

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



**DISEÑO DE UN SISTEMA TECNOLÓGICO BASADO EN AGRICULTURA
INTELIGENTE QUE PERMITA MITIGAR EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE FRESAS. CASO DE ESTUDIO
HACIENDA LA COLORADA EN EL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER**

Autores:

JORGE IVÁN SIERRA COGUA

OSCAR IVÁN CEPEDA BUSTOS

**PROYECTO FINAL DE GRADO
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN**

BOGOTÁ, COLOMBIA

2019

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



**DISEÑO DE UN SISTEMA TECNOLÓGICO BASADO EN AGRICULTURA
INTELIGENTE QUE PERMITA MITIGAR EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE FRESAS. CASO DE ESTUDIO
HACIENDA LA COLORADA EN EL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER**

Autores:

JORGE IVÁN SIERRA COGUA

OSCAR IVÁN CEPEDA BUSTOS

Tutor:

YONNI ANGEL CUERO ACOSTA

**MAESTRÍA EN DIRECCIÓN
BOGOTÁ, COLOMBIA
2019**

DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por darme la oportunidad de avanzar en mis estudios, objetivo cumplido. A mi hermosa familia, mi esposa Diana y a mis dos amados hijos Juan Sebastián y Luis Santiago que me apoyaron con su tiempo y con su paciencia, es ejemplo para ellos. Hijos, Dios los guie por el mejor camino y tracen muchas más metas de las que yo me he propuesto y he logrado. A mi mamá que siempre está al lado mío y de mi familia, por su tiempo, apoyo y su cariño, muchísimas gracias. Los Amo.

Jorge Iván Sierra Cogua

Ha sido un camino duro pero satisfactorio, gracias a mi familia, padres, hermanos y mi novia quien es la mamita mi primer hijo Juan Martín que nacerá muy pronto, esto no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional de todos ustedes. Espero poder seguir aportando al desarrollo de Colombia y poder dejar un mundo un poco mejor para todos.

Oscar Iván Cepeda Bustos

Declaración de autonomía:

Declaramos bajo gravedad de juramento, que hemos escrito la presente tesis de maestría por nuestra propia cuenta, y que, por lo tanto, su contenido es original. Declaramos que hemos indicado clara y precisamente todas las fuentes directas e indirectas de información, y que esta tesis de maestría no ha sido entregada a ninguna otra institución con fines de calificación o publicación.

Oscar Iván Cepeda Bustos

Noviembre 2019

Jorge Iván Sierra Cogua

Noviembre 2019

Declaración de exoneración de responsabilidad:

Declaramos que la responsabilidad intelectual del presente trabajo es exclusivamente de sus autores. La Universidad del Rosario no se hace responsable de contenidos, opiniones o ideologías expresadas total o parcialmente en él.

Oscar Iván Cepeda Bustos

Octubre 2019

Jorge Iván Sierra Cogua

Octubre 2019

Tabla de Contenido

GLOSARIO.....	24
RESUMEN.....	27
ABSTRACT.....	28
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO 1. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	18
Características del departamento de Norte de Santander	20
Impactos del cambio climático en Norte de Santander	22
CAPÍTULO 2. CASOS EXITOSOS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA CON SMART AGRICULTURE	34
2.1 Caso 1 Israel	36
2.2 Caso 2 Costa Rica.....	37
Historial manejo de la finca (IICA, 2017):	38
Rastreabilidad (IICA, 2017):	39
Gestión del medio de cultivo (IICA, 2017):	40
Preparación del medio de cultivo:	40
Material reproductivo y siembra (IICA, 2017):	41
Fertilización (IICA, 2017):	42
Procedimiento para la cosecha y postcosecha (IICA, 2017):	43

Salud del personal (IICA, 2017):	45
Higiene del personal (IICA, 2017):	46
Instalaciones sanitarias (IICA, 2017):	46
Transporte de producto cosechado (IICA, 2017):	47
Medio ambiente y conservación (IICA, 2017):	47
Medio ambiente y conservación (IICA, 2017):	48
2.3 Caso 3 España.....	49
CAPÍTULO 3. CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN DE FRESA EN LA HACIENDA LA COLORADA	52
3.1 Información obtenida de entrevista	55
3.1.1 Producción.	55
3.1.2 Cambio climático.....	57
3.1.3 Agricultura Inteligente (tecnología).....	57
3.1.4 Registró fotográfico cultivo de fresa, Hacienda la Colorada.....	58
CAPÍTULO 4. CARACTERÍSTICAS Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN DE FRESA CON SMART AGRICULTURE	62
4.1 Uso de Macrotúneles	63
4.2 Tecnología LED	64
4.3 Red de Sensores.....	66

CAPÍTULO 5. DISEÑO DEL SISTEMA Y BENEFICIOS DE LA INTERVENCIÓN DEL
PROCESO ACTUAL EN LA PRODUCCIÓN CON UN SISTEMA SMART AGRICULTURE

.....	70
5.1 Diseño Tecnológico del sistema.....	70
5.1.1 Sensores.	71
5.1.2 Sistema de comunicación (arquitectura de sensores).	74
5.1.3 Red móvil.....	76
5.2 Viabilidad Financiera	77
5.2.1 Flujo de caja inversión en tecnología, cultivo de fresas.	78
5.2.2 Ingresos y costos para un periodo de 5 años en la producción de la fresa.....	79
5.3 Beneficios en cuanto a la tecnología propuesta.....	80
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

Lista de Tablas

pág.

Tabla 1 Características generales del Departamento de Norte de Santander	20
Tabla 2 Cobertura de bosque por cuencas en el 2010	24
Tabla 3 Porcentaje de pérdida y ganancia de bosque entre 2005-2010	26
Tabla 4 Índice de uso del agua en el departamento de Norte de Santander	27
Tabla 5 Índice de vulnerabilidad en las subregiones hidrográficas de Norte de Santander	29
Tabla 6. Tabla por periodos, escenarios de cambio climático 2011-2100	32
Tabla 7 Toneladas de fruta en especies transitorias y su participación en la producción nacional en el año 2004.....	52
Tabla 8 Consumo en fresco de fresa de los hogares urbanos en Colombia	53
Tabla 9 Balance frutícola interno de Colombia	53
Tabla 10 Área cosechada, producción y rendimiento de fresa en Colombia año 2011	53
Tabla 11 Cuadro comparativo elección tecnologías a usar en la Hacienda la Colorada.....	67
Tabla 12 Flujo de caja inversión en tecnología, cultivo de fresas	78
Tabla 13 Ingresos y costos para un periodo de 5 años en la producción de la fresa.....	79

Lista de Fotos

pág.

Foto 1. Crecimiento de las plantas de fresa cultivadas, Hacienda la Colorada.....	59
Foto 2. Riego de las plantas de fresa cultivadas, Hacienda la Colorada	59
Foto 3. Riego del cultivo de fresa con surtidores, Hacienda la Colorada	60
Foto 4. Cultivo de fresa con sus frutos, Hacienda la Colorada	60
Foto 5. Fresa con el cisco de arroz para protegerla del gusano, Hacienda la Colorada	61
Foto 6. Recolección de fresa, lunes y viernes Hacienda la Colorada	61
Foto 7. Empacado de fresa, Hacienda la Colorada	62
Foto 8. Producción de fresas en macrotúneles	64
Foto 9. Producción de fresas con tecnología LED	65
Foto 10. Aérea de cultivo a cosecha actual, vista desde un dron	82

Lista de Mapas

pág.

Mapa 1. Área cultivada y de producción de fresa en Colombia	19
Mapa 2. Escenario de cambio climático 2011 Temperatura	31
Mapa 3. Escenario de cambio climático 2011-2100 Precipitación	31

Lista de Figuras

pág.

Figura 1. Distancias de la siembra para el cultivo de fresas a doble fila con riego de goteo...	41
Figura 2. Arquitectura de red de sensores usando red LoRaWAN	67
Figura 3. Módulo WSN	72
Figura 4. Sensor de humedad	73
Figura 5. Sensor de temperatura.....	73
Figura 6. Sensor de Ph	74
Figura 7. Arquitectura sistema de comunicación basada en LoRaWAN.....	75
Figura 8. Aplicaciones de IoT, arquitectura basad en LoRa.	75
Figura 9. Cobertura de red móvil proveedor Claro	76
Figura 10. Diseño de red de sensores arquitectura LoRa, Hacienda la Colorada	77

GLOSARIO

Agro: prefijo que representa connotaciones como el campo y la agricultura. el sector agropecuario tiene cinco funciones básicas en el proceso de desarrollo: incrementar la oferta de alimentos para el consumo doméstico, liberar fuerza de trabajo para ser empleada en el sector secundario (y también en el sector terciario de la economía), ampliar el tamaño del mercado para el producto de la industria (igualmente para los servicios), incrementar la oferta de ahorro doméstico para la financiación de inversiones y obtener divisas (Johnston & Mellor, 1961).

Producción: es un proceso que busca obtener un producto específico mediante la combinación de ciertos ingredientes o medios de producción, identificados bajo tres categorías: tierra, trabajo, capital (Banco de la República, 2000). Según su naturaleza, estos tres recursos, insumos o factores de producción se identifican, así: recursos naturales económicamente explotables o bienes que no pueden ser producidos por el hombre sino que son aportados directamente por el medio, población o trabajo humano, recursos producidos por medio del uso de una tecnología (Banco de la República, 2000).

Recogida: la recolección manual se adapta perfectamente a aquellos cultivos con un largo período de cosecha con la ventaja de que la demanda de mano de obra producida por picos de maduración vinculados al clima, puede ser satisfecha mediante la contratación adicional de personal. La principal ventaja del sistema manual se basa en la capacidad del ser humano de

seleccionar el producto en su adecuado estado de madurez y de manipularlo con mucha mayor suavidad garantizando de esta manera una mayor calidad y menor daño (FAO, 2014).

Sensores: Son dispositivos electrónicos autónomos que permiten la captura y la transmisión de datos. Se catalogan según su aplicación. Existen diferentes tipos, tales como, de temperatura, de proximidad, etc.

Siembra: es la actividad por la cual el productor coloca semillas en determinado terreno ya preparado para ese fin e involucra distintos pasos que todo productor debe tener en cuenta, elegir el cultivo según la época del año. Decidir qué cultivar, es necesario considerar un conjunto de características como: el ciclo, la velocidad de secado de grano, el comportamiento sanitario, la resistencia de cada planta a los vientos o condiciones climáticas adversas, los rendimientos, el tipo de grano; entre otras (Monsanto, 2002).

Smart Agriculture: El concepto sobre el que se basa la agricultura de precisión es aplicar la cantidad correcta de insumos, en el momento adecuado y en el lugar exacto. con esto conseguimos no solamente un mayor conocimiento del estado de los frutos y de su momento óptimo de recogida, sino también el máximo aprovechamiento de los recursos y mayor eficiencia en la actividad (Intap Grupo IFFE, 2014).

Tecnología: Es la técnica que emplea conocimiento científico; más precisamente cuerpo de conocimiento es una tecnología en sí y solamente si es compatible con la ciencia coetánea y controlable por el método científico, se lo emplea para controlar, transformar cosas o procesos

naturales o sociales. La tecnología se muestra como una simbiosis entre el saber teórico de la ciencia - cuya finalidad es la búsqueda de la verdad- con la técnica - cuya finalidad es la utilidad -. La finalidad de la tecnología sería la búsqueda de una verdad útil (Bunge, 1959).

RESUMEN

El objetivo de este estudio es diseñar un sistema tecnológico basado en agricultura inteligente que permita mitigar el impacto del cambio climático en la productividad del cultivo de fresas. Caso de estudio hacienda la colorada en el departamento de Norte de Santander. Para ello, el estudio tiene un desarrollo de características mixto; es cuantitativo por contar con una revisión de la producción actual en la finca objeto de estudio y del tiempo que se emplea por parte de los agricultores en la ejecución para obtener una producción de una cosecha. Y cualitativo dando explicación a la descripción de las características de la producción de la cosecha, tecnología implementada y descripción del proceso desde la siembra hasta la recogida. Con los datos recolectados en el proceso de cultivo hasta la recogida del producto en la Hacienda La Colorada y en conjunto con el análisis de tecnologías implementadas en los países en donde se ha implementado Smart Agriculture y la información climatológica recolectada, se realiza el análisis que fundamentará en lo mínimo requerido para el diseño de dicho sistema.

Palabras clave: Tecnificación del agro, Smart Agriculture, Producción, Agro, Tecnología, Cosecha y Cambio Climático.

ABSTRACT

The objective of this study is to design a system technologic based on intelligent agriculture to mitigate the impact of climate change on the productivity of strawberry cultivation. Caso de estudio hacienda la colorada en el departamento de Norte de Santander. For this, the study has a development of mixed characteristics; it is quantitative because it has a review of the current production in the farm under study and of the time that is used by farmers in the execution to obtain a production of a crop. And qualitative explaining the description of the characteristics of crop production, technology implemented and description of the process from sowing to harvesting. With the data collected in the cultivation process up to the collection of the product in Hacienda La Colorada and together with the analysis of technologies implemented in the countries where Smart Agriculture has been implemented and the climatological information collected, the analysis is carried out that will be based on the minimum required for the design of said system.

Keywords: Agro-technification, Smart Agriculture, Production, Agro, Technology, Harvest and Climate Change.

INTRODUCCIÓN

Una de las mayores preocupaciones a nivel mundial es la influencia que ha tenido y tendrá el calentamiento global y por tanto el cambio climático en los diferentes sectores económicos especialmente en los países en vía de desarrollo los cuales presentan mayor vulnerabilidad y menor resiliencia en su población (IDEAM & FONADE, 2013). Al respecto, el sector agrícola juega un rol importante en la seguridad alimentaria, esto debido a que ningún país ha logrado sostener un proceso de crecimiento económico rápido sin antes resolver el problema de seguridad alimentaria (CEPAL , 2015).

Así mismo, el incremento de la población mundial ha venido acompañado por la escases de alimentos, según el Banco Mundial (2018), para el año 2050 existirá una población de 9.8 billones de personas, los cuales demandarán el 70% más de comida respecto a lo actual. Cada día al incrementarse la población mundial, las compañías productoras de alimentos, en especial las de los sectores agrícolas, hacen producción en serie para suplir estas necesidades, agregando insumos artificiales a los cultivos para su desarrollo y así tener una producción mayor y cubrir el mercado global.

Entonces, ¿Cómo el agro puede apoyarse en la tecnificación para hacer frente al cambio climático y mitigar la perdida de la producción en los cultivos agrícolas?, es por ello que el objetivo del presente estudio es diseñar un sistema basado en agricultura inteligente que permita mitigar el impacto del cambio climático en la productividad del cultivo de fresas.

