



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Efectos del cambio climático en la productividad del  
banano orgánico en el Valle del Chira – Sullana - Piura**

Tesis para optar el Grado de  
Máster en Agronegocios

**Milbort Paul Távora Hernández**

Asesora:  
Dra. Ing. Adriadna del Socorro Chávez Jiménez

Piura, octubre del 2020



El presente trabajo de investigación está dedicado a Dios por ser mi guía y orientarme en el camino correcto, darme la fuerza para seguir adelante ante los problemas que se presentaban.

A mi querida madre Sara Hernández Abad por haberme dado la vida, por su apoyo, comprensión y ayuda en los momentos más difíciles de mi vida, por enseñarme a ser un hombre de bien, con valores y principios, con el coraje suficiente para cumplir con mis objetivos trazados.

A mi esposa Bicky Marleni Nunjar Rivera por darme el amor, la fortaleza, el apoyo para seguir adelante y no claudicar ante las circunstancias difíciles, por ser el empuje para culminar esta parte de mi vida profesional.



## Resumen Analítico-Informativo

### Efectos del cambio climático en la productividad del banano orgánico en el Valle del Chira – Sullana - Piura

Milbort Paúl Távara Hernández

Asesor(es): Dra. Ing. Adriadna Chávez Jiménez

Tesis.

Máster en Agronegocios

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura, Marzo de 2020

**Palabras claves:** Cambio climático/ Modelos climáticos/ Escenarios de cambio climático/ Temperatura/ Precipitación/ Humedad relativa/ Adaptación/ Mitigación.

**Introducción:** Uno de los problemas de mayor preocupación a nivel mundial son los daños que viene causando el cambio climático, siendo la agricultura uno de los sectores económicos altamente vulnerables a los efectos del cambio climático y en particular el cultivo de banano, cuya variación de los niveles óptimos de temperatura, precipitación y humedad relativa están afectando el desarrollo del cultivo; alteraciones que impactan directamente en la productividad del cultivo, afectando el desarrollo de la planta y del fruto. El estudio de los escenarios futuros del clima a escala regional y local permitirá conocer su comportamiento a un mejor detalle espacial y temporal y cuál será su posible impacto en la productividad del banano, permitiéndonos implementar estrategias de mitigación y adaptación que permitan enfrentar y minimizar los posibles impactos globales del cambio climático, garantizando la seguridad alimentaria a nivel mundial.

**Metodología:** El presente trabajo consistió en estudiar la variabilidad climática histórica y la productividad del cultivo de banano en el periodo comprendido entre los años 1997 al 2018, este análisis nos permitió generar modelos estadísticos para realizar proyecciones de productividad utilizando los escenarios de cambio climático del periodo comprendidos entre los años 2016 al 2062. La información de productividad del banano se recopiló de la Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas (DGESEP) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), la información climática se obtuvo de estación meteorológica CP Mallares del SENAMHI. También se realizó el análisis de correlación para determinar cuál de las variables en estudio tiene mayor influencia en la productividad del banano.

**Resultados:** Los resultados en el trabajo de tesis demuestran que en el análisis de serie de tiempo entre la productividad por hectárea y la producción durante los años de 1997 al 2018 es volátil y muestra sus niveles mínimos durante el fenómeno de El Niño o Niño costero, en lo que respecta al análisis de relación entre el cambio de temperatura y la productividad se ha demostrado que existe una asociación directa y positiva, lo que indica que el cultivo de banano obtiene mejores rendimientos cuando la temperatura máxima oscila entre los 30 °C y 34 °C, cuando la temperatura sobre pasa los 35 °C es posible que la productividad disminuya debido a los problemas fisiológicos que sufre el cultivo, en el caso de la temperatura mínima existe una relación inversa y negativa lo que significa que a temperaturas menores de 20 °C la productividad del banano disminuye, lo mismo sucede con la temperatura media en la cual existe una asociación directa y positiva, en la cual el cultivo de banano obtiene mejores rendimientos a temperatura media superior a 24 °C, en el caso de la precipitación existe una asociación inversa y negativa, lo que indica que el cultivo de banano obtiene mejores rendimientos cuando la precipitación es menor a los 500 mm, en caso de el fenómeno de El

Niño o Niño costero tiende a reducir su productividad, para el caso de la humedad relativa existe una relación inversa y negativa, pero si la humedad relativa supera los 75% podría causar disminución en el rendimiento esto debido a la presencia de enfermedades fungosas. Los modelos estudiados han permitido realizar las proyecciones de productividad bajo los escenarios de cambio climático entre los años 2016 y 2062, determinando que la productividad promedio es de 18,96 Tm/ha, productividad inferior a la obtenida entre los años 1997 al 2018 que fue de 20.34 Tm/ha.

**Conclusiones:** El trabajo de investigación ha concluido que existe una relación inversa entre los efectos del cambio climático y la productividad del banano, debido a que existe una correlación directa entre la temperatura y la productividad sin embargo la investigación demuestra que temperaturas superiores a 34 °C e inferiores a 18 °C la productividad tiende a disminuir, en el caso de la precipitación existe una correlación inversa sobre todo durante los fenómenos de El Niño o El Niño costero donde la productividad disminuye debido a la inundación de los campos de cultivo, finalmente existe una correlación inversa entre la humedad relativa y la productividad, quedando demostrado en la investigación que la región Piura tiene una ventaja comparativa con respecto a otras regiones ya que la humedad relativa no supera el 70%.

**Fecha de elaboración del resumen:** 07 de Octubre de 2020



## Analytical-Informative Summary

**Efectos del cambio climático en la productividad del banana orgánico en el Valle del Chira - Sullana - Piura**

**Milbort Paul Távora Hernández**

**Asesor(es): Dr. Ing. Adriadna Chávez Jiménez**

**Tesis**

**Máster en Agronegocios**

**Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.**

**Piura,**

**Keywords:** Climate change/ Climate Models/ Climate change scenarios / Temperature / Precipitation / Relative humidity / Adaptation / Mitigation

**Introduction:** One of the problems of the greatest concern worldwide is the damage caused by climate change, with agriculture being one of the economic sectors highly vulnerable to the effects of climate change particularly the cultivation of bananas, whose variation in optimum levels of temperature, precipitation and relative humidity are affecting crop development; alterations that directly impact the productivity of the crop, affecting the development of the plant and the fruit. The study of future climate scenarios at regional and local level will allow to know their behavior in a better spatial and temporal detail and what will be its possible impact on banana productivity, allowing us to implement mitigation and adaptation strategies that allow us to face and minimize possible Global impacts of climate change, guaranteeing food security worldwide.

**Methodology:** The present work consisted of studying the historical climatic variability and productivity of the banana crop in the period from 1997 to 2018, this analysis allowed us to generate statistical models to make productivity projections using the climate change scenarios of the period between 2016 and 2062. Banana productivity information was collected from the General Directorate of Monitoring and Evaluation of Policies (GDMEP) of the Ministry of Agriculture and Irrigation (MINAGRI), the climate information was obtained from the CP Mallares weather station SENAMHI The correlation analysis was also performed to determine which of the variables study has the greatest influence on banana productivity.

**Results:** The results in the thesis work show that in the time series analysis between productivity per hectare and production during the years 1997 to 2018 it is volatile and shows its minimum levels during the "El Niño" or "Niño costero" phenomenon, regarding the analysis of the relationship between temperature change and productivity, it has been shown that there is a direct and positive association, which indicates that the banana crop obtains better performances when the maximum temperature ranges between 30 ° C and 34 ° C, when the temperature exceeds 35 ° C it is possible that productivity decreases due to the physiological problems that the crop suffers, in the case of the minimum temperature there is an inverse and negative relationship which means that at temperatures below 20 ° C banana productivity decreases, the same happens with the average temperature in which there is a direct and positive association, in which the crop The banana produces better yields at an average temperature above 24 ° C, in the case of precipitation there is a inverse and negative association, which indicates that the banana crop obtains better performances when the precipitation is less than 500 mm, in In the case of the "El Niño" or "Niño costero" phenomenon , it tends to reduce its productivity, in the case of relative humidity there is a inverse and negative relationship, but if

the relative humidity exceeds 75% it could cause a decrease in yield this due to the presence of fungal diseases. The models studied have allowed productivity projections to be carried out under the climate change scenarios between 2016 and 2062, determining that the average productivity is 18.96 Tm / ha, lower productivity than that obtained between 1997 and 2018, which was 20.34 Tm / ha.

**Conclusions:** The research work has concluded that there is an inverse relationship between the effects of climate change and banana productivity, because there is a direct correlation between temperature and productivity, however research shows that temperatures above 34 ° C and below 18 ° C productivity tends to decrease, in the case of precipitation there is an inverse correlation especially during the "El Niño" or "El Niño costero" phenomena where productivity decreases due to flooding of crop fields, finally there is an inverse correlation between relative humidity and productivity, being demonstrated in the research that the Piura region has a comparative advantage over other regions since the relative humidity does not exceed 70%.

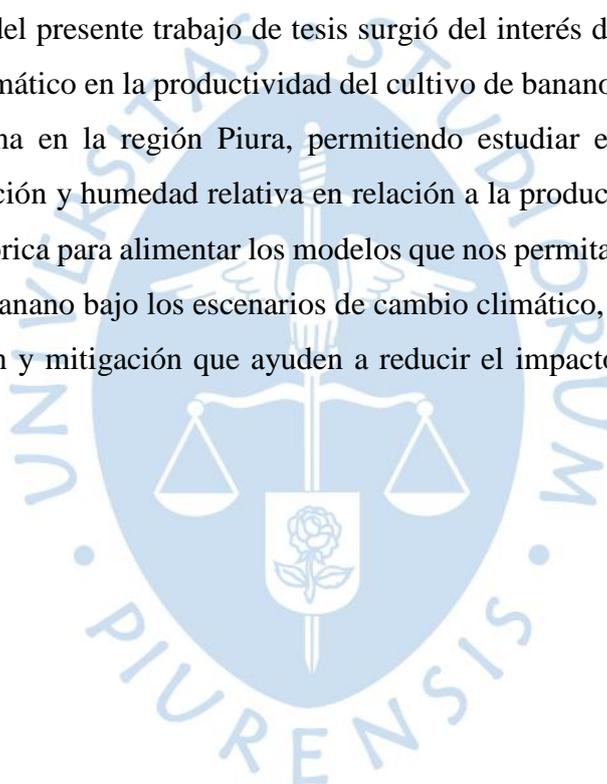
**Summary date: October 07 th, 2020**



## **Prefacio**

Este trabajo de tesis ha sido financiado por INNOVATE PERU, como parte del programa de becas de maestría, bajo el contrato N° 44-2017 - INIA - PNIA- MAESTRIA.

La elaboración del presente trabajo de tesis surgió del interés de conocer cuáles son los efectos del cambio climático en la productividad del cultivo de banano en el Valle del Chira de la provincia de Sullana en la región Piura, permitiendo estudiar el comportamiento de la temperatura, precipitación y humedad relativa en relación a la productividad, haciendo uso de una base de datos histórica para alimentar los modelos que nos permitan realizar las proyección de productividad del banano bajo los escenarios de cambio climático, permitiéndonos plantear medidas de adaptación y mitigación que ayuden a reducir el impacto económico y social en nuestra región.



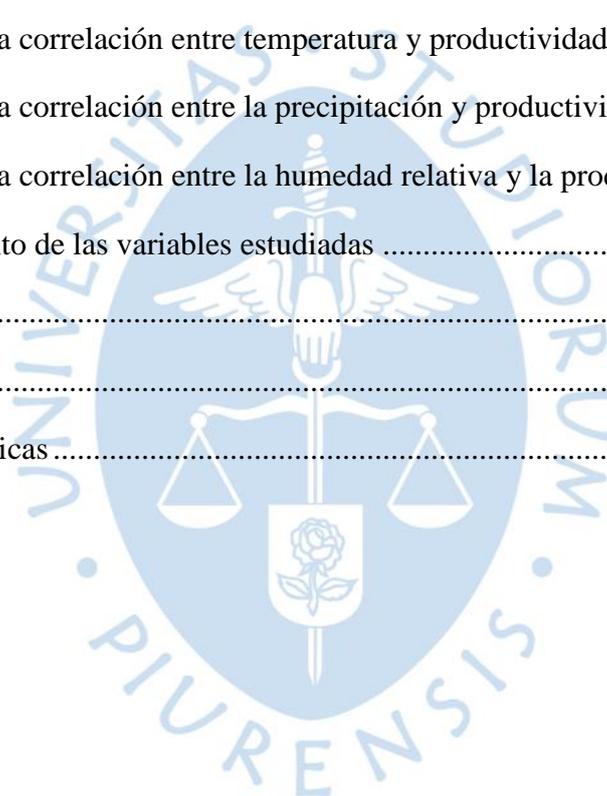


## Tabla de contenido

Introducción .....	1
Capítulo 1. Marco teórico.....	5
1.1. Cambio climático .....	5
1.1.1. Efectos del cambio climático en la agricultura mundial .....	6
1.1.2. El cambio climático en el Perú.....	8
1.1.3. Cambio climático y fenómeno de El Niño .....	11
1.1.4. Efectos del cambio climático en la región Piura .....	12
1.1.5. Cambio climático en el cultivo de banano .....	14
1.1.6. Estrategias para mitigación y adaptación al cambio climático .....	16
1.1.6.1. Estrategias de adaptación en agricultura .....	16
1.1.6.2. Estrategias de mitigación en agricultura .....	17
1.1.7. Modelos climáticos .....	18
1.2. Principales parámetros climáticos en la agricultura.....	20
1.2.1. Temperatura .....	20
1.2.2. Precipitación.....	21
1.2.3. Humedad relativa .....	22
Capítulo 2. Manejo del cultivo de banano.....	25
2.1. El cultivo de banano .....	25
2.1.1. Origen del banano .....	25
2.1.2. Descripción morfológica, fenológica y taxonómica .....	26
2.1.2.1. Aspectos morfológicos del banano .....	26

2.1.2.2. Fases fenológicas del cultivo de banano .....	28
2.1.2.3. Clasificación taxonómica .....	30
2.1.3. Composición nutricional .....	30
2.1.4. Requerimiento climático del cultivo .....	32
2.1.5. Plagas y enfermedades del cultivo .....	33
2.1.6. Variedades comerciales de banano .....	35
2.1.7. Producción de banano orgánico .....	36
Capítulo 3. Zona de estudio.....	39
3.1. Ámbito de estudio .....	39
3.1.1. Descripción del Valle del Chira .....	40
3.2. Población.....	41
3.3. Actividades económicas.....	43
3.4. Topografía de la zona.....	45
3.5. Condiciones climáticas.....	46
3.6. Producción del banano orgánico .....	49
Capítulo 4. Metodología y análisis de la zona de estudio.....	55
4.1. Información base .....	55
4.1.1. Información climática del Valle del Chira .....	56
4.1.1.1. Temperatura .....	56
4.1.1.2. Precipitación.....	58
4.1.1.3. Humedad relativa .....	60
4.1.2. Información de productividad del cultivo de banano.....	62
4.1.3. Variables con cambio climático (escenarios).....	63
4.1.3.1. Precipitación.....	64
4.1.3.2. Temperatura .....	65
4.1.3.3. Humedad relativa .....	69
4.1.4. Metodología .....	70

4.1.4.1. Procedimiento.....	70
4.1.4.2. Producción.....	71
4.1.4.3. Análisis de correlación .....	74
4.1.4.4. Producción por cambio climático.....	74
Capítulo 5. Resultados y discusión .....	77
5.1. Análisis de la serie de tiempo de la productividad por hectárea y la producción .....	77
5.2. Análisis de modelos climáticos de banano evaluados.....	78
5.3. Análisis de la productividad bajo los escenarios de cambio climático .....	82
5.4. Resultados de la correlación entre temperatura y productividad .....	83
5.5. Resultados de la correlación entre la precipitación y productividad.....	85
5.6. Resultados de la correlación entre la humedad relativa y la productividad .....	86
5.7. Análisis conjunto de las variables estudiadas .....	86
Conclusiones .....	89
Recomendaciones.....	91
Referencias bibliográficas.....	93





## Lista de figuras

Figura 1. Línea de tiempo de los importantes hitos de la CNUCC en las que participa el Perú. .....	9
Figura 2. Distribución espacial del cambio en la temperatura máxima anual para la región de Piura (2016-2045)-(1981-2005). .....	10
Figura 3. Esquemas de las metodologías de regionalización aplicadas a los escenarios globales de cambio climático .....	19
Figura 4. Principales partes de la planta de banano .....	29
Figura 5. Ubicación de las zonas bananeras de Piura .....	40
Figura 6. Distribución Valle del Chira .....	41
Figura 7. Población total y tasa de crecimiento promedio anual, 1940-2017 .....	42
Figura 8. Piura: Evolución de la Población censada, Urbana y Rural 1940-2017 en % .....	43
Figura 9. Áreas cosechadas Principales Cultivos y pastos .....	45
Figura 10. Temperatura °C – Estación Malleres (1980-2010) .....	47
Figura 11. Precipitación - Estación Mallares (1980-2010) .....	48
Figura 12. Humedad Relativa - Estación Mallares (1980-2010) .....	48
Figura 13. Evolución de hectáreas de banano orgánico en Piura.....	50
Figura 14. Hectáreas de Banano por provincias 2015.....	51
Figura 15. Productividad TM/ Ha Región Piura (2000 – 2013).....	52
Figura 16. Ranking de exportación FOB -2018 .....	53
Figura 17. Distribución geográfica de las zonas bananera.....	56
Figura 18. Promedio Mensual de la T °C máxima, mínima y media.....	57
Figura 19. Análisis de Relación: Temperatura y Productividad .....	58
Figura 20. Promedio Mensual de Precipitación (mm/ mes).....	59
Figura 21. Análisis de relación: Precipitación (mm/ año) – Productividad (Kg/Ha) .....	60
Figura 22. Promedio Mensual de Humedad Relativa (%) .....	61
Figura 23. Análisis de relación: Humedad Relativa (%) – Productividad (Kg/Ha).....	61

Figura 24. Análisis de Producción y Productividad (1980 – 2018) .....	62
Figura 25. Comparativo de los promedios inter anuales de precipitación .....	64
Figura 26. Comparativo de los promedios inter anuales de precipitación- Escenarios de cambio climático .....	65
Figura 27. Promedio mensual de la temperatura máxima °C – Escenarios (2016-2062) .....	66
Figura 28. Temperatura máxima °C- Escenarios (2016-2062) .....	66
Figura 29. Promedio mensual de temperatura mínima °C – Escenarios (2016-2062) .....	67
Figura 30. Temperatura mínima °C- Escenarios (2016-2062) .....	67
Figura 31. Temperatura Media Mensualizada °C – Escenarios (2016-2062) .....	68
Figura 32. Temperatura Media °C – Escenarios (2016-2062) .....	69
Figura 33. Humedad relativa (%) – Escenarios 2016 - 2062 .....	69
Figura 34. Análisis de serie de tiempo producción y superficie cosechada .....	72
Figura 35. Análisis de serie de tiempo producción y productividad .....	73
Figura 36. Análisis de serie de tiempo producción y productividad .....	77
Figura 37. Análisis de serie de tiempo productividad bajo los escenarios de cambio climático .....	82
Figura 38. Correlación entre temperatura máxima y productividad .....	83
Figura 39. Correlación entre la temperatura mínima y productividad .....	83
Figura 40. Correlación entre la temperatura media y productividad .....	84
Figura 41. Correlación entre la precipitación y productividad .....	85
Figura 42. Correlación entre la humedad relativa y productividad .....	86

## Lista de tablas

Tabla 1. Variación de la temperatura mínima y máxima en los Valles de Piura. ....	12
Tabla 2. Clasificación Taxonómica del Banano.....	30
Tabla 3. Composición nutricional del banano.....	31
Tabla 4. Exportaciones peruanas 2013 – 2017.....	37
Tabla 5. Población censada en miles de habitantes, 1940 - 2017 .....	42
Tabla 6. Precio en chacra del banano orgánico en Piura: 2000-2013 .....	54
Tabla 7. Ubicación Estación Meteorológica Mallares .....	55
Tabla 8. Datos de Producción, productividad y superficie cosechada de la región Piura – 1997 -2018.....	71
Tabla 9. Datos corregidos de Producción, productividad y superficie cosechada de la región Piura – 1997 -2018 .....	73
Tabla 10. Resumen de los Modelos para la estimación de productividad en el cultivo de banano (TM/Ha) .....	78
Tabla 11. Resumen de los Modelos corregidos para la estimación de productividad en el cultivo de banano(Tm/Ha).....	80
Tabla 12. Análisis estadístico de las variables de estudio.....	86



## **Introducción**

Uno de los problemas mundiales de mayor preocupación son los daños que viene causando el cambio climático y que está intensificándose cada vez más; por lo que muchos países han asumido compromisos de contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Muchos de ellos, están implementando estrategias de adaptación y/o mitigación al cambio climático, modificando las formas de aprovechamiento de los recursos naturales y desarrollando una agricultura climáticamente inteligente que nos permita orientar acciones para transformar la agricultura tradicional a sistemas agrícolas más productivos que garanticen la seguridad alimentaria en el contexto de un clima cambiante (FAO 2018).

El problema del cambio climático está causando innumerables consecuencias en la vida de todos los seres vivos que habitan en el planeta tierra, influyendo en el comportamiento de la temperatura del mar, la cual se viene incrementando constantemente, ocasionando el calentamiento de los océanos. Cada vez más se presentan sequías más intensas y prolongadas que amenazan con reducir las reservas de agua dulce, perjudicando el desarrollo de los cultivos, este daño causado a la agricultura está poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de una creciente población mundial, la agricultura es uno de los sectores económicos más vulnerable al cambio climático cuyas pérdidas causadas por desastres climáticos en los países en desarrollo entre los años 2006 y 2016 representó el 26% (FAO 2018).

En éste escenario, la agricultura es uno de los sectores económicos altamente vulnerables al cambio climático; y particularmente, en el cultivo de “banano”, la variación de los rangos óptimos de temperaturas y precipitaciones, afectan el desarrollo del cultivo; alteraciones que impactan en la productividad, afectando el desarrollo de la planta y del fruto. Así mismo, factores como la humedad relativa influyen en la productividad del cultivo, propiciando el desarrollo de enfermedades fungosas cuando superan el 80% de humedad relativa (Guarín 2011).

Las estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático, deben ser analizadas desde el punto de vista productivo, económico y social, esto permitirá conocer cómo impacta el cambio climático en la productividad del banano y las consecuencias económicas en la actividad agrícola.

Los escenarios futuros del clima a escala regional y local son necesarios para proyectar en el futuro los posibles “cambios” del clima a un mayor detalle espacial y temporal; con lo cual es posible proyectar la vulnerabilidad económica social y con ello implementar estrategias de adaptación que permitan enfrentar y minimizar los posibles impactos globales del cambio climático en la producción del banano. Las proyecciones climáticas se estiman a través de herramientas básicas como son los Modelos de Circulación General Acoplados Océano Atmósfera (AOGCMs, siglas en inglés). (SENAMH 2016).

En el presente trabajo se estudió la variabilidad climática histórica asociada con el rendimiento del cultivo de banano en el periodo 1997-2018 para utilizar un modelo estadístico que permita analizar los escenarios climáticos proyectados para el 2016 al 2062, con el fin de evaluar el comportamiento de la productividad del banano bajo los escenarios de cambio climático.

Para cumplir con los objetivos trazados se recopiló información climática mensualizada del SENAMHI de los años 1997 al 2018, de la estación meteorológica CP MALLARES ubicada en el Valle de Chira distrito Marcavelica provincia de Sullana, zona productora de banano. También se recopilaron registros mensuales históricos de productividad de banano de la Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas (DGESEP) del ministerio de agricultura y riego (MINAGRI), de los años 1997 al 2018. Además se obtuvieron bases de datos mensuales de proyecciones climáticas mensuales bajo el escenario climático para los años 2016 al año 2062, utilizando 7 modelos de cambio climático para el análisis.

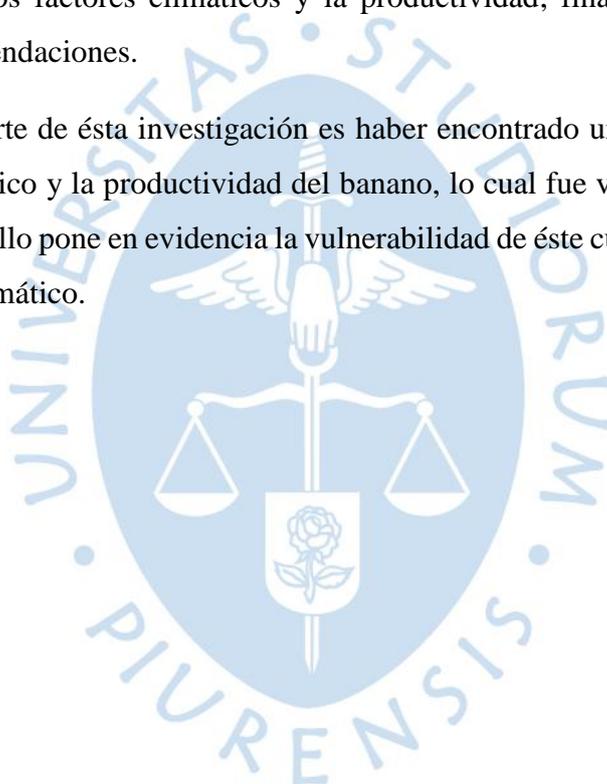
Por otro lado, se realizaron correlaciones entre las principales variables climáticas en estudio (Temperatura, Humedad Relativa y Precipitación), y la productividad del banano, con esta información a través de la estadística de regresión se trabajó los modelos de productividad del banano.

Con el presente estudio se quiere demostrar el impacto que genera el cambio climático en la productividad del banano, para implementar medidas de mitigación y adaptación ante posible ocurrencia de fenómenos meteorológicos, y con ello minimizar las pérdidas económicas e impacto social.

El documento se divide en cinco capítulos, el primer capítulo corresponde al marco teórico y nos permite entender el cambio climático, el cambio climático en cultivo de banano, estrategias para mitigación y adaptación al cambio climático, modelos climáticos y los principales parámetros climáticos en agricultura.

En el segundo y tercer capítulo se habla acerca del manejo del cultivo de banano y la zona de estudio como es el Valle del Chira, en el cuarto capítulo se describe la metodología que se empleará para desarrollar el trabajo de investigación así como el análisis climático de la zona de estudio y los escenarios de cambio climático, en el quinto capítulo se analiza los resultados y la discusión de los análisis de serie de tiempo, análisis de modelos climáticos y los resultados de la relación entre los factores climáticos y la productividad, finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.

El principal aporte de ésta investigación es haber encontrado una clara relación inversa entre el cambio climático y la productividad del banano, lo cual fue verificado para la Región Piura en su conjunto; ello pone en evidencia la vulnerabilidad de éste cultivo ante los constantes efectos del cambio climático.





## **Capítulo 1.**

### **Marco teórico**

#### **1.1. Cambio climático**

El cambio climático es uno de los problemas ambientales más graves que afecta a todo organismo vivo que habitan en el planeta. En esa línea el clima determina como son los ecosistemas, influyendo en las condiciones de vida, las posibilidades de alimentación, la actividad económica en general y la seguridad de las poblaciones especialmente rural. (Ecologistas en acción, 2006).

