:

- El sector agropecuario en Colombia actualmente cuenta con ausencia de tecnificación.
- El sector aguacatero presenta a la fecha un índice de crecimiento significativo para el país, ya que las importaciones de este producto han disminuido en un 96% en los últimos 4 años y las exportaciones se han incrementado exponencialmente en el mismo periodo de tiempo.
- Se determinó que el proceso de producción de aguacate Hass requiere de condiciones agroclimáticas específicas.
- Se determinó que las variables agroclimáticas que más intervienen en el proceso de producción del aguacate Hass son: temperatura, altitud, humedad del suelo, pH del suelo, precipitación, vientos y tipo de suelo
- El monitoreo y control de variables agroclimáticas en los cultivos del sector agropecuario permite una correcta gestión de estos.
- Para determinar el proceso de producción del aguacate Hass mediante se establecieron 4 fases por medio de recopilación de datos de distintos autores estas fases son: selección de terreno, siembra, monitoreo y control y cosecha.
- La diferencia entre un cultivo de aguacate Hass con sistema de monitoreo y control y sin un sistema de monitoreo y control es que el sistema de monitoreo y control permite tener el conocimiento del estado actual del cultivo y a la vez permite un mejor manejo de los recursos involucrados en el proceso de producción.
- Las herramientas de apoyo para el sistema de monitoreo de variables agroclimáticas se pueden utilizar para la toma de decisiones en cada una de las fases establecidas para el proceso de producción de aguacate Hass.

- El sistema de monitoreo de variables agroclimáticas para los cultivos de aguacate Hass reduce el riesgo de aparición de enfermedades en el árbol de aguacate.

9 RECOMENDACIONES

- Implementar el sistema de monitoreo y control de aguacate Hass para tener una correcta gestión de los cultivos de aguacate Hass
- Apoyarse del manual para los cultivos de aguacate Hass y las herramientas de esto con el fin de lograr el mayor beneficio de los cultivos de aguacate Hass.
- Las herramientas de apoyo (formatos) del sistema de monitoreo y control de variables agroclimáticas para los cultivos de aguacate Hass en el valle del cauca se encuentran disponibles para uso libre en el drive:

REFERENCIAS

- Agropecuaria, I. I. C. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo del aguacate Hass*. Código: 00.09.35.12.C.
- Aliende Povedano, I., & De Oro Martinez, P. (2011). El mercado del MLearning. *MLearning: La Formación En Tu Movil*, 91–112. <https://doi.org/10.4272/978-84-9745-269-4.ch5>
- Álvarez Vélez, D., & Monsalve, A. P. (2019). *Impactos sociales, ambientales y económicos a través de la producción, comercialización y exportación de aguacate Hass en el Oriente Antioqueño (Colombia)*.
- Bernal, E. J. A., & Díaz, A. (2014). Manejo del cultivo de aguacate. *Actualización Tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) En El Cultivo de Aguacate. Manual Técnico CORPOICA, Centro de Investigación La Selva*, 11–151.
- BROKAW ESPAÑA S.L. (2009). *Variedades de Aguacate – Viveros Brokaw*. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO.
- Buri, A., Paul, & Chasi, A. (2018). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de variables climáticas que afectan al cultivo de café, en la plantación ASOPROCCSI ubicado en Santa Isabel*.
- Darío, R., Espinosa, C., Yamileth, D., & Maldonado, V. (2015). *Sistema de control de variables de temperatura y humedad relativa para el laboratorio de agromática del SENA Cartago*. 10, 89–95.
- Dr. Roberto Hernández Sampieri. (2010). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (D. C. F. C. Dr. Roberto Hernández Sampieri (Ed.); Quinta edi).
- Durán, F. (2007). *Ingeniería de métodos. Globalización: Técnicas para el manejo eficiente de recursos en organizaciones fabriles, de servicios y hospitalarias*. 39. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=S6YwDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=ingenieria+organizacion+industrial&ots=85W8pCNI7h&sig=ZmA6TO4it1ypg2QloCeLcNj7_S0#v=onepage&q&f=false
- Garbanzo, M. (2011). *Manual de Aguacate. Buenas Prácticas de Cultivo Variedad*