Al respecto, es importante considerar que el cambio climático representa un reto para la agricultura tanto en la definición de estrategias de adaptación como para la implementación y el monitoreo de los resultados (Ocampo, 2011). Esto se debe a los impactos que tiene en la agricultura y el bienestar humano entre los cuales se incluyen los efectos biológicos en el rendimiento de los cultivos, las consecuencias del impacto sobre los resultados incluyendo precios producción y consumo; también se incluyen los impactos sobre el consumo per cápita de calorías y la malnutrición infantil (IFPRI, 2009). La agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático, el aumento de las temperaturas termina por reducir la producción de los cultivos deseados a la vez provoca la proliferación.

El empleo de la tecnología en las ciudades se implementa para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, con sistemas de seguridad interconectados en tiempo real tales como los controles policiales o sensores para medir la calidad del aire. De igual manera, en el campo los cultivos podrían tener cierto control por medio de dispositivos electrónicos que indiquen variaciones en la cadena de valor de los productos agrícolas tal como lo indica el World Economics Forum en su reporte (Deloitte, 2017) “las innovaciones en tecnología, combinadas con otras intervenciones, pueden jugar un importante rol en permitir y acelerar la transformación de sistemas de alimentación.”

Aplicar la tecnología a la agricultura permite compatibilizar la producción con el medio ambiente obteniendo mejores resultados respecto a productividad (QAMPO, 2017). Dentro de los beneficios que aporta se encuentran principalmente mayor productividad de los cultivos,

disminución de vertidos químicos en ríos y aguas subterráneas, mayor seguridad de los trabajadores, disminución del uso de agua; fertilizantes, pesticidas y también la reducción de los precios de los alimentos (QAMPO, 2017).

Las tecnologías bien usadas podrían ser beneficiosas para los agricultores, debido a que son incluyentes, traen desarrollo y también aumento de los ingresos al sector agrícola. La tecnología aplicada a la agricultura se conoce también con el término de agro-tecnología, y ha tenido gran cabida en los últimos tiempos debido a las aplicaciones que se han desarrollado para llevar a cabo las prácticas agrícolas (Sofos, 2017). Estas aplicaciones han dado múltiples ventajas a los productores de tierras y con la llegada de las nuevas tecnologías en la agricultura se disminuyó en gran parte las cargas de trabajo pesado para los agricultores y estos aumentaron su producción (Sofos, 2017).

La innovación y la tecnología en el este sector agrícola podrían emplearse para mejorar y controlar la producción y mejorar aspectos como: la creación de lagunas ambientales de nuestros sistemas alimentarios, la validación de la procedencia de los alimentos, la lucha contra el fraude, el cumplimiento de los objetivos de salud y nutricionales (World Economic Forum, 2019).

Como lo indica el reporte denominado Un Análisis de Escenario (Deloitte, 2017) “los sistemas de alimentos son integrales para la salud de las personas y la sostenibilidad del planeta. Desarrollo inclusivo, sostenible y eficiente”. Así mismo, (Sanz, 2018) citando a Hans Vestberg CEO de Ericsson, sugiere que las repercusiones serán considerables “Si una persona se conecta a

la red, le cambia la vida. Pero si todas las cosas y objetos se conectan, es el mundo el que cambia”.

Sin embargo, la tecnología aún no reemplaza la experiencia y el conocimiento de los agricultores. Pero si es importante que se inicie a implementar cierta tecnología para mejorar la productividad y tener mayor efectividad en la recogida de las cosechas. Tal como lo menciona Stephane Kasriel “En otras palabras, la alta tecnología y el alto empleo no tiene que ser mutuamente excluyente” (World Economic Forum, 2019), al respecto la autora formula tres soluciones, la primer de ellas es repensar la educación, la segunda cambiar las protecciones laborales de una red de seguridad a un trampolín y la tercera ofrecer a las personas más libertad y flexibilidad.

De igual manera, las fincas agropecuarias pueden adoptar estas metodologías las cuales promuevan el desarrollo de negocios o startup, enfocadas a mejorar la cadena de valor en especial en la siembra hasta la recogida de los productos, y un análisis de estrategia la cual permita la construcción de procesos inteligentes para mejorar la producción en el agro. Como soporte a la implementación de las adecuadas tecnologías es indispensable tener acceso a servicios de banda ancha, que permita tener conexiones de canales amplios para la conexión de múltiples dispositivos y en las zonas donde no se pueda tener acceso al despliegue de fibra óptica, una posible solución son las comunicaciones móviles. Un ejemplo de esto es lo que se está haciendo en Kenya, en donde, con aplicaciones instaladas en teléfonos inteligentes y con ayuda de la inteligencia artificial, los agricultores pueden conocer el estado de su cultivo (Simon, 2019).

El diseño de esta investigación es descriptiva, mediante el cual se detallan situaciones y eventos; así mismo busca especificar propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis (Hernández et. al, 2014). Y explicativo mediante este tipo de investigación, se pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos en estudio y permiten determinar sus causas, generan un sentido de entendimiento y combinan sus elementos de estudio (Hernández et. al, 2014).

El análisis de esta investigación se basa en data real y comparativa. Dentro de la primera parte de esta se realiza un estudio sobre las variaciones climatológicas del Departamento del Norte de Santander durante los últimos años, posterior se analizan caso de éxito en la implementación de Smart Agriculture a nivel mundial. Seguido a esto, se analizó las características de producción de fresa en la finca objeto de estudio. Se modeló las inversiones, gastos y la producción obtenida bajo el modelo actual de producción. Siguiendo a esto, se comparó los flujos con la intervención de las tecnologías aplicadas en la cadena de valor de la cosecha y se modeló bajo los mismos parámetros. Por último, se determinó la rentabilidad con inclusión de la tecnología, se hizo una aproximación de los beneficios obtenidos bajo esta intervención al proceso actual.

CAPÍTULO 1. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

Para Colombia en general el panorama no es alentador, según las estimaciones, el territorio nacional podría verse afectado por un calentamiento entre 1 – 1.5 °C. De este modo el aumento de las temperaturas haría que los cultivos sean sensibles a los cambios ambientales y a las alturas, entre más alto sea el cultivo se tendría mayor producción (Cambio & Meteorología, n.d.).

Igualmente otros fenómenos generaron alto impacto en el comportamiento climático en Colombia.

Entre 1998 y 2011, el 90% de los desastres naturales en Colombia estuvieron relacionados con el clima. La Oscilación del Sur El Niño (ENSO, por sus siglas en inglés) ha tenido un gran impacto en Colombia. Las lluvias excesivas vinculadas con el fenómeno de La Niña más reciente (2010–2011) causaron pérdidas de la producción agrícola equivalentes al 2,1% del PIB, además de las víctimas y los daños a la propiedad que fueron provocados por las inundaciones. En 2008, El Niño redujo en promedio 5% los rendimientos de 17 cultivos de importancia económica para el país (Mundial & ;CIAT;CATIE, 2015, p.4).

El Departamento de Norte de Santander se encuentra ubicado en la parte nororiental de Colombia; con una extensión es de 21 648 km², representando el 1.89%% del territorio nacional. Limita al oriente y al norte con la república bolivariana de Venezuela, al occidente con los

departamentos de Cesar y Santander y al sur con los departamentos de Boyacá y Santander (Villamizar, 2016).



Mapa 1. Área cultivada y de producción de fresa en Colombia
Fuente: Plan Frutícola Nacional 2006

Administrativamente está dividido en 40 municipios, los cuales para efectos de planificación, dada las similitudes ambientales, culturales y económicas entre los municipios que las conforman y a sus relaciones urbano-regionales y urbano-rurales determinadas por la infraestructura vial y de servicios, se agrupan en 6 subregiones nominadas cardinalmente y que conservan en la cotidianidad de sus habitantes sus nombres históricos como provincia o regiones (Villamizar, 2016).

Al ser Norte de Santander uno de los Departamentos con mayor incremento en el cultivo de fresa y así mismo, uno de los más afectados por el cambio climático debido a su ubicación

geográfica, cobra especial importancia en este estudio y en el desarrollo de alternativas como las planteadas en este estudio.

Características del departamento de Norte de Santander

En la siguiente tabla se presentan las principales características del departamento en estudio.

Tabla 1

Características generales del Departamento de Norte de Santander

VARIABLES e indicadores	Colombia	Norte de Santander	Participación %
Extensión territorial km ²	1.148.706	21.658	1.89%
Número de municipios	1.123	40	3.56%
Población proyectada 2015 (DANE)	48.203.405	1.355.787	2.81%
Participación del PIB departamental en el total nacional 2013	100%		1.6%
PIB per cápita 2013	\$15.073.018 U\$8.065	\$8.591.406 U\$4.597	
Exportaciones per cápita 2014	U\$1.149,7	U\$203,0	
Importaciones per cápita 2014	U\$1.343,4	U\$104,5	

Fuente: Tomado de

<http://www.sednortedesantander.gov.co/sitio/images/documentos/informesdelsector/PDD%20NDS%202016-2019.pdf>

El sector agropecuario en el Norte de Santander, teniendo en cuenta el Censo Nacional Agrario del año 2015 muestra los siguientes indicadores (CORPONOR, 2016):

Inventario bovino nacional, el departamento tienen una participación del (2%).

Inventario avícola nacional, el departamento tienen una participación del (1%).

Área agrícola sembrada en el área rural dispersa censada, según tipo de cultivo en el departamento es: Permanentes (2.4%), Transitorios (2.5%) y Asociados (0.4%). o Solo el 22% de los suelos de la región son usados para cultivos.

La mayor parte de las tierras agrícolas del departamento están destinadas a pastos y no a la siembra de productos.

La región tiene 2.2 millones de hectáreas rurales dispersas, de las que 1.01 millones de hectáreas (46.3%) corresponden a bosques naturales y 1.02 millones de hectáreas (47%) a producción agropecuaria.

De este (47%) la mayoría de ellas 793.000 hectáreas son para pastos y solo 230.000 hectáreas se utilizan en cultivos productivos.

Debido a la migración que se ha presentado del campo a la ciudad que ha sido ocasionada por el desplazamiento forzado; los problemas asociados al cambio climático; la alarmante cifra de necesidades básicas insatisfechas del sector rural que de acuerdo al censo 2005 es de 58,91%; la escasez de oportunidades laborales y principalmente por los ingresos comparativamente inferiores de las actividades desarrolladas en el campo frente a la ciudad, se ha incrementado la brecha entre los habitantes del área urbana y rural, brecha que según las proyecciones del DANE seguirá con un incremento de la misma (Villamizar, 2016).

El territorio de Norte de Santander es una región con muchos potenciales en los sectores económicos: agropecuario, minero-energético y comercio, sin embargo, se encuentra rezagado frente a los indicadores regional y nacional, con una participación muy baja en el PIB Nacional, y ligado a ello unos niveles bajos de competitividad de los sectores productivos, es por ello que todas las acciones e inversiones estarán enfocados a elevar la productividad del Departamento y mejorar la competitividad de la región (Villamizar, 2016).

A nivel Nacional, el 80% de las tierras aptas para el agro, se utilizan para pastos, siendo Norte de Santander destacado, por los resultados en el uso agropecuario del suelo con un mayor porcentaje de cultivos transitorios y permanentes (CORPONOR, 2016).

Impactos del cambio climático en Norte de Santander

Según los expertos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), indican que:

Los efectos que se evidencian del cambio climático pueden ser variados y dependen de la ubicación geográfica, la adaptabilidad y vulnerabilidad. Por ello se establecen que las áreas más afectadas por los efectos producidos por las variaciones climáticas son las regiones en vía de desarrollo como Latinoamérica (Francisco, 2013, p.5).

Dentro de los principales efectos del cambio climático en el departamento de Norte de Santander, en su mayoría están representados en el sector agrícola, debido a las fuertes

elevaciones de temperatura promedio para fin de siglo, así como sequías en la provincia Norte (IDEAM, 2015). Así mismo, el servicio de provisión hídrica podría verse afectado para las regiones con mayor aumento de temperatura y disminución de precipitación; los ecosistemas asociados a provincia norte podrían verse afectadas por estrés térmico e hídrico simultáneamente (IDEAM, 2015).

La deforestación en el departamento de Norte de Santander es notoria, pero se debe reconocer los esfuerzos de las entidades del departamento por controlar esta situación, entre los años 1990 y 2010 se presentó una pérdida de bosque de 214.525 hectáreas equivalente a un promedio 10.725,75 Ha por año, mientras que para el año 2014 se llegó a 8.283 hectáreas que representa el 5,9% del país, sin embargo, estos niveles todavía son altos. Esta situación afecta las principales fuentes abastecedoras del departamento e incrementa el tema de los riesgos asociados al cambio climático (CORPONOR, 2016).

El departamento en el 2010 presentaba el 42,7% de su territorio en la cobertura de bosque natural, esta situación de pérdida se debe a las actividades agrícolas y comercialización de madera ilegal (CORPONOR, 2016). El departamento tiene grandes limitaciones para la producción agrícola y con el incremento de la población y baja competitividad agrícola ha generado un mayor impacto. El 77,2% de los bosques primarios que quedan en el departamento se encuentran en áreas declaradas. Las subzonas hidrográficas con menor presencia de bosque se encuentran en las zonas con mayor población o presentan un desarrollo agrícola sin planificación para satisfacer las demandas de consumo de la región o departamento. (Plan Desarrollo Forestal Norte de Santander) (CORPONOR, 2016).

Las sub-zonas hidrográficas de interés para la restauración ecológica son: Río Algodonal, Río Pamplonita, Río Tarra y Río Zulia, aunque no se pueda establecer un área de bosque o un porcentaje mínimo para mantener la vitalidad de una cuenca, se reconoce la estrecha relación entre la pérdida de bosque y las alteraciones ambientales como por ejemplo disminución de caudales en época de estiaje o inundaciones en época húmeda, por lo tanto se considera importante aquellas sub-zonas con una cobertura inferior al 40% de su territorio (CORPONOR, 2016).