A partir de ello, uno de los factores determinantes que afecta el clima, es el calentamiento global causado por el aumento de CO<sub>2</sub>, Este hecho amenaza a los ecosistemas mundiales, afectando el desarrollo sostenible y el bienestar de la humanidad. Los estudios científicos han determinado que si las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> continúan por encima de 350 partes por millón (ppm), el planeta se enfrentará a desastres humanos y naturales irreversibles, para ello el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, conocido por el acrónimo en inglés (IPCC) en su 4º Informe publicado en 2007, estableció que para asegurar una estabilidad climática a largo plazo es necesario que la temperatura global no supere los 2°C respecto a los niveles preindustriales. (ECODES, 2019)

Es real el calentamiento del sistema climático, esto se debe a las emisiones provenientes principalmente del cambio de uso de suelo y al uso de combustibles fósiles. Es un desafío a largo plazo la reducción de los gases de efecto invernadero, pero se necesita acciones urgentes para detener el ritmo y la escala de acumulación de los mencionados gases en la atmósfera. Hay que tener en cuenta los riesgos del aumento de temperatura en más de 2 grados celsius, pero para los finales del siglo XXI, hablan que las proyecciones de incrementos de niveles de CO<sub>2</sub> en la atmosfera serán superiores a los 930 ppm, lo que traería como consecuencia un aumento de la temperatura global hasta valores de 4 grados celsius.

El sistema climático cada vez viene sufriendo alteraciones más recurrentes. Desde la década de 1950, los cambios observados no han tenido precedentes; estos cambios han modificado la frecuencia de las lluvias, han elevado el nivel del mar, los caudales se han incrementado, los glaciares están disminuyendo y en algunos casos desapareciendo, generando una disminución en las reservas de agua dulce. La concentración de gases invernadero y la evidente influencia humana en el calentamiento global han generado un impacto significativo en los sectores socioeconómicos y en el bienestar de la población. (IPCC, 2013).

Entre el periodo de los años 1983 – 2012, es posible que se haya presentado en el hemisferio norte el periodo más cálido de los últimos 1400 años. (IPCC, 2013).

### **1.1.1. Efectos del cambio climático en la agricultura mundial**

Los efectos del cambio climático han puesto al mundo en alerta por los diferentes perjuicios que está causando en los diferentes sectores socioeconómicos, en la agricultura estos impactos no son ajenos y es una preocupación a nivel mundial. Esto ha llevado a realizar diferentes estudios a grandes investigadores con la finalidad de reducir este impacto ya sea adaptando o mitigando los efectos del cambio climático.

Según las últimas proyecciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, para el año 2050 se tendrá que producir un 49% más de alimentos que en el año 2012, para satisfacer la demanda de una población creciente con hábitos nutricionales cambiantes. Al mismo tiempo, si las temperaturas siguen aumentando, la erradicación de hambre y la sostenibilidad de los recursos naturales estarán en peligro, afectando principalmente a la población de las zonas rurales que representan casi el 80% de las personas pobres y que dependen de la agricultura, la pesca o la silvicultura como fuente principal de ingresos y alimentos. (FAO, 2017a).

Cabe resaltar que, la agricultura y la seguridad alimentaria ya están siendo afectadas por el cambio climático, lo que nos lleva a tomar medidas urgentes de adaptación y mitigación, estas medidas deben ser integradas en los planes de desarrollo rural para evitar que millones de personas más padezcan de hambre y pobreza, especialmente en África y el sudeste Asiático. Los desastres climáticos afectan principalmente a los países más pobres y provocan el desplazamiento de una persona por segundo, según el Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados. (FAO, 2017a).

Así mismo los desastres naturales relacionados al clima como las sequías y las inundaciones, en los países desarrollados causan el 26% de los daños y pérdidas en la agricultura, sobre todo en los cultivos, el ganado, la pesca y la silvicultura. La agricultura debe desarrollar estrategias de adaptación y financiación para asegurar la alimentación de una población creciente, proteger y mantener sus ecosistemas, esto debido a que el cambio climático intensificará estos fenómenos. (FAO, 2017a).

Por su parte Adams et al., en 1998 identificaron que los rendimientos de los cultivos son sensibles a los efectos combinados del calentamiento, la precipitación y la fertilización, y que varían dependiendo del tipo del cultivo y en el lugar donde se desarrollen, todo esto puede afectar las ventajas comparativas que tienen las regiones con respecto a otras en la producción agrícola, ya que se espera que con la variación climática se produzca el desplazamiento geográfico de las áreas de producción de un cultivo específico, afectando el comercio y los ingresos entre las regiones. La adaptación que realicen los agricultores, consumidores e instituciones, será de mucha importancia para el desarrollo económico de una determinada región, esto debido a que en la mayoría de los estudios económicos relacionados al aumento de la temperatura y la duplicación de las emisiones de dióxido de carbono, muestran pérdidas económicas importantes. (Citado por Carbajal, 2016).

El cambio climático está causando efectos adversos en el sector agropecuario de Costa Rica, investigaciones realizadas al cultivo de maíz, frejol y café han determinado que las temperaturas y la precipitación que permitían obtener los mayores rendimientos han variado, posiblemente en el caso de la temperatura han superado los niveles óptimos y en el caso de la precipitación en los últimos años son inferiores, por lo que es probable que ya se estén teniendo pérdidas de producción, en un escenario futuro de aumento en la temperatura podrían generar mayores pérdidas, lo que indica que el cambio climático ya puede estar teniendo efectos adversos sobre toda la producción agropecuaria. (Ordas et al., 2010).

En Panamá, Ruane et al., (2013 citado en Carbajal, 2016) realizaron un proyecto piloto utilizando el modelo CERES-Maíz para caracterizar los impactos del cambio climático proyectado en la producción de maíz (*Zea mays*). En esta investigación determinaron que los cultivos con menos estrés de agua experimentarán mayores aspectos perjudiciales del cambio climático, concluyendo que en Panamá las condiciones de cambio climático favorecerán al incremento de la producción durante el próximo siglo ya que permitirá el desarrollo acelerado de maíz.

En la investigación realizada por Ramírez, et al., (2011 citado por Carbajal, 2016) se analizan las condiciones actuales del cultivo del banano y plátano (*Musa app*), frente a los efectos del cambio climático y variabilidad climática, este estudio se inicia con el análisis de las condiciones climáticas como temperatura y precipitación de las zonas productoras requeridas por el cultivo durante su crecimiento, se realizaron modelos climáticos con los datos actuales del cultivo, teniendo en cuenta los cambios previstos en el clima de las regiones más importantes en producción de banano y plátano. Los resultados obtenidos recomiendan que para enfrentar al cambio climático y sacar provecho de estos cambios es necesario la adaptabilidad del banano y del plátano, donde los cultivares deben ser resistentes a enfermedades, tolerantes a fluctuaciones de temperatura y mantener un abastecimiento de agua.

### **1.1.2. El cambio climático en el Perú**

El Perú desde el año 1992, forma parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), ratificando dicho tratado en el año 1993, cuyo compromiso es de contribuir al objetivo de “estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera y evitar llegar a un nivel de interferencia antropogénica peligrosa”. Nuestro país en el año 2002 ratificó este compromiso al incorporarse al Protocolo de Kioto. (Ministerio del Ambiente, MINAM – 2016).

A nivel nacional las principales fuentes de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es la conversión de Bosques y pasturas, teniendo como categorías principales el Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura. El cambio en la Biomasa Forestal y los Stocks leñosos están emitiendo de 3 923 Gg.<sup>1</sup> CO<sub>2</sub>eq (donde se incluye: incremento de biomasa y cultivos perennes), también están contribuyendo a la emisión de CO<sub>2</sub>, las tierras cultivadas que se encuentran en estado de abandono, quienes captura 12 301 Gg. CO<sub>2</sub>eq, esto debido al incremento de biomasa de bosques secundarios. (Ministerio del Ambiente, MINAM–2016).

El sector Energía representa la segunda categoría con mayores emisiones de GEI, siendo la combustión de los combustibles en el sector transporte quien genera mayores emisiones, con un total de 17 847 Gg CO<sub>2</sub>eq. La Agricultura representa la tercera categoría con emisiones más

---

<sup>1</sup> Un gigagramo (Gg) = 1 x 10<sup>9</sup> gramos = 1 x 10<sup>6</sup> kilogramos, o bien, a mil toneladas

altas reportadas con un total de 26 044 Gg CO<sub>2</sub>eq, que representan el 15 % del INGEI <sup>2</sup> 2012. (Ministerio del Ambiente, MINAM – 2016).

En la Figura 1 observamos los principales hitos de la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático en las que participa el Perú. Contamos con diversos instrumentos de política pública que contribuyen a la planificación y gestión ambiental, siendo los de mayor relevancia para la gestión del cambio climático en el Perú: El Acuerdo Nacional, el Plan Estratégico de Desarrollo Nacional al 2021, el Marco Macroeconómico Multianual, la Política Nacional del Ambiente, el Plan Nacional de Acción Ambiental 2010-2021, la Comisión Nacional sobre Cambio Climático, la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático y las Estrategias Regionales del Cambio Climático. (Ministerio del Ambiente, MINAM – 2016).

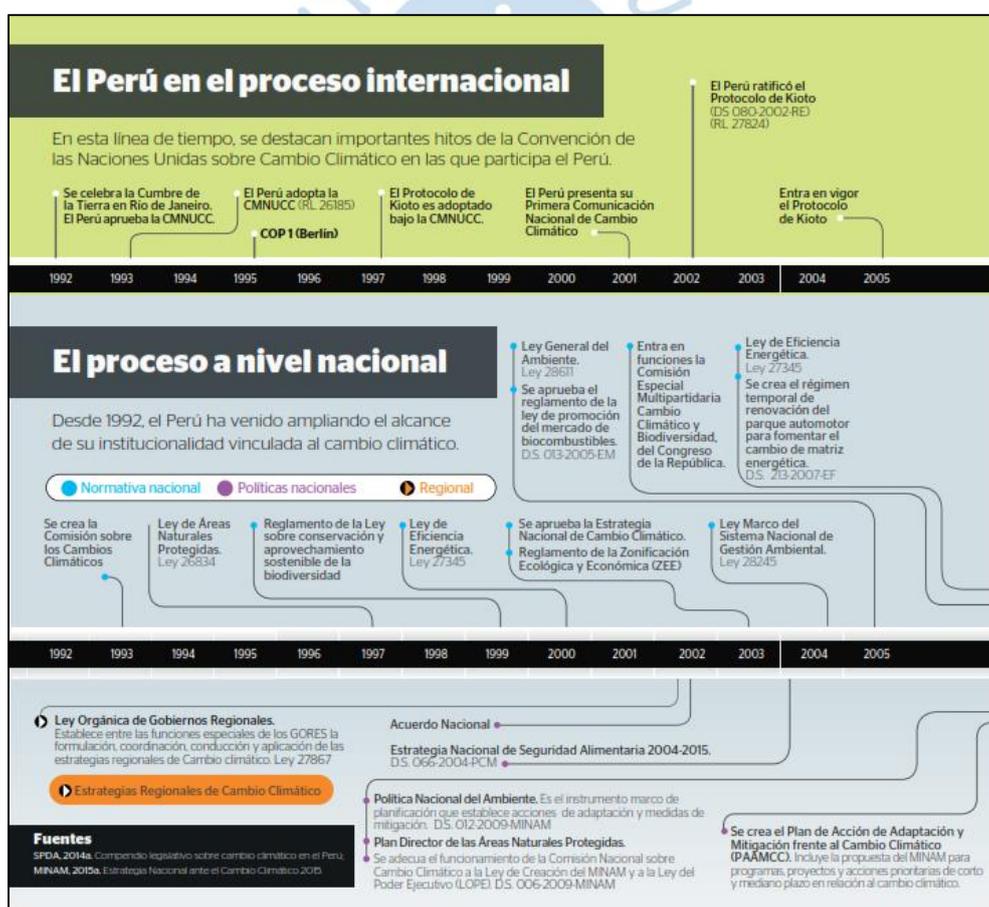


Figura 1. Línea de tiempo de los importantes hitos de la CNUCC en las que participa el Perú.

Fuente: MINAM. El Perú y el Cambio Climático -Tercera Comunicación Nacional del Perú- 2016, p.58

<sup>2</sup> <http://infocarbono.minam.gob.pe/inventarios-nacionales-gei/inventario-nacional-de-gases-efectos-vernaderos-2010-2/ingei-2012/>

El estudio de Vargas (2009) denominado: *“El Cambio climático y sus efectos en el Perú”*, manifiesta que el retroceso glaciar, el aumento de la frecuencia e intensidad del fenómeno del Niño y la elevación del nivel del mar son efectos climáticos causados por el aumento de la temperatura global, siendo el retroceso glaciar el principal efecto de la acumulación gradual de GEI en nuestro país.

Según el CONAM (s/f. citado en Vargas, 2009) se ha perdido el 22% de la superficie glaciar en nuestro país (equivalente a 7 000 millones de metros cúbicos o 10 años de consumo de agua en Lima) en los últimos 22 a 35 años. Se proyecta que para el 2025 los glaciares del Perú por debajo de los 5 500 metros sobre el nivel del mar habrán desaparecido. Este hecho tendría consecuencias negativas sobre la disponibilidad del agua.

SENAMHI 2016. En general, la región Piura presenta proyecciones de calentamiento; es decir, la temperatura máxima se incrementaría. A nivel anual, los escenarios futuros proyectan que en la zona central de Piura, el aumento iría de 1°C a 1.25°C, las zonas altas tendrían una variación de 1.25°C hasta 2°C, aumentando en dirección este, y el sur variaciones de 1.25°C a 2°C en Sechura.

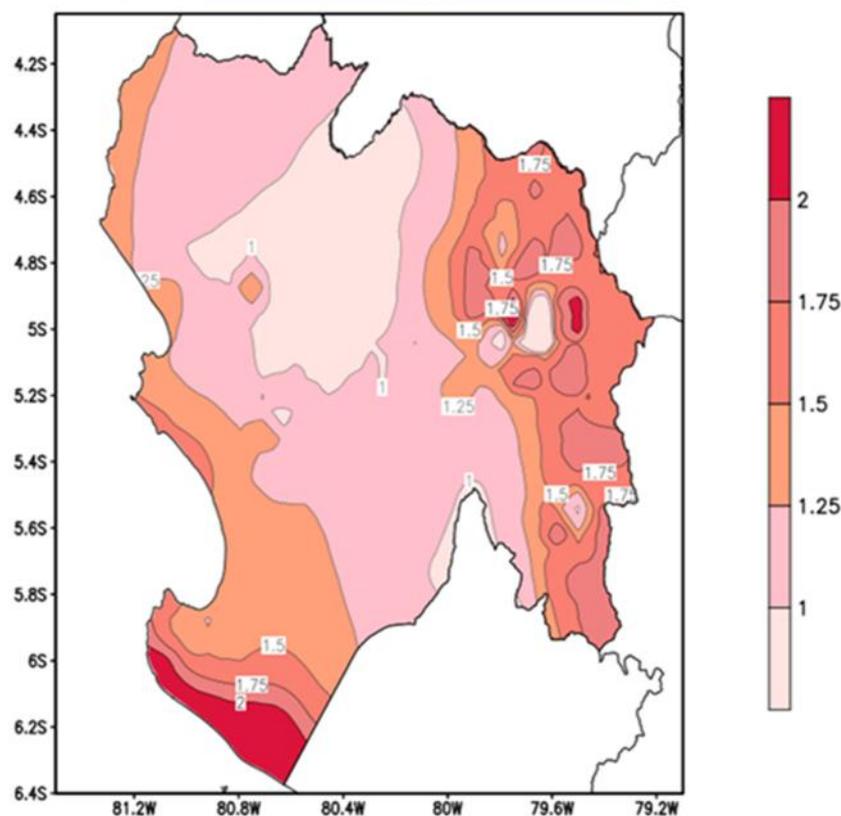


Figura 2. Distribución espacial del cambio en la temperatura máxima anual para la región de Piura (2016-2045)-(1981-2005).

Fuente: SENAMHI 2016

### 1.1.3. Cambio climático y fenómeno de El Niño

El fenómeno de El Niño - Oscilación Sur (ENOS) es un evento climático que implica cambios en la temperatura del mar sobre todo en la parte central y oriental del Pacífico tropical. La temperatura del agua superficial del Océano Pacífico tropical con respecto a la normal, se calientan o enfrían entre 1 ° C y 3 ° C, este calentamiento o enfriamiento, es conocido como el ciclo ENOS (o ENSO por sus siglas en Inglés), y puede afectar la distribución de las precipitaciones en las zonas tropicales y alterar el clima en las otras partes del mundo. Según el estudio existe una fase neutral entre las fases de El Niño y La Niña, quienes son consideradas como las fases extremas del ciclo ENOS. (Kurtz, et al., 2016).

El fenómeno "El Niño", es conocido con el nombre científico de "El Niño - Oscilación del Sur" ENSO; este fenómeno se origina por el aumento generalizado de la temperatura en la superficie del mar sobre todo en la parte del sector Oriental y Central del Pacífico Ecuatorial, es un evento a gran escala, que se extiende más allá del Pacífico Sur. (Torres, 2010).

La Corporación Andina de Fomento – CAF (2000), en su estudio: “El fenómeno el niño 1997-1998 memorias, retos y soluciones”, manifiesta que el Perú por su ubicación geográfica con respecto al Océano Pacífico, es quien recibe frecuentemente mayores impactos sobre las variables, oceanográficas y atmosféricas del Fenómeno El Niño, afectando directamente a las comunidades y a las actividades productivas.

El Fenómeno El Niño, ha generado sus mayores impactos sobre la agricultura. La intensidad con la que fueron afectados los distintos territorios agropecuarios a nivel nacional, estuvo determinada por las características climáticas y el desarrollo agrícola alcanzado en cada una de las regiones naturales. (CAF, 2000).

Las anomalías climáticas causadas por El Fenómeno de El Niño en los años 70 en el Perú, impulsaron las investigaciones oceanográficas, atmosféricas y biológicas, también desarrollo la evaluación de impactos relacionados al clima, las cuales interrelacionan la variabilidad climática y las actividades humanas. (Glantz (s/f.)).

El Perú es vulnerable a las variaciones climáticas drásticas, evidencia de ello, El Niño 1982/83, se registró pérdidas por US\$ 3283 millones; y El Niño 1997/98 causó daños estimados en US\$ 3500 millones. Estas pérdidas equivalentes al 11,6% y 6,2% del PBI anual de 1983 y 1998, respectivamente. (SENAMHI, 2014 citado por MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2015).

Cabe indicar que el cambio climático podría afectar la frecuencia e intensidad del Fenómeno del Niño (CONAM 1999 citado por Vargas, 2009), esto debido a que durante El Niño la temperatura superficial promedio del mar aumenta por encima de 2°C, mientras que en eventos severos el aumento de la temperatura puede ser superior a 8°C. Se estima, que se duplicarían las concentraciones de CO<sub>2</sub> al 2070, el incremento de la temperatura del mar llegaría a los 3.49°C en el Pacífico Oriental, lo que provocaría un escenario climático similar al de un evento del Niño de intensidad media.

#### 1.1.4. Efectos del cambio climático en la región Piura

La región Piura, es considerada una de las regiones más vulnerables al cambio climático, esto debido a que Piura se ubica muy cerca al Ecuador, donde las temperaturas pueden variar a límites superiores a los requeridos por las plantas y animales, otra de las razones es porque Piura se encuentra en el litoral costero, siendo afectada por las intensas lluvias originadas por el fenómeno de El Niño, y en el caso de las temperaturas mínimas, éstas dan origen a los eventos de la “Niña”. (Torres, 2010).

Se resalta en la tabla 1, que para el año 2030 los pronósticos de variación de las temperaturas mínimas y máximas son: de 0.8 a 1.6 °C en la temperatura mínima y de 0.4 a 1.2 °C en la temperatura máxima. (Torres, 2010).

Tabla 1. Variación de la temperatura mínima y máxima en los Valles de Piura.

Valles	Variación Temperatura Mínima		Variación Temperatura Máxima	
	°C/39 años	°C/10 años	°C/39 años	°C/10 años
Piura	0.975	0.25	0.053	0.014
Chira	1.465	0.375	-0.131	-0.033
San Lorenzo	0.384	0.098	0.479	0.123
Proyección al 2030	0.8 a 1.6 °C		0.4 - 1.2 °C	

Fuente: SENAMHI – Piura- Exposición AGRORED-NORTE citado en Torres, 2010.

La información referida a la variación de temperaturas mínima y máxima en los Valles de Piura, que presenta AGRORED-NORTE y que son citados por Torres, 2010; podrían adolecer de cierta exactitud en cuanto a las proyecciones que esta entidad realiza para el año 2030; toda vez que la temperatura máxima proyectada no podría ser menor que la mínima proyectada como se observa en la Tabla 1.

Por su parte Torres (2010 citado por Orihuela, 2014) en su estudio determinó que existe un costo por Cambio Climático para algunos cultivos de la agricultura de Piura, donde el 50% de la producción de mango, plátano, café y limón es influenciada por las variables climáticas

(temperatura y precipitación). Conforme a sus resultados, para el año 2030, el mango y plátano podrían reducir su rendimiento en 8% y 39%, respectivamente, caso contrario sucedería para los cultivos de café y limón quienes aumentarían sus rendimientos en 41% y 53%, respectivamente. Finalmente en el balance, se prevén pérdidas que bordean los 9 millones de dólares para su periodo de estudio.

Mientras tanto (SENAMHI, 2016b) en relación al diagnóstico del clima actual concluyó lo siguiente:

- ) La tendencia de las precipitaciones en las últimas décadas, indican un aumento de las lluvias, presentando una tendencia positiva anual en toda la región, a excepción de la estación Chusis, que presenta una tendencia negativa no significativa de -1 mm por década. Solo La Esperanza, Morropón, Ayabaca, Sausal de Culucan, Pananga, Santo Domingo y Hacienda Bigote, tienen tendencias positivas significativas.
- ) A nivel estacional, los mayores cambios se dan en las estaciones de verano (diciembre, enero, febrero) y otoño (marzo, abril, mayo); mientras que, en invierno (junio, julio, agosto) y primavera (septiembre, octubre, noviembre) no se presentan grandes cambios.
- ) La tendencia de las temperaturas máximas y mínimas revelan un ligero incremento de éstas, a excepción de Chalaco y Lancones, que presentan una disminución significativa a razón de  $-0.1^{\circ}\text{C}$  por década, para la temperatura máxima y  $-0.2^{\circ}\text{C}$  por década para la temperatura mínima (Chalaco).
- ) A nivel estacional, los cambios de la temperatura máxima, son más significativos en los trimestres (junio, julio, agosto) y (septiembre, octubre, noviembre).
- ) A nivel estacional, los cambios de la temperatura mínima, son más significativos en invierno (junio, julio, agosto).

En relación al año 2030 (SENAMHI, 2016b), del análisis estacional, las conclusiones fueron las siguientes:

- ) Los cambios en la precipitación en el largo plazo, en general, se tiene aumentos de hasta 210% por encima de la normal climatológica, en la zona centro y sur en verano (diciembre, enero, febrero), otoño (marzo, abril, mayo) y primavera (septiembre, octubre, noviembre); mientras que se esperan ligeros cambios en las zonas altas de Piura, entre -10% a 10%. En invierno (junio, julio, agosto) se tienen incrementos en algunos puntos de las zonas altas de Piura y disminución de la precipitación hasta en -10%; mientras que, en primavera (septiembre, octubre, noviembre) en las zonas altas se tendrían déficit de precipitaciones.

- J) Para la temperatura máxima las proyecciones indican un aumento de 1°C a 1.25°C en todo el centro de Piura; mientras que, para las zonas altas predice aumentos que van de 1.5 a 2°C; la zona sur es la que mayores rangos proyectados presenta, que van de 1.5°C a más de 2°C en todas las estaciones del año.
- J) Las proyecciones de la temperatura mínima muestran que ésta variable presenta mayores aumentos, lo que la hace más sensible al cambio climático.
- J) Todas las proyecciones estacionales de la temperatura mínima, indican un mayor aumento en la zona sur, de hasta más de 2°C, en las zonas altas el aumento varía entre 1.5°C a más de 2°C (Pacaypampa). Los aumentos en la zona centro y sur varía entre 1°C a 1.75°C.

### 1.1.5. Cambio climático en el cultivo de banano

Todos los seres vivos como las personas, las plantas, los animales estarán expuestos a nuevas plagas y enfermedades que aparecerán producto del cambio climático, esto debido a que las condiciones de temperatura, precipitación y humedad relativa están variando con el transcurrir del tiempo. Ante estos efectos de cambio climático se puede asumir que se presentarán nuevos riesgos para la seguridad alimentaria, la inocuidad de los alimentos y la salud humana.

Yael et al. (2016) en su artículo *Efectos del cambio climático en la producción agrícola del Banano en el Cantón Valencia Ecuador*, obtuvo como resultado a través de las encuestas realizadas a los productores que el 56% de los estos efectos tienen que ver con la reducción de la temporada lluviosa, el 33% indica que es por la intensidad de las lluvias y de los vientos, el 11% expresan que otros efectos del cambio climático son las plagas y enfermedades como la Sigatoka, mancha negra y otras plagas, lo cual conllevó a las siguientes conclusiones:

- J) Los efectos ocasionados por el cambio climático son poco conocidos por los productores, esto debido a la falta de política de estado que reconozca el valor productivo, económico, social y ambiental que le permita implementar técnicas de mitigación en protección de las plantaciones.
- J) El cambio climático está afectando al cultivo de banano, sobre todo en años Niño, donde se producen inundaciones, sequías y frío intenso, los gases de efecto invernadero también influyen sobre los procesos fisiológicos de la planta que determinan la duración del ciclo el peso del racimo.

Los cambios de temperatura afectan los cultivos de bananos y plátanos en dos sentidos, directamente en su rendimiento y de manera indirecta porque favorece la proliferación de patógenos, lo que lleva a mayor incidencia –y severidad- de enfermedades en el campo (Centroamérica, África y Asia). El rendimiento del banano es óptimo en el rango de 20-30°C y con uso abundante de agua en suelo. (Higuera, 2015).

En este rango de temperatura los racimos son grandes y el periodo vegetativo es largo; este se acorta mientras más cerca está de 30°C. Por arriba de 35°C y por debajo de 15°C la emergencia de las flores y el llenado del racimo se afectan. Cuando el cultivo permanece en estrés por calor durante varios días (24 días), las plantas se recuperan pero el racimo en desarrollo no se llena de manera adecuada. El estrés por frío es más dañino para el banano; la exposición aunque sea por poco tiempo provoca efectos drásticos sobre el cultivo. En condiciones subóptimas de temperatura, como en los subtrópicos, el ciclo de cultivo es más largo porque la tasa de crecimiento es más lenta y hay mayor respiración, tal es el caso en Paraguay, algunas regiones de Brasil, China e India (Van den Bergh et al., 2012 citado en Higuera, 2015).