- Hass (p. 89).
- García González, A., & Quiroga Carrillo, C. (2017). Impacto del conflicto armado en el desarrollo colombiano y sus perspectivas en la economía del posconflicto. *Ploutos*, 7(1), 48–56.
- Gudynas, E. (2000). *Ecología, Economía y Ética del Desarrollo Sostenible*.
- Hass, G. (2016). Cultivo del aguacate Hass (Persea americana Mill; Persea nubigena var. Guatemalensis x Persea americana var. drymifolia), plagas y enfermedades durante la temporada de lluvias. *Boletín Mensual Insumos y Factores Asociados a La Producción Agropecuaria.*, 17, 1–64. <http://www.lapatria.com/>
- HERNÁNDEZ, Y. A. S. (2018). MODELO DE INTERNACIONALIZACIÓN DEL AGUACATE DE LA VARIEDAD HASS PRODUCIDO EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA CON MIRAS A LLEGAR AL MERCADO ESTADOUNIDENSE YULIE. In *IEEE Communications Surveys and Tutorials* (Vol. 15, Issue 4). <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2457491>
- ICA, I. A. C. (2012). *Ma- nejo fitosanitario del cultivo del aguacate Hass (Persea americana Mill) . Medidas para la temporada invernal*.
- INIA, M. de agricultura chile. (2012). *Preparación de Suelos*. 1–4.
- INTAGRI, E. E. (2019). *Requerimientos de Clima y Suelo en el Cultivo de Aguacate | Intagri S.C.*
- La oferta del sector agrícola colombiano | Colombiatrade - Compradores*. (n.d.). Retrieved April 15, 2020, from <https://procolombia.co/compradores/es/explore-opportunidades/oferta-del-sector-agr-cola>
- Landa, C. (2017). *Recomendaciones para cultivar Aguacate Hass – Diario La Tribuna*. <https://www.latribuna.hn/2017/12/16/recomendaciones-cultivar-aguacate-hass/>
- Londoño Z, M. E. (2008). Tecnología para el cultivo del aguacate. In *Tecnología para el cultivo del aguacate*. <https://doi.org/2.1.5.04.32.05>
- Lopez, B. S. (2019). *Estudio de tiempos - Ingeniería Industrial Online*. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/que-es-el->

estudio-de-tiempos/

- Luisa Cardona, L. M. J. V. J. S. G. (2018, September). *Aguacate, la nueva contribución de la economía colombiana - Las2orillas*.
- Martínez Carazo, P. C. (2006). 5_El_metodo_de_estudio_de_caso. *El Método de Estudio de Caso: Estrategia Metodológica de La Investigación Científica*, N20, 29.
- Minagricultura. (2020). El aguacate hass colombiano anota en el Super Bowl 2020. In *El aguacate hass colombiano anota en el Super Bowl 2020*.
- Minagricultura, G. D. C. (2000). Indicadores e instrumentos monetarios. *Lecturas de Economía, unknown*(52), 167–194. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n52a4904>
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. (2015). *Lineamientos Generales para el Acceso a la cofinanciación de la Asistencia Técnica Directa Rural*.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Gobierno de Colombia. (2009). Mis Buenas Prácticas Agrícolas “Guía para agroempresarios.” In *Cartilla BPA*. <http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Inocuidad-Agricola/Capacitacion/cartillaBPA.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Gobierno de Colombia. (2020). *Normatividad-Leyes*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Gobierno de Colombia.
- ONU, organización de naciones unidas. (2018). *Desarrollo sostenible | CONSEJO ECONÓMICO Y SOCIAL DE LAS NACIONES UNIDAS*. <https://www.un.org/ecosoc/es/node/49574>
- Orlando, D., & Poveda, P. (2019). LA TECNIFICACIÓN COMO HERRAMIENTA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD AGROPECUARIA EN COLOMBIA. In *LA TECNIFICACIÓN COMO HERRAMIENTA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD AGROPECUARIA EN COLOMBIA*.
- Pérez Gómez, B., Rodríguez Artalejo, F., Villar Álvarez, F., López-Abente, G., Imaz Iglesia, I., Jiménez Jiménez, D., Catalán Castilla, J., González Enríquez, J., Martín Moreno, J. M., Banegas Banegas, J. R., Campos Donado, J. de M.,