Tabla 2
Cobertura de bosque por cuencas en el 2010

Sub-zona Hidrográfica	Área sin Bosque	Área con Bosque	% con bosque
Quebrada El Carmen y Otros	46.631,23	3.563,31	7,10
Directos al			
Magdalena Medio			
Río Algodonal (Alto Catatumbo)	179.997,75	41.539,74	18,75
Río Pamplonita	110.949,17	29.249,26	20,86
Río Lebrija y otros directos al	120.654,02	34.228,29	22,10
Magdalena			
Río Tarra	132.228,84	44.117,28	25,02
Río Zulia	228.247,16	114.663,99	33,44
Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	207.770,89	136.262,72	39,61
Río Chitagá	103.768,50	79.392,51	43,35

Bajo Catatumbo	56.914,85	68.088,00	54,47
Río Cobugón - Río Cobaría	22.141,63	36.427,37	62,20
Río Socuavo del Norte y Río Socuavo	34.390,87	60.291,66	63,68
Sur			
Río Margua	23.451,46	51.269,50	68,61
Río del Suroeste y directos Río de Oro	33.105,45	153.111,19	82,22
Alto Río Apure	2.289,17	24.055,22	91,31

Fuente: Tomado de [http://corponor.gov.co/corponor/PLAN_ACCION_2016_2019/Plan_Accion_Institucional_2016_2019_\(31Jul2017\).pdf](http://corponor.gov.co/corponor/PLAN_ACCION_2016_2019/Plan_Accion_Institucional_2016_2019_(31Jul2017).pdf)

El IDEAM ha identificado 7 núcleos de deforestación alarmantes en el segundo semestre del 2015, donde Norte de Santander se encuentra en el puesto 6 con una tasa de deforestación del 5,56% con respecto al país, principalmente en el municipio de Tibú y en los sectores sur y occidental del PNN Catatumbo-Bari (CORPONOR, 2016).

En la tendencia de la deforestación, al comparar los porcentajes de pérdida de bosque estimativos hasta el 2030 versus los calculados entre 2005 y 2010 se puede sugerir que las cuencas con porcentajes de pérdida mayores a -2,41 tienen un proceso de deforestación mayor al promedio de la región andina y las políticas y acciones de conservación implementadas por las entidades públicas no está logrando el objetivo, como lo son: Quebrada El Carmen y Otros Directos al Magdalena Medio, Río Pamplonita, Río Socuavó del Norte y Río Socuavó Sur y Río Zulia (CORPONOR, 2016).

Tabla 3
Porcentaje de pérdida y ganancia de bosque entre 2005-2010

Subzona Hidrográfica	Año 2005	Año 2010	%
	Área HA	Área Ha	Ganancia / Pérdida
Alto Río Apure	22.248,98	22.222,39	-0,12
Bajo Catatumbo	73.374,43	71.632,29	-2,37
Quebrada El Carmen y Otros Directos	13.382,69	13.036,90	-2,58
al Magdalena Medio			
Río Algodonal (Alto Catatumbo)	53.489,63	53.712,68	0,42
Río Chitagá	62.215,68	60.769,78	-2,32
Río Cobugón - Río Cobaría	41.793,31	41.799,11	0,01
Río del Suroeste y directos Río de Oro	146.447,5	148.298,5	1,26
	5	7	
Río Lebrija y otros directos al	49.979,55	54.237,86	8,52
Magdalena			
Río Margua	55.844,56	55.437,96	-0,73
Río Nuevo Presidente - Tres Bocas	154.300,4	153.964,9	-0,22
(Sardinata, Tibú)	6	9	
Río Pamplonita	39.194,21	37.105,21	-5,33
Río Socuavo del Norte y Río Socuavo	56.514,95	55.125,12	-2,46
Sur			
Río Tarra	46.396,82	49.315,68	6,29

Río Zulia	116.977,1	112.971,6	-3,42
	2	6	

Fuente: Tomado de [http://corponor.gov.co/corponor/PLAN_ACCION_2016_2019/Plan_Accion_Institucional_2016_2019_\(31Jul2017\).pdf](http://corponor.gov.co/corponor/PLAN_ACCION_2016_2019/Plan_Accion_Institucional_2016_2019_(31Jul2017).pdf)

Tabla 4

Índice de uso del agua en el departamento de Norte de Santander

SZH	Sub-zona	IUA año medio		IUA año seco	
		VALOR	CATEGORÍA	VALOR	CATEGORÍA
1601	Hidrográfica Río Pamplonita	25,21	Alto	66,98	Muy alto
1602	Río Zulia	17,67	Moderado	46,31	Alto
1603	Río Nuevo Presidente – Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	1,29	Bajo	5,02	Bajo
1604	Río Tarra	1,79	Bajo	6,15	Bajo
1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	9,32	Bajo	23,46	Alto
1606	Río Socuavo del	0,30	Muy bajo	0,81	Muy bajo

	Norte y Río				
	Socuavo Sur				
1607	Bajo	0,25	Muy bajo	1,11	Bajo
	Catatumbo				
1608	Río del	0,74	Muy bajo	1,19	Bajo
	Suroeste y				
	directos Río				
	de Oro				
2319	Río	10,12	Moderado	26,78	Alto
	Lebrija y				
	otros				
	directos al				
	Magdalena				
2321	Quebrada	12,39	Moderado	14,32	Moderado
	El Carmen y				
	otros				
	directos al				
	Magdalena				
	medio				
3701	Río	1,83	Bajo	2,21	Bajo
	Chitagá				
3702	Río	0,20	Muy bajo	0,39	Muy bajo
	Margua				

3703	Río	0,04	Muy bajo	0,13	Muy bajo
	Cobugón –				
	Río				
	Cobardía				

Fuente: Tomado de [http://corponor.gov.co/corponor/PLAN_ACCION_2016_2019/Plan_Accion_Institucional_2016_2019_\(31Jul2017\).pdf](http://corponor.gov.co/corponor/PLAN_ACCION_2016_2019/Plan_Accion_Institucional_2016_2019_(31Jul2017).pdf)

Teniendo en cuenta los datos presentados en la tabla anterior se observa que las subzonas hidrográficas Río Pamplonita, Río Zulia y Río Algodonal presentan las categorías más altas en año seco precisamente por ser las más pobladas, para el Río Pamplonita la presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible y sobre las otras dos subzonas la presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible (CORPONOR, 2016).

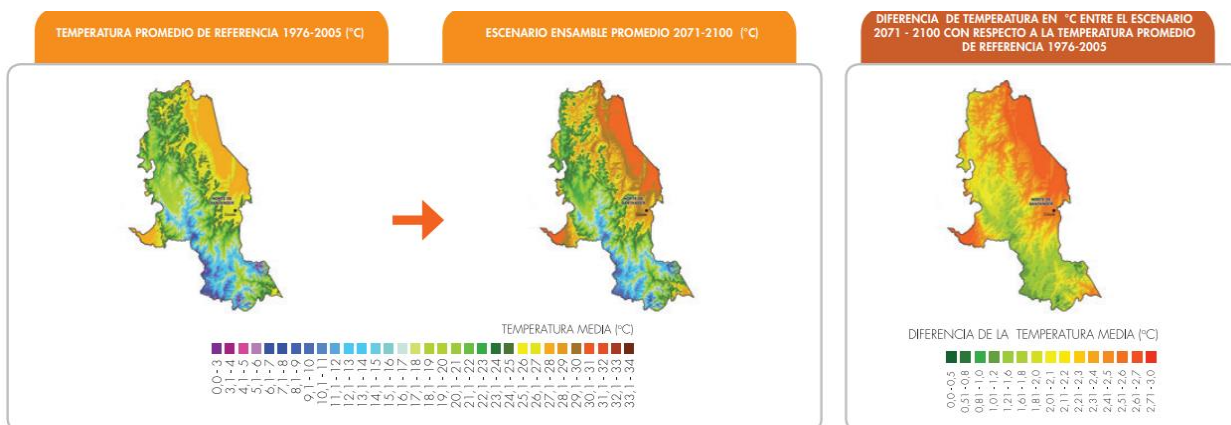
Tabla 5
Índice de vulnerabilidad en las subregiones hidrográficas de Norte de Santander

	Subzona Hidrográfica	IVH Año	
		Medio	Seco
1601	Río Pamplonia	Alta	Alta
1602	Río Zulia	Media	Alta
1603	Río Nuevo Presidente – Tres Bocas (Sardinata, Tibú)	Media	Media
1604	Río Tarra	Baja	Baja
1605	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	Baja	Alta
1606	Río Socuavo del Norte y Río	Media	Media

Socuaivo Sur			
1607	Bajo Catatumbo	Baja	Baja
1608	Río del Suroeste y directos Río de Oro	Media	Media
2319	Río Lebrija y otros directos al Magdalena	Media	Alta
2321	Quebrada El Carmen y Otros Directos al Magdalena Medio	Media	Media
3701	Río Chitagá	Baja	Baja
3702	Río Margua	Baja	Baja
3703	Río Cobugón - Río Cobaría	Baja	Baja

Fuente: Tomado de [http://corponor.gov.co/corponor/PLAN_ACCION_2016_2019/Plan_Accion_Institucional_2016_2019_\(31Jul2017\).pdf](http://corponor.gov.co/corponor/PLAN_ACCION_2016_2019/Plan_Accion_Institucional_2016_2019_(31Jul2017).pdf)

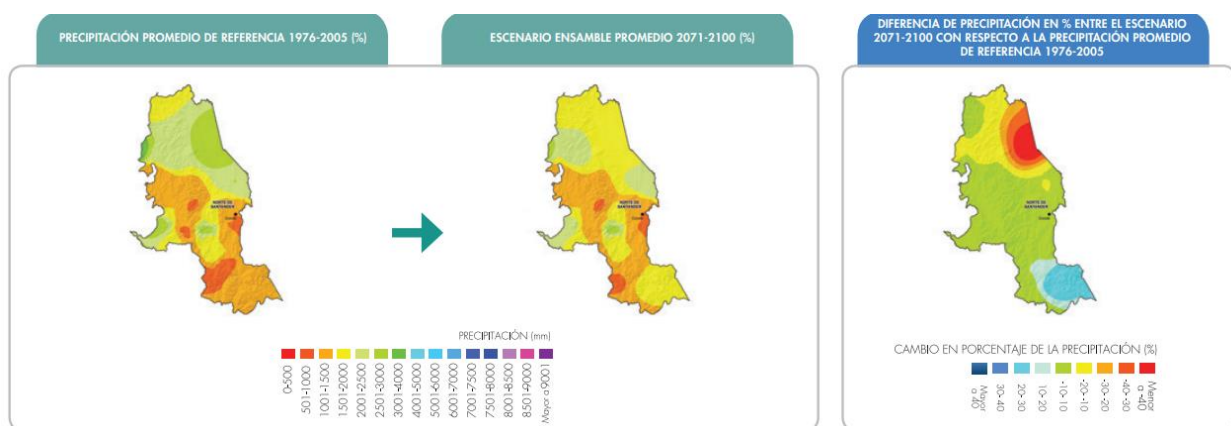
La información de la tabla 2, indica que la subzona hidrográfica del Río Pamplonita es la más vulnerable del departamento, pues en cualquier condición hidrológica presenta una categoría alta, las subzonas hidrográficas del Río Zulia y Río Algodonal presenta una alta vulnerabilidad en condiciones secas, sin embargo, la de mayores cambios es la del Río Algodonal pasando de una vulnerabilidad baja a alta, que se manifiesta en las actividades culturales de la región (CORPONOR, 2016).



Mapa 2. Escenario de cambio climático 2011 Temperatura

Fuente: Tomado de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022964/documento_nacional_departamental.pdf

Para el final del siglo el Departamento podrá presentar aumentos de temperatura de hasta 2,6°C con respecto al valor actual de referencia. Los principales aumentos podrán generarse hacia el nororiente del departamento particularmente sobre los municipios de Tibú, Puerto Santander, Sardinata y El Zulia con aumento de hasta 2,7°C sobre los valores actuales (IDEAM, 2015).



Mapa 3. Escenario de cambio climático 2011-2100 Precipitación

Fuente: Tomado de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022964/documento_nacional_departamental.pdf

Los principales aumentos de precipitación podrán presentarse hacia el sur del departamento particularmente hacia la provincia Suroriente con valores de hasta 20% adicionales al valor actual de referencia (IDEAM, 2015).

Y las principales reducciones de precipitación podrán presentarse hacia el nororiente del departamento en particular sobre la Provincia Norte, con dimensiones entre 30% y 40% sobre el valor actual (IDEAM, 2015).

Tabla 6. Tabla por periodos, escenarios de cambio climático 2011-2100

Cambio	Rango de Valores Temperatura	2011-2040		2041-2070		2071-2100		Cambio	%
		Cambio de Temperatura media °C	Cambio de Precipitación (%)	Cambio de Temperatura media °C	Cambio de Precipitación (%)	Cambio de Temperatura media °C	Cambio de Precipitación (%)		
Bajo	0 - 0,5	0,9	1,00	1,7	0,21	2,6	-0,35	Déficit Severo	<-40%
Bajo Medio	0,51 - 1							Déficit	-39% y 11%
Medio	1,1 - 1,5							Normal	-10% y 10%
Medio Alto	1,5 - 2							Exceso	11% y 39%
Alto	2,1 - 3,9							Exceso Severo	>40%

Fuente: Tomado de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022964/documento_nacional_departamental.pdf

Es evidente el riesgo que representa el cambio climático en los procesos sociales a nivel mundial pero como lo indica Burke y Lobell (2010) el riesgo de estos cambios radica en la rapidez, más no en la adaptabilidad de la raza humana, puesto que esta es inherente a la supervivencia en la tierra. (Asociaci, 2015)

Y tal como lo afirma (Reyes, n.d.) “Los Impactos potenciales y riesgos del cambio climático en América Latina asociados a la agricultura se verán afectados por factores como temperaturas extremas, precipitaciones extremas y concentraciones de CO₂” (p.19).

El departamento de Norte de Santander tiene uno de los suelos más productivos de Colombia, el cual potencializándolo podrá generar una mayor aporte al PIB de Colombia en temas

relacionados al agro, adiciona a esto, es uno de los departamentos con mayores variaciones en lo concerniente al cambio climático.

CAPÍTULO 2. CASOS EXITOSOS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA CON SMART AGRICULTURE

“Smart Agriculture”, es un concepto de gestión agrícola que utiliza tecnología moderna para aumentar la cantidad y la calidad de los productos agrícolas (FAO, 2017). Así mismo, el conocimiento y el capital son esenciales para cualquier innovación. Las nuevas tecnologías agrícolas requieren cada vez más habilidades profesionales (FAO, 2017). “Smart agriculture”, representa la aplicación de tecnologías de la información y comunicación en la agricultura en lo que se denomina una Tercera Revolución Verde; es por ello que representa un potencial real para un incremento en la sostenibilidad y productividad agrícola, basada en un uso más eficiente y preciso en el uso de recursos (Agriculturers, 2018).

Persigue tres objetivos principales: el aumento sostenible de la productividad y los ingresos agrícolas, la adaptación y la creación de resiliencia ante el cambio climático y la reducción y/o absorción de gases de efecto invernadero, en la medida de lo posible (FAO, 2018).