Para Thornton y Cramer (2012 citado en Higuera, 2015) el banano es altamente sensible al agua disponible en el suelo, las raíces detectan ligeros déficits hídricos, lo que hace que las hojas cierren sus estomas para reducir la pérdida de agua. En esa medida el banano puede sobrevivir durante largos períodos de sequías, puede reanudar su crecimiento vegetativo cuando la humedad del suelo alcanza su óptimo. La precipitación óptima para el crecimiento del banano es de 1300 a 2600 mm por año o 100 a 200 mm por mes. Los períodos de humedad subóptima del suelo disminuyen la tasa de emergencia de las hojas, también puede afectar el tamaño de racimo si esto ocurre durante o después de la floración.

Por su parte Guarín (2011), en su estudio, implementó el modelo SIMBA-POP para simular el comportamiento poblacional de plantaciones de banano en Urabá. Esta investigación tuvo como conclusión que al usar series de temperaturas medias típicas de períodos El Niño y La Niña, los picos de cosecha y embolse se adelantan durante El Niño y se atrasan durante la Niña, esto debido a la mayor acumulación de grados/día durante el periodo de la fase cálida y lo contrario durante el periodo de la fase fría del ENSO. También la serie de cosecha simulada nos muestra que bajo las fases extremas del fenómeno de El Niño, es posible que las plantas que florecen (enfundadas) en diferentes semanas puedan alcanzar su madurez fisiológica aproximadamente en el mismo tiempo, acortando el período de cosecha. Por lo antes descrito el autor recomienda que se debería utilizar como herramienta de gestión modelos de simulación

similares para la programación de actividades de manejo, lo cual seguramente reduciría la incertidumbre de programación ante El Niño y La Niña y el cambio climático.

### **1.1.6. Estrategias para mitigación y adaptación al cambio climático**

Las estrategias complementarias para reducir y manejar los efectos del cambio climático son la adaptación y la mitigación. El lograr reducir y manejar de manera adecuada en los próximos decenios las emisiones de gases de efecto invernadero, se reduciría el riesgos climático proyectados para el siglo XXI y posteriormente, se ampliaría las perspectivas de adaptación efectiva, se reducirían los costos y los retos de mitigación a largo plazo, y se contribuiría a que las trayectorias de desarrollo sostenible sean resilientes al clima. (IPCC, 2014).

#### **1.1.6.1. Estrategias de adaptación en agricultura**

Las medidas de adaptación pueden ayudar a reducir los riesgos de impactos del cambio climático, resultando limitada su eficacia, sobre todo para las mayores magnitudes y ritmos del cambio climático. Podemos decir que la probabilidad de adoptar más medidas de adaptación se traduzca en mejores opciones y preparación para el futuro, desde una perspectiva a largo plazo, y en el contexto del desarrollo sostenible. (IPCC, 2014).

Las medidas de adaptación pueden contribuir a mejorar el bienestar de las poblaciones, la seguridad alimentaria, las funciones y los servicios ecosistémicos actuales y futuros. La adaptación es propia al lugar y el contexto (nivel de confianza alto). Una primera medida de adaptación al cambio climático futuro es reducir la vulnerabilidad y exposición a la variabilidad climática actual (nivel de confianza alto). La anexión de la adaptación, en la planificación (diseño de políticas, y la toma de decisiones) puede fomentar sinergias con el crecimiento y la reducción de los riesgos de desastre. (IPCC, 2014).

Altieri y Nicholls (2009) en su investigación, llegaron a concluir que el desempeño de los cultivos agrícolas después de acontecimientos climáticos extremos, realizados durante las dos últimas décadas, han demostrado que la resiliencia a los efectos del cambio climáticos está estrechamente relacionada con los niveles de biodiversidad de los campos de cultivo, proponiendo algunas de estas estrategias de adaptación:

- ) Uso de variedades/especies locales, adaptadas al clima y a los requerimientos de resistencia incrementada al calor y la sequía.

- ) Aumento del contenido de materia orgánica de los suelos, para mejorar la capacidad de retención de la humedad a través de la aplicación de estiércol, compost, abonos verdes, cultivos de cobertura, etc.
- ) Mejorar las capacidades del uso de tecnologías de “cosecha” de agua, conservación de la humedad del suelo (mulching) y un uso más eficiente del agua de riego.
- ) Un adecuado manejo del agua para evitar la erosión, lixiviación de nutrientes e inundaciones.
- ) Uso de métodos de diversificación como cultivos intercalados, agroforestería, etc., e integración animal.
- ) Prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades, que promueven mecanismos de regulación biológica, desarrollo y uso de variedades y especies resistentes a plagas y enfermedades.
- ) Pronóstico del clima a través de indicadores naturales para reducir riesgos en la producción.

#### **1.1.6.2. Estrategias de mitigación en agricultura**

FAO, OPS, WFP y UNICEF (2018) en su publicación Seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe, manifiesta que los impactos que una amenaza pueda tener en la agricultura y la seguridad alimentaria y nutricional pueden ser reducidas a través de medidas de mitigación del riesgo. Cuando los riesgos no se pueden eliminar por completo es necesario el uso de medidas preventivas, las cuales cumplen un rol fundamental ante estas amenazas, los riesgos asociados al clima se pueden mitigar a través de las siguientes medidas:

- ) Adaptar enfoques productivos como la llamada “agricultura climáticamente inteligente”, cuyos principios básicos se fundamentan en incrementar de manera sostenible la productividad y los ingresos agrícolas; adaptar y desarrollar resiliencia al cambio climático y reducir y/o eliminar las emisiones de gases efecto invernadero allí donde sea posible ( FAO, 2013 citado en FAO, OPS, WFP y UNICEF, 2018).
- ) Adoptar sistemas agroforestales y silvopastoriles que permitan diversificar y reducir el riesgo a la producción ante las posibles amenazas causadas por el cambio climático a ciertas especies o ciertos rubros, además de preservar el suelo. (FAO, OSP, WFP y UNICEF, 2018).
- ) Emplear técnicas de construcción y métodos de ingeniería más resilientes ante las amenazas del cambio climático. (FAO, OSP, WFP y UNICEF, 2018).

Las medidas de adaptación frente a los impactos del cambio climático son necesarios a corto y largo plazo, incluso en los escenarios más prudentes. Es probable que la capacidad de adaptación de los sistemas naturales sean superadas a largo plazo por el cambio climático si no existen medidas de mitigación. Los límites de daño causado por el cambio climático variarán según los sectores y las regiones. (IPCC 2007 citado en Guerra, 2018). Las medidas de mitigación adoptadas de manera temprana reducirían los efectos del cambio climático y su dependencia a infraestructuras de utilización intensiva de carbono y las consiguientes necesidades de adaptación. (IPCC 2014).

Para el Ministerio del Ambiente (MINAN, 2010), las medidas de mitigación frente al cambio climático, están referidas a toda intervención humana y a la aplicación de políticas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a mejorar las fuentes de captura de carbono.

### **1.1.7. Modelos climáticos**

Ante la problemática presentada a nivel mundial por los daños que viene causando el cambio climático, la Comunidad Internacional ha realizado importantes acciones y se han promulgado diversos instrumentos jurídicos de gran relevancia, que permitan preservar el ambiente a través de la reducción de las emisiones y los niveles de CO<sub>2</sub>, destacando la Cumbre de la Tierra, la Agenda 21, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (Riverí y Ginarte, 2018).

Cabe decir que un modelo climático es una representación matemática no lineal de los procesos que tiene lugar en el sistema climático (atmósfera, criósfera, hidrósfera, litósfera y biósfera), cuyas interacciones determinan el clima. (Peixoto y Oort, 1922). Hoy en día los modelos climáticos globales en su mayoría incorporan alguna representación de las cinco componentes del sistema climático y la interacción entre los mismos. Los Modelos de Circulación General Acoplados Océano - Atmósfera (AOGCMs, por sus siglas en inglés) trabajan ecuaciones matemáticas en un complejo sistema no-lineal, con ecuaciones diferenciales. Las simulaciones de clima actual con AOGCMs, son fiables a escala global y se desarrollan considerando la evolución de valores observados de concentraciones atmosféricas de GEIs, cuando se trata de escalas regionales (10-100 km) las proyecciones de climáticas con AOGCMs muestran notables discrepancias con los datos observados de temperaturas y sobre todo de precipitación. (Gaertner, Gutiérrez y Castro, 2012).

Por tanto para estudios locales y regionales de cambio climático es necesario realizar la regionalización a fin de obtener más detalle de los posibles cambios futuros del clima sobre un dominio espacial de interés. (SENAMHI, 2016a).

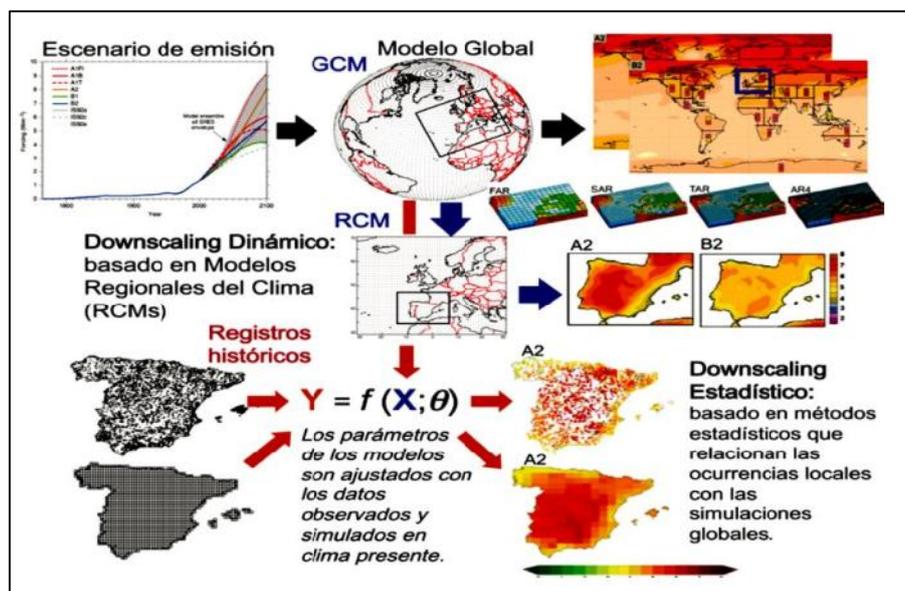


Figura 3. Esquemas de las metodologías de regionalización aplicadas a los escenarios globales de cambio climático

Fuente: Gaertner, Gutiérrez, y Castro (2012) Escenarios regionales de cambio climático

Los nuevos escenarios de emisión conocidos como rutas o vías de concentración representativas (RCP, por sus siglas en inglés), que se caracterizan por el cálculo aproximado que hace del forzamiento radiactivo total para el año 2100 en relación con 1850, el cual va de 2,6 W/m<sup>2(3)</sup> a 8,5 W/m<sup>2</sup>. RCP8.5, fue desarrollado por el IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) de Austria. Representa la combinación de suposiciones de un alto crecimiento poblacional, un bajo crecimiento de PBI y modestas tasas de cambios tecnológicos y de eficiencia de energía, llevando a grandes demandas energéticas y el incremento de gases de efecto invernadero. También observa que las proyecciones de la concentración del CO<sub>2</sub> con el escenario de emisión RCP2.6 tienden a regularse en el tiempo, por el contrario utilizando el escenario RCP8.5 para las próximas décadas tienden a ser muy elevada en concentración. (SENAMHI, 2016a).

Si consideramos el escenario más pesimista (RCP8.5) los cambios que se tendrán en todas las regiones del globo, incluirán cambios en la tierra y océano, en el ciclo hidrológico, el nivel

<sup>3</sup> W/m<sup>2</sup> = vatios por metro cuadrado ([http://meteo.navarra.es/definiciones/radiacion\\_solar.cfm](http://meteo.navarra.es/definiciones/radiacion_solar.cfm))

del mar, la criósfera, algunos episodios extremos y la acidez de los océanos, los cuales persistirán durante muchos siglos y es probable que ya no sea reversible. (SENAMHI, 2016a).

SENAMHI (2016a) plantea en su publicación dos modelos para pronósticos atmosféricos como:

“El modelo Weather Research and Forecasting (WRF) que es un sistema numérico de mesoescala de nueva generación de pronóstico de las condiciones atmosféricas diseñado tanto para cubrir necesidades de pronósticos operativos y de investigación atmosférica. Este modelo cuenta con múltiples núcleos dinámicos, un sistema de asimilación de datos 3-dimensional variacional (3DVAR), y una arquitectura de software que permite paralelismo computacional y extensibilidad del sistema. El WRF está ajustado para calcular un amplio espectro de aplicaciones a través de escalas que van desde el orden de metros a cientos de kilómetros, y el “Modelo AMICAF” que es un proyecto implementado por la FAO, que consiste en Evaluar de los impactos del cambio climático y realizar un mapeo de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en marco del cambio climático, para fortalecer la seguridad alimentaria a nivel familiar con enfoque de adaptación de los medios de vida - AMICAF (por sus siglas en inglés). Debido a que los modelos de circulación general (MCG) son la principal herramienta para la medida del clima de las próximas décadas y la resolución de estos modelos es limitada, se debe recurrir a la regionalización para poder estudiar mejor los impactos del cambio climático a escala regional.

## **1.2. Principales parámetros climáticos en la agricultura**

### **1.2.1. Temperatura**

La Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT 2004), describe a la temperatura como una magnitud referida a la noción de calor y se utiliza para describir el estado de la atmósfera. Es de conocimiento que la temperatura del aire varía entre el día y la noche, entre una estación y otra, y también entre una ubicación geográfica y otra, pudiendo llegar en invierno a estar bajo los 0°C y en verano superar los 40° C, es muy habitual hablar de temperaturas máximas, medias y mínimas registradas en un periodo de tiempo las cuales pueden ser medidas a Escala Celsius (°C), Escala Fahrenheit (°F) y Escala Kelvin (K).

Para el periodo 2016 – 2035, en relación con el periodo 1986 – 2005, se estima que existe la probabilidad que el cambio en la temperatura media global en superficie esté en el rango de 0,3° C a 0,7° C (nivel de confianza medio). Evaluación que se basa en varias líneas de evidencia

y en el supuesto de que no existan alteraciones persistentes en la irradiación solar total ni la presencia de erupciones volcánicas importantes. Con respecto a la variabilidad interna natural, se prevé que los aumentos de las temperaturas medias estacionales y anual a corto plazo sean mayores en los trópicos y subtrópicos que en las latitudes medias (nivel de confianza alto) (IPCC, 2013).

Cabe resaltar que la temperatura es un factor importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas al igual que los niveles de luz, dióxido de carbono, humedad del aire, agua y nutrientes (Hatfield et al. 2011 citado por Ferrero, 2018). La mayoría de los procesos biológicos de las plantas se aceleran al aumentar las temperaturas, lo cual puede ser positivo o negativo para la productividad de las cosechas dependiendo del resto de factores que determinan el rendimiento del cultivo. (Stone 2001 citado por Ferrero, 2018).

El aumento de la temperatura ocasiona impactos negativos en el rendimiento de los cultivos a escala global, sin considerar la fertilización con CO<sub>2</sub>, adaptación efectiva y mejora genética, el aumento de 1° C en la temperatura media global reduciría en 6,0% los rendimientos globales de trigo, 3,2% en el caso del arroz, en el maíz 7,4% y en la soja 3,1% (Chuang zhao et al. 2017).

Es necesario acotar que la región Piura por su ubicación geográfica debería tener un clima tropical. Debido a la presencia de la Cordillera de los Andes y las corrientes marinas de Humboldt y El Niño la región Piura presenta un clima sub-árido tropical, cálido y húmedo, con bajos mantos de nubosidad y fina precipitación pluvial o garúa en invierno. La temperatura mínima y máxima fluctúa entre 15 y 40°C, siendo la temperatura media 26°C, las precipitaciones pluviales también muestran variaciones en la costa generalmente están en el rango de 100 y 500 msnm. (Loyola y Orihuela, 2010).

### **1.2.2. Precipitación**

La precipitación es la caída de agua de las nubes, que se forman por la evaporación del agua y su condensación, la precipitación forma parte del ciclo hidrológico de agua y es de vital importancia para el desarrollo de todos los seres vivos.

En esa línea según informes del IPCC las precipitaciones en el siglo XX aumentaron en las latitudes medias del hemisferio Norte y disminuyeron en las regiones subtropicales y tropicales, esto se debe a los efectos del cambio climático inducido por el hombre, en las regiones que son sensibles al cambio de las precipitaciones, es posible que pueden ya haber tenido efectos significativos en los ecosistemas, la agricultura y la salud humana. (El País, 2007)

En el marco del escenario RCP 8,5, es probable que para finales de este siglo se produzca un aumento de las precipitaciones en las latitudes altas y en el océano Pacífico ecuatorial, en regiones secas de latitud media es probable que la precipitación media disminuya y en regiones húmedas de latitud media que la precipitación media aumente. (IPCC, 2013).

En el siglo XXI el fenómeno de El Niño Oscilante del Sur (ENOS) seguirá siendo uno de los factores más importantes de variabilidad interanual en el pacífico tropical, con efectos que se sentirán a nivel mundial. A escala regional es probable que se intensifique la variabilidad en la precipitación conexas al fenómeno ENSO, esto debido al aumento de la humedad existente. Las variaciones naturales de la amplitud y el patrón espacial de ese fenómeno son grandes y, por lo tanto, persiste un nivel de confianza bajo en cualquier cambio proyectado concreto para el siglo XXI, en relación con el fenómeno ENOS y con los fenómenos regionales conexos. (IPCC, 2013).

En las últimas décadas la intensidad de la precipitación ha aumentado en varias regiones (Milly et al. 2002, Alexander et al. 2006, Min et al. 2011 citados en Ferrero, 2018). La distribución de las lluvias durante el período de crecimiento es crucial particularmente en los trópicos semiáridos (Porter et al. 2014 citado en Ferrero, 2018), pero también en EEUU donde las inundaciones han perjudicado el rendimiento del maíz (Rosenzweig et al. 2002 citado en Ferrero, 2018). Sin embargo, hasta ahora los impactos estimados de la precipitación sobre los cultivos han sido relativamente pequeños a escala global, al menos en comparación con la variabilidad de la temperatura (Lobell & Burke 2008, Lobell et al. 2011 citados en Ferrero, 2018).

### **1.2.3. Humedad relativa**

La humedad relativa es el valor que indica la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener una masa de aire antes de transformarse en agua líquida (conocida como saturación), se expresa en tanto por ciento (%). La humedad relativa al 100% nos indica que la masa de aire ya no puede almacenar más vapor de agua en su seno, y a partir de ese momento, cualquier cantidad extra de vapor se convertirá en agua líquida o en cristalitas de hielo, según las condiciones ambientales. (FECYT, 2004).

La necesidad de consumo de agua de riego por las plantas es influenciada directamente por la humedad relativa, es decir a mayor humedad del aire las necesidades de riego son menores y a medida que el aire está más seco las necesidades de riego son mayores, cuando hay una baja evapotranspiración asociadas a humedad relativa alta, la absorción de agua por las

raíces disminuye y se reduce de manera importante la absorción de nutrientes, la humedad relativa también influye en el comportamiento de las plagas y enfermedades (Hernández, s/f).





## **Capítulo 2.**

### **Manejo del cultivo de banano**

#### **2.1. El cultivo de banano**

##### **2.1.1. Origen del banano**

Según Arias, et al. (2004) el banano es considerado como uno de los principales cultivos alimenticios en el mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. Se cultivan en las zonas tropicales y subtropicales por más de 100 países y es la fruta de mayor exportación en cuanto volumen y valor. El banano es un cultivo que ayuda a generar desarrollo en la población rural y contribuye a la seguridad alimentaria de millones de personas del mundo en desarrollo por su comercialización en mercados locales, es rico en potasio, calcio, magnesio, fósforo, hierro y en vitaminas A, B, C y E.

Pocasangre, Sikora, Vilivh & Schuster (2000 citados en Capa, Alaña, y Robinson, 2016) consideran que el banano está relacionado al hombre desde sus primeras siembras frutales, teniendo a Valmici (1858) como referencia más antiguas donde aparecen temas concerniente al banano, teniendo como ejemplo el magnífico templo budista Borobudur, construido en Java central, Indonesia, muestra tallados en piedra de bananos ofrecidos al dios Buda. Existen muchas teorías que la planta de banano llega al Mediterráneo después de la conquista de los árabes y de ahí pasa al Nuevo Mundo. Se cree que pudo haber llegado también de las Islas Canarias o directamente a América.

Así mismo el banano se encuentra distribuido desde África hasta América Latina, siendo Asia Meridional su lugar de origen y conocido en el Mediterráneo desde los años 650 DC. En el año 327 AC, en época de guerra los europeos lo introdujeron a la India, en el año 100 DC los árabes lo llevaron a África, en el siglo XV los portugueses introdujeron al banano a las Islas

Canarias y fue allí donde Tomas Berlangas en el año 1516 lo introdujo en Santo Domingo iniciándose la dispersión al Caribe y América Latina. (Ecured, s/f.).

El banano tuvo su origen en el Sudeste de Asia, particularmente en las junglas de Malasia, Filipinas e Indonesia, zonas que en la actualidad siguen produciendo banano. Se piensa que los árabes en la Edad Media introdujeron la fruta a África y que el nombre proviene de un vocablo árabe que significaba “dedo”. También señala que algunos misioneros portugueses fueron los encargados de llevar y desarrollar el cultivo en Isla Canarias. (Marzioni, 2016 citado en Valencia, 2018).

Se cree que la siembra de banano en Santo Domingo empezó en el año 1516, fue ahí donde empezó la distribución al centro del Caribe y América Latina. El banano se consolida como uno de los más importantes productos de exportación a finales del siglo XIX, momento en el que empezó la modernización en los sistemas de transporte, lo que permitió a los productores encontrar clientes en Estados Unidos y Europa. (Marzioni, 2016 citado en Valencia, 2018).

Ojeda (2012 citado en Lachira, 2018), manifiesta que en el Perú se cultiva banano del sub grupo Cavendish, predominando los cultivares Valery, Cavendish enano y Williams Cavendish valery, siendo uno de los cultivos más exportados en la región Piura, este cultivar es originario de América Latina, su altura a la parición es de 4-5 m., racimo de forma cónica con 8 a 13 manos, y longitud de dedo de 20 - 25 cm., siendo una fruta de excelente calidad.

Según Vargas (2011 citado en Capa, Alaña, y Robinson, 2016) en el Perú, se ha desarrollado muchos estudios sobre el crecimiento de las exportaciones del banano orgánico, sobre todo en la región Piura, esto ha contribuido al crecimiento económico y social de la región, este crecimiento se debe a la existencia de grupos que trabajan en la búsqueda de nuevas y mejores oportunidades, algo parecido está ocurriendo en Ecuador, donde las asociaciones ganan espacio congregando a varias fincas y beneficiando a muchas familias con empleo y bienestar.

## **2.1.2. Descripción morfológica, fenológica y taxonómica**

### **2.1.2.1. Aspectos morfológicos del banano**

- ) **Sistema radicular.-** El sistema radicular del cultivo de banano está formado por raíces primarias, secundarias y terciarias, según estudios existen dos clases de raíces primarias: las horizontales y las verticales y son las principales raíces que le dan el anclaje o fijación

al suelo, esto debido al sistema entrecruzado que forman entre ellas. Al respecto, Soto (2008 citado en Torres, 2012) sostiene que en los suelos de tipo arcilloso la distribución radicular no es la adecuada, esto debido a que las raíces son muy sensibles y su poder de penetración es débil. La distribución radicular está relacionada con la textura y la estructura del suelo.

- J) **Cormo o bulbo (Tallo verdadero).**- El cormo es un bulbo sólido de forma tuberosa o cilíndrica, en su parte interna se originan las raíces y las yemas vegetativas que dan origen a los hijuelos, la yema vegetativa de la planta madre forma el pseudotallo y al penacho foliar y de la yema floral se origina el tallo verdadero y el racimo con frutos. El cormo almacena muchas reservas energéticas vitales para el desarrollo de los hijuelos, 2 a 3 yemas son las que originan a los nuevos hijuelos y se ubican en la parte media superior del cormo, factor que incide en que los hijos broten cada vez más cerca de la superficie del suelo, el conjunto de hijuelos es conocido como mata o plantón, una vez cosechada la planta madre queda el hijo sucesor el cual ha sido seleccionado por el plantador para continuar su producción. (Pérez, 1997 citado en Torres, 2012).
- J) **Sistema foliar.**- El sistema foliar está compuesto por tres partes importantes que son:
- a) **Vainas foliares.**- Las vainas foliares están conformadas por la prolongación y modificación de las hojas, se originan en el cormo creciendo de forma helicoidal y conformando vainas envolventes que se traslapan a lo largo para formar el pseudotallo, este tiene la función de almacenar sustancias hídricas amiláceas y crece de adentro hacia afuera a medida que aparecen las hojas. (Soto, 2008 citado en Torres, 2012).
  - b) **Pseudopeciolo.**- El pseudopeciolo es el extremo superior o distal de la vaina foliar, se constituye como un verdadero canal conductor de agua, en una planta normal puede haber una separación de  $156^\circ$  entre peciolo de las hojas sucesivas. (Soto, 2008 citado en Torres, 2012).
  - c) **Lámina foliar.**- La lámina foliar o limbo es una lámina delgada, el haz de la hoja es muy verde y más o menos verdosa en el envés. Está conformada por una nervadura estriada formada por las venas mayores que resaltan en la cara haz y están espaciadas de 5 a 10 mm, presenta menos estomas en la superficie del haz que en la del envés, aunque hay algunos clones, como el gran enano que presentan

mayor densidad (estomas por área de la hoja) en ambas superficies. (Soto, 2008 citado en Torres, 2012).

- J) **Inflorescencia o bellota.-** La inflorescencia o bellota se origina de los brotes florales y emerge entre las hojas de la planta, su crecimiento y transformación lo realiza dentro del pseudotallo, dando paso a un número predeterminado de dedos y manos, cuyas flores femeninas y las masculinas quedan expuestas. A las flores femeninas se les conoce con el nombre de mano y al grupo de manos se conoce con el nombre de “racimo”.
- J) **El fruto.-** El fruto es carnoso y suave y de forma angulosa en sus primeras semanas y cilíndrica a medida que va aumentando de grosor por la acumulación de almidón, el desarrollo del banano es partenocárpico, es decir no necesita la polinización. (Soto, 2008 citado en Torres, 2012).

El desarrollo de la fruta de banano necesita un tiempo de 70 a 90 días (10 a 13 semanas), en lugares donde la temperatura está entre los 20 °C y 26 °C y períodos largos de luminosidad, el desarrollo del fruto puede demorar entre 98 a 112 días (14 a 16 semanas). Las condiciones vegetativas antes de la floración, influyen de manera predominante en el desarrollo de la fruta. (Soto, 2008 citado en Torres, 2012).