- Pollán Santamaría, M., Royo Bordonada, M. Á., Delgado Rodríguez, M., & Aragonés Sanz, N. (2009). Manual Docente de la Escuela Nacional de Sanidad. *Instituto de Salud Carlos III - Ministerio de Ciencia e Innovación*, 219.
- Pillajo, L. (2017). Departamento de ciencias económicas administrativas y de comercio. In *Contaduría y Administración* (Vol. 62, Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.cya.2016.07.002>
- Planeta, cuidemos el. (2018). *¿Sabes qué es el desarrollo sostenible?* <https://blogs.imf-formacion.com/blog/corporativo/gestion-empresarial/que-es-desarrollo-sostenible/>
- procolombia. (2017). *La oferta del sector agrícola colombiano | Colombiatrade - Compradores*. <https://procolombia.co/compradores/es/explore-opportunidades/oferta-del-sector-agr-cola>
- Revista Dinero. (2015). Comparación del desarrollo agrícola en Colombia frente a otros países en Latinoamérica. 13/06/2015. <https://www.dinero.com/pais/articulo/comparacion-del-desarrollo-agricola-colombia-frente-otros-paises-latinoamerica/209561>
- Secretaría de Agricultura, G. y D. R. (2006). *Grave rezago tecnológico en el sector agropecuario, El Siglo de Torreón*. <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/224199.grave-rezago-tecnologico-en-el-sector-agropecuario.html>
- Tolima, alcaldía de, Ibagué, U. de, Sena, T., & Universidad, T. (2015). BPA Final. *Efikasi Diri Dan Pemahaman Konsep IPA Dengan Hasil Belajar Ilmu Pengetahuan Alam Siswa Sekolah Dasar Negeri Kota Bengkulu*, 6. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Zaratiegui, J. (1999). La gestión por procesos: su papel e importancia en la empresa. *Economía Industrial*, 330, 81–88.

ANEXOS

Anexo 1 Siembra análoga

FORMATO SELECCIÓN DE TERRENO			
Municipio			
VARIABLES	DATOS	RANGO	CRITERIOS
ALTITUD		1200msnm y 2500msnm	
VIENTO		0km/h y 20km/h	
HUMEDAD		75% y 80%	
PH		5.5 y 6.5	
TIPO DE SUELO			
TERRENO			
OBSERVACIONES			
Criterios	Si el dato registrado se encuentra en el rango establecido, marque "APTO" en la casilla de criterio, de lo contrario, marque "NO APTO". NOTA: Que se tenga en cuenta estas 3 variables para la toma de decisiones no resta importancia a el PH y la humedad del suelo, si estas dos últimas no son aptas requerirían controles los cuales se pueden aplicar en la fase "Monitoreo y Control"		
Terreno	Marque "ADECUADO" en la casilla de terreno siempre y cuando las variables altitud, viento y tipo de suelo sean "APTA", de lo contrario, marque "DESCARTAR"		

TABLA DE ALTITUD POR MUNICIPIO							
MUNICIPIO	ALTITUD EN M.S.N.M	MUNICIPIO	ALTITUD EN M.S.N.M	MUNICIPIO	ALTITUD EN M.S.N.M	MUNICIPIO	ALTITUD EN M.S.N.M
Cali	1018	La cumbre	1591	Cartago	917	Sevilla	1612
Alcalá	1290	La unión	975	Dagua	828	Toro	960
Andalucía	995	La victoria	912	El águila	3950	Trujillo	1260
Ansermanuevo	1035	Obando	917	El Cairo	1850	Tuluá	973
Argelia	1560	Palmira	1001	El cerrito	987	Ulloa	1350
Bolívar	978	Pradera	1057	El Dovio	1434	Versalles	1864
Buenaventura	7	Restrepo	1400	Florida	1038	Vijes	964
Bugalagrande	950	Riofrio	969	Ginebra	1100	Yotoco	1129
Caicedonia	1100	Roldanillo	966	Buga	969	Yumbo	1021
Calima Darién	1485	S. Juan Bautista de Guacarí	900	Jamundí	869	Zarzal	916
Candelaria	975	San pedro	220				