La agricultura climáticamente inteligente constituye un enfoque que ayuda a orientar las acciones necesarias para transformar y reorientar los sistemas agrícolas a fin de apoyar de forma eficaz el desarrollo y garantizar la seguridad alimentaria en el contexto de un clima cambiante.

La IoT o internet de las cosas, es parte fundamental del Smart Agriculture. La tecnología avanza al doble o triple de velocidad en las ciudades que en el campo. Sin embargo, esta industria ha encontrado un campo de acción en el agro. El internet ha sido indispensable en el

desarrollo de un agro sostenible, así como lo indica (“Agricultura de Precisión,” 2010) “se basa en utilizar el enorme volumen de datos que se recolectan por los equipos de agricultura de precisión para darle una lectura que favorezca la toma de decisiones, que permita mejorar la eficiencia en la agricultura”.

Según el Banco Mundial, la agricultura inteligente con respecto al clima es un planteamiento integrado para la gestión de los paisajes (tierras de cultivo, ganado, bosques y recursos pesqueros) (Banco Mundial, 2018).

Este sistema aborda dos desafíos relacionados entre sí el primero es la seguridad alimentaria y segundo es el cambio climático. Es por ello que procura producir tres efectos directos en forma simultánea (Banco Mundial, 2014):

Mayor productividad: producir más alimentos para mejorar la seguridad alimentaria y nutricional y elevar los ingresos del 75 % de los pobres del mundo, muchos de los cuales dependen de la agricultura para su subsistencia.

Mayor resiliencia: reducir la vulnerabilidad a las sequías, las plagas, las enfermedades y otras perturbaciones, y aumentar la capacidad de adaptación y de cultivo frente a factores de tensión a más largo plazo, como temporadas de cultivo más cortas y patrones meteorológicos irregulares.

Menos emisiones: procurar la generación de menos emisiones por cada caloría o kilo de alimentos producido, evitar la deforestación a causa de la agricultura y encontrar maneras de extraer el carbono de la atmósfera.

Es así, como el uso de la tecnología en el desarrollo de iniciativas de Smart agriculture, se vuelve esencial, sumado a la experiencia y capacidad de adaptación del ser humano adquirida a través de los años, se vuelven en herramientas eficaces para mitigar el impacto del cambio climático.

2.1 Caso 1 Israel

Israel tiene 8 millones de habitantes y es el tercer país más avanzado científica y tecnológicamente del mundo, su agricultura es altamente desarrollada y es uno de los principales exportadores de productos frescos, dirigidos sobre todo a Europa y es un líder mundial en tecnologías agrícolas de avanzada (Agriculturers, 2018). Israel es hoy una referencia ineludible de la producción alimentaria.

Es por ello, que se considera importante, tener en cuenta como país modelo a Israel porque se transformó en una potencia en el campo de la innovación tecnológica y hoy logra atraer a una gran cantidad de capitales (Barrero, 2018). Este país supo tomar sus desventajas para crear soluciones y de esta manera desarrollar sus capacidades en la agrotecnología a partir de la carencia de suelos aptos (Barrero, 2018).

Para el año 2018, aproximadamente el 57% de la tierra cultivada en Israel está equipada para el riego, superando así muchos desafíos relacionados con el agua adoptando un enfoque holístico

del consumo de agua el cual abarca una sólida gestión de recursos, desarrollo de alta tecnología y educación pública (Iagua, 2018).

Dentro de las tecnologías utilizadas en Israel que más se destacan según son (Agroalimentando, 2019) AgriTask, es una plataforma de inteligencia integrada para la gestión de la agricultura y se encarga de la recopilación de datos de distintas fuentes. Ayyeka explica el proceso de entrega de datos de infraestructura remota y activos dispersos a los tomadores de decisiones. SupPlant como solución agrícola que consiste en situar sensores en el campo para que el Software en la nube recopile y analice los datos de los sensores. También se encuentra Netafim que ofrece soluciones de riego inteligente desde goteadores hasta sistemas automatizados. Dorot, se encarga de la fabricación de tecnologías sustentables y productos de control y optimización del agua; Rivulis Irrigation, provee soluciones de riego por goteo y microaspersión a los agricultores con el objeto de optimizar sus operaciones.

2.2 Caso 2 Costa Rica

En Costa Rica, se elaboró el “Manual de Buenas Prácticas Agrícolas y de Producción para el Cultivo de la Fresa” (IICA, 2017) con el objetivo de establecer las buenas prácticas agrícolas y de producción en el cultivo de fresa, necesarias para asegurar un producto sano e inocuo, libre de contaminantes que pueden causar daño a la salud del consumidor y de plagas capaces de ocasionar problemas fitosanitarios y afectar la calidad comercial del producto.

Este manual contempla las siguientes buenas prácticas agrícolas y de producción.

Historial manejo de la finca (IICA, 2017):

La fresa debe ser cultivada en terrenos o sitios aptos, aportando pruebas de la evaluación realizada que cubra todas sus áreas de cultivo.

La evaluación de los peligros debe considerar el uso anterior del sitio, las fuentes potenciales de contaminación procedentes de los alrededores, las fuentes de agua, la erosión, el potencial impacto ambiental en el área de cultivo y el adyacente, entre otros aspectos.

Se deben evaluar las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo o sustrato y las condiciones ambientales, en especial el clima y la variabilidad climática, a fin de determinar si son compatibles con el cultivo para un desarrollo adecuado.

En el caso de ambiente protegido, se debe tener referencia sobre el origen del sustrato y las cualidades de los materiales de cerramiento (plásticos, mallas y otros) empleados en el proceso productivo. Estos tienen que cumplir con especificaciones técnicas señaladas por un experto, de acuerdo con las condiciones del ambiente y los requerimientos del cultivo.

Los animales domésticos y silvestres deben mantenerse alejados de los sitios donde se cultivan las fresas.

Se debe restringir el ingreso de personas no autorizadas, así como de maquinaria y equipo contaminado, a las áreas de producción para impedir que elementos extraños y patógenos

contaminen el campo. Es necesario implementar un procedimiento de limpieza y desinfección para el personal y maquinaria que ingresa a tales áreas.

Se deben considerar medidas para asegurarse de que la materia fecal animal procedente de terrenos adyacentes o instalaciones de almacenamiento de dichos desechos no contamine las áreas de cultivo.

Se debe elaborar un plano con la ubicación de la finca que identifique la posición del cultivo de fresa, las fuentes de agua y las instalaciones dentro de la finca, así como caminos, lugar de disposición de residuos y otras áreas que impliquen accesos u operaciones relacionadas.

Rastreabilidad (IICA, 2017):

Se debe establecer un sistema de identificación o referencia para cada sector, terreno o lote utilizado para el cultivo e incluir una señal física para la identificación visual.

Establecer un sistema de registro para todas las actividades que se realizan en la finca, así como las condiciones de producción en cada uno de los lotes. Estos registros generarán el historial de cada lote.

Implementar un registro de producción y entregas que incluya: fecha de cosecha, recipiente identificado con el código del productor establecido por SFE y número de lote cosechado.

Gestión del medio de cultivo (IICA, 2017):

El manejo del medio de cultivo (suelo, agua o sustrato) debe promover la conservación y recuperación de la fertilidad, el contenido de materia orgánica, la actividad biológica y la estructura, según corresponda.

Se deben preferir alternativas como rotación de cultivos, solarización con plástico transparente, uso de variedades resistentes, entre otras, antes de utilizar la desinfección química del suelo.

De ser necesaria la desinfección química del suelo, se debe contar con una justificación técnica y llevar un registro que incluya: lote, fecha, materia activa, dosis utilizadas, método de aplicación y nombre de operador.

El manejo del sustrato debe promover la conservación de la vida útil, las condiciones de salinidad y porosidad. Se debe identificar el momento de cambio del sustrato, de acuerdo con el tipo de material, la cementación, la meteorización o la contaminación química o microbiológica.

Preparación del medio de cultivo:

La preparación puede incluir labores de suelo profundas para mejorar el drenaje y favorecer la oxigenación, así como la formación de camas, instalación de riego y de cobertura (IICA, 2017).

Material reproductivo y siembra (IICA, 2017):

Se debe seleccionar apropiadamente la variedad por cultivar de acuerdo con la zona y sus condiciones para asegurar buenos rendimientos.

Antes de sembrar, se debe efectuar un proceso de lavado de las plántulas con agua; posteriormente, una desinfección mediante una inmersión de las mismas en una solución de fungicida y nematicida autorizados para el cultivo.

Las características de siembra son específicas según las variedades de fresa. Se recomienda sembrar en eras de 0,70 m de ancho, en las que se colocan 2 hileras de plantas separadas a 0,35 m entre sí y a 0,30 m entre plantas; las eras deben estar separadas entre sí por un pasillo de 0,35 m. La altura mínima de la era es de 0,40 m.

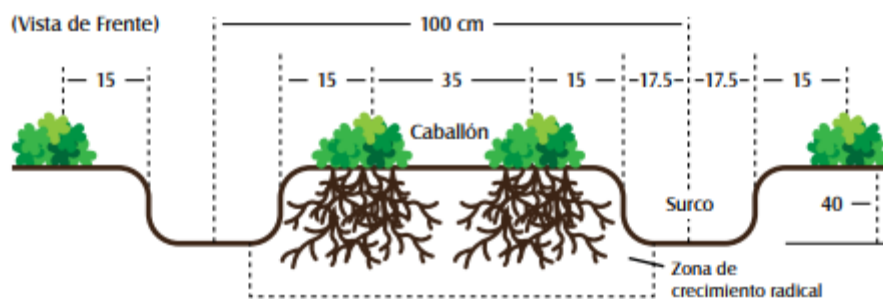


Figura 1. Distancias de la siembra para el cultivo de fresas a doble fila con riego de goteo

Fuente: tomado de <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2017/BVE17058869e.pdf>

Las plantas deben colocarse de forma tal que la corona quede a nivel de la superficie del terreno, de este modo se evita la pudrición y la exposición de las raíces. También, es necesario

evitar el doblez del sistema radicular. Las herramientas utilizadas para la siembra deben ser desinfectadas antes de su uso para evitar la contaminación por agentes patógenos (IICA, 2017).

Fertilización (IICA, 2017):

Realizar análisis del medio de cultivo y análisis foliar para conocer la fertilidad y la absorción real de la planta.

Con base en estos análisis, elaborar un programa de nutrición del cultivo. Las recomendaciones deben provenir de personal capacitado o del propio productor, siempre que demuestre su competencia técnica.

Riego y agua de uso agrícola

El agua puede constituir una fuente de contaminación directa, por ello se debe evaluar el riesgo potencial de cada fuente de agua y su sistema de distribución, pues es posible que transporten microorganismos patógenos, plagas, sustancias químicas diversas y materiales extraños al área de cultivo, los cuales pueden provocar daños a la salud humana, así como crear condiciones favorables para el desarrollo de plagas (IICA, 2017).

Protección del cultivo

Se debe llevar a cabo teniendo en cuenta los siguientes aspectos (IICA, 2017):

Manejo integrado de plagas

Uso de plaguicidas

Calibración del equipo de aplicación

Almacenamiento de plaguicidas

Manipulación de plaguicidas

Envases vacíos de plaguicidas

Residuos de plaguicidas

Cosecha y pos-cosecha

Procedimiento para la cosecha y postcosecha (IICA, 2017):

Se recomienda cosechar las fresas en horas de la mañana, una vez el rocío se haya secado, para evitar la fermentación de la fruta durante el almacenamiento.

La fresa es muy sensible a la manipulación; se debe cosechar con su cáliz, desprendiéndolo del pedúnculo, tomándolo con el dedo pulgar y los dos primeros dedos, y cortándolo con un giro de muñeca hacia abajo o hacia arriba.

Utilizar recipientes de fondo liso (capacidad máxima de 1 kg) para no sobrecargar los frutos y evitar la compactación o aplastamiento.

Los recipientes de cosecha deben ser exclusivos para la fresa y no estar en contacto directo con el piso. Siempre coloca un recipiente de base u otro medio aislante.

Separar los frutos que no cumplan con las especificaciones de calidad durante la cosecha y no dejarlos en el área de cultivo.

No golpear las frutas ni lanzarlas bruscamente al recipiente de cosecha.

Cosechar los frutos con el mismo grado de maduración, firmes, pintones, libres de daños por hongos o por frío, de color rojo en el 70 % de su superficie y con pedúnculo; no se recomienda coleccionar frutos completamente maduros.

Los frutos con daño por plagas o enfermedades se recolectan en recipientes separados para evitar la contaminación de los frutos sanos. Estos deben ser tratados y eliminados en una fosa de desecho.

Las fresas cosechadas no deben quedar expuestas al sol, sino que se trasladan a un lugar bajo sombra o ambiente bajo techo hasta su transporte. Los productos cosechados se retiran cuanto antes del campo.

Higiene de los equipos y de los materiales que se utilizan en la cosecha (IICA, 2017):

Todos los equipos y materiales utilizados en la cosecha (recipientes plásticos, tarimas, etc.) deben mantenerse en buen estado y limpios para impedir la contaminación de la fresa.

Los recipientes deben almacenarse en lugares limpios bajo techo, sobre tarimas, evitando el contacto con el suelo y con protección contra animales (domésticos y silvestres).

Los recipientes utilizados en la cosecha son de uso exclusivo para esta labor, no se usarán para contener fertilizantes o plaguicidas, lubricantes, aceites, desinfectantes, herramientas, bolsas, entre otros.

Salud del personal (IICA, 2017):

Las personas de las que se sabe o se sospecha que padecen o son portadoras de alguna enfermedad, la cual pueda transmitirse eventualmente por medio de los alimentos, no deben realizar las actividades de cosecha, tampoco manipular la fresa o los materiales con los que entra en contacto.

Cualquier persona que presente alguna lesión abierta, incluyendo heridas infectadas, debe excluirse de toda operación que pueda afectar la inocuidad de la fresa, hasta que haya sanado.

Los supervisores deben estar familiarizados con los síntomas de las enfermedades infecciosas para tomar las medidas necesarias si las observan. Estos síntomas son: diarrea, vómitos, fiebre, dolor de garganta con fiebre, estornudos y tos persistente, lesiones de piel (forúnculos o abscesos, cortes, ampollas, dermatitis, lesiones de uñas por hongos, entre otros), y secreciones de los oídos, los ojos o la nariz.

Higiene del personal (IICA, 2017):

Todos los trabajadores, incluyendo los supervisores, el personal temporal, el de tiempo parcial y tiempo completo, deberán ser capacitados en los principios básicos de higiene. El nivel de conocimiento necesario dependerá del tipo de operaciones, la tarea que se realice y las responsabilidades asignadas.