#### 2.1.2.2. Fases fenológicas del cultivo de banano

Según Florio, Real y Florio (2012) el estudio de la fenología se centra en los fenómenos biológicos del desarrollo de las plantas y su relación con distintas condiciones ambientales (temperatura, radiación solar y longitud del día). También se describe el patrón visual del desarrollo morfológico de una planta, permitiendo ser el lenguaje de los diferentes estadios fenológicos del cultivo, para el manejo de los factores que contribuyen a la mayor productividad y eficiencia del cultivo:

- J) **Fase infantil.-** Esta fase tiene una duración entre 120 a 160 días que va desde la aparición de la yema lateral hasta la independencia del hijo sobre la planta madre, en este periodo el hijuelo produce entre 15 a 21 hojas. La dominancia de la planta madre sobre el “hijo”, se pierde cuando éste ha emitido un promedio de 7,5 a 12,5 hojas angostas, dando luego el origen a la hoja F-10. La aparición de la primera hoja con las dimensiones normales se le denomina Fm y su emisión se produce entre la hoja 13 y 20, entre esta fase el hijo emite de acuerdo a su vigor un número variable de hojas, mientras más hojas emitan entre la F-10 y la Fm, se tendrá mayor cantidad de nutrimentos para una buena diferenciación floral futura.

- ) **Fase juvenil o fase vegetativa independiente.**- Es el intervalo entre la independencia del hijo de la planta madre, y la diferenciación floral, este fase dura entre 50 a 60 días y el hijuelo emite entre 3 y 6 hojas adicionales, la característica de las hojas son de tamaño normal (relación foliar típica del clon o cultivar).
- ) **Fase reproductiva.**- Esta fase está comprendida entre el inicio de la diferenciación floral (DF) y cosecha (C) del racimo, la inflorescencia según el autor se forma entre los 45 y 90 días antes de la floración (46 hojas emitidas en promedio), poco antes de la floración la emisión de las raíces de la planta madre se detienen, el hijuelo para este momento debería tener una buena altura y un sistema foliar y radicular vigoroso. Es importante saber que el hijo aun siendo autónomo, su sistema radicular ayuda en parte a la absorción de nutrientes que van a ser aprovechados para el desarrollo del racimo en la planta madre.

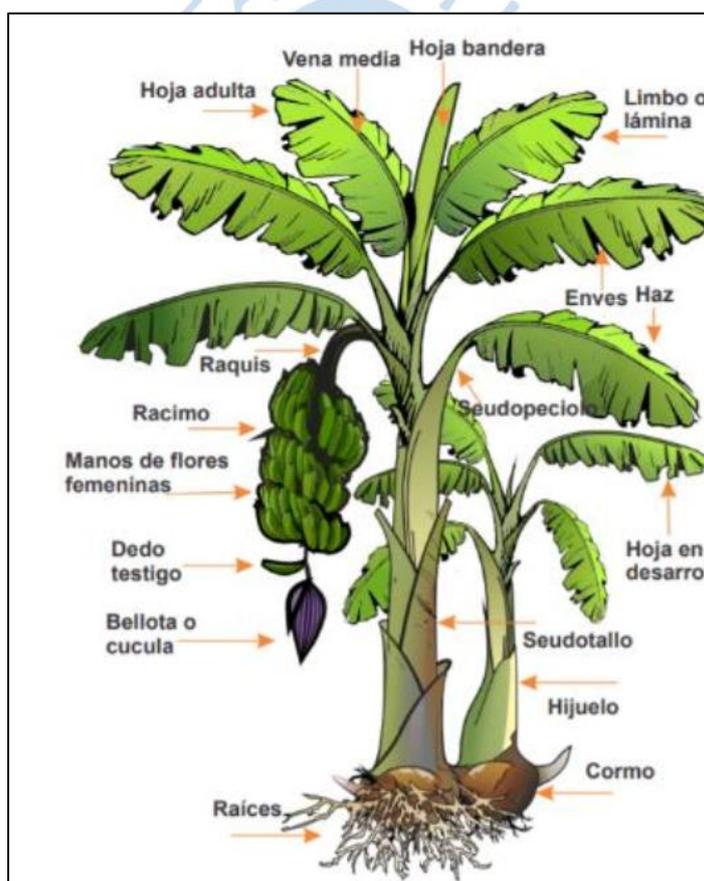


Figura 4. Principales partes de la planta de banano

Fuente: Torres (2012).

### 2.1.2.3. Clasificación taxonómica

Las principales especies silvestres que han dado origen a los cultivares de banano y plátano son la *Musa acuminata* Colla y *Musa balbisiana* Colla. En 1783 Linneus hizo la primera clasificación científica del banano, dándole el nombre de *Musa sapientum* a todos los bananos postre que se comen crudos por ser dulces cuando maduran y el nombre de *Musa parasidiaca* Colla al grupo de plátanos que se cocinan y se consumen cuando todavía están verdes. (Pineda, Carrasco, 1995 citado Lachira, 2018). Al respecto según Linnaeus (1783; Simmonds, 1962 citados por Lachira, 2018) los bananos se clasifican:

Tabla 2. Clasificación Taxonómica del Banano

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Liliopsida
<b>Orden</b>	Zingiberales
<b>Familia</b>	Musaceae
<b>Género</b>	Musa
<b>Especie</b>	<i>M. paradisíaca</i> L.

Fuente: Linneus en 1783 *Musa sapientum*. Lachira, (2018). Control etológico mediante trampas cromáticas del “THRIPS DE LA MANCHA ROJA (*Chaetanaphothrips signipennis*) en el Valle del Chira-Samán. Distrito de Marcavelica Piura 2017”

### 2.1.3. Composición nutricional

El valor nutricional que contienen los bananos es alto, el principal mineral que se encuentra en altos porcentajes es el potasio, el cual sirve para controlar el equilibrio electrolítico del organismo, la función muscular, la transmisión de impulsos nerviosos y el buen funcionamiento del corazón y riñones, también es beneficiosa para las personas que sufren de hipertensión arterial, enfermedades del corazón y de los vasos sanguíneos. Por ser una fruta que contiene magnesio, es muy recomendable para las personas que sufren de nerviosismo, estrés, insomnio, calambres musculares, etc. (Yamamoto, 2015).

En la Tabla 3 se puede apreciar la composición nutricional del banano el cual presenta una gran fuente de vitaminas como las vitaminas A, C y del grupo B como B1, B2 y B3. Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), por 100 gr de sustancia

comestible de banano se puede apreciar que el 75% es agua, una energía de 89 kcal y carbohidratos de 22.84 gr. Presenta cantidades importantes de minerales entre los principales tenemos el potasio 358 mg, magnesio con 27 g y fósforo con 22 g. Por lo antes descrito podemos decir que el banano es una fruta muy completa y beneficiosa tanto para niños, adolescentes como adultos y ancianos. Por esto es recomendable tenerlo presente como una fruta en la dieta diaria. (Yamamoto, 2015).

Tabla 3. Composición nutricional del banano

<i>Nutrientes</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor por 100g</i>
<i>Agua</i>	g	74.91
<i>Energía</i>	kcal	89
<i>Proteína</i>	g	1.09
<i>Grasa</i>	g	0.33
<i>Carbohidratos</i>	g	22.84
<i>Fibra</i>	g	2.6
<i>Azúcar</i>	g	12.23
<i>Calcio</i>	mg	5
<i>Hierro</i>	mg	0.26
<i>Magnesio</i>	mg	27
<i>Fósforo</i>	mg	22
<i>Potasio</i>	mg	358
<i>Sodio</i>	mg	1
<i>Zinc</i>	mg	0.15
<i>Vitamina C (ácido ascórbico)</i>	mg	8.7
<i>Tiamina</i>	mg	0.031
<i>Riboflavina</i>	mg	0.073
<i>Niacina</i>	mg	0.665
<i>Vitamina B-6</i>	mg	0.367
<i>Folato, DFE</i>	µg	20
<i>Vitamina B-12</i>	µg	0
<i>Vitamina A, RAE</i>	µg	3
<i>Vitamina A, IU</i>	IU	64
<i>Vitamina E (alfa-tocoferol)</i>	mg	0.1
<i>Vitamina D (D2 + D3)</i>	µg	0
<i>Vitamina D</i>	IU	0
<i>Vitamina K (filoquinona)</i>	µg	0.5
<i>Ácidos grasos, total saturados</i>	g	0.112
<i>Ácidos grasos, total monosaturados</i>	g	0.032
<i>Acidos grasos, total polisaturados</i>	g	0.073
<i>Colesterol</i>	mg	0
<i>Cafeína</i>	mg	0

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2014

#### 2.1.4. Requerimiento climático del cultivo

Según Andrade (2014), el desarrollo del cultivo de banano para obtener los mejores resultados en productividad va a depender de las condiciones ambientales donde se desarrolle, para esto es necesario considerar los siguientes factores ambientales:

- J) **Temperatura.-** La temperatura adecuada para el desarrollo del banano esta entre los 20°C a 35,5°C, el crecimiento y la producción decaen cuando las temperaturas son inferiores a 20°C, mientras que a temperaturas superiores a 40°C no se han observado efectos negativos siempre y cuando la provisión de agua sea la adecuada.

De acuerdo con Calberto, et al. Citado por Carvajal, 2016, en las investigaciones realizadas al cultivo de banano, se ha podido determinar los rangos de temperaturas que afectan los procesos fisiológicos del banano ya sea en la fotosíntesis, respiración, absorción de nutrientes, tasa de aparición y elongación de nuevas hojas entre otros. El estrés térmico fisiológico al que está expuesto el banano comienza a temperaturas de 34°C y el crecimiento de la planta se detiene a los 38°C, lo mismo sucede cuando las temperaturas son menores a 18°C el crecimiento de la planta disminuye y se detiene a temperaturas menores a 13°C.

- J) **Precipitación.-** Para el cultivo de banano los niveles de precipitación deben estar entre los 120 a 180 mm de lluvia mensual promedio o precipitaciones medias semanales de 28 a 42mm.

Guarín (2011). Se ha observado que la planta de banano disminuye su crecimiento y la producción drásticamente cuando aumenta la distancia entre riegos o lluvias y cuando la humedad del suelo cae por debajo del 35% del total de agua disponible en condiciones de alta evaporación (5 a 6 mm/día).

- J) **Luminosidad.-** El cultivo de banano requiere de alta luminosidad, un promedio de 4 horas de brillo solar por día, los valores óptimos varían de 1000 a 1500 horas luz de brillo solar por año.
- J) **Viento.-** El cultivo de banano es muy sensible a los fuertes vientos, la ausencia de ellos favorece a las plantaciones ya que se evitan los volcamientos, por ello se recomienda la siembra en zonas donde los vientos no superen los 30 kilómetros por hora.

Se ha evaluado que el viento tiene un efecto negativo sobre la producción, debido a que los fuertes vientos producen un rasgado de las hojas, disminuyendo la capacidad fotosintética de la planta y como consecuencia influye negativamente en el peso del racimo. (Lorch, 1958 citado por Guarín 2011).

- ) **Humedad relativa.**- El cultivo de banano se desarrolla mejor en climas húmedos, se debe tener en cuenta que una humedad relativa superior a 80% favorece el desarrollo de enfermedades, especialmente las fungosas.

Se ha podido determinar que en hojas de plátano Dominico – Hartón, sometidas a estrés hídrico presentaron una reducción en las tasas de fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática, cuando se evaluó la humedad relativa se determinó que con humedad relativa media la tasa fotosintética fue mayor y presentó una reducción del 50% cuando ésta aumentó o disminuyó (Cayón, 2004, citado por Guarín 2011).

- ) **Altitud.**- El cultivo de banano se desarrolla hasta 2000 msnm, pero se recomienda la siembra en zonas donde la altura varía de 0 a 300 metros sobre el nivel del mar (msnm), se debe tener en cuenta que en suelos a nivel del mar no deberán ser inundables y cuenten con un buen sistema de drenaje.

### 2.1.5. Plagas y enfermedades del cultivo

El problema de plagas y enfermedades en las zonas productoras de banano han cambiado mucho, la incidencia y grado de afectación dependen mucho de las variaciones del clima y del manejo del cultivo, afectando al cultivo en mayor o menor grado de severidad.

Los problemas de daños en el cultivo de banano están asociados a plagas y enfermedades causadas por insectos, hongos, bacterias y virus, es necesario conocer el comportamiento de estos agentes para poder encontrar un manejo ambiental, social y tecnológico que permita una producción sostenible del banano, entre sus principales plagas y enfermedades tenemos: insectos de follaje (larvas lepidópteros), insectos del fruto (Colaspis Sp, Cochinilla Arinosa, Abeja Trigona, Trips Sp, Picudo Negro, Picudo Rayado, Nematodos), entre las principales enfermedades tenemos: Sigatoka Negra y Amarilla, Moko, Fusarium Oxysporum (TR4), Virus Cucumis mosaic cucumovirus (CMV) y Banana Streak Badnavirus (BSV); (Asociación de bananeros de Colombia- AUGURA, 2009).

Además del impacto en el rendimiento, una consecuencia del cambio climático es el incremento de incidencias epidémicas de plagas y enfermedades, sobre todo porque enormes áreas de cultivo dependen de una base genética uniforme. (Higuera, 2015).

En una reciente nota periodística (septiembre 2014) se reportó que en el Perú, el cambio climático ha disparado la incidencia de la Sigatoka negra y la mancha roja causada por Thrips; asimismo el cultivo enfrenta en ese país aumentos en virosis, nematodos, pulgones y del picudo, lo que en los 3 últimos años (2012-2014) ha provocado una pérdida equivalente de más de 23

millones de dólares (Piñares, 2014 citado en Higuera, 2015). Además del impacto en la productividad, el desplazamiento y recrudecimiento de enfermedades en el cultivo de banano en Perú es un serio problema para su industria bananera, pues en la última década este país se consolidó como uno de los principales exportadores de banano orgánico, enviando producto a Japón, Francia, Italia y Alemania, entre otros. (Higuera, 2015).

Otra enfermedad del banano que se vuelve económicamente seria debido al cambio climático es el rayado viral del banano (Banana Streak Virus (BSV)). El agente causal es un pararetrovirus cuyo ADN está integrado en el genoma de *Musa balbisiana* y que puede activarse por estrés produciendo infección episomal.

La enfermedad viral más devastadora del banano es la llamada Cogollo racimoso del banano (Banana bunchy top virus, BBTV). La incidencia de la enfermedad es influenciada por las variaciones climáticas, ya que afecta tanto a la población del vector como el ciclo viral. Basado en el incremento de temperatura de 2 °C en Filipinas (1998-2007) se espera menor incidencia de BBTV (Raymundo y Pangga, 2011 citado en Higuera, 2015).

La enfermedad que hoy causa más inquietud en la industria bananera internacional es el marchitamiento por raza Tropical 4 (TR4) de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense*. Se reproduce a través de macroconidios, microconidios y clamidosporas; estas últimas son sumamente recalcitrantes y pueden sobrevivir en el suelo durante décadas.

El *Fusarium oxysporum* se desarrolla a temperaturas óptimas que van desde los 25-28 °C, el crecimiento de este hongo se inhibe cuando la temperatura es superior a los 33 °C y por debajo de 17 °C (Cook y Baker, 1983; citado por Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria - DGSV-CNRF - 2011).

El mayor problema fitosanitario en la producción comercial de banano es la enfermedad Sigatoka negra (SN), producida por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*; la distribución de esta enfermedad es prácticamente global. El patógeno es dispersado por el viento y las infecciones ocurren cuando la alta humedad relativa permite condensación de agua sobre las hojas, por lo que las variaciones climáticas afectan pronunciadamente la epidemiología de la Sigatoka Negra. Las zonas bananeras más afectadas por este hongo se caracterizan por tener una precipitación mayor a 1.400 mm anuales, humedad relativa mayor al 80% y temperatura promedio entre 23°C a 28°C (Centro Internacional de Agricultura tropical – CIAT- 2013).

En términos generales se prevé que en las regiones bananeras donde haya incremento de lluvias y por tanto de humedad relativa, aumenten enfermedades como Sigatoka negra y fusariosis, mientras que en regiones que tienden hacia la sequía, haya aumento de áfidos (los cuales son vectores virales) y de trips (Ortiz, 2012 citado en Higuera, 2015).

### 2.1.6. Variedades comerciales de banano

Las variedades comestibles de bananos se derivan de la *Musa acuminata* (A) o de la *Musa balbisiana* (B) y de la combinación de ambos. La mayoría de bananos para postre son diploides (AA) o triploides (AAA) y algunos nuevos tetraploides (AAAA) desarrollados, esto significa que es un híbrido con 2 o 3 genomas, siendo el triploide (AAA) el banano más importante para el comercio. (Duarte y Paull, 2011 citado Yamamoto, 2015), entre las principales variedades más importantes dentro de los grupos y subgrupos del banano tenemos:

#### ) Diploides (AA)

**Sucrier:** es una fruta pequeña de 8-12 cm de longitud, con 5-9 manos por racimo y 12 - 18 dedos por mano, piel fina de oro, pulpa naranja, muy dulces.

**Lakatan:** es una fruta recta cuya longitud es 12-18 cm, con 6-12 manos por racimo y 12-20 dedos por mano, de color amarillo dorado, pulpa naranja claro, firme, seca, dulce y aromática.

#### ) Triploide (AAA)

**Gros Michel:** es una fruta mediana a grande, con 8-12 manos por racimo, su piel es espesa y cremosa, pulpa blanca, textura fina, dulce y aromático, Susceptible a la enfermedad del Mal de Panamá.

**Cavendish:** es una fruta mediana a grande, con 14-20 manos por racimo y 16-20 dedos por mano, su piel es amarilla, pulpa blanca y cremosa, dulce, aromático.

#### ) Triploide (AAB)

**Seda:** es una fruta pequeña a mediana de 10 a 15 cm, con 5-9 manos por racimo y 12-16 dedos por mano, delgada piel amarilla y naranja, pulpa blanca firme y suave y ligeramente sub-ácido.

**Pisang Raja:** es un fruto grande de 14-20 cm, con 6-9 manos por racimo y 14-16 dedos por mano, piel gruesa, pulpa de color naranja cremosa, textura gruesa, son bananos de cocción.

**Plátano:** es una fruta de piel amarilla, pulpa firme naranja cremosa y pocas manos por racimo.

) **Triploide (ABB)**

**Bluggoe:** es una fruta mediana a grande, con 7 manos por racimo, piel gruesa marrón rojizo cuando está maduro, son bananos de cocción.

) **Triploide (BBB)**

**Saba:** es una fruta mediana a grande de 10 a 15 cm, con 8-16 manos por racimo y 12-20 dedos por mano, de piel amarilla, fina textura, son bananos de cocción.

### 2.1.7. Producción de banano orgánico

Según la FAO, la agricultura orgánica ha crecido de manera constante durante más de una década y hoy, como ayer, la demanda de productos orgánicos sigue siendo mayor que la oferta. El nuevo contexto global de mayor variabilidad climática, escasez de agua, pico de petróleo y volatilidad en el precio de los productos básicos plantea desafíos sin precedentes para la agricultura que podrían abordarse mediante la gestión orgánica y la reubicación de la producción y el consumo de alimentos. (FAO, s/f.).

En esa línea, la agricultura orgánica ofrece muchos beneficios sinérgicos para enfrentar los desafíos biofísicos y socioeconómicos para reducir el hambre, la pobreza rural y la desigualdad y para conservar la diversidad cultural de los recursos naturales. Sin embargo, una rápida expansión de la gestión orgánica en los sectores agrícola, forestal y pesquero requiere inversiones en la base de conocimientos a todos los niveles: desde la agroecología y la gestión del paisaje hasta la organización social y la inteligencia de mercado. La ciencia fundamental y la investigación aplicada son requisitos cruciales para el desarrollo de la agricultura orgánica, especialmente en los países en desarrollo. (FAO, s/f.).

En el foro mundial bananero, se manifestó que el suministro de banano orgánico es naturalmente limitado debido a los requerimientos de calidad del suelo, manejo del agua, mitigación del cambio climático y conservación de la biodiversidad. Entre los años 2008 y 2015 el crecimiento de las áreas cultivadas ha aumentado en un 18%, esto debido al crecimiento de la demanda. La Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM), en el año 2013 estimó que la producción de banano orgánico representó casi el 1% de la superficie mundial de producción de banano, es decir 850 000 toneladas métricas. Los países que producían la mayoría de los bananos orgánicos en el año 2015 fueron República Dominicana (12 000 ha), Ecuador (11 500 ha), Filipinas (6 500 ha), Perú (5 500 ha) y Costa Rica (4 500 ha). (FAO, 2017b).

Cabe decir que la producción de banano en el mundo entre los años 2000 al 2012 se ha incrementado considerablemente, pasando de 66 millones de Tm a 107 millones de Tm respectivamente, lo que ha significado un aumento del 62%, ocasionado principalmente por una mayor demanda a nivel mundial de esta fruta. (FAO, 2013 citado en Yamamoto, 2015).

PROMPERÚ (2018), manifiesta en la tabla 4, que las exportaciones de banano orgánico en el Perú vienen creciendo durante los últimos cinco años de manera consecutiva, para el periodo 2013- 2017 se ha logrado una tasa de crecimiento promedio de + 13,05%. En relación al valor FOB (*Free on board*) exportado para el periodo 2013 -2017 ha logrado un crecimiento de la tasa promedio en + 13,75%, esto gracias al dinamismo que ha tenido el banano en el exterior, salvo el año 2017 en donde se registró una leve caída en el precio. El número de empresas exportadoras creció de 39 en el año 2013 a 56 durante el año 2017; siendo los principales países de destino Holanda, Estados Unidos y Alemania.

Tabla 4. Exportaciones peruanas 2013 – 2017

Subpartida	Variable	2013	2014	2015	2016	2017	VAR% 17/16	TCP% 13 - 17
0803901100	Valor FOB (millones (US\$)	89	119	145	152	149	-1.97	13.75
	Peso Neto (TN)	124,123	159,603	191,437	202,225	202,745	0.26	13.05
	Número de empresas*	39	47	43	54	56	3.70	9.47

Fuente: SUNAT / Elaboración: Inteligencia de Mercados - PROMPERU



## **Capítulo 3.**

### **Zona de estudio**

#### **3.1. Ámbito de estudio**

El presente trabajo de investigación denominado “Efectos del cambio climático en la productividad del banano orgánico en el Valle del Chira – Sullana - Piura”, se realizó en zonas productoras del valle del Chira, provincia de Sullana en la región Piura.

El departamento de Piura está ubicado al noroeste del país y tiene una superficie de 35,892 km<sup>2</sup>, lo que representa el 3,1 % del territorio nacional. Piura está dividido políticamente en 8 provincias y 65 distritos, siendo su capital la ciudad de Piura. Sus límites son: por el norte con Tumbes y la República del Ecuador; por el este con Cajamarca y el Ecuador; por el sur con Lambayeque y por el oeste con el Océano Pacífico. (BCRP, 2018).

Las principales zonas productoras de banano orgánico en la Región Piura, se encuentran localizadas en los Distritos de: Querecotillo, Salitral, Bellavista, Marcavelica, Ignacio Escudero, Miguel Checa (Sullana); La Huaca, Pueblo Nuevo de Colán (Paita); Chulucanas, Morropón, La Matanza, Buenos Aires, Salitral (Morropón); Tambogrande, Catacaos (Piura); correspondientes a los Valles del Chira, San Lorenzo, Alto Piura y Bajo Piura. (Gobierno Regional de Piura, 2017).



Figura 5. Ubicación de las zonas bananeras de Piura

Fuente: Google EARTH- Elaboración Propia

### 3.1.1. Descripción del Valle del Chira

El Valle del Chira concentra 396,215 habitantes de los cuales el 8.55% representa a la población rural, su territorio lo conforman la provincia de Querecotillo, Bellavista, Marcavelica, Ignacio Escudero, Sullana, Salitral, Miguel Checa, Lancones y Paita, también está representado por el bosque seco de las comunidades campesinas de Amotape, San Lucas de Colán, Tamarindo y Miramar – Vichayal. (Cabrejos, 2011).

El total de hectáreas en el valle es de 47,248.26 de las cuales el 93% (43,934.35 Has) son irrigadas a través del sistema hidráulico Chira Piura. Las áreas cultivadas de los años 2000 al 2009 aumentaron en un 68%, de acuerdo a los Planes de Cultivo y Riego en el año 2000 se sembraron 24,997.8 Has y en el año 2009 se sembraron 41,930.97 Has, teniendo como principales cultivos el arroz, el plátano y limón. El cultivo de caña de azúcar en los últimos 2 años ha cobrado gran importancia para la producción de etanol sembrándose 6.700 Has, otro cultivo que también está adquiriendo importancia es la uva.



Figura 6. Distribución Valle del Chira

Fuente: Google EARTH- Elaboración Propia

### 3.2. Población

La extensión territorial del Perú es de 1' 285, 215.6 Km<sup>2</sup>, para el año 2016 se estimó una población de 31 millones 826 mil 018 millones de habitantes. Para el año 2012 la población económicamente activa (PEA) fue de 16 millones 142 mil 100 habitantes, siendo la costa quien concentra al grueso de ellos con 8 millones 852 mil 600 habitantes, a nivel nacional se estimó que la PEA ocupada ascendía a 15 millones 541 mil 484 habitantes, siendo el rubro otros servicios quien tenía mayor representación con un total de 4 millones 829 mil 400 habitantes, siguiéndole el rubro de agricultura, pesca y minería con un total de 4 millones 038 mil 900 habitantes. En el año 2015 Lima metropolitana contó con una PEA activa de más de cinco millones de habitantes. (Herrera, Suarez, y Espinoza, 2016).

En la Tabla 5, podemos observar los resultados del XII Censo Nacional de Población, el cual nos indica que la población censada fue de 29 millones 381 mil 884 habitantes, siendo el departamento de Piura el segundo departamento con mayor concentración población del país con 1 millón 857 mil 809 habitantes y representa el 6,3% de la población del país después de Lima Metropolitana; Piura y Sullana son las provincias más pobladas, la provincia de Piura concentra 799 mil 321 habitantes y le sigue Sullana con 311 mil 454 habitantes.(INEI, 2018).

Tabla 5. Población censada en miles de habitantes, 1940 - 2017

Lugares	Periodos de censos						
	1940	1961	1972	1981	1993	2007 a/	2017
Perú	<b>6208</b>	<b>9907</b>	<b>13538</b>	<b>17005</b>	<b>22048</b>	<b>27412</b>	<b>29382</b>
Lima Metropolitana <sup>a</sup>	645	1846	3303	4608	6346	8483	9569
Piura	<b>409</b>	<b>669</b>	<b>855</b>	<b>1126</b>	<b>1388</b>	<b>1676</b>	<b>1857</b>
Urbana	145	298	463	697	977	1224	1472
Rural	263	371	392	429	411	453	385

a. Comprende la provincia de Lima y la provincia constitucional del Callao. No incluye la población del distrito de Carmen Alto, provincia Huamanga, departamento Ayacucho. Autoridades locales no permitieron la ejecución de los censos.

Fuente: INEI, Censos de población y vivienda.

En la Figura 7 se observa que durante el periodo 2007 al 2017 el crecimiento promedio anual de la población ha sido del 1,0%, esto confirma que en los últimos 56 años hay una tendencia decreciente del ritmo de crecimiento poblacional, pasando de una tasa de crecimiento de 2,8% por año en el periodo intercensal de los años 1961 - 1972 a 1.6% por año en el penúltimo periodo intercensal de los años 1993 - 2007. Según los estudios en el periodo de mayor crecimiento poblacional la Tasa Global de Fecundidad era 6,0 hijas/os en promedio por mujer, descendiendo hasta 2,5 en el periodo del año 2010 – 2015. (INEI, 2018).