TABLA DE VIENTOS POR MUNICIPIO							
MUNICIPIO	VIENTOS EN KM/H	MUNICIPIO	VIENTOS EN KM/H	MUNICIPIO	VIENTOS EN KM/H	MUNICIPIO	VIENTOS EN KM/H
Cali	5.2	La cumbre	6.8	Cartago	3.6	Sevilla	5
Alcalá	4.8	La unión	4.3	Dagua	6.4	Toro	4.1
Andalucía	4.8	La victoria	4.2	El águila	3.6	Trujillo	5
Ansermanuevo	3.6	Obando	4	El Cairo	4.4	Tuluá	0.8
Argelia	6	Palmira	7.5	El cerrito	6.4	Ulloa	4.2
Bolívar	4.7	Pradera	8.8	El Dovio	4.8	Versalles	4.5
Buenaventura	10.8	Restrepo	5.5	Florida	8.9	Vijes	5.2
Bugalagrande	4.7	Riofrio	5.1	Ginebra	6.9	Yotoco	5.3
Caicedonia	5.2	Roldanillo	4.6	Buga	5.5	Yumbo	5.3
Calima Darién	11	Guacarí	5.7	Jamundí	5.1	Zarzal	4.3
Candelaria	7.1	San Pedro	5				

ADQUIRIR ÁRBOLES POR VIVEROS

Marque con un 1 si cumple con la consideración sino 0 , para la adquisición.	
Adquirir árboles por viveros	
CONSIDERACION	
Viveros registrados en el programa fitosanitario.	
Arboles rectos, vigoroso, con crecimiento vegetativo activo.	
Injerto sobre patrón grueso y vigoroso.	
Altura de injerto de 40 a 50 cm de la base.	
Tener listo el terreno y hoyado para sembrar de inmediato.	
Total	

TABLA DE CALIFICACION		
Adquirir árboles por viveros		
De 1 a 2 marcaciones	Descartar	No cumple con las condiciones, necesarias para adquisición reevaluar
De 3 marcaciones	Adecuable	Se puede adquirir, en cuanto se mejoren los aspectos con los cuales no cumplen
De 4 a 5 marcaciones	Recomendable	Se puede adquirir de forma inmediata

SIEMBRA POR SEMILLA O INJERTO

Marque con un 1 si cumple con la consideración sino 0 , para la adquisición.	
Siembra por Semilla o Injerto	
CONSIDERACION	
Utilizar semilla de buena calidad, tamaño y de árboles buenos productores.	
Semilla libre de plagas y enfermedades.	
Desinfectar la semilla.	
Construir una mini terraza (1m diámetro), de manera que no acumule agua.	

Mezclar materia orgánica con la tierra.	
Hacer hueco y desinfectarlo.	
Colocar una estaca o tutor, para identificar el punto de siembra.	
Darle al árbol un adecuado manejo fitosanitario y de nutrición.	
Injertar cuando el árbol haya alcanzado una buena altura de grosor (entre 1.5 y 2 años).	
Darle al injerto el manejo y cuidado que necesita.	
Total	

TABLA DE CALIFICACION		
Siembra por Semilla o Injerto		
De 1 a 4 marcaciones	Descartar	No cumple con las condiciones, necesarias para adquisición reevaluar
De 5 a 6 marcaciones	Adecuable	Se puede adquirir, en cuanto se mejoren los aspectos con los cuales no cumplen
De 7 a 10 marcaciones	Recomendable	Se puede adquirir de forma inmediata