Todo el personal debe lavarse las manos antes de empezar el trabajo, después de ir al baño y de manipular cualquier material que pudiera contaminar la fresa o los utensilios de cosecha.

El personal que realiza la labor de cosecha debe contar con una vestimenta apropiada para las labores de cosecha y limpia para evitar la contaminación.

El personal debe estar con el cabello cubierto, tener las uñas cortadas, usar calzado y no portar joyas de ningún tipo.

Instalaciones sanitarias (IICA, 2017):

Los trabajadores deben tener acceso a servicios sanitarios y a equipos de lavado de manos con todos los accesorios necesarios para el correcto lavado de manos (agua potable, jabón no perfumado, papel toalla, entre otros).

Las instalaciones sanitarias no deben estar ubicadas cerca de los campos de producción y de las fuentes de agua y quebradas.

Se recomienda colocar mensajes claros (como pictogramas), en lugares visibles, sobre el lavado de manos antes de manipular la fresa, particularmente después de utilizar los servicios sanitarios.

Transporte de producto cosechado (IICA, 2017):

Los vehículos tienen que ser adecuados para el transporte de la fresa, de manera que eviten su deterioro y contaminación. No deben haber sido utilizados para transportar plaguicidas, combustible, aceite, animales u otros materiales distintos a vegetales y materiales de cosecha. Los vehículos deben ser revisados antes de cargar el producto para verificar su limpieza, y que no exista presencia de olores extraños.

Los vehículos deben proporcionar una protección eficaz contra la contaminación, incluidos plagas, polvo, agua y humo.

La disposición de la carga en el vehículo ha de realizarse de manera adecuada. Los recipientes o empaques de la fresa no deben entrar en contacto con el piso del vehículo y otras superficies.

Medio ambiente y conservación (IICA, 2017):

Todo propietario u ocupante está obligado a tratar, procesar o destruir los rastrojos, desechos y residuos de su finca o predios cuando estos constituyan riesgo de diseminación o aumento de la

población de una plaga que signifique riesgo para determinado cultivo, la salud humana y animal.

La finca y todas sus instalaciones deben mantenerse limpias de basuras y desperdicios, los cuales deben ser removidos periódicamente.

Los desechos de fresa no deben acumularse en los alrededores de los campos o eliminarse a campo abierto.

Medio ambiente y conservación (IICA, 2017):

Realizar un diagnóstico de la situación ambiental de la finca y una valoración o evaluación de los impactos ambientales que podría generar la actividad.

Optimizar el uso del agua y reducir las pérdidas.

Mantener la maquinaria agrícola, de manera que asegure un consumo energético óptimo, evitando pérdidas y fugas.

Se recomienda implementar camas o mesas biológicas para minimizar los riesgos de contaminación ambiental por plaguicidas.

Las camas y mesas biológicas deben protegerse de la lluvia mediante un techo plástico. En el caso de la cama biológica, es necesario construir un drenaje en sus alrededores para evitar el ingreso del agua de lluvia por escorrentía.

2.3 Caso 3 España

España es el principal productor de fresa fresca de Europa y el segundo del mundo, detrás de Estados Unidos, con una producción cercana a las 300000 t/año. De esta producción, el 95% se sitúa en la provincia de Huelva, que se ha convertido en la mayor concentración productora de fresas del mundo (Arroyo, 2017). Sin embargo, la zona donde se desarrolla el cultivo, el entorno del Parque Nacional de Doñana, es una de las zonas de mayor sensibilidad ambiental de Europa, siendo el agua el elemento que vincula los ecosistemas (marismas, lagunas) con el sector económico (fresas, arrozales). La relación del agua con el territorio genera importantes tensiones y problemas ambientales, especialmente en épocas de escasez del recurso, y cualquier actividad que se desarrolle en este entorno debe ser respetuosa con el mismo, viable económicamente y tener un impacto social positivo (Arroyo, 2017).

Por otra parte, el diseño de muchas de las instalaciones de riego en fincas comerciales no se ha realizado con criterios técnicos. Así mismo los emisores utilizados, cintas de riego, son emisores turbulentos donde el caudal varía con la presión y tienden a obstruirse. Las circunstancias anteriores junto con un manejo del riego por parte del agricultor basado en su experiencia, hace difícil el uso sostenible del agua de riego en el cultivo de fresa en una zona tan sensible ambientalmente como es el entorno de Doñana (Arroyo, 2017).

Es por ello que la alternativa sostenible: el riego de precisión, que consiste en dar a la planta el agua que necesita en el momento adecuado. Para ello es necesario conocer tanto los requerimientos de agua del cultivo como el movimiento del agua a través del suelo, muy condicionado por el alto contenido de arena, normalmente superior al 90% en la zona (Arroyo, 2017).

Para que el riego de precisión en la fresa sea una realidad, desde el Área de Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Córdoba están desarrollando el proyecto financiado por la Fundación Coca Cola “Reducing the hydrological impact of imported strawberries – Huelva región of Spain”, que tiene como objetivos desarrollar y difundir técnicas de riego de precisión, asesorar en la gestión del riego e implantar este tipo de riego en las fincas que participan en este proyecto, para que hagan un uso más eficiente del agua en el cultivo de fresa.

En los años 2013 y 2014 se implantó el sistema de riego de precisión descrito en una finca comercial de la zona, obteniéndose una reducción del consumo de agua con respecto al manejo del agricultor superior al 40%, manteniendo la misma producción en cantidad y calidad (Arroyo, 2017).

Al respecto Arroyo (2017) afirma que trabajan en el asesoramiento y en la gestión del riego e implantando este sistema en cerca de 1500 ha de fresa (23% de la superficie total de fresa), de forma particularizada para cada finca.

Así mismo, se elaboran los calendarios de riego personalizados por finca con los tiempos de riego y frecuencia para cada sector, en función de la variedad, configuración de la red de riego, clima y suelo, para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo (Arroyo, 2017).

El control de la programación del riego requiere una sectorización adecuada de la red de riego (unidades de riego homogéneas), el control de la presión en cabeza de riego, unidades de riego y laterales para trabajar en condiciones idóneas, el uso de contadores inteligentes, para conocer la frecuencia y el volumen del agua aplicado en cada evento riego y el control de la humedad en el perfil del suelo y de la solución nutritiva en el mismo mediante el uso de sondas de humedad y de succión respectivamente. Finalmente, la variable clave de manejo del riego: el tiempo, se controla mediante el correspondiente programador electrónico para facilitar la gestión y el ahorro en los costes de operación (Arroyo, 2017).

CAPÍTULO 3. CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN DE FRESA EN LA HACIENDA LA COLORADA

La producción de fresa en el mundo es de amplia diversificación, en Norte América, Asia y Europa es donde más se produce el producto. Para el año 2012 a nivel mundial se produjeron 4,6 millones de toneladas, siendo Estados Unidos el principal productor con 1.366.850 ton, seguido por México con 360.426 ton, Turquía con 353.173 ton, España con 289.900 ton y Egipto con 242.297 ton (Cámara de comercio de Bogotá, 2015, p.10).

En América Latina, la agricultura familiar suma unos 14 millones de fincas, de las que dependen directa o indirectamente unos 60 millones de personas (FAO, 2014). En 2012 el sector ocupaba al 16% de la población trabajadora, por lo que estamos hablando de un gran número de hogares en alto riesgo por la vulnerabilidad de su medio de vida.

En Colombia la producción de fresa es alta considerando los principales países productores. En los siguientes apartados se presentan datos referentes a la producción de fresas en Colombia.

Tabla 7

Toneladas de fruta en especies transitorias y su participación en la producción nacional en el año 2004

ESPECIE	TOTAL	%
Fresa	30744	0,83

Fuente: Plan Frutícola Nacional 2006

La fresa es un frutal que en los últimos diez años ha tenido un repunte extraordinario debido principalmente a la demanda internacional por un sabor que tiene una alta preferencia por parte del consumidor. La semilla en estolones se importa de California y Chile, se produce Colombia bajo el esquema de alianza (ASOHOFRUCOL, 2006).

Tabla 8

Consumo en fresco de fresa de los hogares urbanos en Colombia

ESPECI	TONELA	TONELA	TONELA	TONELA	TONELA	TONELA	20006
E	DAS	DAS	DAS	DAS	DAS	DAS	%
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Fresa	2.296	2.342	2.389	2.437	2.486	2.535	0,1

Fuente: Plan Frutícola Nacional 2006

Tabla 9

Balance frutícola interno de Colombia

FRUTA	OFERTA BRUTA	CONSUMO	OFERTA-CONSUMO	OFERTA DEMANDA
	(ton)	URBANO (ton)	URBANO (sin pérdidas post cosecha y autoconsumo)	(con pérdidas post cosecha y autoconsumo)
Fresa	30.744	2.296	28.448	14.613

Fuente: Plan Frutícola Nacional 2006

Tabla 10

Área cosechada, producción y rendimiento de fresa en Colombia año 2011

Departamento	Área Cosechada	Producción (t)	Rendimiento
	(ha)		(kg/ha)
Norte de Santander	119	3.144	26.420
Santander	5	45	9.000

Fuente: Manual Técnico del Cultivo de Fresa bajo Buenas Prácticas Agrícolas

Para el año 2013 en Colombia se produjeron 42.453 toneladas de fresa, siendo Cundinamarca el departamento con mayor producción 22.562 ton, seguido por Antioquia con 12.545 ton, Norte de Santander con 3.360 ton, Cauca 2.808 ton y Boyacá con 542,2 ton (Cámara de Comercio, 2015).

De la producción total nacional Cundinamarca participó con el 53,1%, Antioquia con 29,6%, Norte de Santander con 7,9%, Cauca con 6,6%, Boyacá con 1,3% y Valle del Cauca con 0,6% (Cámara de Comercio, 2015).

En base a la importancia de la producción de fresa a nivel internacional, y teniendo a Colombia como uno de los principales productores en la región y con más expectativa de crecimiento, cobra importancia toda herramienta y orientación que permita el logro de los objetivos y metas trazadas en el desarrollo de este cultivo.

Para conocer el proceso desde la siembra hasta la recogida de fresa se realizó un recorrido en la Hacienda foco de estudio, ubicada en el Departamento de Norte de Santander, además se aplicó entrevista estructurada (Ver Anexo1) al propietario de la Hacienda la Colorada, única persona que conoce los datos de la cosecha.

No se realizó esta entrevista a las personas que trabajan en la Hacienda porque son temporales, (por jornal), lo cual imposibilitó que se reuniera más información respecto al proceso del cultivo y a las inversiones requeridas.

3.1 Información obtenida de entrevista

3.1.1 Producción.

En esta variable se pregunta al Agricultor sobre la producción de la fresa desde la cosecha hasta su recolección.

¿Cuánta y que tipo de fresa se cultiva en la finca?

Se cultiva la variedad de ALBION (HIBRIDO DE LA FRESA) para la cantidad de la producción hay que sembrar una caja de esta semilla la cual permanece 8 meses en la tierra para poder sacar los estolones de la mata, cada mata produce un promedio de 12 a 15 estolones o sea que de una caja de semilla produce 15000 matas la cuales da una producción de 2000 kilos semanales.

¿En cuántas hectáreas se cultiva la fresa?

Esta cantidad se siembra en un espacio de 2 hectáreas de tierra.

¿Cuál es el proceso de sembrado de la fresa?

Para la siembra se procede a preparar la tierra, que quede suelta, se le aplica abono y nutrientes para que la mata de fresa tenga la facilidad de desarrollarse, se debe aplicar abono (son químicos para el buen desarrollo de la mata y para obtener una producción eficaz con buenos frutos).

¿Cuál es el tiempo de cultivo y tiempo de recolecta de la fresa?

El tiempo de cultivo, tiene una duración de 18 meses, a esa edad la mata disminuye su producción y se puede cortar el follaje para que nazcan hijos nuevos.

La recolección de la fresa se hace dos veces a la semana y una vez se haya hecho la recolección del lote se seleccionan 3 clases de tipos de fresa: la súper gruesa, gruesa y pareja.

De acuerdo con el grosor es el precio en el mercado, la fresa que tiene más salida es la más gruesa también llamada súper.

¿Cuántas personas se requieren para la recolección?

Para la recolección se requiere de unas 4 o 5 personas con experiencia en el cultivo de la fresa y una vez hecho esto se comercializan.

¿Cuál es el mercado destino de la fresa?

Hay diferentes mercados es apetecida en climas cálidos y mercados, aunque existe competencia pues estos climas son aptos para la producción.

Costo de inversión para la cosecha, promedio. Incluyendo valor de semillas, personal, maquinaria.

Un promedio de 35 a 40% de la producción de abonos líquidos y manos de obra recolección y transporte.

3.1.2 Cambio climático.

1. ¿Conoce el termino Cambio Climático?

No, lo que he escuchado es referente a l contaminación, creo que es lo mismo.

2. ¿Se ha visto afectado por el Cambio Climático?

Si claro, hace tres meses estábamos sembrando, pensando que había entrado el verano, pero un día antes volvió a llover, pensamos que era una lluvia pasajera, sembramos y esos día cayó un aguacero que nos hizo perder más de la mitad del cultivo.

3. ¿Cómo ha variado el clima en la Hacienda la Colorada en el último año?

El clima ha variado mucho. Antes era posible identificar cuando era la mejor época de siembra, ahora es muy complicado saberlo, porque es difícil conocer cuando viene la lluvia y cuando el sol.

4. ¿Cuáles son las mayores dificultades en la siembra y la cosecha?

Dificultades, la lluvia es el enemigo n. 1, es la causa de enfermedades como los hongos deformidad de las frutas esta es falta de polinización este problema por las causas climáticas las abejas se alejan con la lluvia, se mejora el clima, el borde de las hojas se secan, no pude sacar las nutrientes del suelo, exceso o falta de agua, suelo muy arcilloso s muy apretada las raíces.

3.1.3 Agricultura Inteligente (tecnología).

En esta variable se pretende conocer el conocimiento que tienen los Agricultores sobre la tecnología disponible para optimizar la producción de la cosecha.

1. ¿Ha escuchado hablar de agricultura inteligente?

No, las capacitaciones y el acceso que tenemos a esto son enfocadas en aspectos netamente agrónomos. Nunca habíamos escuchado el término.

2. ¿Alguna vez ha utilizado tecnología para la producción de la fresa?

Solamente los tractores para preparar la tierra, si es que eso es tecnología.

3. ¿En el municipio en el que se encuentra cuáles son las opciones de acceso a internet con las que cuenta?