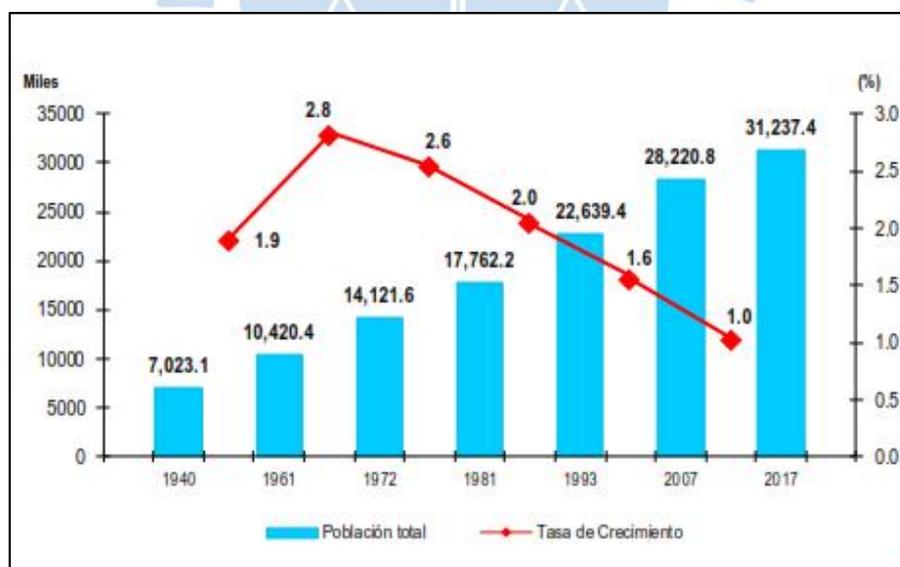


Figura 7. Población total y tasa de crecimiento promedio anual, 1940-2017

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

En el año 2017 la tasa de crecimiento promedio anual ha tenido una tendencia decreciente, debido a que los niveles de fecundidad se redujeron, pero el análisis de todo el periodo muestra

un crecimiento de la población del área urbana. Al respecto, en Piura, en 1993 una mujer en promedio tenía 2,5 hijos, cifra que disminuyó a 1,7 en el censo 2017. (BCRP, 2018).

Como se aprecia en la Figura 8, la distribución de la población entre las áreas geográficas ha variado con el tiempo, cabe indicar que la población rural en Piura en la década de los cuarenta estuvo representada por el 64,4 % del total y ocho décadas después la población rural se redujo al 20,7 % de la población total en el año 2017. (BCRP, 2018).

Podemos decir que las áreas urbanas, actualmente concentran a 8 de cada diez habitantes en la región, siendo un factor positivo ya que generan economías de escalas debido a una mayor densidad poblacional demandante de servicios más eficiente. No obstante, imprime grandes retos como el ordenamiento urbano y la seguridad, entre otros. (BCRP, 2018).

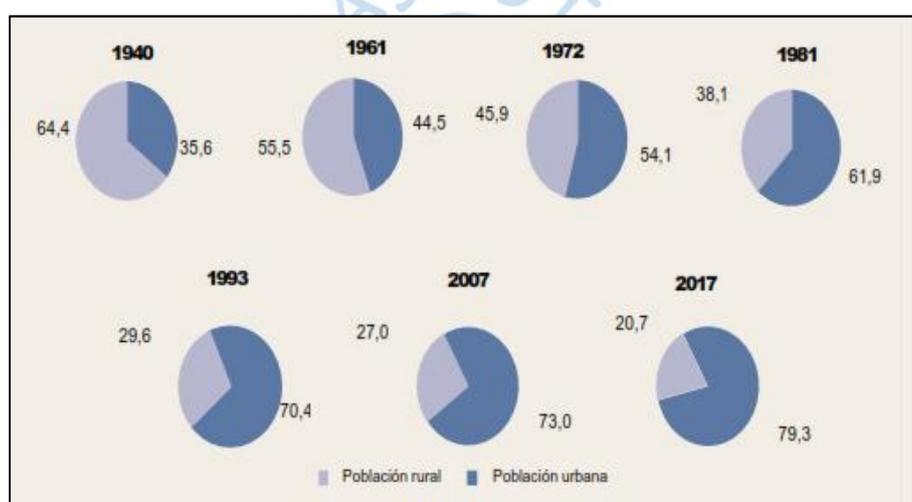


Figura 8. Piura: Evolución de la Población censada, Urbana y Rural 1940-2017 en %  
Fuente: INEI-Censo Nacional de Población y Vivienda

En el Valle del Chira se encuentran las comunidades campesinas de Querecotillo, Las Mercedes, Romeros, Virgen del Cisne, Felipe Santiago de Cañas, Miramar, Tamarindo, San Francisco de Paita, Amotape y San Lucas de Colán, cuyas familias en posesión ascienden a 14,674, en el Valle del Chira existen 47,248.26 hectáreas (bajo riego y bombeo) y los productores que integran la junta de usuarios del Chira son 18,678 pequeños productores, esto equivale a 2.53 hectáreas por productor (Cabrejos, 2011).

### 3.3. Actividades económicas

El cambio climático en la región Piura está causando diferentes eventos negativos que van en contra de nuestra agricultura. Una de las actividades económicas más relevantes en nuestra región es la agricultura, esto debido a los ingresos de divisas que genera la agro

exportación y principalmente por la gran demanda de mano de obra que emplea, es tal vez uno de los sectores más sensibles a los impactos negativos del cambio climático, esto debido a que puede ocasionar una mayor recurrencia especialmente de precipitaciones intensas, períodos prolongados de sequía, avance incontenible de la erosión de los suelos, la irrupción de plagas y la alteración del ciclo fisiológico de los cultivos por la variabilidad en las temperaturas.

Según los resultados publicados por INEI la economía Piurana en el cuarto trimestre del 2018 creció 5%, esto ha permitido que la región logre un crecimiento anual de 6.4%, superior al promedio nacional (4%), destacando los sectores construcción, minería e hidrocarburos y agropecuaria. El Niño Costero ha afectado muchas áreas de cultivo por lo que el sector agropecuario creció 9,5%. Entre los cultivos que destacan por su mayor producción está el limón, cuya producción creció en 121%, posesionando a la región como la primera productora del país. Asimismo, la producción de plátano se incrementó en 54% y el arroz cáscara en 36%, esto debido de las buenas condiciones climáticas y la adecuada disponibilidad de agua. No obstante, estos resultados fueron atenuados por la menor producción de uva (-25%) y maíz amarillo duro (-24%). (Diario el Tiempo, 2019).

Para el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR 2017), Piura es una de las tres regiones más importantes del Perú después de Arequipa y La Libertad. La región concentra el 5,9% de la población, el 4,2% de la producción y el 5,6% de las exportaciones. Es una economía diversificada donde destaca la actividad agroindustrial, siendo el primer productor nacional de uva, mango y limón. Adicionalmente, Piura produce pota, fosfatos y petróleo.

Así mismo, como se aprecia en la Figura 9, en las últimas décadas el área cultivada en Piura ha crecido considerablemente, pasando de 169,8 miles de hectáreas cosechadas en el 2007 a 199,7 miles de hectáreas cosechadas en el año 2017. Históricamente la agricultura de la región se ha desarrollado en base a cultivos como arroz cáscara, mango, maíz amarillo duro, maíz amiláceo, limón sutil, plátano, trigo, café y frijol castilla, los cuales han representado el 83,7 % del promedio anual de las áreas cosechadas en la región. La Uva es uno de los cultivos que en los últimos años está aumentando su escala de producción, esto debido al aumento de las áreas sembradas. (BCRP, 2018).

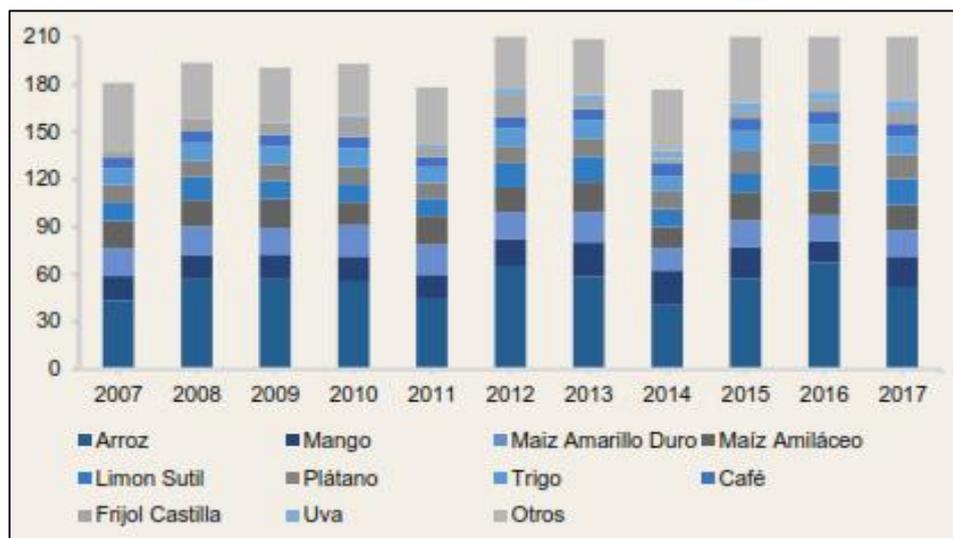


Figura 9. Áreas cosechadas Principales Cultivos y pastos

Fuente: BCRP 2018 – SISCA -MINAGRI

Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA 2012, p.22), en la cuenca del Chira-Piura las actividades principales mayormente son la agricultura y la ganadería vacuna y caprina, siendo el cultivo de arroz el que predomina en el valle del río Chira y se desarrolla desde la represa de Poechos hasta el sector la Bocana en el bajo Chira. Las zonas donde se desarrolla el banano orgánico de exportación está ubicada el sector Salitral, Querecotillo, Huangalá, Chalacala Baja y Alta, observándose también plantaciones de papaya, limón, mango a menor escala cultivos de pan llevar, ubicados en los bordes de los principales canales, como cerco de las parcelas encontramos cocoteros, árboles de tamarindo, algarrobos, mango ciruelo. Actualmente el área cultivada en la Cuenca Chira-Piura es de 157 000 ha.

### 3.4. Topografía de la zona

Según el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP, 2018), la región Piura se encuentra ubicada en la parte noroccidental del país, cuya superficie es de 35 892 km<sup>2</sup>, ocupando el 3,1% del territorio nacional. Se encuentra limitado por el norte con Tumbes y la República del Ecuador; por el este, con Cajamarca y el Ecuador; por el sur, con Lambayeque y por el oeste, con el Océano Pacífico, se localiza a 4°04'50 y 6°22'10 Latitud Sur y 79°13'15 y 81°19'35 Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. Políticamente está dividida en 8 provincias y 64 distritos, siendo su capital la ciudad de Piura. (Vílchez, y Luque, 2013).

La topografía del departamento de Piura está caracterizada por tres unidades geomorfológicas: la Cordillera de la Costa en la zona litoral, la Cordillera de los Andes al oriente, y una extensa llanura costera que los separa. La planicie costera, presenta una pendiente

muy suave, diseccionada por los cauces del río Piura y el río Chira y una red de pequeños cauces erráticos de quebradas secas que se activan solo en los años lluviosos, y es el lugar donde se localizan los valles costeros irrigados. (Yauri, 2015).

La principal cuenca por su extensión y conformación es el del Catamayo–Chira, el cauce nace en la cordillera de Sabanilla en el Ecuador con el nombre de río Yangana, donde finalmente aguas abajo de su unión con el río Macará recibe la denominación de Chira, desde donde constituye el límite internacional con el Ecuador. A partir de su unión con el río Alamor, penetra a territorio peruano con rumbo al Suroeste hasta Sullana, de donde vira al Oeste para salir al Océano Pacífico, pasando por las localidades de Tamarindo, Amotapes, Vichayal y la Bocana. Este giro debe estar relacionado a la deflexión de Huancabamba (Palacios, 1994 citado en ANA, 2012).

### **3.5. Condiciones climáticas**

El clima de la región Piura es cálido, presenta temperaturas máximas que llegan en los meses de verano (febrero) a 34.2°C y en los meses de invierno (junio) las temperaturas mínimas llegan a 15°C, presenta una humedad relativa promedio anual de 66% y tiene como promedio diario 7 horas de sol en la costa. Las precipitaciones presentadas en la costa muestran variaciones, entre los primeros 500 m.s.n.m las precipitaciones oscilan entre 10 y 200 mm; entre los 500 y 1500 metros de altura, las precipitaciones fluctúan entre los 200 y 800 mm; y en la zona ubicada sobre los 1500 m.s.n.m., el promedio anual es -1550 mm. (Cabrejos Vásquez, 2011).

Cabe destacar, según se observa en la Figura 10, que la temperatura máxima anual del Valle del Chira en la estación Mallares, según las Normales Decadales de los años 1980-2010 está en promedio a 31.42 °C, el rangos de temperatura de los trimestre DEF y MAM, oscilan entre 30.3 y 34.2°C y durante los trimestres JJA y SON el rango de temperatura esta entre 28.6 y 31.5°C, en lo que respecta a la temperatura mínima anual está en promedio a 19.41°C, el rango de temperatura de los trimestres DEF y MAM, oscilan entre los 18.8 y 22.9°C y durante los trimestres JJA y SON el rango de temperaturas esta entre 16.9 y 18.6°C, la temperatura media anual en el valle es de 24.72 °C, durante los años Niño el calentamiento del mar modifica el clima del valle aumentando la temperatura y con mayor intensidad el régimen de lluvia. (MINAGRI, 2013).

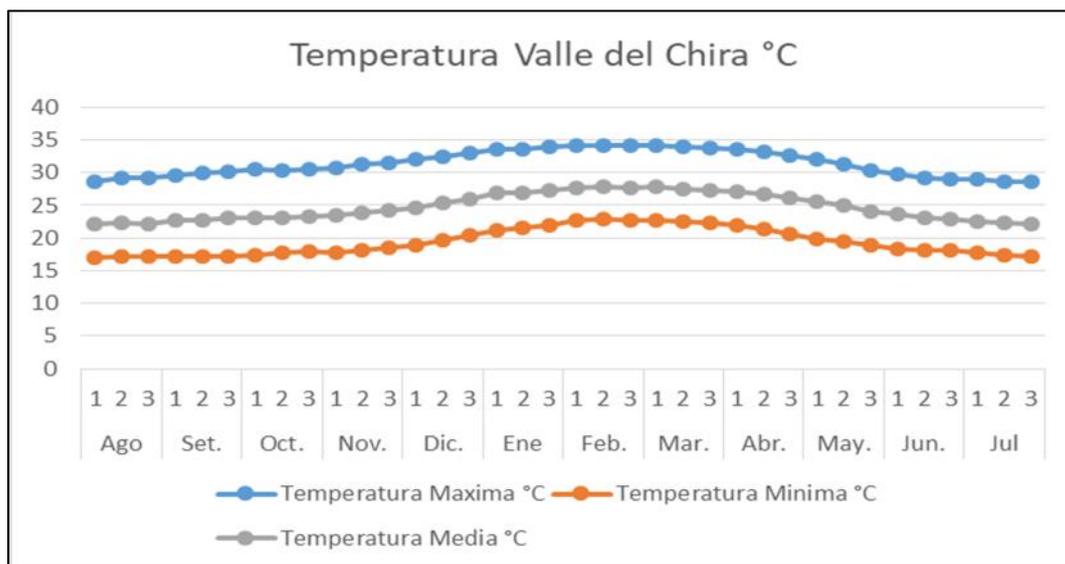


Figura 10. Temperatura °C – Estación Malleres (1980-2010)

Fuente.- MINAGRI- 2013, Normales Decadales- Elaboración propia

Según SENAMHI, (2016b), la precipitación en la región Piura comprende dos períodos bien diferenciados en el año, un período lluvioso que inicia en diciembre y termina en abril, y un período de ligeras precipitaciones que comprende desde julio hasta noviembre. Dentro del período lluvioso, en los meses de otoño (marzo, abril, mayo) es en donde se registran las mayores precipitaciones y en el período de estiaje, los meses de invierno (junio, julio, agosto) son los que registran bajas precipitaciones.

Así mismo respecto a la precipitación acumulada según las Normales Decadales de los años 1980-2010, según la observa en la Figura 11, para el Valle del Chira es de 248.50 mm, la precipitación durante los meses de (diciembre, enero, febrero) fluctúa entre 1.1 y 24.6 mm, durante el trimestre (marzo, abril, mayo) las lluvias registran cantidades más altas las cuales oscilan entre 1.9 y 35.1 mm. A lo largo del trimestre (junio julio, agosto) el valle presenta los más bajos niveles de lluvias, alcanzando valores entre 0.0 y 0.2 mm, para el trimestre (septiembre, octubre, noviembre) persiste la ausencia de lluvias totalizando acumuladas inferiores a los 0.7 mm. (MINAGRI, 2013).

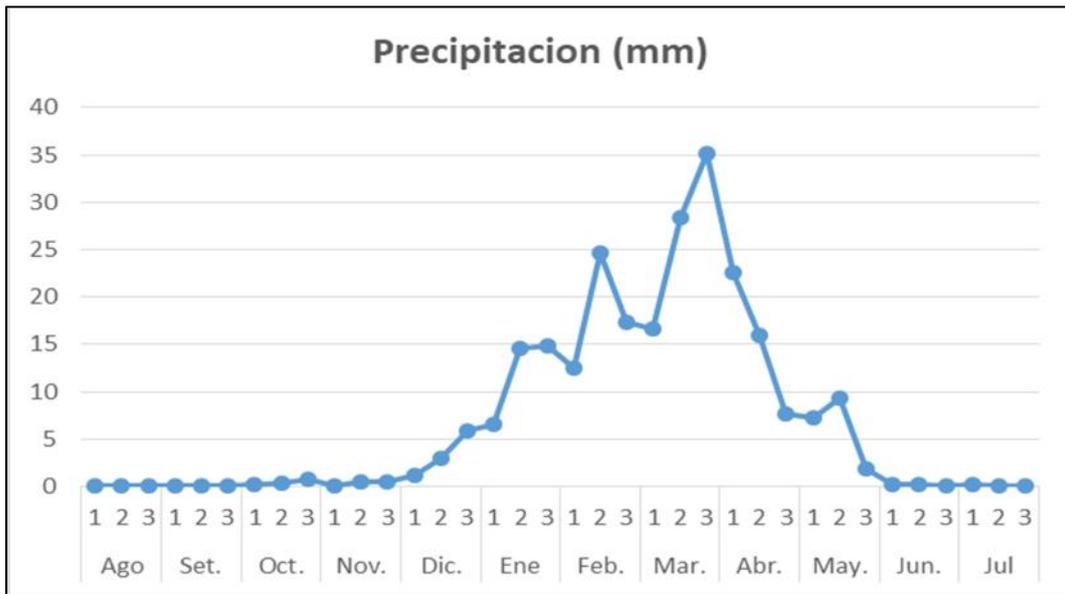


Figura 11. Precipitación - Estación Mallares (1980-2010)

Fuente.- MINAGRI- 2013, Normales Decadales- Elaboración propia

En lo que respecta a la humedad relativa en el valle del Chira según las Normales Decadales, como se observa en la Figura 12, se tiene un promedio de 68.67 %, la humedad relativa durante los meses de (DEF) muestra los valores más bajos fluctuando entre 66 y 67 %, durante el trimestre JJA registran los niveles más altos de humedad relativa los cuales oscilan entre 70 y 72 %, esto demuestra un clima seco en el valle. (MINAGRI, 2013). Además debemos tener en cuenta que humedad relativa mayores de 80% favorecen al desarrollo de enfermedades fungosas (Soto, 2018).

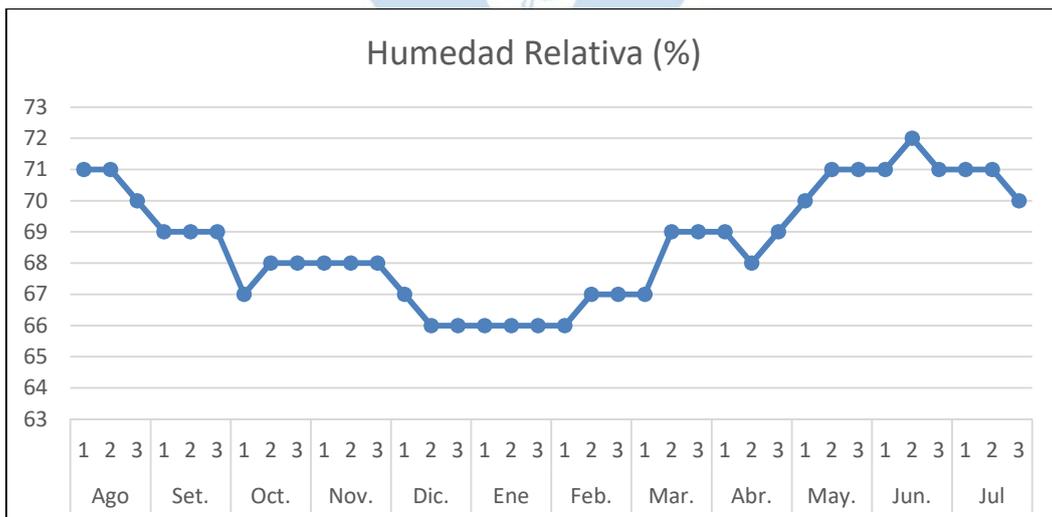


Figura 12. Humedad Relativa - Estación Mallares (1980-2010)

Fuente: MINAGRI- 2013, Normales Decadales - Elaboración propia

Es menester señalar que la zona ecológica del Valle del Chira se caracteriza por ser un desierto perárido, premontano tropical (dp-PT), con baja precipitación (PP) y baja humedad relativa (HR), condiciones que favorablemente impiden la presencia de la enfermedad del banano llamada sigatoka negra, siendo el clima predominante tropical y seco, con una temperatura promedio anual de 24°C, pudiendo superar los 35°C durante el verano y llegar hasta los 40°C durante el Fenómeno El Niño extraordinario. La época de lluvias en la costa se presenta entre enero y marzo y están entre el rango de 10 y 200 mm en las zonas bajas de 100 a 500 m.s.n.m, entre los 500 y 1500 msnm, las precipitaciones llegan a los 200 y 800 mm y en la zona ubicada sobre los 1500 m.s.n.m. el promedio de precipitaciones pluviales suele ser de 1550mm. (XOCIUM, 2015).

### **3.6. Producción del banano orgánico**

En la región Piura, el banano orgánico es uno de los principales productos de agro exportación y su crecimiento ha tenido un importante impacto para nuestra agricultura, sobre todo para los pequeños productores que han reconvertido las áreas de cultivo tradicional como el arroz, algodón y cultivos de pan llevar a banano orgánico.

XOCIUM (2015) en su informe final de la consultoría “Mejoramiento de la Competitividad de la Cadena Productiva del Banano Orgánico para mejorar la oferta exportable en la Región Piura”, manifiesta que las áreas han incrementado de 1947 Hás., en el año 2000 a 6021 Hás., en el año 2015, el gobierno regional a través de la gerencia de desarrollo económico manifiesta que las áreas de banano orgánico para la campaña 2017/2018 son de 15477 hectáreas.

En la Figura 13 se observa la evolución de las superficies cultivadas de banano orgánico en Piura, las mismas que se han mantenido en niveles promedios de 6,000 Hás entre los años 2008-2015; y que luego se vieron incrementadas en casi el 50% en el año 2018. Este crecimiento se ha debido a procesos de reconversión productiva (áreas) y la mayor presencia de la inversión privada que han contribuido a una ampliación de la frontera agrícola destinada a éste cultivo.

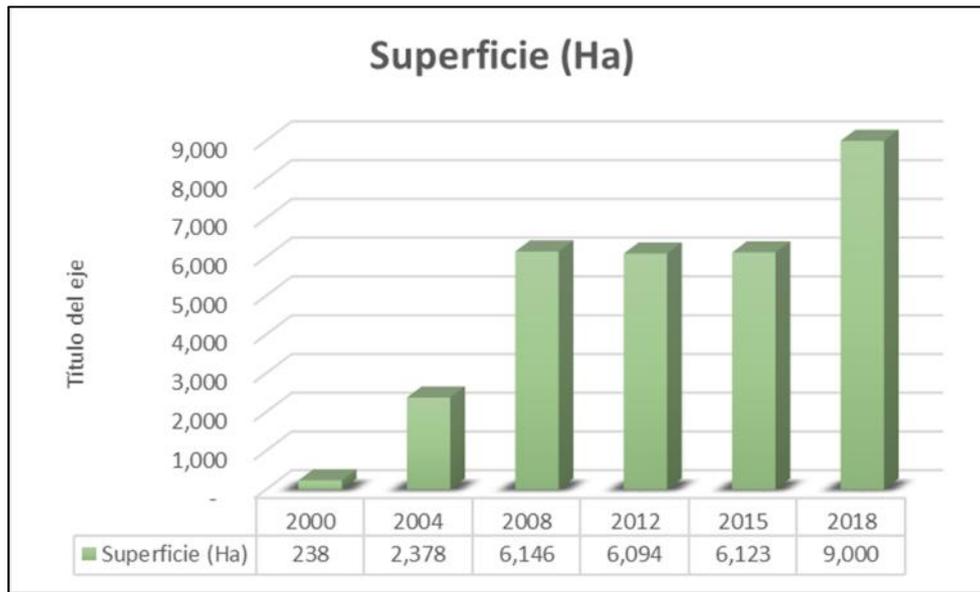


Figura 13. Evolución de hectáreas de banano orgánico en Piura

Fuente: Elaboración propia

En la provincia de Sullana se encuentra ubicado el Valle del Chira que es el centro productor por excelencia de banano orgánico (Sullana, Querecotillo, Salitral, Marcavelica e Ignacio Escudero) aunque en pequeñas áreas; esta experiencia se ha trasladado a otros valles como Medio y bajo Piura, valle San Lorenzo y Valle del Alto Piura, convirtiéndose en un cultivo alternativo que genera un gran dinamismo en la economía del pequeño productor y una atracción para las empresas privadas. (XOCIUN 2015).

A partir de la Figura 14, se infiere que al interior de la región Piura, la zona agrícola de mayor relevancia en producción de banano es Sullana; la cual muestra también un mayor porcentaje de áreas cultivables en transición. Este mismo proceso, se observa en las zonas de Morropón, Piura, Sechura y Paita; tendencia que al parecer tiende a generalizarse en la Región, debido a las apropiadas condiciones climáticas y cuyos suelos cumplen con los parámetros edáficos que facilitan el desarrollo de éste cultivo orgánico.