NUTIRENTES DEL SUELO					
CARACTERISTICA		CATEGORIZACION			
		DEFICIENTE	OPTIMA		ALTA
		(<= QUE)	DE	A	(=>QUE)
PH en agua	(meq/100 ml)	5,5	5,6	6,5	6,6
Acidez		0,4	0,6	1,5	1,6
Saturación de Acidez (%)		10	11	50	51
Suma cationes	(meq/100 ml)	5	6	25	26
CICE	(meq/100 ml)	5	6	25	26
Ca	(meq/100 ml)	4	5	20	21

Mg	(meq/100 ml)	1	2	5	6
K	(meq/100 ml)	0,2	0,3	0,6	0,7
P	(µg/ml)	10	11	20	21
Zn	(µg/ml)	2	3	10	11
Mn	(µg/ml)	5	6	50	51
Cu	(µg/ml)	2	3	20	21
Fe	(µg/ml)	10	11	100	101
Ca/Mg		2	3	5	6
Ca/K		4	5	25	26
Mg/K		2,5	2,6	15	16
Ca+Mg/K		9	10	40	41
Boro		0,4	0,5	1,1	1,2
Materia Orgánica		1	2	10,1	10,2
Azufre		11	12	50	51

Nivel De Nutrientes De En La Tierra		
Categorización	Deficiente	Debe revisar el nutriente y mejorarlo en plan de fertilización
Categorización	Optimo	Los nutrientes se encuentran en su rango de aceptabilidad
Categorización	Alta	Revisar nutriente y disminuir en el plan de fertilización

FORMATO MONITOREO Y CONTROL

VARIABLES	DATOS	RANGOS	CRITERIOS	CONTROL RECOMENDADO
Temperatura		4°C y 23°C		Agregue malla sombreadora o tina cubierta para atrapar el calor
PH del suelo		5.5 y 6.5		Agregue composta curada (con un 50% de tierra por volumen) a una tasa de 6 a 12 cubetas (1 cubeta= 5 galones) por cada 10 m ² (una capa de 1 a 3cm), incorpore la composta al suelo con cuidado hasta una profundidad de 8 a 10 cm con un biello cuadrado
Humedad del suelo		75% y 80%		Medir la humedad del suelo con la mano para ver si debe incrementar o disminuir la cantidad de agua que se le riega. Los primeros 20cm de profundidad del suelo deberían estar mojados
Vientos		0km/h y 20km/h		Sembrar árboles en zonas que delimitan el cultivo para que actúen como cortinas o cortavientos

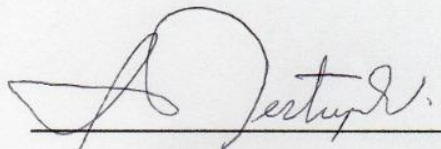
Variables Controladas	
Estado del cultivo	

OBSERVACIONES	
Criterios	Si el dato registrado se encuentra en el rango establecido, marque "APTO" en la casilla de criterio, de lo contrario, marque "NO APTO"
Variables controladas	Estas son las variables que en la casilla de criterio están calificadas como "APTAS"
Estado del cultivo	Dependiendo de las variables controladas se determinará el estado del cultivo.

Santiago de Cali, martes 5 de mayo del 2020

Motivo: Aval sistema de monitoreo de variables agroclimáticas para los cultivos de aguacate Hass en el valle del cauca

Basándose en el proyecto de grado de los estudiantes Juan David Diaz Téllez y Juan Esteban Restrepo Tejada de la fundación universitaria católica lumen Gentium, el cual está enfocado en el desarrollo de un sistema de monitoreo de variables agroclimáticas para los cultivos de aguacate Hass en el valle del cauca. Se valida el funcionamiento del sistema teniendo en cuenta la información recopilada por los estudiantes, y se evidencia que puede aportar a la ausencia de tecnificación presente en el sector.



Nombre JUAN MANUEL RESTREPO V
CC 16.259.483