Principalmente contamos con los celulares, porque no tenemos otro medio para comunicarnos. Incluso, el operador que presta servicio aquí únicamente es Claro. Sería mejor si tuviéramos la oportunidad de tener WiFi.

4. ¿De qué forma usted usa los datos que tiene disponibles con su operador móvil?

La verdad, yo solo uso el celular para comunicarme con mi familia cuando estoy en la finca, con una llamada por whatsapp. De resto para nada más.

3.1.4 Registró fotográfico cultivo de fresa, Hacienda la Colorada.

A continuación, se presenta el registro fotográfico del cultivo de fresa llevado a cabo en la Hacienda la Colorada.



Foto 1. Crecimiento de las plantas de fresa cultivadas, Hacienda la Colorada
Fuente: Elaboración propia



Foto 2. Riego de las plantas de fresa cultivadas, Hacienda la Colorada
Fuente: Elaboración propia



Foto 3. Riego del cultivo de fresa con surtidores, Hacienda la Colorada
Fuente: Elaboración propia



Foto 4. Cultivo de fresa con sus frutos, Hacienda la Colorada
Fuente: Elaboración propia



Foto 5. Fresa con el cisco de arroz para protegerla del gusano, Hacienda la Colorada
Fuente: Elaboración propia



Foto 6. *Recolección de fresa, lunes y viernes Hacienda la Colorada*
Fuente: Elaboración propia



Foto 7. Empacado de fresa, Hacienda la Colorada
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4. CARACTERÍSTICAS Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN DE FRESA CON SMART AGRICULTURE

La disminución del agua, las variaciones climáticas y con ellos la aparición de plagas, además de otros factores característicos del cambio climático, afectan de manera directa la producción de fresa, llevando a los productores a buscar diferentes ayudas que le permitan mitigar el impacto de este, debido a que cada vez más son las regulaciones y los controles de calidad que se le aplica a este producto para su exportación. Esto ha llevado a la industria a diseñar y desarrollar tecnologías que permitan disminuir el riesgo de pérdida de la cosecha y aumentar la eficiencia en los procesos llevando en algunos caso a un mejora considerable en la productividad, a continuación se presenta tres diferentes tecnologías que aportan a la disminución de dicho riesgo.

4.1 Uso de Macrotúneles

La Producción de Fresas en Macrotúneles, proporcionan alto rendimiento, calidad y manejo amigable del medio ambiente. El cultivo de la fresa en sistemas protegidos es una alternativa que ha tenido un crecimiento exponencial. Entre los sistemas protegidos, el más empleado es la producción de fresas en macrotúneles, debido a las grandes ventajas que el sistema ofrece comparado con sistemas convencionales (Intagri, 2017).

Además de incrementar el rendimiento hasta 300%, producir fresas bajo macrotúneles representa cuantiosas ventajas destacando las siguientes (Intagri, 2017):

Cosecha de frutas de excelente calidad.

Rendimientos de hasta 70 ton/ha.

Ahorro de agua de hasta 24 600 m³/ha comparado con un sistema convencional.

Un manejo eficiente de la nutrición vegetal.

Menor incidencia de plagas y enfermedades, lo que evita el uso excesivo de pesticidas.

Mejor posicionamiento del producto en el mercado.

Productos más saludables.

Creación de empleos por la demanda de mano de obra.

Cosecha en todas las temporadas del año.

Por todas las ventajas que presenta producir fresas en macrotúneles, en los años venideros se prevé un mayor crecimiento en el sector pues cada vez queda más claro que para acceder a

mercados potenciales es necesario contar con productos de excelente calidad sin descuidar el rendimiento (Intagri, 2017).

Sin embargo, esta tecnología presenta desventajas. El uso de plástico incrementa los costos a diferencia del cultivo a campo abierto por lo menos hasta en un 120% y un permanente mantenimiento de la estructura que soporta el plástico. Así mismo, las altas temperaturas prolifera la presencia de poblaciones como acaros y thrips (Mora & Flórez, 2010).



Foto 8. *Producción de fresas en macrotúneles*

Fuente: Fresas Perfectas con tecnología LED <https://www.intagri.com/articulos/frutillas/produccion-de-fresas-en-macrotuneles>

4.2 Tecnología LED

En el año 2017 los investigadores y egresados de la licenciatura en ingeniería agroindustrial de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), campus Amealco, diseñaron un sistema que mediante una estructura vertical y la utilización de lámparas de diodo emisor de luz (led, por el

acrónimo inglés LED) especializadas, permite un incremento en la producción de fresa (*Fragaria*) en invernadero (Pérez, 2017).

Otro factor de innovación que se propuso para el proyecto fue el diseño de una estructura vertical de cinco niveles, que permite el mayor aprovechamiento del espacio para el cultivo de plantas de porte bajo, como lo es la fresa (Pérez, 2017).

Dentro de las ventajas principales se encuentra la inocuidad en los cultivos de fresa del campus Amealco de la UAQ, ya que son regados con agua de lluvia y no requieren la aplicación de pesticidas (Pérez, 2017).



Foto 9. Producción de fresas con tecnología LED

Fuente: Fresas Perfectas con tecnología LED <http://cienciamx.com/index.php/tecnologia/biotecnologia/16030-fresas-perfectas-tecnologia-led>

4.3 Red de Sensores

Una red de sensores “es la comunicación de dos o más sensores que monitorean cooperativamente grandes entornos físicos, formando así una red de sensores inalámbricos WSN” (Ossa, 2017), los sensores WSN (Wireless Sensor Networks), estos son capaces de generar información por medio de ondas eléctricas, esas señales son procesadas y preparadas para ser transmitidas inalámbricamente a través de la red interpuesta hasta los servidores de almacenamiento (Bandur, Jakšić, Bandur, & Jović, 2019).

“Los sensores no solamente se comunican entre sí, sino también con una estación base (BS) por sus radios inalámbricos, lo que les permite difundir sus datos de sensores para un procesamiento remoto, visualización, análisis y sistemas de almacenamiento” (Ossa, 2017).

Una red consiste en la implementación de dispositivos distribuidos (nodos), espaciados y autónomos que posibilitan la adquisición de diferentes variables físicas como la temperatura, la humedad, imágenes digitales, entre otras (Ossa, 2017).

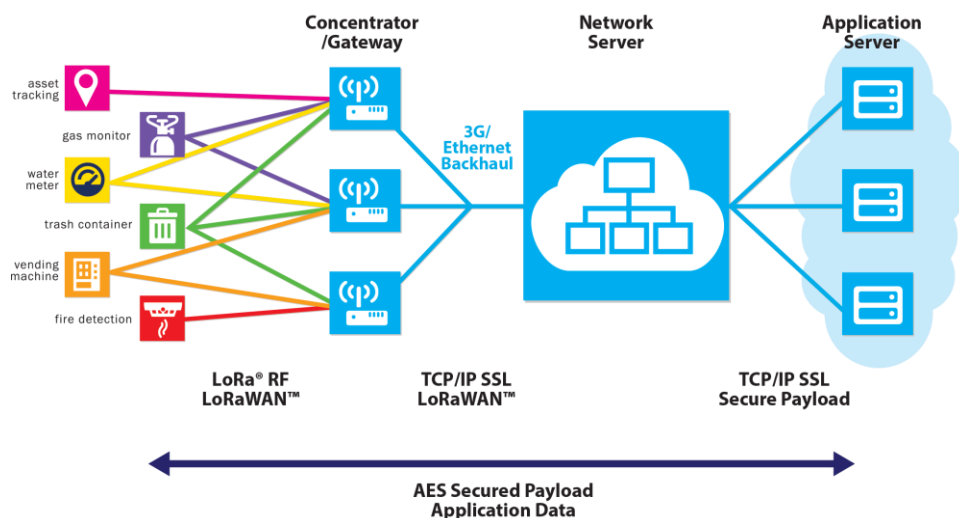


Figura 2. Arquitectura de red de sensores usando red LoRaWAN

Fuente: Tomado de: <https://medium.com/beelan/haciendo-iot-con-lora-cap%C3%ADtulo-1-qu%C3%A9-es-lora-y-lorawan-8c08d44208e8>

Tabla 11

Cuadro comparativo elección tecnologías a usar en la Hacienda la Colorada.

Herramienta	Infraestructura	Costo	Ventaja	Desventajas	Representación en Colombia	Aumento de productividad	Reduce impacto climático
Smart Agriculture	ura						
Macro túneles	Alto despliegue de infraestructura	Los costos de instalación incrementa en un 120% el costo del cultivo por hectárea	- Aumenta la generación de calor, reduciendo tiempos de maduración. - Aumento en la productividad - Duración cerca de 8	-Puede aumentar la generación de plagas. -Alta inversión. -Estructuras tecnificadas desarrolladas por mano de obra especializada. - Aumento en el personal contratado.	Baja: pocas empresas	Medio	Alto

			años				
			- Incide				
			en la				
			protección de				
			los cultivos				
			de las lluvias				
Luz LED	Dificultad	La	-	- Falta de soporte	Representa	Bajo	Bajo
	en la	importación	Aumento en	científico.	ción de este		
	consecución de	de estos	el tamaño de	- No existe	sistema en el		
	esta tecnología	equipos	los frutos.	capacitación sobre este	país nula.		
	debido a la	elevan y la	-	sistema en el país.			
	relación	falta de	Desarrollo de	- No impacta en la			
	efectividad/cost	empresas	frutos más	productividad del cultivo			
	o	comercializad	resistentes a	a cielo abierto.			
		oras en el país	las plagas.				
		incrementan	-				
		sus costos	Disminución				
		notablemente.	en la				
			aplicación de				
			pesticidas				
Red de	Se	el valor	-Control	- Requiere	-Varias	Alto	Alto
sensores	requieren varios	de las	en tiempo	capacitación.	empresas han		
	elementos para	perdidas	real sobre la	- La implementación	incursionado en		
	su	representan	cosecha.	debe ser realizada por	este sector.		
	implementación	en cada ciclo	-	mano de obra calificada.	-Hay varias		
	(principalmente	de cosecha la	anticipar	-Recepción de datos	opciones y		
	el uso de	cuarta parte	efectos del	intermitente donde no	diferentes		
	internet)	de lo que	clima en el	haya buena recepción de	niveles de		
		cuesta hacer	cultivos.	internet.	implementación		
		la inversión	-Control		acorde a las		
			de plagas		necesidades		
			-				
			Aumento en				
			la				
			productividad				

-Uso
eficiente del
agua.
-
Reducción en
el personal.

Fuente: Construcción propia

CAPÍTULO 5. DISEÑO DEL SISTEMA Y BENEFICIOS DE LA INTERVENCIÓN DEL PROCESO ACTUAL EN LA PRODUCCIÓN CON UN SISTEMA SMART AGRICULTURE

Siendo la propuesta de la instalación de la red de sensores la más viable para esta zona del país, según los parámetros definidos anteriormente, se desarrolla el diseño de un sistema acorde a las necesidades de la hacienda objeto de estudio.

5.1 Diseño Tecnológico del sistema

Se propone el desarrollo de un sistema competitivo que permita a través de herramientas como el teléfono celular, red móvil y aplicaciones existentes en el mercado monitorear en tiempo real las variables climatológicas, la humedad del cultivo, la calidad de la tierra y por último el uso eficiente del agua, todo esto a través de sensores instalados a lo largo del cultivo que recopilarán y enviarán la información de manera inalámbrica.

Ahora bien, para hacer conseguir que la transmisión esta cantidad de datos sea una realidad y puedan ser transmitidos en tiempo real a los dispositivos de los agricultores, se requiere de dos aspectos importantes: los dispositivos de red que sean capaces de recolectar y transmitir la data de manera constante y la capacitación especializada a los agricultores para que ellos sepan cómo

interactuar y que decisiones tomar al tener la información. Para el diseño del sistema y su posterior implementación es relevante contar con la siguiente arquitectura propuesta:

5.1.1 Sensores.

Los sensores son circuitos integrados que permiten la interacción del medio exterior, entregando información de temperatura, humedad, Ph, nivel de contaminación, entre otras más variables.

Han estado presentes en diferentes escenarios desde su descubrimiento, unos con mayor avance. Los sensores para captar luz solar (paneles solares) y otros para determinar el grado de contaminación.

Con el avance de las Smart Cities y el IoT, los sensores han venido teniendo un papel fundamental, por no decir que es el principal elemento de la arquitectura propuesta para tales fines.

Ahora bien la red de sensores es conocida como WSN (Wireless Sensor Network), este tipo de sensores a diferencia de los convencionales, traen incorporados módulos de comunicaciones (Gascón, 2010) .

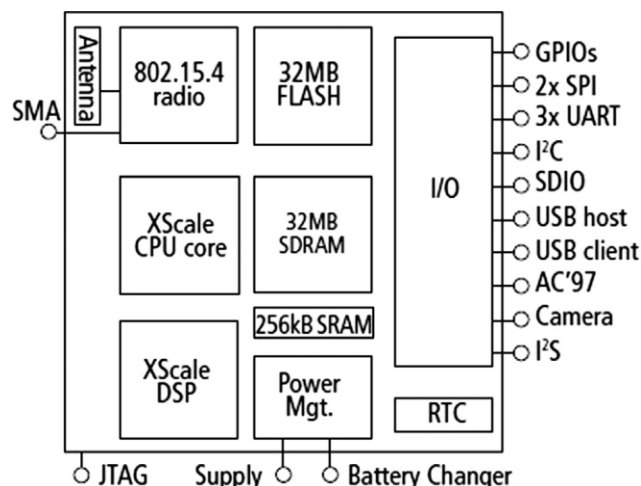


Figura 3. Módulo WSN

Fuente: Módulo WSN (Bandur et al., 2019)

5.1.1.1 Tipo de Sensores.

Los sensores requeridos según las características de la cosecha que tienden a un aporte significativo son:

Sensor de humedad

Así como lo indica (Ronald & Useche, 2018) los sensores permiten:

La red de sensores inalámbricos (WSN) y la red inalámbrica de sensores de humedad (WMSN) son componentes de IoT. Uno de los procesos importantes en la agricultura es el riego. El riego inadecuado ocasionará desperdicio de agua, el sistema de riego adecuado podría lograrse mediante el uso de la tecnología WSN.

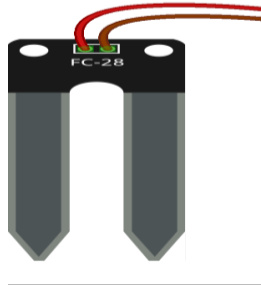


Figura 4. Sensor de humedad

Fuente: tomado de: <http://www.madnesselectronics.com>

Sensor de Temperatura.