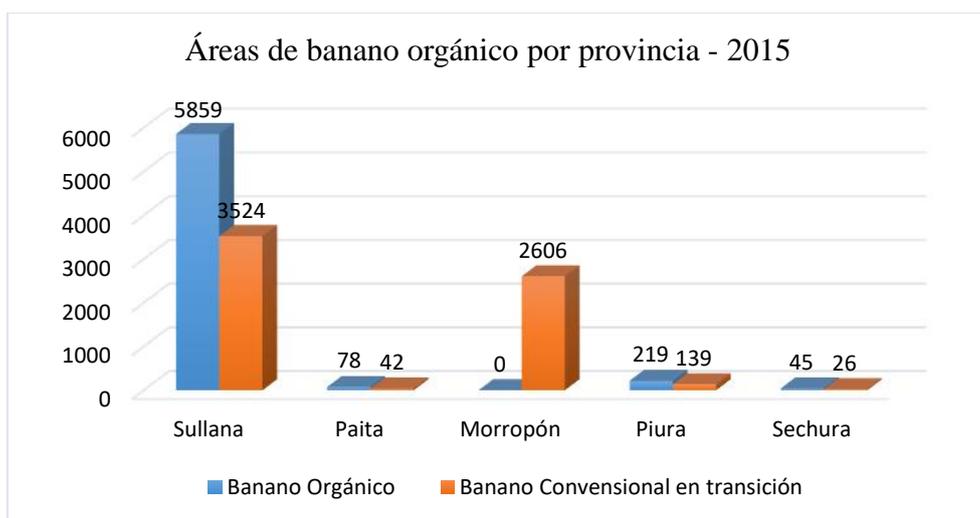


Figura 14. Hectáreas de Banano por provincias 2015

Fuente: XOCIUM PERU SAC. Elaboración Propia

Según el Banco central de Reserva del Perú (BCRP, 2018), el plátano se ubica en la región como el cuarto cultivo más importante de todos sus productos, representando el 5,2 % de la producción agrícola. A nivel nacional Piura se ubica como el cuarto productor más importante de plátano, durante el periodo 2007 al 2017 tuvo una participación promedio de 12,7 % en la producción nacional, superada por San Martín (20,4 %), Loreto (15 %) y Ucayali (12,9 %). En la región Piura principalmente en el Valle del Chira existen asociaciones de productores que exportan banano orgánico, tales como APPBOSA, APOQ, AVACH, BOS y APBOSMAN, que en conjunto concentran alrededor de 2,5 mil hectáreas (aproximadamente 34 % de las exportaciones de banano). La presencia del Niño Costero en el año 2017, produjo una disminución del 25,3 % respecto al año anterior. Así mismo las ventajas comparativas del climáticas en la región, permite sembrar y cosechar normalmente todo el año, obteniendo la primera producción entre los 9 a 10 meses de instalado a diferencia de otras latitudes que requieren de 12 a 13 meses.

Según YAMAMOTO (2015), los rendimientos por hectárea de plátano y banano a nivel nacional han tenido un crecimiento del 21 % en el promedio nacional, pasando de 10 Tm/Ha en el año 2000 a 13 Tm/Ha en el año 2013.

Según la Figura 15 entre los años 2000 al 2013 la región de Piura ha incrementado su rendimiento, siendo superiores a los presentados a nivel nacional. En el año 2000 el rendimiento fue de 23 Tm/Ha y en el año 2013 llegó a 27.16 Tm/ha, presentando un incremento del 17% en esos años.

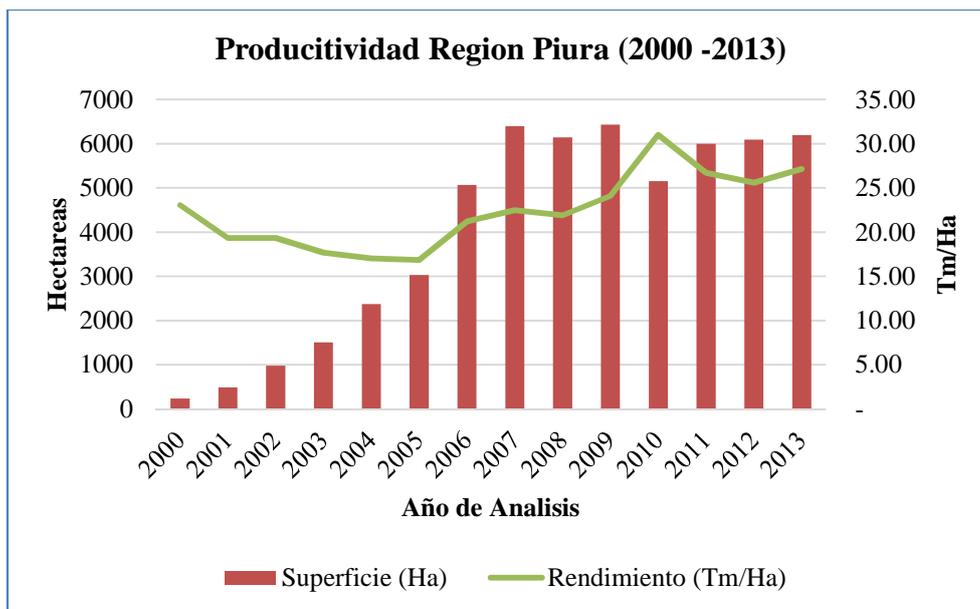


Figura 15. Productividad TM/ Ha Región Piura (2000 – 2013)

Fuente: Yamamoto 2015- Dirección Regional de Agricultura Piura 2014

La calidad del banano orgánico en la región Piura ha mejorado a medida que las exigencias del mercado han ido incrementando, esto debido a que los consumidores cada vez son más conscientes del consumo de productos inocuos y con responsabilidad ambiental, para lograr esto están solicitando sistemas de trazabilidad que garantice su control y su procedencia. Los productores se han organizado en asociaciones y/o cooperativas para poder comercializar su producción y asumir los costos de certificación exigidos por los importadores y/o consumidores como son la certificación Orgánico, Global Gap y Comercio Justo, este último es el nicho de mercado de las exportaciones de los pequeños productores en el Perú.

Según SUNAT (2018 citado por SIICEX (2019), como se muestra en la Figura 16, existen 78 empresas, cooperativas y asociaciones que exportan banano orgánico, entre las 5 primeras en el ranking se encuentran PRONATUR SAC, Cooperativa Agraria APPBOSA, Agronegocios Los ANGELES SAC, BANANICA SAC, Asociación de Pequeño Productores Orgánicos de Querecotillo- APOQ.

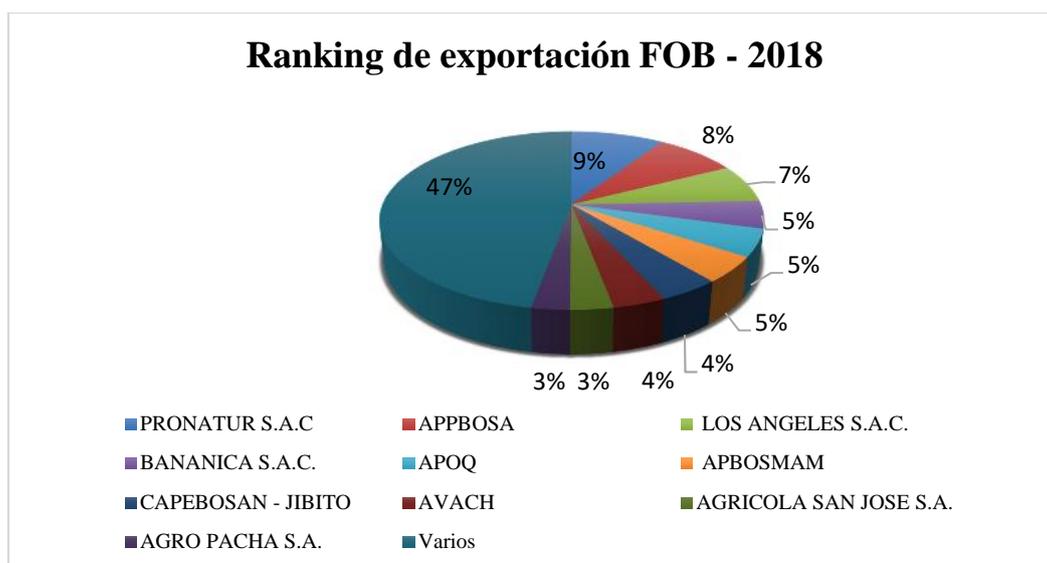


Figura 16. Ranking de exportación FOB -2018

Fuente: SIICEX- Elaboración Propia

Las exportaciones peruanas de banano orgánico en el año 2018, se realizaron a 20 países alcanzando los 167 millones de dólares, siendo los países bajos el principal destino con 59 millones de dólares (35% del total) y la principal empresa peruana exportadora es PRONATUR SAC; quién pasó de exportar 11.4 millones en el 2017 a exportar 15.18 millones de dólares americanos, caso contrario ha pasado con las organizaciones bananeras que han reducido su volumen de exportación como es el caso de la Cooperativa Agraria APPBOSA quien paso de exportar 14.8 millones en el 2017 a exportar 13.6 millones de dólares (AGRODATA Perú, 2019).

Las organizaciones de pequeños productores de banano han dejado de ser los únicos actores de esta cadena hoy en día están apareciendo grandes empresas en las zonas productoras de Piura lo que está ocasionando una competencia interna para el pequeño productor, quien deberá trabajar de manera más ordenada y eficiente si pretende seguir en el negocio.

En cuanto al precio pagado en chacra – caja productor - ha tendido un incremento sostenido en los últimos cuatro años pasando de \$ 5.2 hasta \$ 6.5 dólares por caja , en el año 2018 el precio que se ha llegado a pagar es de 5.6 según la Asociación de Pequeños Productores Orgánico de Querecotillo. (APOQ, 2019).

En el mercado internacional el banano orgánico peruano está poco diferenciado. La empresa productora no tiene control alguno sobre el precio y es el mercado quien fija estos precios, afortunadamente las organizaciones bananeras cuentan con el certificado Fairtrade,

quien es la encargada de establecer un precio mínimo por año permitiendo al pequeño productor negociar con los importadores el precio del banano orgánico.

Como se observa en la Tabla 6, desde el año 2000 – 2013 el precio del banano pagado en chacra al productor se ha incrementado de manera significativa, pasando de 0.42 soles/kg en el año 2000 a un precio de 0.83 soles/kg en el año 2013. El precio de la caja de 18.14 kg pagado a las empresas exportadoras durante los años 2000-2013 también han tenido un crecimiento importante, pasando de S/ 7.62 en el año 2000 a un precio de S/ 15.05 en el año 2013. Este crecimiento se ha debido al aumento de la demanda de producto orgánico fresco. (Yamamoto, 2015).

Tabla 6. Precio en chacra del banano orgánico en Piura: 2000-2013

Año	precio (s/kg)
2000	0.42
2001	0.44
2002	0.47
2003	0.48
2004	0.49
2005	0.5
2006	0.54
2007	0.55
2008	0.56
2009	0.61
2010	0.67
2011	0.75
2012	0.76
2013	0.83

Fuente: Yamamoto (2015) - Dirección Regional de Agricultura Piura, 2014

## Capítulo 4.

### Metodología y análisis de la zona de estudio

#### 4.1. Información base

La región Piura cuenta con 35 estaciones meteorológicas, según SENAMHI (2016a) se tiene registro de información meteorológica desde el año 1944, pero no todas las estaciones han mantenido su continuidad, la Comisión de Climatología de la Organización Mundial de Meteorología (OMM-CCI/MG/Doc.10), sugiere periodos de estudios desde 1971 – 2000. Del Valle del Chira se ha tomado la información meteorológica desde el año 1997 – 2018, teniendo como principal aportante de datos la estación Mallares, como se aprecia en la Tabla 7.

Tabla 7. Ubicación Estación Meteorológica Mallares

N°	Estación	Sist. Hid.	Ubicación Política				Ubicación Geográfica		
			Cuenca	Dto.	Prov.	Distrito	Lat.	Long	Alt. (msnm)
1	Mallares	Pacífico	Chira	Piura	Sullana	Marcavelica	04° 51'51''	80° 44'44''	29

Fuente: SENAMHI PIURA - 2016

Para este trabajo de investigación en el ámbito del proyecto se utilizó datos climáticos correspondientes a la estación meteorológica principal CP- MALLARES, pertenecientes a la red de estaciones meteorológicas convencionales del SENAMHI, los datos meteorológicos corresponden a la serie histórica 1997-2018. Asimismo para describir los valores normales o promedios climático del valle se utilizó los datos de la estación publicadas en el documento “Normales Decadales de temperatura y Precipitación”. Se utilizó los datos del clima de la estación CP- MALLARES como representativa del Valle del Chira donde se encuentra la mayor área representativa de banano, y a su vez por ser la estación que cuenta con mayores registros históricos de datos climáticos. (MINAGRI, 2013).

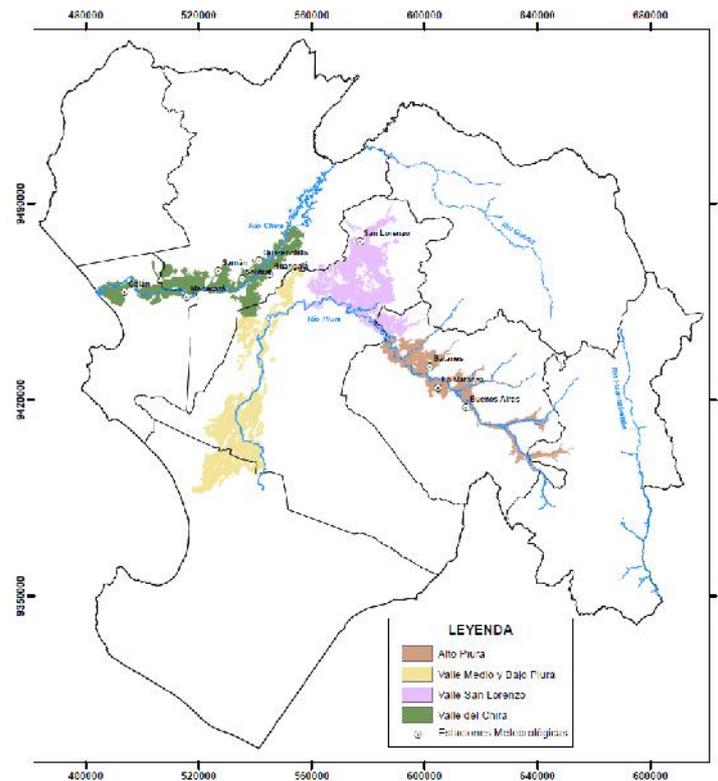


Figura 17. Distribución geográfica de las zonas bananera

Fuente: PIP- BANANO Pronóstico bioclimático de plagas en banano orgánico Región Piura.

Para la generación de los modelos de cultivos se utilizó los datos de productividad anual a nivel departamental, obtenidos de la Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas (DGESEP) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), la serie utilizada fue de 1997-2018, para el análisis estacional de la productividad con el clima se utilizó información semanal de cajas procesadas por la Asociación de Pequeños Productores Orgánicos de Querecotillo – APOQ desde los años 2010 al 2018, esta información se recopiló del área de producción y de contabilidad para realizar verificación de cajas procesadas versus las cajas exportadas, se trabajó la información de producción de los años 2014- 2018 considerando las ventas realizadas por cada productor con su respectiva área, para los años 2010- 2013 se trabajó las cajas exportadas por cada año y por el total de área de la asociación. (APOQ, 2019).

#### 4.1.1. Información climática del Valle del Chira

##### 4.1.1.1. Temperatura

El Valle del Chira según los datos normalizados de la estación meteorológica MALLARES, en la Figura 18 se observa el comportamiento mensual de los datos de temperatura promedio utilizados en la investigación comprendidos entre los años 1997 al 2018,

siendo la temperatura máxima promedio mensual de 32.24 °C y está comprendida entre 29.79°C y 34.92°C, también se puede apreciar que en general la estación de verano diciembre, enero y febrero es la más cálida de todo el año con un promedio de temperatura de 34.79°C y la estación de invierno de los meses de junio, julio, agosto son menos cálidos con un promedio de temperatura de 29.98 °C. Con respecto a la temperatura mínima podemos observar que el promedio mensual es de 19.72°C y varía entre 17.58°C y 23.05°C, en la temperatura media se observa un promedio mensual de 25.98°C y varía entre 23.80°C y 28.99 °C.

Durante los años Niño el calentamiento del mar modifica el clima del valle aumentando la temperatura del aire y con mayor intensidad el régimen de lluvias.

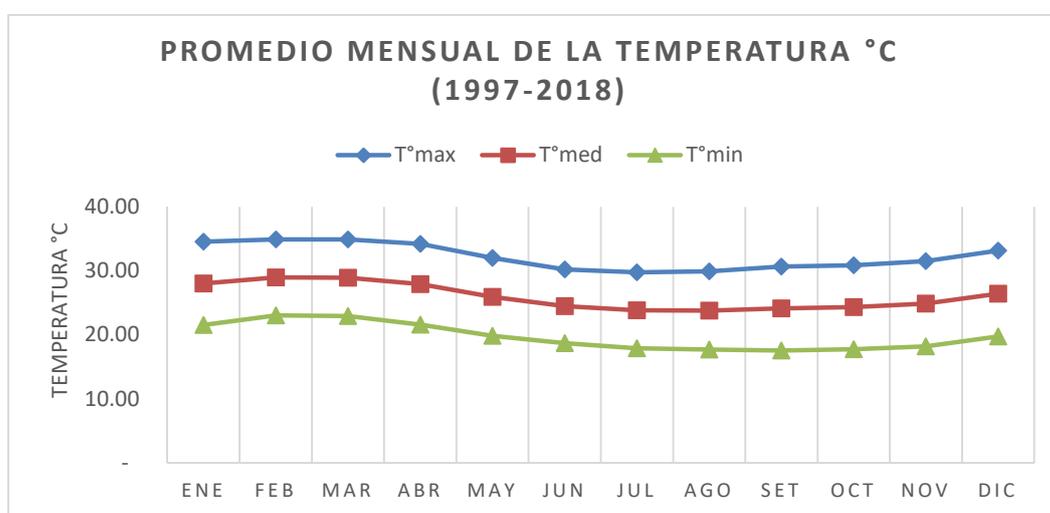


Figura 18. Promedio Mensual de la T °C máxima, mínima y media

Fuente: Datos Estación Mallares (1997-2018)- Elaboración Propia

Así mismo en la figura 19 observamos que a partir de las últimas tres décadas hay una tendencia a aumentar la temperatura máxima y una tendencia negativa de la productividad del banano a partir del año 2013, este comportamiento guarda relación con valores temperatura máxima promedio anual mayores a los 33°C, esta disminución de la productividad en relación al aumento de la temperatura se debe probablemente a que condiciona nichos térmicos para el desarrollo de plagas y enfermedades del banano.

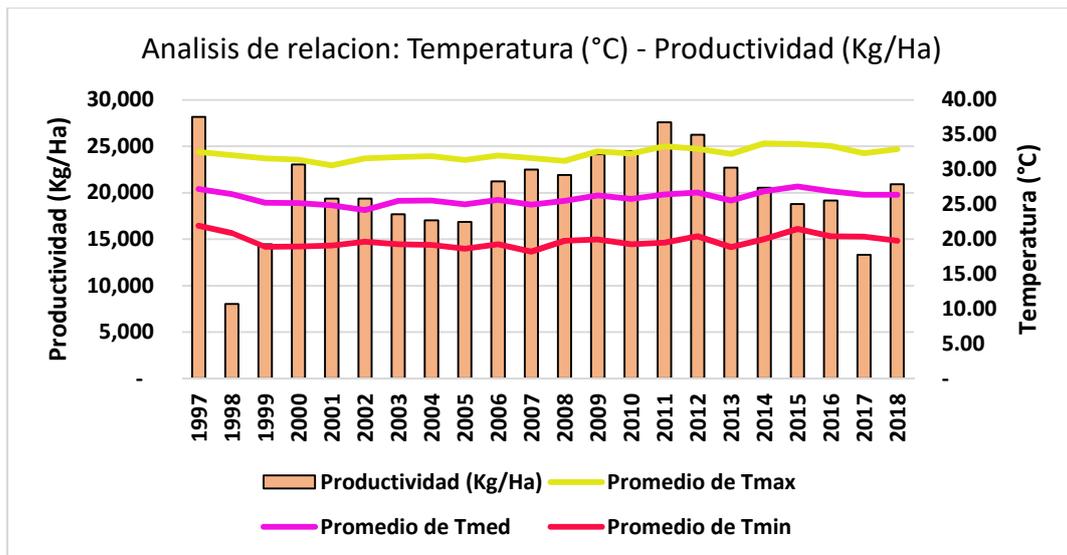


Figura 19. Análisis de Relación: Temperatura y Productividad

Fuente: Elaboración Propia

Además la temperatura mínima analizada también muestra una tendencia positiva pero no tiene influencia alguna en la productividad, los valores promedios anuales de temperatura mínima no son limitantes en la producción bananera, al no observar registros menores a 17°C que puedan afectar el desarrollo del cultivo.

También observamos que el comportamiento de la temperatura media es ascendente y los valores presentados están en el rango óptimo para el desarrollo del banano.

Según Soto (2018) la temperatura tiene un efecto preponderante en el desarrollo y crecimiento del banano, requiere de temperaturas altas, que varían entre los 21 y los 29.5 °C, con una media de 27 °C. Su mínima absoluta es de 15°C y su máxima de 37.6°C.

El incremento de temperatura en la región no supera el máximo ni el mínimo requerido por el cultivo, pero el aumento de temperatura en los últimos 4 a 5 años está generando ambiente más cálido que podría favorecer la ocurrencia de plagas y enfermedades que afecten la productividad del banano.

#### 4.1.1.2. Precipitación

La precipitación en el Valle del Chira según datos de la estación meteorológica MALLARES, comprende un período bien diferenciado en el año, que inicia en diciembre y termina en abril. De acuerdo a la figura 20 podemos observar el promedio mensual del período lluvioso entre los años 1997 al 2018, en los meses de febrero, marzo se registran las mayores precipitaciones 63.35 mm y 95.07 mm respectivamente y en el período de estiaje (junio, julio

agosto y setiembre) son los meses que registran las más bajas precipitaciones cuyo promedio 0.18 mm.

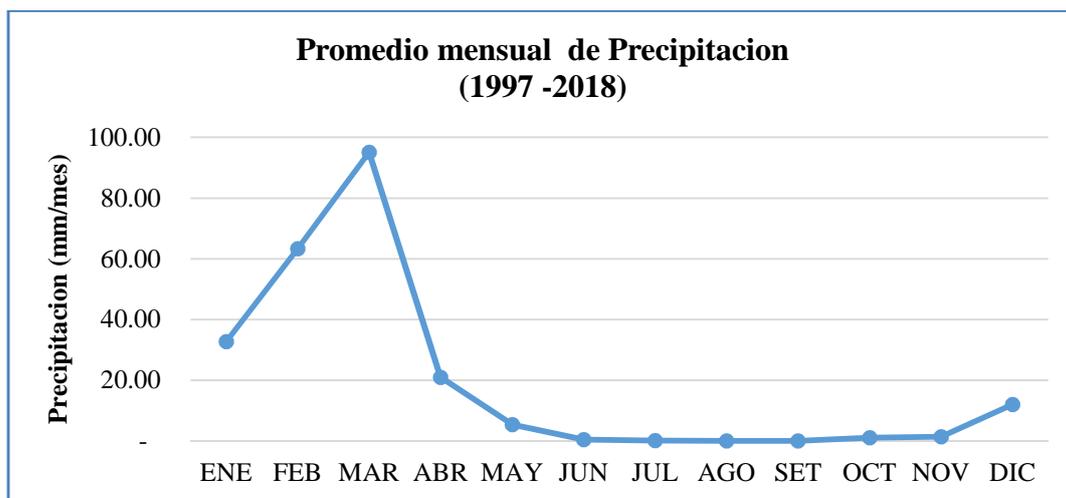


Figura 20. Promedio Mensual de Precipitación (mm/ mes)

Fuente: Datos estación Mallares (1997-2018)- Elaboración Propia

También observamos la distribución temporal normal de las lluvias, durante los periodos de diciembre a abril presenta un mínimo de 12.04 mm y 95.07 mm, siendo los valores más altos observados en los meses de febrero y marzo, entre junio y setiembre se acentúa el periodo de estiaje con escasas lluvias de 0.08 y 0.43 mm. En años lluviosos durante los meses de verano la precipitación registrada durante años Niño como 1997 y 1998 y Niño costero 2017 supera más de 10 a 15 veces la precipitación normal; este exceso de agua produce saturación en los suelos de baja permeabilidad y genera pudrición de raíces y enfermedades, según Soto (2018) la planta de banano por su estructura botánica, requiere una gran disponibilidad de humedad permanente en los suelos. Para la obtención de cosechas económicamente rentables, se considera suficiente suministrar de 100 a 180 mm de agua por mes para cumplir con los requerimientos necesarios de la planta.

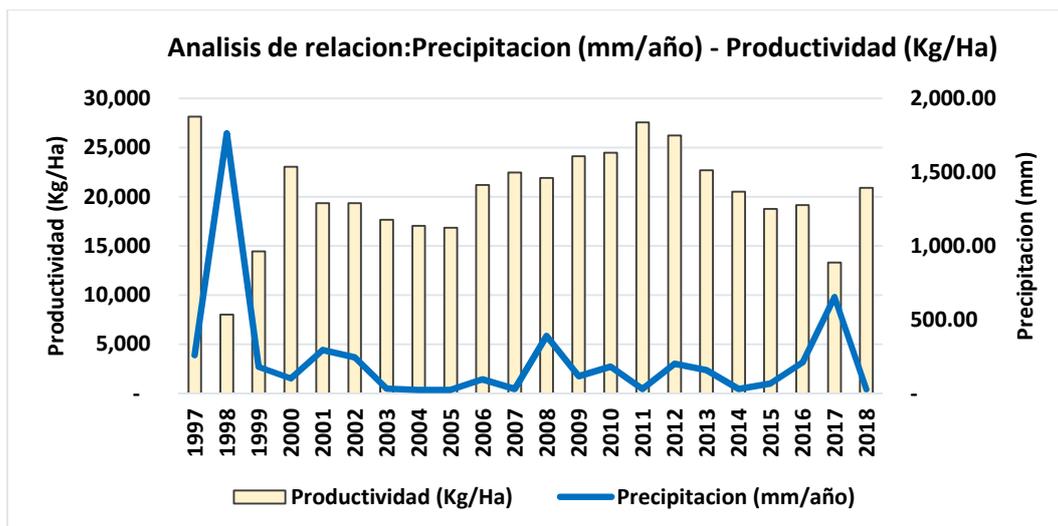


Figura 21. Análisis de relación: Precipitación (mm/año) – Productividad (Kg/Ha)

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 21 observamos la variabilidad inter anual de la precipitación total, donde se muestran dos periodos con lluvias excesivas: 1998 y 2017. , siendo el año 1998 uno de los años donde se produjo el fenómeno de El Niño, cuya precipitación llegó a 1,764.20 mm y el año 2017 se produjo el fenómeno de El Niño Costero, cuya precipitación registrada fue de 653.80 mm, estos fenómenos originaron una disminución en la productividad, en el año 1998 la productividad fue de 8,037 kg/Ha, esta disminución significó una pérdida de la productividad de 71.46% con respecto al año anterior, mientras que el año 2017 se observa que la productividad fue de 13,318.00 kg/Ha, lo que significó una pérdida de la productividad con respecto al año anterior de 30.47%.

Estos dos fenómenos pluviales presentados nos demuestran que las altas precipitaciones afectan la productividad del cultivo de banano ya que estas lluvias registradas han ocasionado inundaciones en los campos de cultivo (pudrición de raíces por saturación de agua), destrucción de las vías de acceso y aparición de plagas y enfermedades.