Sensor de temperatura, el cual se define por (Ronald & Useche, 2018) como:

Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en cambios en señales eléctricas que son procesados por equipo eléctrico o electrónico. El sensor de temperatura, típicamente suele estar formado por el elemento sensor, el recubrimiento que lo envuelve y que está rellena de un material muy conductor de la temperatura, para que los cambios se transmitan rápidamente al elemento sensor y del cable al que se conectarán el equipo electrónico.



Figura 5. Sensor de temperatura

Fuente: tomado de: <https://www.prometec.net/sensores-dht11/>

Sensor de Ph.

Sensor de Ph, el cual determina los cambios de acides o alcalinidad de la tierra del cultivo (Ronald & Useche, 2018)



Figura 6. Sensor de Ph

Fuente: tomado de: <https://www.hifisac.com/shop/product/ph-7bnc-sensor-de-ph-con-sonda-para-arduino-7874?category=205>

5.1.2 Sistema de comunicación (arquitectura de sensores).

Los sensores estarán como parte del sistema LoRa , la cual es una técnica de modulación de espectro extendido derivada de la tecnología de espectro extendido de chip (CSS), así como, el protocolo de comunicación LoRaWAN que permite la comunicación entre sensores (Semtech, 2019). Dicha red permite el uso de sensores de bajo costo y fácil de implementar por su desarrollo en código abierto, razón por la cual fue seleccionada para la propuesta del diseño.

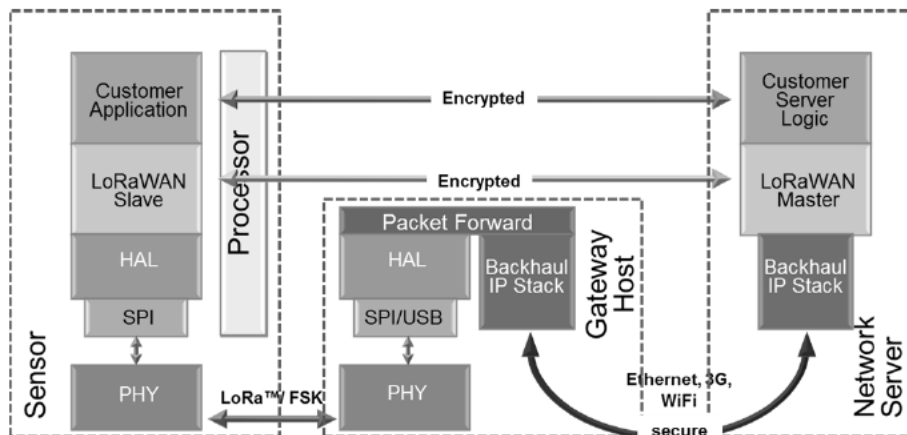


Figura 7. Arquitectura sistema de comunicación basada en LoRaWAN
Fuente: tomado de: (Distrital, Jose, & Lora, n.d.)

En el uso de ciudades digitales, presenta el mismo esquema, este esquema es el planteado para la Hacienda la Colorada, con el objetivo de que a través de este monitoreo, se hagan más eficientes los sistemas de riego y fumigación, disminuyendo los costos y por otro lado la protección del cultivo de las variaciones climáticas, reduciendo las pérdidas en la cosecha. A continuación se presenta el esquema de red para mayor claridad:

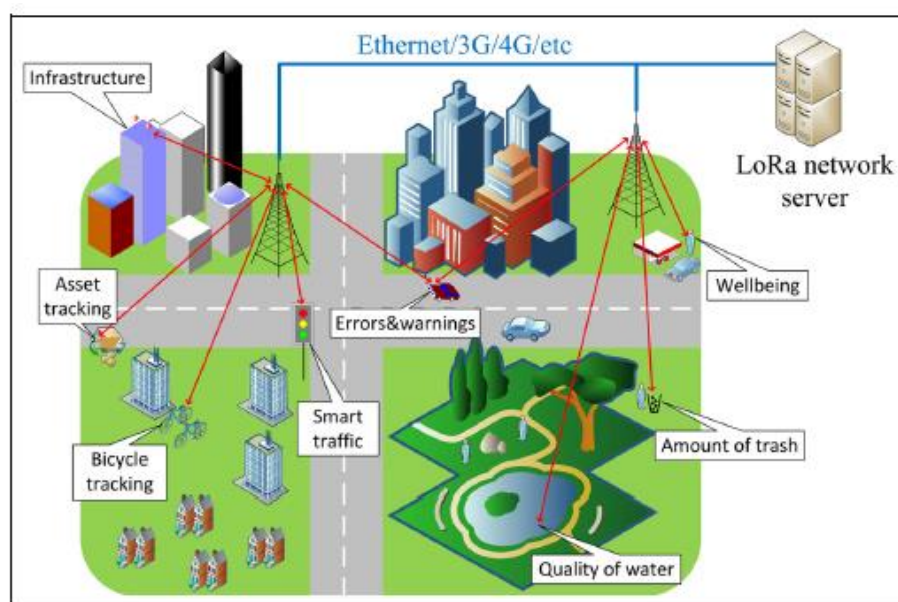


Figura 8. Aplicaciones de IoT, arquitectura basad en LoRa.
Fuente: tomado de: (Petäjajarvi, Mikhaylov, Pettissalo, Janhunen, & Iinatti, 2017).

5.1.3 Red móvil.

Una red móvil consta de una red de estaciones base que cubren un área delimitada (celda) y encaminan las comunicaciones en forma de ondas de radio desde y hasta los terminales de los usuarios (Radio Waves, 2015). En las zonas rurales, con menor densidad de población, el tamaño de las celdas es mucho mayor, a veces, hasta varios kilómetros, aunque rara vez más de diez kilómetros (Radio Waves, 2015).



Figura 9. Cobertura de red móvil proveedor Claro

Fuente: tomado de: <https://www.nperf.com/es/map/CO/-/13013.Claro-Movil/signal/?ll=7.25981507679803&lg=-72.71644592285158&zoom=10>

La disponibilidad de red que se encuentra en la zona permite transmitir los datos y visualizarlos en las aplicaciones que están listas para ser desarrolladas y las cuales ayudarían a los agricultores a controlar su producción.

La intervención al proceso del cultivo de la fresa, desde el punto tecnológico para minimizar el riesgo en cuanto a la pérdida del cultivo, se considera viable.

Finalmente el diseño propuesto bajo los parámetros anteriormente mencionados sería de la siguiente forma:

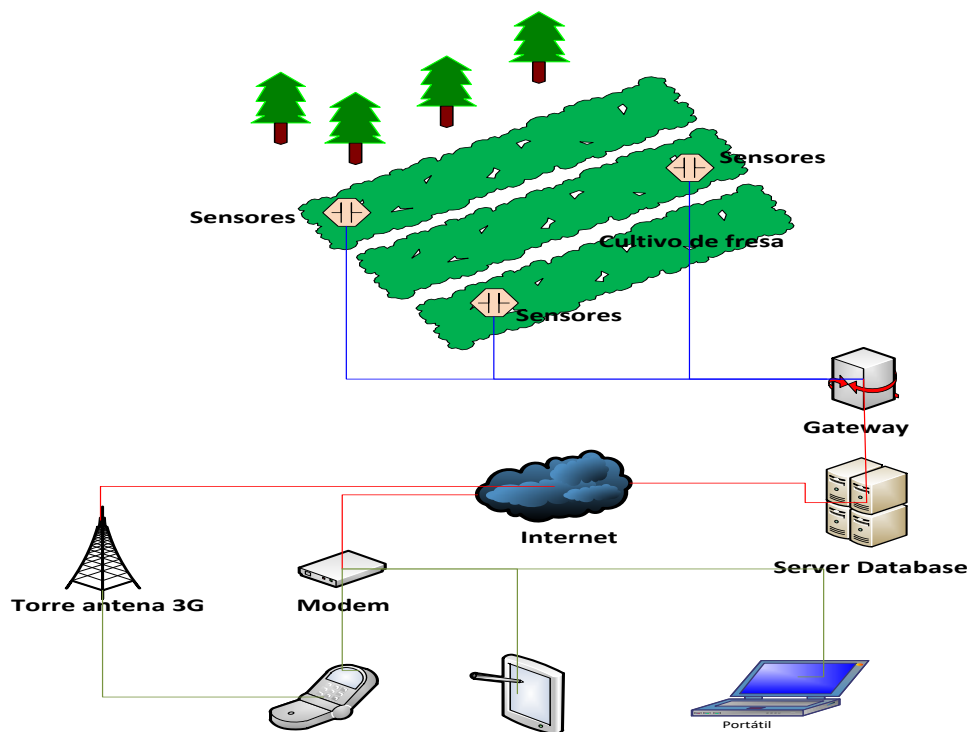


Figura 10. Diseño de red de sensores arquitectura LoRa, Hacienda la Colorada
Fuente: Elaboración propia

5.2 Viabilidad Financiera

Teniendo en cuenta como primer factor la viabilidad de la inversión, se conoció por intermedio del propietario que el valor de las pérdidas del cultivo en cada cosecha equivale aproximadamente a una sexta del valor de la inversión en el sistema de sensores, lo cual hace viable su diseño y posible implementación.

Segundo, se dispone de representación y oferta en Colombia para la red de conexión de los dispositivos y a su vez las aplicaciones lo que les permitiría a los agricultores tener más herramientas para determinar el mejor momento para iniciar con la cosecha. La viabilidad

financiera y de realizar la inversión en la tecnificación del campo a través de sensores y analizarlos en tiempo real, da como resultado un VPN (Valor Presente Neto) positivo.

Tal como lo indica (Vaquero, 2013) “El Valor Presente Neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: maximizar la inversión” en otras palabras, indica si el valor de la inversión puede incrementar o reducir el valor, en este caso de la cosecha y de la empresa a su vez.

En la siguiente tabla, se analizó la inversión con la tecnología dispuesta, según lo descrito en el capítulo anterior, dando como resultado una viabilidad para realizarla.

5.2.1 Flujo de caja inversión en tecnología, cultivo de fresas.

Tabla 12

Flujo de caja inversión en tecnología, cultivo de fresas

FLUJO DE CAJA	(101.200.000,	23.600.000	28.400.000	34.160.000	41.072.00	50.672.000
OPERACIONAL	00)	,00	,00	,00	0,00	,00
Impuestos		7.028.000,	8.708.000,	10.724.000	13.143.20	13.563.200
		00	00	,00	0,00	,00
FLUJO DE CAJA	(101.200.000,	16.572.000	19.692.000	23.436.000	27.928.80	37.108.800
LIBRE	00)	,00	,00	,00	0,00	,00
(-) Intereses		1.713.186,	1.444.781,	1.143.531,	805.416,9	425.927,60
crédito		28	10	06	2	
(-) Abono a		2.193.382,	2.461.787,	2.763.037,	3.101.151,	3.480.640,
capital		31	49	53	67	99
(+) Crédito	14.000.000,0					
	0					
(+/-) Beneficio		7.028.000,	8.708.000,	10.724.000	13.143.20	13.313.200

fiscal		00	00	,00	0,00	,00
(+) Aportes a capital de socios						
FLUJO DE CAJA	(87.200.000,0	19.693.431	24.493.431	30.253.431	37.165.43	46.515.431
PROYECTO	0)	,41	,41	,41	1,41	,41
VAN	\$87.200.000,00	\$16.638.58	\$17.483.95	\$18.245.66	\$18.937.3	\$20.024.98
		6,86	6,57	8,12	56,39	8,29
VPN	\$287.454					
TIR	20%					

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, se encontró que el propietario de la Hacienda esperaba una tasa de oportunidad de 25% sobre la inversión, al simular el flujo de caja no era viable con este porcentaje se ajustó al 20% y los indicadores financieros fueron positivos.

El resultado de VPN quiere decir que la Empresa se le valorizará en \$287.454 pesos conservando los mismos montos de dinero en ingreso como el costo. Si aumentará el valor del precio del ingreso su flujo sería más positivo teniendo en cuenta una relación $8=2$.

El modelo se realizó para un tiempo de 5 años en el cual se espera que la cantidad de fresa para cultivo se aumente, tal como se observa en la siguiente tabla.

5.2.2 Ingresos y costos para un periodo de 5 años en la producción de la fresa.

Tabla 13

Ingresos y costos para un periodo de 5 años en la producción de la fresa.

INGRESOS					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Cantidad de fresa	4	4,8	6	6,9	7
Precio	\$8.000.000	\$8.000.000	\$8.000.000	\$8.000.000	\$8.000.000
Total Ingresos	\$32.000.000	\$38.400.000	\$46.080.000	\$55.296.000	\$56.896.000
COSTOS					
Cantidad de fresa	4	4,8	6	6,9	7
Precio	\$2.000.000	\$2.000.000	\$2.000.000	\$2.000.000	\$2.000.000
Total Costos	\$8.000.000	\$9.600.000	\$11.520.000	\$13.824.000	\$14.224.000

Fuente: Elaboración propia.

De este modo y como se explicaba anteriormente la inversión en tecnología es beneficiosa para los agricultores e invertir en ello hace que los estados financieros sean más altos y llegue a tener una producción incremental en el tiempo.

5.3 Beneficios en cuanto a la tecnología propuesta

Los beneficios obtenidos a partir de la propuesta en cuanto a la tecnificación del agro, son diversas. En particular las que identificaron en la Hacienda La Colorada y que permite una máxima Productivización, son: Ahorro en cuanto a que permite minimizar el riesgo de pérdida de inversión, debidos a los cambios de clima, debido a que las estaciones en las que se acostumbraba a realizar la cosecha han variado y los agricultores desconocen cuál es la mejor época para sembrar, ocasionando pérdidas durante el periodo de siembra y de crecimiento del cultivo.

La tecnificación igualmente les permite tener cultivos orgánicos, junto con sensores y cámaras de video, los cuales podrán almacenar información y ser analizada para determinar qué tipo de cultivo en el más aconsejable sembrar o si definitivamente la fresa es la mejor opción y tener un periodo más reducido de tiempo para la preparación de la tierra.

Se ha podido identificar en general, la necesidad de crear aplicaciones que beneficien no solamente a los Agricultores sino a toda la cadena de valor que tiene que ver con la distribución y comercialización de los alimentos, incluso hasta el consumidor. Esto ayuda a evitar el desperdicio de alimentos, que son desechados bien sea por mala manipulación o por que los productos se dañan en los trayectos hasta ponerlos en los sitios para su consumo final.

El IoT también conectan dispositivos con la internet o redes de sensores para lograr una administración inteligente, tales como monitoreo de temperatura y humedad, seguimiento del transporte y control oportuna en la regularización. (Yan, Wu, Ye, & Zhang, 2017).