#### 4.1.1.3. Humedad relativa

Podemos observar en la Figura 22 que el promedio mensual de humedad relativa para el Valle del Chira entre los años 1997 y 2018, según datos de la estación Mallares, es de 69.07 %. La humedad relativa durante los meses de enero y febrero muestran los valores más bajos, fluctuando entre 65 y 66 %. Durante los meses de mayo y junio es donde se registran los niveles más altos de humedad relativa los cuales oscilan entre 70 y 71 %. Esto demuestra que el Valle del Chira tiene un clima seco y que es favorable para el banano ya que con esta humedad relativa no puede desarrollar la enfermedad de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*).

Durante El niño costero 2017 la humedad relativa supero el 80% durante los meses de febrero y marzo y en años secos la humedad relativa disminuye por debajo del 60%.

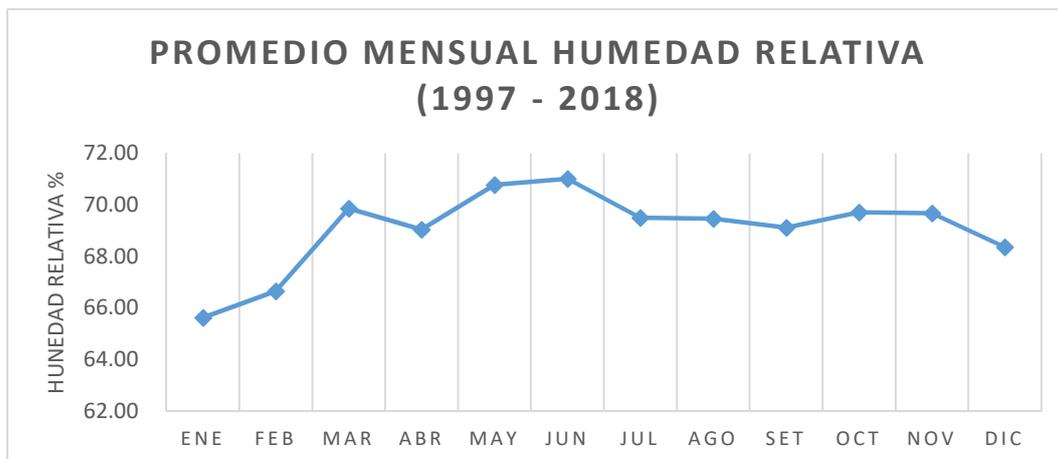


Figura 22. Promedio Mensual de Humedad Relativa (%)

Fuente: Datos estación Mallares (1997-2018)- Elaboración Propia

En la Figura 23 podemos observar que la variabilidad interanual de la humedad relativa media en el Valle del Chira esta entre los valores de 65 y 70 %, alcanzando valores cercanos al 75% durante años EL NIÑO como es el caso del año 1998 y El Niño Costero en el año 2017.

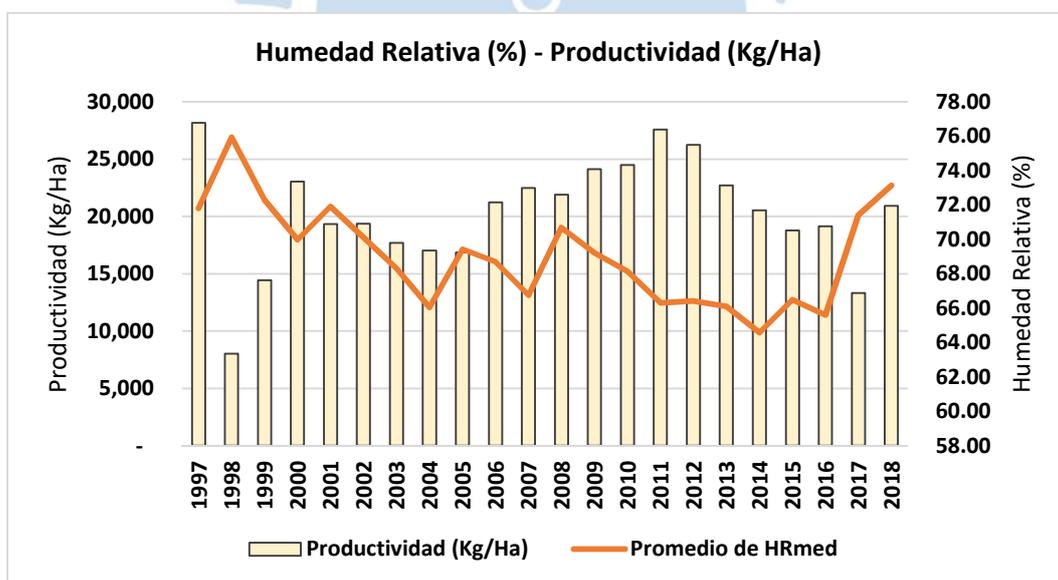


Figura 23. Análisis de relación: Humedad Relativa (%) – Productividad (Kg/Ha)

Fuente: Elaboración Propia

También podemos observar que el porcentaje de humedad relativa en el ambiente aumenta durante periodos lluviosos como los eventos El Niño o Niño Costero, con respecto a la productividad del cultivo de banano en esta misma Figura 23 observamos que la humedad

relativa no afecta directamente en la productividad del cultivo, pero si podría generar un ambiente adecuado para el desarrollo de plagas o enfermedades.

#### 4.1.2. Información de productividad del cultivo de banano

El banano orgánico en la región Piura ha permitido reducir algunas brechas socioeconómicas en los pequeños productores del Valle del Chira y de los diferentes valles donde se desarrolla esta actividad; es un cultivo que se ha adaptado muy bien a la pequeña agricultura donde los productores a través de asociaciones han logrado exportar su producción a los diferentes mercados de Europa, Estados Unidos y Asia, este importante logro ha llamado mucho la atención de los grandes empresarios que hoy en día están apostando por desarrollar grandes áreas de banano orgánico, generando una competencia interna entre ambos por el mercado.

Las diferentes prácticas de manejo realizadas al cultivo de banano han permitido mejorar la calidad y disminuir la volatilidad de la productividad del banano, esto nos ha permitido ganar nichos de mercado como el Comercio Justo que nos permite tener un precio mínimo todo el año. La calidad del banano hoy en día se ve amenazada por el cambio climático, y que el cambio de temperaturas ha permitido la aparición de nuevas plagas como el Trips de Mancha Roja, enfermedades como el Fusarium TR4 que pone en riesgo esta industria bananera.

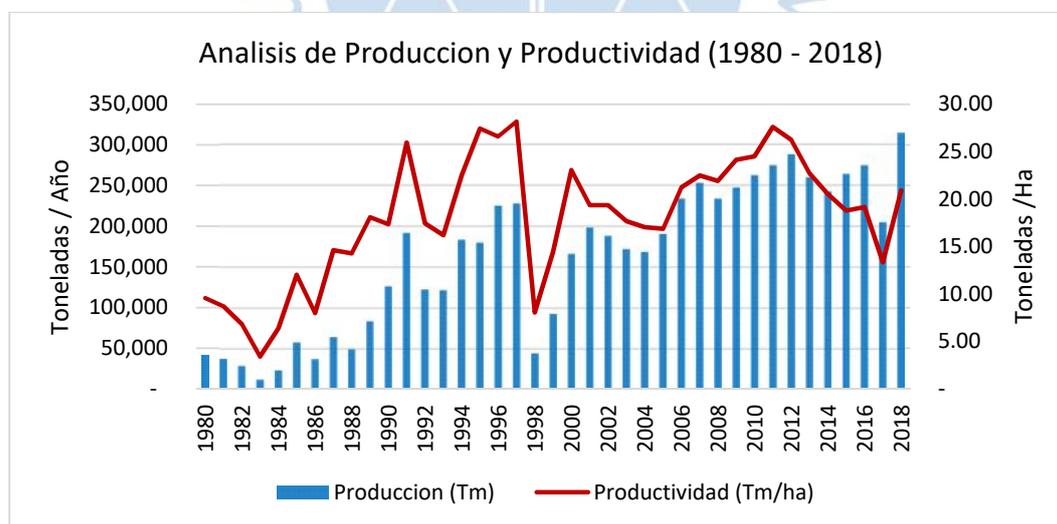


Figura 24. Análisis de Producción y Productividad (1980 – 2018)

Fuente: DGESEP – MINAGRI. Elaboración propia

Como podemos observar en la Figura 24 la productividad promedio del banano para la región Piura desde los años 1980 al 2018 es de 18.02 Tm/ ha, productividad que resulta ser muy baja en comparación a la productividad óptima del cultivo de banano que es de 50 Tm/Ha (Soto,

2008), esta productividad puede mejorar con el uso de técnicas y tecnología que permita mejorar la eficiencia en el manejo del cultivo.

También podemos observar en este gráfico que la productividad ha ido incrementando año tras año y que a partir del año 2000 esta productividad no ha sido fluctuante debido a que a partir de este año se empezó la exportación del banano, quien demanda nuevas prácticas de manejo del cultivo y manejo del racimo, esto permite acelerar la maduración de la fruta y el peso del racimo (Soto, 2008).

En los años NIÑO podemos observar que se ha presentado una reducción en la producción y la productividad del banano, esto indica que el banano es susceptible al cambio climático y de presentarse variaciones podría afectar esta agroindustria.

#### **4.1.3. Variables con cambio climático (escenarios)**

Los escenarios futuros del clima a escala regional y local son necesarios para proyectar los posibles “cambios” del clima en el futuro a un mejor detalle espacial y temporal; con lo cual es posible evaluar la vulnerabilidad económica social y con ello implementar estrategias de adaptación y así enfrentar los posibles impactos del cambio climático global. La herramienta básica para estimar las proyecciones climáticas son los Modelos de Circulación General Acoplados Océano Atmósfera (AOGCMs, siglas en inglés). (SENAMHI 2016). Aunque los MCGAO presentan semejanzas a escala global, a menores escalas estos modelos muestran notables discrepancias. Por ello, se hace uso de diversas técnicas de proyección regional (downscaling) para contar con modelos de mayor resolución espacial.

Para el presente estudio se trabajaron con 07 escenarios para proyecciones climáticas de precipitaciones y temperaturas, de un total de 39 proyecciones climáticas. Estas proyecciones climáticas fueron desarrolladas por el Instituto Ambiental de Estocolmo (SEI, siglas en inglés), con el apoyo del Centro Nacional para la Investigación de la Atmósfera (NCAR, siglas en inglés), usando 16 modelos globales bajo el método de arranque no paramétrico k-n o reordenando el modelo estadístico (PARA-Agua 2014), y por encargo del Consejo de las cuencas Chira y Piura, para el análisis del efecto del cambio climático en los recursos hídricos de estas cuencas.

En este subcapítulo se busca conocer los cambios en la precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media anual y humedad relativa para los años 2016-2062, tomando como período histórico los años 1997- 2018, esta base de datos de los escenarios de cambio climático han sido extraídos para la zona de Cieneguillo.

#### 4.1.3.1. Precipitación

Para el análisis de precipitación se utilizaron escenarios de cambio climático que nos ha permitido avizorar el panorama del comportamiento de la precipitación desde el año 2016 hasta el año 2062, comparándolo con los promedios de precipitación inter anual de la data histórica de los años 1997 al 2018.

En la Figura 25 nos muestra que los escenarios de cambio climático tienen diferentes comportamientos en promedio de precipitación, el escenario 15 muestra un incremento del 13.5% de la precipitación con respecto al promedio de datos históricos, el escenario 34 nos muestra una disminución del 58.7% con respecto a los datos históricos, esto nos indica que los escenarios de cambio climático tienen diferente comportamiento en el tiempo y pueden servir para realizar análisis de proyección pero que no son realmente confiables que se produzcan.

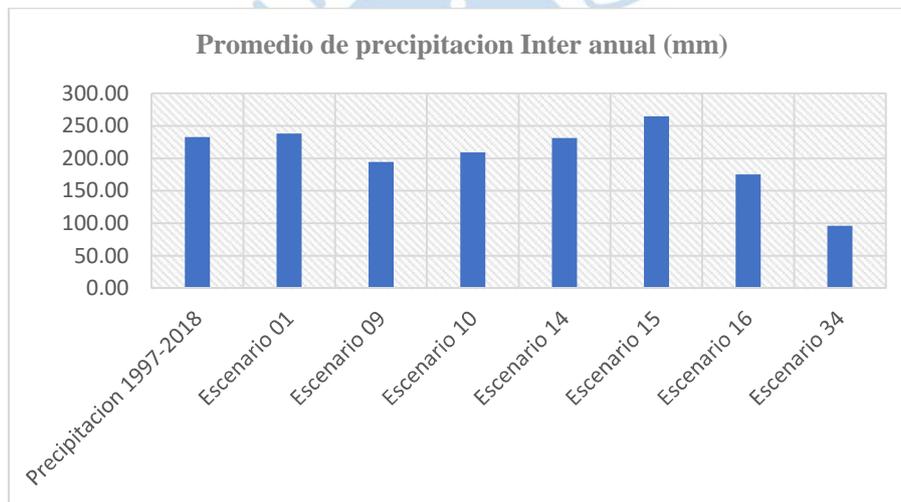


Figura 25. Comparativo de los promedios inter anuales de precipitación

Fuente: Elaboración propia

En Figura 26 observamos que la precipitación anual en algunos escenarios superara los 500 mm, lo que evidencia que podrían aumentar la incidencia del fenómeno de El Niño y El Niño Costero, también observamos que el escenario 01 en el año 2030 y el escenario 15 en el año 2035 muestran precipitaciones que superan los 1000 mm, esta cantidad de precipitación evidencia un fenómeno de El Niño de alta intensidad que podría traer muchas consecuencia en la productividad del banano, ya sea por la saturación de los suelos por la excesiva humedad, aparición de enfermedades fungosas así como la destrucción de canales y vías de acceso.

El Niño del año 1998, cuya precipitación llego a 1,764.20 mm, produjo una disminución de la productividad del 71.46% con respecto al año anterior, siendo muy devastador para este

sector, en el año 2017 se produjo el fenómeno de El Niño Costero, cuya precipitación registrada fue de 653.80 mm, estos fenómenos originaron una disminución en la productividad del 30.47% con respecto al año anterior, por eso es necesario tener en cuenta estos escenarios para poder tomar medidas de adaptación y mitigación que nos permita reducir este impacto.

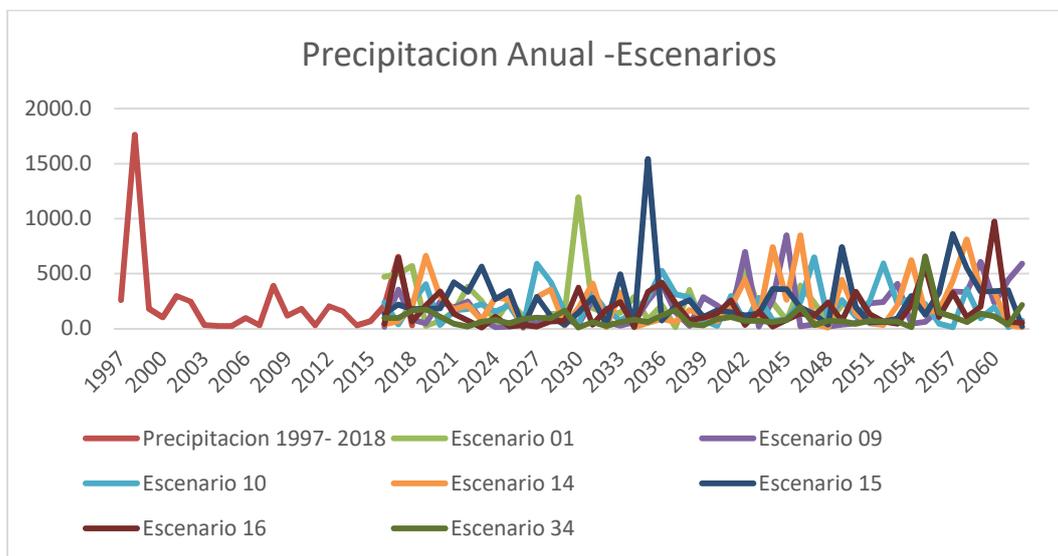


Figura 26. Comparativo de los promedios inter anuales de precipitación- Escenarios de cambio climático

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3.2. Temperatura

Con respecto a la temperatura Máxima, podemos observar en la Figura 27 que el comportamiento del promedio estacional de los escenarios es similar, las temperaturas máximas en los escenarios estudiados están en promedio de 29.77°C a 32.03°C, el promedio de temperatura máxima en los diferentes escenarios no logra superar el promedio de temperatura máxima de los años históricos (1997-2018), también podemos observar que en los meses de verano se presentan temperaturas mayores al promedio histórico en todos los escenarios, siendo el escenario 14 y el escenario 15 quienes presentan temperaturas máximas superiores al promedio histórico desde enero a mayo. Este aumento de temperatura podría resultar perjudicial al cultivo de banano ya que temperaturas que sobrepasan los 35°C ocasionan en el cultivo el cese de los procesos fisiológicos como fotosíntesis, respiración, emisión foliar, crecimiento, toma de nutrientes y la aparición de plagas y enfermedades.

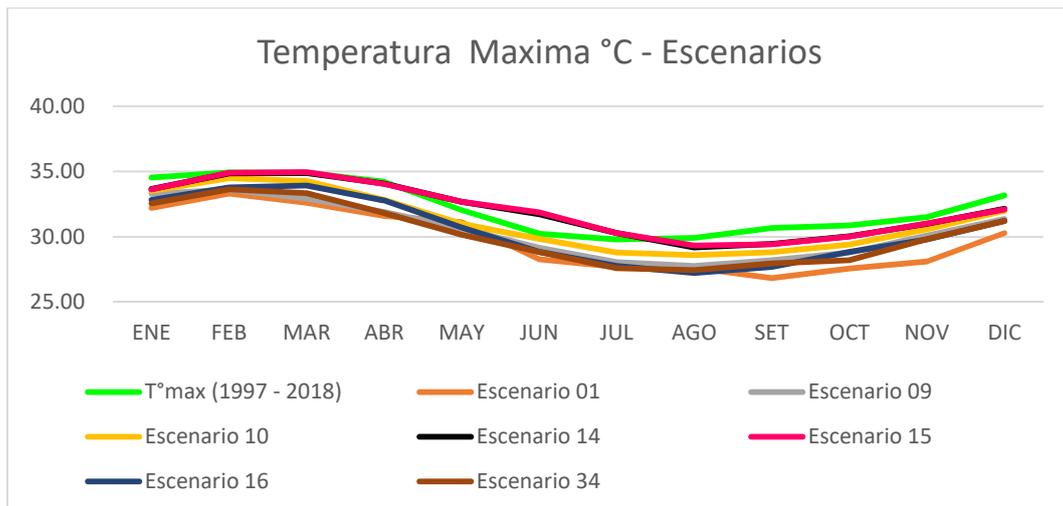


Figura 27. Promedio mensual de la temperatura máxima °C – Escenarios (2016-2062)

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 28 observamos que los escenarios estudiados muestran un incremento de la temperatura para el año 2062, los escenarios 14 y 15 muestran un incremento superior a la temperatura histórica a partir de los años 2047, siendo el caso que para el año 2061 la temperatura máxima llegaría a 35.30 °C en el escenarios 14 y 35.04 °C en el escenario 15, temperaturas que podrían generar problemas en la productividad del banano.

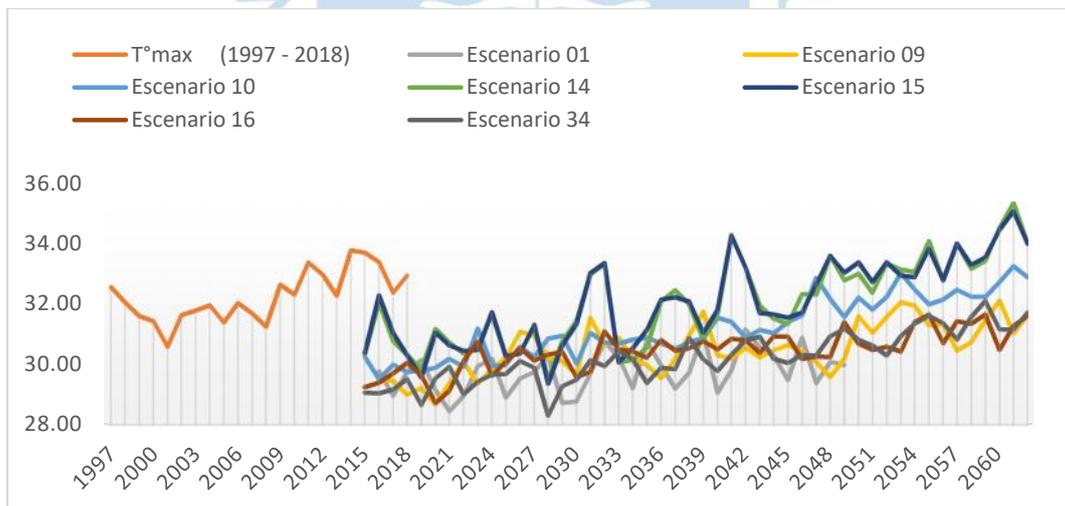


Figura 28. Temperatura máxima °C- Escenarios (2016-2062)

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la temperatura Mínima, podemos observar en la Figura 29 que el comportamiento del promedio estacional de los escenarios es similar con respecto a los datos históricos, las temperaturas mínimas estacional en los diferentes escenarios estudiados oscilan entre 18.28°C y 19.67°C, siendo en los meses de invierno donde se observan las menores temperaturas mínimas con respecto a los datos históricos, el escenario que ha mostrado

temperaturas inferiores a las temperaturas históricas es el escenario 01 llegando a 18.28°C en promedio, esta disminución podría ser perjudicial para el cultivo de banano debido a que temperaturas inferiores a 18°C detiene su crecimiento o pueden permitir la aparición de plagas o enfermedades.

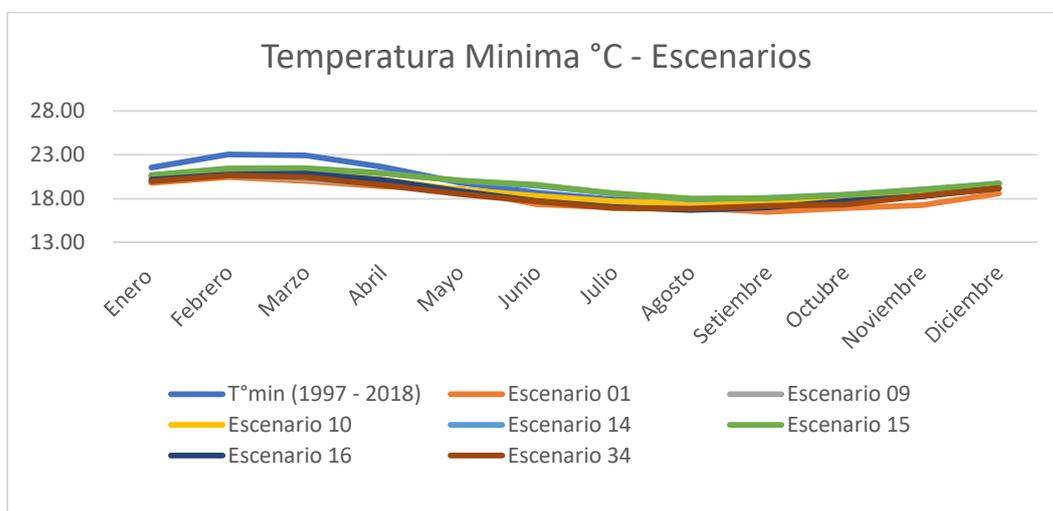


Figura 29. Promedio mensual de temperatura mínima °C – Escenarios (2016-2062)

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 30 observamos que en algunos escenarios estudiados muestran un ligero incremento de la temperatura para el año 2062, como es el caso de los escenarios 14 y 15 cuyo promedio inter anual es de 19.67°C y 19.69 °C respectivamente, pero no logran superar el promedio histórico de temperatura mínima que es de 19.72°C. El escenario que presenta la menor temperatura mínima es el escenario 01 cuyo valor es de 18.28°C, temperatura que podría afectar la productividad del banano.

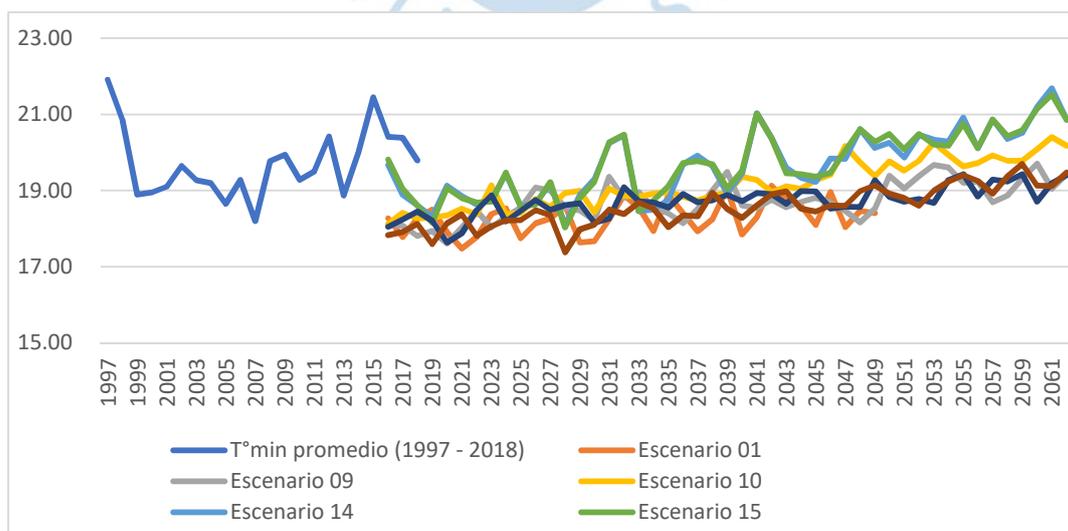


Figura 30. Temperatura mínima °C- Escenarios (2016-2062)

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la temperatura Media, podemos observar en la Figura 31 que el comportamiento del promedio estacional de los escenarios es casi similar, la temperatura media mensual en los diferentes escenarios estudiados están en el rango promedio de 24.03°C a 25.85°C, también podemos observar que todos los escenarios estudiados presentan temperaturas promedio menores que la temperatura histórica, siendo el escenario 01 el que presenta el menor valor de 24.03 °C, el escenario 14 y el escenario 15 muestran los niveles más altos del promedio de temperatura media cuyos valores son de 25.83 °C y 25.85 °C respectivamente, estos valores de los escenarios no afectan el desarrollo del banano más bien están en el rango idóneo de temperaturas para obtener una mejor productividad.