Así como lo indica (Jayashankar, Johnston, Gill, & Burres, 2018) “ los grandes volúmenes de datos, los cuales no podían ser cuantificados en el pasado, ahora pueden ser analizados a través de modelos estadísticos y algoritmos”.

La tecnología también ayuda a implementar un sistema de seguridad para proteger los cultivos tanto de roedores, plagas así como de personas, incluso el Agricultor podrá hacerlo remotamente con el uso de drones conectados a la misma red de sensores para el envío de la data.

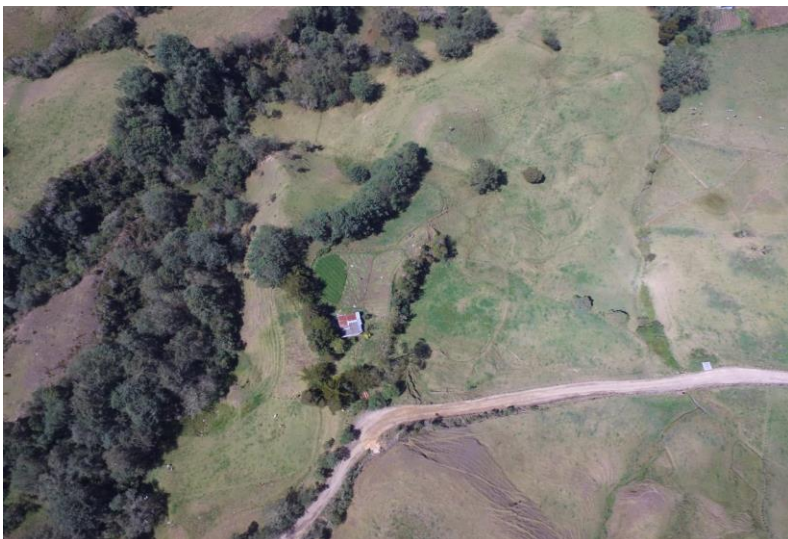


Foto 10. Aérea de cultivo a cosecha actual, vista desde un dron
Fuente: Elaboración propia.

La estrategia planteada para productivizar el agro empleando tecnología y evitar los riesgos de pérdida de cosecha debidos a los diversos cambios climáticos es viable desde todo punto de vista y muy favorables para el agricultor colombiano.

Por lo tanto, el proyecto se debe implementar en diversas etapas. La primera, el gobierno nacional o regional deberá incluir en un plan de desarrollo la penetración de acceso a internet, bien sea cableado (fijo) o móvil que permita tener capacidades mínimas de 10 Mbps, posibilidades de adquisición de equipos de telecomunicaciones tales como, computadores portátiles, servidores básicos de almacenamiento (mínimo 2 Tbytes), sensores de humedad y un CCTV (circuito cerrado de televisión) compuesto por dos cámaras y el respectivo almacenamiento 500 Gbytes, equipos para WiFi (estos son provistos por los operadores del servicio de banda ancha) y que puedan ser obtenidos bajo subsidios o prestamos financiados por el gobierno nacional.

Segundo. La capacitación es fundamental para apoyar la estrategia planteada. Los agricultores no tienen conocimiento de la tecnología básica. La capacitación propone tener personal más humanizado, con potencial de trabajo en equipo y apto para tomar decisiones en el momento oportuno (Winckfll et al., 2009).

Por último, se apoya la economía del país, debido a que permite la creación de start ups enfocadas en la economía naranja y enfocada en este tipo de problemáticas y con una amplia gama de mercado, las cuales les permitirían a los agricultores un mayor acceso a este tipo de tecnologías a unos precios aún más competitivos.

CONCLUSIONES

Es evidente la problemática que existe en el agro colombiano y las pérdidas en la cosecha debidas a este fenómeno; lo cual hace evidente que el agricultor no contemplaba la existencia de dispositivos electrónicos que le permitieran reducir el riesgo de pérdida de su cultivo, el cual de las cuatro o tres cosechas que se puede producir en el año se sometían a la pérdida de una en el mismo periodo de tiempo.

La Hacienda la Colorada se encuentra ubicada en una zona geográfica que provee beneficios en cuanto a la cosecha de productos agrícolas, tales como la fresa. Sin embargo, el impacto del cambio climático en la productividad del departamento de Norte de Santander, se refleja principalmente en el sector agrícola por las fuertes elevaciones de temperatura y la disminución del recurso hídrico; afectando directamente al sector agrícola. Al respecto, la inversión en tecnología ayudará a los agricultores a minimizar el riesgo y evitar la pérdida por el cambio climático.

Dentro de los casos exitosos de Smart Agriculture en el mundo, se encuentran los llevados a cabo en países como Costa Rica y España. Por su parte en Costa Rica se diseñó un manual dedica exclusivamente a establecer las buenas prácticas del cultivo de fresa que garantizan la producción el producto de más alta calidad. En España se está desarrollando un proyecto financiado por Coca Cola cuyo objetivo es desarrollar y difundir técnicas de riego de precisión y asesorar la gestión de este tipo de cultivo.

En la Hacienda la Colorada se cultiva la fresa de variedad Albion (Híbrido de Fresa), en dos hectáreas de tierras se siembra una caja de semillas que luego de 18 meses producen aproximadamente 2000 kilos de fresa semanales. El proceso desde la siembra hasta la recogida es tradicional y poco tecnificado.

La producción de fresa con Smart Agriculture presenta diversos beneficios dentro de los cuales se encuentran: productos de alta calidad, ahorro de agua de hasta 24.600 m³/ha, menor incidencia de plagas y enfermedades y por tanto productos más saludables. El uso de los sensores, los cuales pueden pronosticar en tiempo real los cambios climáticos permite la transmisión de datos en tiempo real, por medio de la implementación de una red inalámbrica hacia los servidores que almacenan la información para ser procesada. Así mismo, esta información puede ser revisada y procesada para la toma de decisiones por parte de los agricultores en aplicaciones dispuestas para dicho fin.

En cuanto a la inversión, se simularon los flujos de caja con la información de inversión, precio de venta y producción de la fresa y la tasa de retorno esperada por el propietario de la Hacienda. Se pudo observar que los indicadores tales como el VPN y la TIR son positivos en un flujo a cinco años, sin embargo, la TIR por parte del propietario y agricultor fue reducida en casi cinco puntos porcentuales, dejándola al 20%; es una buena tasa; si fuera más alta indicaría un VPN negativo en el tiempo, lo cual conllevaría a realizar incremento en el precio de venta con la misma cantidad de fresa producida y el mismo tiempo.

La red de sensores se seleccionó basada en dos parámetros: el primero, el costo de adquisición y de implementación y el segundo, por la facilidad que otorga la implementación de un proyecto como estos.

Aunque la arquitectura propuesta requiere de un tiempo de madurez, es viable su implementación. Adicional a lo anterior, al expandir cultivos y entrar en otro campo como la ganadería las funcionalidades de dicha arquitectura servirían para su ampliación.

RECOMENDACIONES

Es importante que en la Hacienda la Colorada se invierta en tecnología para hacer frente a las fuertes elevaciones de temperatura y la disminución del recurso hídrico que en esta zona del país se viene presentando.

Los casos exitosos de Smart Agriculture son una muestra de lo importante que puede llegar a ser su implementación en cultivos poco tecnificados y los múltiples beneficios que se pueden obtener, es por ello importante aplicar este tipo de tecnificación en el cultivo que se lleva a cabo en la Hacienda la Colorada.

Definitivamente es viable la implementación de la tecnología en el agro colombiano, se cuenta con una cobertura de red que los proveedores de este servicio han desplegado por la zona de la Hacienda. Sin embargo, se recomienda que paralelo a la implementación de la solución tecnológica se capacite a los agricultores, esto debido a que ellos desconocen el alcance de las aplicaciones y como podrían darle uso. El gobierno nacional o local tendría que apoyar este tipo de iniciativas las cuales traen la creación de starts up y así mismo el fortalecimiento del agro.

Los agricultores no son los únicos actores llamados a implementar tecnología en el agro, se debería revisar cada eslabón de la cadena de valor, hasta la entrega al consumidor final. Esto evitaría pérdidas de alimentos y un sobre costo a los agricultores.

Se recomienda implementar medidas de Smart Agriculture en el cultivo de fresa porque además de brindar beneficios al medio ambiente también representa mayor rentabilidad para el productor maximizando sus ingresos y disminuyendo sus gastos en recursos hídricos y plaguicidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agriculturers. (2018). *¿Qué es la agricultura inteligente?* Obtenido de <https://agriculturers.com/que-es-la-agricultura-inteligente/>
- Agroalimentando . (2019). *Israel, país altamente tecnificado en el agro lleva sus tecnologías a Chile*. Obtenido de https://agroalimentando.com/nota.php?id_notas=7633
- Arroyo, M. (2017). *El riego de precisión: el futuro de la fresa en el entorno de Doñana*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/manuel-martin-arroyo/riego-precision-futuro-fresa-entorno-donana>
- ASOHOFRUCOL. (2006). *Plan Frutícola Nacional 2006*.
- Banco de la República. (2000). *¿Qué es la producción?* Obtenido de <http://www.banrep.gov.co/es/contenidos/page/qu-produccion>
- Banco Mundial. (2014). *Agricultura inteligente con respecto al clima*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/climate-smart-agriculture>
- Banco Mundial. (2018). *World Bank Group*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/sp.pop.totl>
- Barrero, J. (2018). *Cómo hizo Israel para tener una agricultura innovadora pese al clima*. Obtenido de La Nación: <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/como-hizo-israel-para-tener-una-agricultura-innovadora-pese-al-clima-nid2137196>
- Bunge, M. (1959). *Definición de tecnología*.
- Cámara de Comercio. (2015). *Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial* . Bogotá: Vicepresidencia de Fortalecimiento Empresarial .

- CEPAL . (2015). *Cambio climático y actividades agropecuarias en América Latina*. Santiago de Chile.
- CORPONOR. (2016). *Plan de Acción 2016 - 2019*. Obtenido de [http://corponor.gov.co/corponor/PLAN_ACCION_2016_2019/Plan_Accion_Institucional_2016_2019_\(31Jul2017\).pdf](http://corponor.gov.co/corponor/PLAN_ACCION_2016_2019/Plan_Accion_Institucional_2016_2019_(31Jul2017).pdf)
- Deloitte. (2017). *Shaping the Future of Global Food Systems: A Scenarios Analysis Highlights from the report Background and topic*. Obtenido de <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/consumer-business/future-of-global-food-systems-highlights-presentation.pdf>
- FAO. (2014). *Sistemas de Cosecha*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/y4893s/y4893s04.htm>
- FAO. (2017). *Smart Farming is key for the future of agriculture*. Obtenido de <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/897026/>
- FAO. (2018). *La agricultura climáticamente inteligente*. Obtenido de <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture/es/>
- Hernández et. al. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- iagua. (2018). *Tecnología del agua para la agricultura en Israel*. Obtenido de <https://www.iagua.es/noticias/onu/tecnologia-agua-agricultura-israel>
- IDEAM & FONADE. (2013). *Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de cultivos por sectores*. Bogotá, Colombia.
- IDEAM. (2015). *Nuevos escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100*. Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022964/documento_nacional_departamental.pdf

IFPRI. (2009). Cambio Climático. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación.

IICA. (2017). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas y de Producción para el Cultivo de la Fresa*. San Juan, Costa Rica.

Intagri. (2017). *Producción de Fresas en Macrotúneles*. Obtenido de

<https://www.intagri.com/articulos/frutillas/produccion-de-fresas-en-macrotuneles>

Intap Grupo IFFE. (2014). *Smart Agriculture*. Obtenido de <http://iffeintap.es/smart-agriculture>

Johnston, B., & Mellor, J. (1961). The Role of Agriculture in Economic Development. *American Economic Review*, 566-593.

La Opinión. (2016). *Cambio climático tiene en jaque a la agricultura en Norte de Santander*.

Obtenido de <https://www.laopinion.com.co/region/cambio-climatico-tiene-en-jaque-la-agricultura-en-norte-de-santander-114715#OP>

Monsanto. (2002). *¿Qué es la siembra?* Obtenido de <http://descubri.monsanto.com.ar/notas/que-es-la-siembra/>

Ocampo, O. (2011). El cambio climático y su impacto en el agro. *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes*, 115-123.

Ossa, I. (2017). Monitoreo y control de variables ambientales mediante una red inalámbrica para agricultura de precisión en invernaderos . *Vector 12*, 51-60.

Pérez, I. (2017). *Fresas perfectas con tecnología LED*. Obtenido de

<http://cienciamx.com/index.php/tecnologia/biotecnologia/16030-fresas-perfectas-tecnologia-led>

QAMPO. (2017). *Aplicar tecnología a la agricultura*. Obtenido de

<https://qampo.es/blog/tecnologia-en-la-agricultura/>

- Radio Waves. (2015). *¿Cómo funciona una red móvil?* Obtenido de <https://radio-waves.orange.com/es/como-funciona-una-red-movil/>
- Sanz, E. (2018). *¿Qué es el "Internet de las cosas"?* Obtenido de <https://www.muyinteresante.es/curiosidades/preguntas-respuestas/ique-es-el-qinternet-de-las-cosasq>
- Simon, M. (2019). *This app lets Kenya's farmers monitor crops from eyes in the sky*. Obtenido de <https://www.wired.com/story/app-lets-farmers-monitor-crops-from-the-sky/>
- Sofos. (2017). *Impacto de la tecnología aplicada en la agricultura*. Obtenido de <http://www.sofoscorp.com/impacto-tecnologia-aplicada-agricultura/>
- Vaquero, J. (2013). El valor presente neto - VPN. *Pymes futuro*.
- Villamizar, W. (2016). *Plan de Desarrollo para Norte de Santander 2016 - 2019 "Un Norte Productivo para Todos"*. Obtenido de <http://www.sednortedesantander.gov.co/sitio/images/documentos/informesdelsector/PDD%20NDS%202016-2019.pdf>
- World Economic Forum. (2016). *The fourth industrial revolution what it means and how to respond*. Obtenido de <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>, 2016
- World Economic Forum. (2019). *Qué significarán los próximos 20 años para el empleo y cómo prepararse*. Obtenido de <https://es.weforum.org/agenda/2019/01/que-significaran-los-proximos-20-anos-para-el-empleo-y-como-prepararse/>.
- World Economic Forum. (2019). *System initiatives/shaping the future of food security and agriculture*. Obtenido de <https://es.weforum.org/system-initiatives/shaping-the-future-of-food-security-and-agriculture>