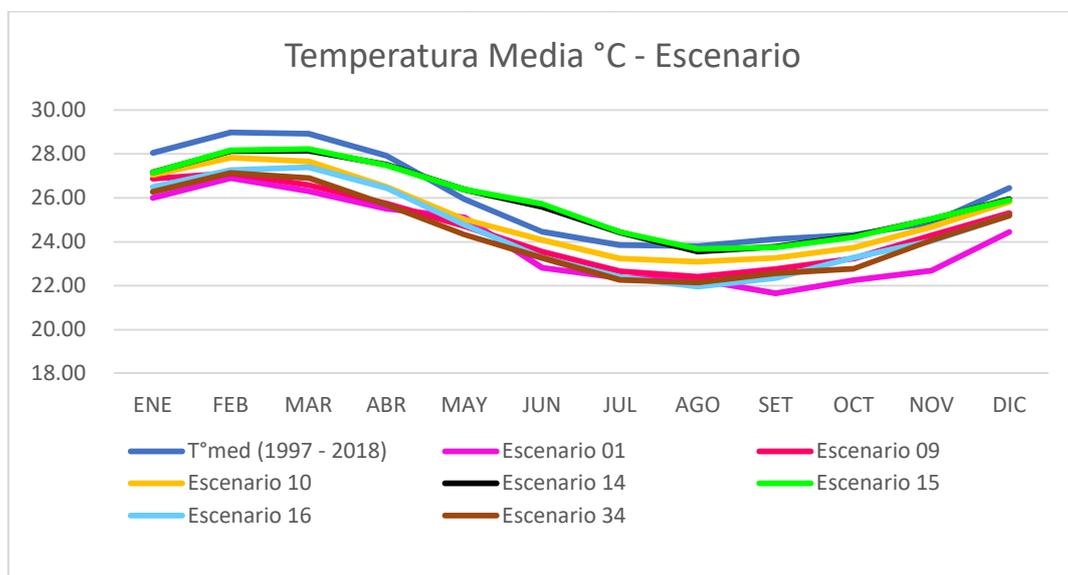


Figura 31. Temperatura Media Mensualizada °C – Escenarios (2016-2062)

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 32 podemos observar que la temperatura media en los diferentes escenarios muestran un comportamiento ascendente para el año 2062, los escenarios que muestran una mayor temperatura media son los escenarios 14 y 15, con temperaturas medias que llegan en el año 2061 a 28.49 °C y 28.28 °C respectivamente, temperaturas que se consideran ideales para el desarrollo del banano.

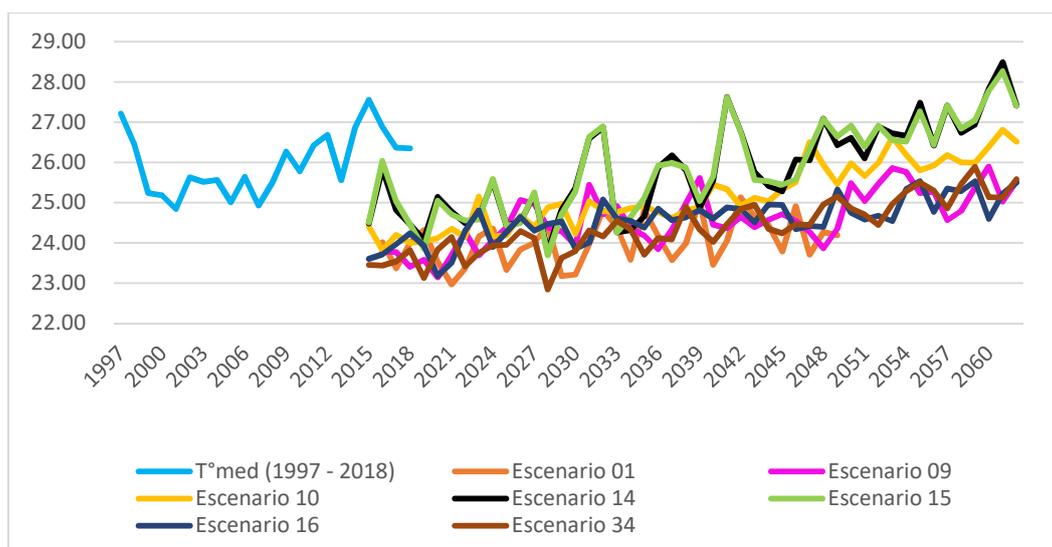


Figura 32. Temperatura Media °C – Escenarios (2016-2062)

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3.3. Humedad relativa

Con respecto a la humedad relativa, en la Figura 33 podemos observar que el comportamiento interanual muestra un patrón similar, esto debido a que no se ha encontrado trabajos de proyecciones para escenarios de cambio climático en Humedad relativa y se ha tenido que trabajar con la información histórica de los años 1997 al 2018, a partir del año 2019 se replicó la información histórica cada 22 años.

Los datos de humedad relativa están en el rango de 64.6 a 75.9, estos rangos que se están trabajando son los más ideales para el desarrollo del cultivo, esto debido a que humedad relativa por encima del 80% traería problemas de enfermedades fungosas como es la Sigatoka Negra, como se ha explicado en los capítulos anteriores.

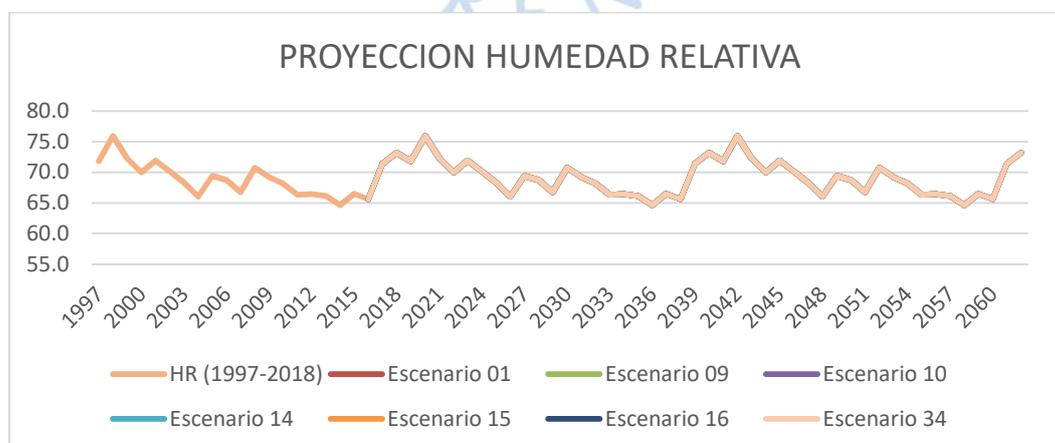


Figura 33. Humedad relativa (%) – Escenarios 2016 - 2062

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4. Metodología

La metodología consiste en la recopilación, identificación y selección de datos de las variables a investigar, revisión bibliográfica de teorías o estudios anteriores, reportes estadísticos, información de internet. Este estudio analiza el comportamiento de la temperatura, la precipitación y la humedad relativa de cada año de producción agrícola del cultivo de banano (*Musa Paradisiaca* Var. Cavendish), luego se han obtenido gráficos referidos a productividad, temperatura, humedad relativa y precipitación. Para tal efecto, se han definido las siguientes variables:

- ) Temperatura.
- ) Productividad.
- ) Precipitación.
- ) Humedad Relativa.
- ) Cambio climático de temperatura.
- ) Cambio climático de Precipitación.
- ) Cambio climático de Humedad relativa.

Dichas variables se han definido teniendo en cuenta las condiciones óptimas del cultivo. Por otro lado, se señala que toda esta información ha sido procesada y analizada con ayuda de EXCEL, entre otras herramientas e instrumentos.

##### 4.1.4.1. Procedimiento

Para el análisis de correlación se recopiló registros históricos diarios de temperatura máxima, media y mínima, precipitación y humedad relativa de la estación meteorológica CP MALLARES para la zona de estudio, cuya fuente de información fue proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). A través de este ente se recopiló información sobre la temperatura, la precipitación y la humedad relativa correspondiente a los años de 1997 al 2018 a escala mensual, por la cual se construyó una base de datos mensuales de las principales variables que influyen en la productividad del banano, teniendo en cuenta las condiciones óptimas del cultivo.

Así mismo se obtuvieron los datos de productividad proporcionado por la Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas – DGESEP del Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI, realizando un análisis de correlación para corregir datos atípicos presentados en esta información.

Con los datos ya definidos, se generó una base teniendo como datos la productividad de banano (Tm/Ha), el promedio anual de temperatura máxima (°C), el promedio anual de temperatura media (°C), promedio anual de húmeda relativa (%), precipitación total anual (mm) y el promedio anual de temperatura mínima (°C). Esta información finalmente nos permitió obtener modelos y gráficos para analizar el comportamiento de la productividad ante la variación de la temperatura, precipitación y humedad relativa.

Los parámetros obtenidos a partir de las estimaciones realizadas nos permitieron evaluar la consistencia de los modelos; y a partir de ello, evaluar la pertinencia de los modelos planteados.

#### 4.1.4.2. Producción

Los datos históricos de producción y productividad del cultivo de banano en la región Piura se recopilaron de la Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas – DGESEP del Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI y corresponden al período 1997-2018. A estos datos se les ha realizado un análisis de correlación entre la producción y superficie cosechada y la producción y la productividad, este análisis ha sido necesario realizar para corregir un dato atípico presentado el año 2002, donde indica que la superficie cosechada fue de 38,891 hectáreas, tal como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Datos de Producción, productividad y superficie cosechada de la región Piura – 1997 -2018

<i>Años</i>	<i>Producción (Tm)</i>	<i>Superficie Cosechada (Ha)</i>	<i>Productividad (Tm/Ha)</i>
1997	227,852	8,091	28.16
1998	44,421	5,527	8.04
1999	92,847	6,430	14.44
2000	166,275	7,213	23.05
2001	198,306	10,246	19.35
<b>2002</b>	<b>188,099</b>	<b>38,891</b>	<b>4.84</b>
2003	171,968	9,723	17.69
2004	168,591	9,893	17.04
2005	190,581	11,311	16.85
2006	233,467	11,000	21.22
2007	252,740	11,237	22.49
2008	233,813	1,067	219.13
2009	247,240	10,246	24.13
2010	262,378	10,715	24.49
2011	274,435	9,949	27.58

2012	287,926	10,971	26.24
2013	259,749	11,435	22.72
2014	242,296	11,802	20.53
2015	263,809	14,039	18.79
2016	274,342	14,324	19.15
2017	204,984	15,391	13.32
2018	313,907	15,008	20.92

Fuente: DGESEP- MINAGRI

Elaboración Propia

Para la obtención de los datos corregidos de superficie cosechada y productividad del año 2002 se realizó el análisis de correlación siendo la variable independiente la producción de banano (Tm) de los años 1997 al 2018; cómo podemos observar en la Figura 34 el análisis de correlación entre la producción y la superficie cosechada muestran un buen ajuste donde el  $R^2 = 0.7953$ , lo que significa que nuestra variable independiente (Producción) es capaz de explicar hasta un 79.53% de la variabilidad observada en nuestra variable dependiente (Superficie Cosechada).

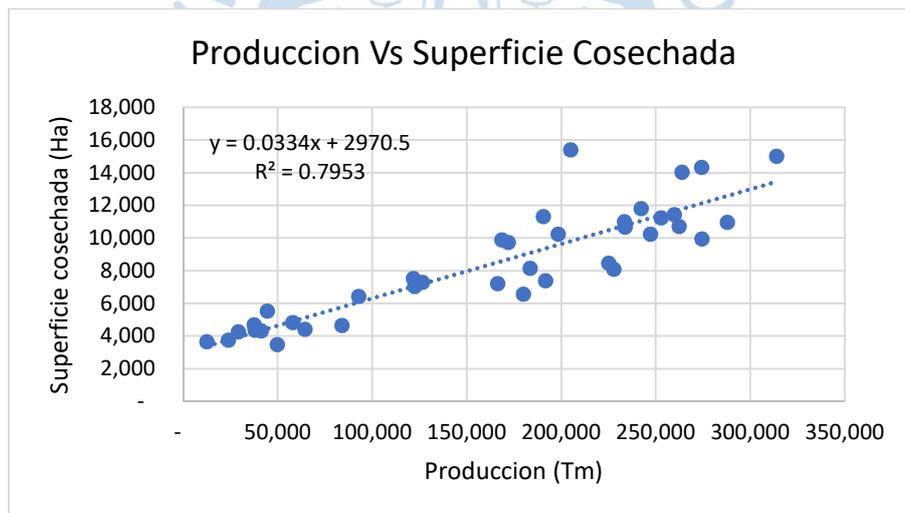


Figura 34. Análisis de serie de tiempo producción y superficie cosechada

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la Figura 35 el análisis de correlación entre la producción y la productividad muestran un buen ajuste donde el  $R^2 = 0.694$ , lo que significa que nuestra variable independiente (Producción) es capaz de explicar hasta un 69.4% de la variabilidad observada en nuestra variable dependiente (Productividad).

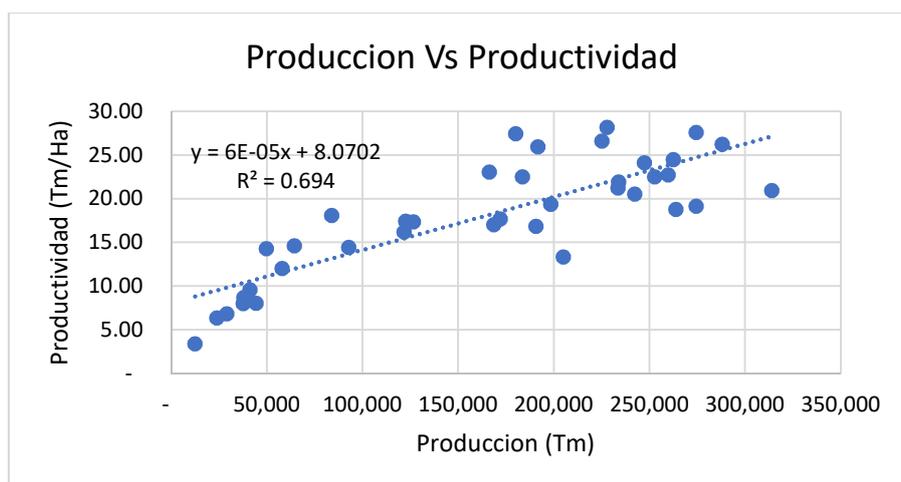


Figura 35. Análisis de serie de tiempo producción y productividad

Fuente: Elaboración propia

Con los valores estimados de la recta de regresión hacemos los cálculos para poder determinar los valores de productividad y superficie cosechada como se explica a continuación:

#### Cálculo del valor de la Productividad (Tm/Ha)

$$y = 6E-05x + 8.0702$$

$$y = 188099 * 6 * 10^{-5} + 8.0702$$

$$y = 19.36$$

#### Cálculo del valor de Superficie cosechada (Ha)

$$y = 0.0334x + 2970.5$$

$$y = 188099 * 0.0334 + 2970.5$$

$$y = 9253.01$$

Obtenido los valores de productividad y superficie cosechada se procede a modificar los datos atípicos encontrados en la tabla 8, generando una nueva tabla que es la que servirá para realizar los cálculos de productividad a través del análisis de regresión, tal como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Datos corregidos de Producción, productividad y superficie cosechada de la región Piura – 1997 -2018

Años	Producción (Tm)	Superficie Cosechada (Ha)	Productividad (Tm/Ha)
1997	227,852	8,091	28.16
1998	44,421	5,527	8.04
1999	92,847	6,430	14.44
2000	166,275	7,213	23.05
2001	198,306	10,246	19.35
<b>2002</b>	<b>188,099</b>	<b>9,253</b>	<b>19.36</b>

2003	171,968	9,723	17.69
2004	168,591	9,893	17.04
2005	190,581	11,311	16.85
2006	233,467	11,000	21.22
2007	252,740	11,237	22.49
2008	233,813	1,067	219.13
2009	247,240	10,246	24.13
2010	262,378	10,715	24.49
2011	274,435	9,949	27.58
2012	287,926	10,971	26.24
2013	259,749	11,435	22.72
2014	242,296	11,802	20.53
2015	263,809	14,039	18.79
2016	274,342	14,324	19.15
2017	204,984	15,391	13.32
2018	313,907	15,008	20.92

Fuente: DGESEP- MINAGRI

Elaboración Propia

#### 4.1.4.3. Análisis de correlación

Para el análisis de datos de la productividad y los factores climáticos se utilizó la técnica de correlación, esta técnica nos ha permitido describir el grado de relación que hay entre la productividad y los factores climáticos (temperatura máxima, media y mínima, humedad relativa y la precipitación); para determinar el valor de fuerza de la relación se utilizó el coeficiente de correlación ( $R^2$ ), el cual puede asumir valores de +1 y -1 y nos puede indicar si existe poca o ninguna correlación.

En nuestro estudio también se utilizó el método de la función de regresión lineal múltiple para explicar la productividad del banano bajo condiciones del cambio climático, con este análisis se ha podido determinar que la productividad del banano esta explicada por la variables climáticas (temperatura, humedad relativa y precipitación), para la determinación del mejor modelo se tuvo en cuenta el mejor coeficiente de correlación ajustada.

#### 4.1.4.4. Producción por cambio climático

En ésta investigación se busca demostrar como el cambio climático al que está sujeto el cultivo de banano se manifiesta de manera visible, a través de sus efectos que ocasionan los cambios en las temperaturas, los niveles de precipitación y la humedad relativa.

Para poder explicar cómo el cambio climático influye en la productividad del banano se ha realizado el análisis de correlación y a través del grafico de dispersión se ha podido determinar cuáles son las variables de cambio climático que tienen mayor influencia, pudiendo

observar que la temperatura mínima, la precipitación y la humedad relativa son los que tienen mejor coeficiente de correlación y que de producirse una variación afectaría negativamente en la productividad del banano.

La producción del banano bajo los escenarios de cambio climático busca determinar cuánto se verá afectada la productividad del banano para el año 2062, para esto se ha elegido el modelo que ha presentado el mejor coeficiente de correlación, el cual permitirá a través de los escenarios realizar estas proyecciones de productividad.

Según los escenarios estudiados las proyecciones de cambio climático en lo que se refiere a precipitación solo el escenario 01 y el escenario 15 presentan un aumento del 2.2% y 13.50% respectivamente en relación al promedio históricos de precipitación que es de 232.88 mm, con respecto a la temperatura máxima ninguno de los escenarios supera el promedio históricos de temperatura máxima que es de 32.24 °C, en lo que respecta a la temperatura mínima el escenario 01 es el que presenta la temperatura mínima más baja en comparación con los demás escenarios, esta disminución representa el 7% en relación al promedio históricos de temperatura mínima que es de 19.72 °C, en el caso de la temperatura media ninguno de los escenarios supera el promedio histórico de temperatura media que es de 25.98 °C. De acuerdo a las proyecciones climáticas de los escenarios analizados, las condiciones climáticas de la región Piura son apropiadas para continuar con los negocios relacionados al cultivo y comercialización del banano.



## Capítulo 5. Resultados y discusión

### 5.1. Análisis de la serie de tiempo de la productividad por hectárea y la producción

En éste estudio, se considera la productividad como una medida estimada en TM por Ha., la cual es en realidad una medida de eficiencia agrícola, que en el caso del banano se muestra volátil en el período 1980-2018; al mismo tiempo de acuerdo con la Figura 36 se observa una clara tendencia de aumento de la producción por año, cuyos valores están entre 12,000 TM y 300,000 TM; mostrando niveles mínimos en los años 1983 y 1998 con una producción de 12,427 TM y 44,421 TM respectivamente y una productividad de 3.40 TM/Ha y 8.04 TM/Ha, esta caída de la productividad se debe principalmente por la presencia del fenómeno del niño.

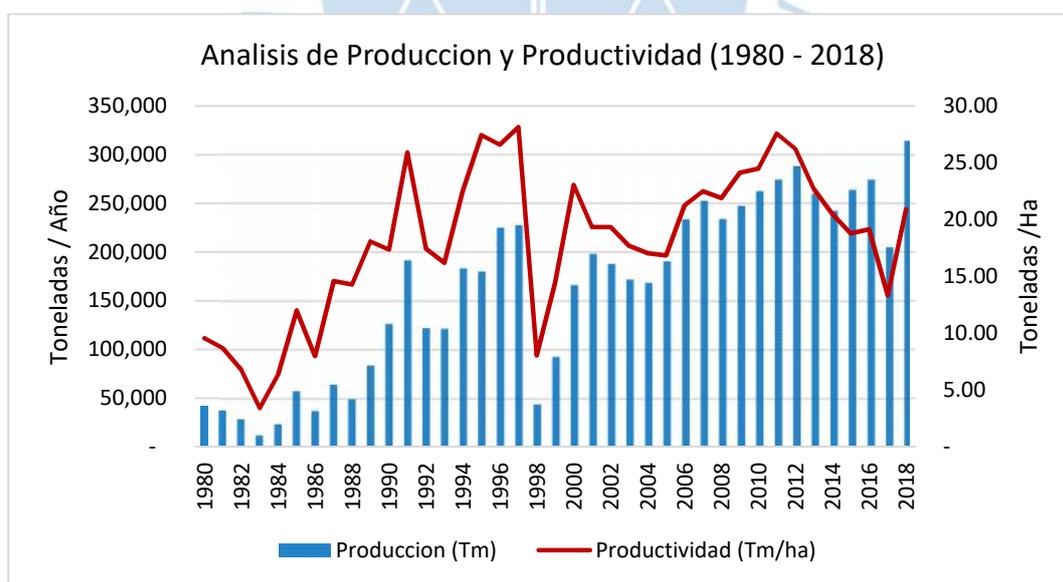


Figura 36. Análisis de serie de tiempo producción y productividad

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se observa a partir del mismo gráfico que los niveles máximos de productividad se logran en los años 1997 y 2011; años en que la productividad alcanzó niveles

cercanos a 30 Tm por hectárea, situación que se debió a los mejores desempeños de los agricultores, mejoras notables en tecnología agrícola y ampliaciones de la frontera agrícola.

## 5.2. Análisis de modelos climáticos de banano evaluados

El cultivo de banano no tiene una estacionalidad marcada, es decir que produce todo el año; desde la siembra hasta la floración hay un periodo de tiempo de 6 meses y de la floración a la cosecha 3 meses, las diferentes etapas fenológica del cultivo depende mucho de los factores climáticos principalmente como la temperatura, precipitación y humedad relativa que influyen mucho en la fotosíntesis del cultivo de banano.

En este trabajo el enfoque econométrico utilizado se basa en la función de regresión lineal múltiple expresado en el estudio de 5 modelos, los cuales determinaran cuales son las variables de cambio climático que mejor explican la productividad del banano, para cada modelo se ha utilizado diferentes variables climáticas, siendo el modelo 05 quien ha utilizado todas las variables climáticas descritas para el presente estudio, la determinación del mejor modelo servirá para realizar las proyecciones de productividad utilizando los escenarios de cambio climático.

Tabla 10. Resumen de los Modelos para la estimación de productividad en el cultivo de banano (TM/Ha)

<i>Variables</i>	<i>Modelo 01</i>	<i>Modelo 02</i>	<i>Modelo 03</i>	<i>Modelo 04</i>	<i>Modelo 05</i>
<i>Constante</i>	37.007687 (0.502217)	-29.8783 (-0.376669)	2.578868 ( 0.030729)	-27.981873 (-0.456364)	34.874062 (0.450397)
<i>T°max. anual</i>	0.918534 (0.564153)	1.596864 (1.004722)	1.605936 (0.833340)		-4.124804 (-1.287294)
<i>T°med. Anual</i>				3.041618 (1.894233)	6.165034 (2.131741)
<i>HRmed. Anual</i>	-0.679619 (-1.447482)	-0.003528 (-0.006027)	-0.197351 (-0.300310)	-0.004154 (-0.007620)	-0.353017 (-0.589286)
<i>PPtotal anual</i>		-0.007199 (-1.777397)	-0.005059 (-1.240586)	-0.006799 (- 1.742772)	-0.008125 (-2.051805)
<i>T°min. anual(año 0)</i>			-1.026072 (-0.650961)	-1.492825 (- 1.104157)	-0.800332 (-0.559633)
<i>R<sup>2</sup></i>	0.178537	0.301185	0.363221	0.457290	0.511281
<i>R<sup>2</sup> ajustado</i>	0.092067	0.184715	0.204027	0.321612	0.348375
<i>Coefficiente de correlación múltiple</i>	0.422536	0.548803	0.602679	0.676232	0.715039

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar en la Tabla 10, que los diferentes modelos utilizados para estimar la productividad del cultivo de banano tienen un coeficiente de determinación  $R^2$  ajustado bajo, esto debido a que los cálculos de regresión se han realizado con los datos originales de producción obtenidos de la DGESEP del MINAGRI, los cuales han presentado un dato atípico en la superficie cosechada del año 2002, se realizó el análisis de regresión a estos datos obteniendo que el modelo 05 es el que tiene el mejor coeficiente de determinación  $R^2$  ajustado igual a 0.3483, lo que nos indica que los factores de temperatura máxima, media, mínima, humedad relativa y precipitación explican en 34.83% la productividad del banano y el 65.17% restante depende de otros factores como suelo, fertilización, manejo, etc.

Este modelo 05 nos permite tener los parámetros necesarios para realizar las proyecciones de productividad utilizando los escenarios de cambio climático y cómo afectaría un aumento o disminución drástica en la temperatura, humedad relativa y precipitación.

La fórmula del modelo 05 se describe a continuación:

$$P = 34.874062 - 4.124804 * T_{max}^{a} + 6.165034 * T_{media}^{a} - 0.353017 * H_{med}^{a} - 0.008125 * P_{total}^{a} - 0.800332 * T_{min}^{a} \quad (año 0)$$

Donde:

$T_{max}^{a}$  = Temperatura máxima anual

$T_{media}^{a}$  = Temperatura media anual

$H_{med}^{a}$  = Humedad Relativa media anual

$P_{total}^{a}$  = Precipitación total anual

$T_{min}^{a}$  = Temperatura mínima

El periodo de análisis para el cual fue estimado el modelo propuesto, comprende los años 1997 al 2018. Los datos provienen de series de tiempo referidas a la “productividad por hectárea del cultivo de banano ( $Tm/ha$ )”, la cual se obtuvo de la base de información de la Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas – DGESEP del Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI.

En relación a las variables climáticas, la información se obtuvo del SENHAMI, tanto para lo referido a la variable “Temperatura” en donde se precisaron indicadores de niveles máximo, media y mínimo, para períodos mensuales y para cada año ( $^{\circ}C$ ); mientras que, para la “Humedad Relativa” medida como valor medio mensual de cada año se utilizaron datos del período 1997-2018. Igualmente, la información para la variable “Precipitaciones Pluviales”

medidas en milímetros mensuales por año; fue obtenida del SENAMHI, específicamente de la estación meteorológica Mallares.

Según los estudios realizados en banano explicados en los capítulos anteriores, las temperaturas bajas no favorecen en las mejoras de la productividad en el cultivo de banano; y que por encima de los 18°C es donde se pueden esperar mejoras en la productividad. Lo opuesto ocurre con temperaturas mayores a 35°, a partir del cual se puede afectar los niveles de eficiencia de éste cultivo.

Del trabajo realizado podemos observar que la temperatura, la humedad relativa y la precipitación influyen en la productividad del banano, esto nos permite dar una mayor relevancia a los ecosistemas de la región, y específicamente en el Valle del Chira en donde la temperatura oscila entre 19°C y 29°C ideales para el cultivo. De ello, se deduce que es, entonces, recomendable orientar hacia la producción este cultivo por ser un producto de zona tropical.

Tabla 11. Resumen de los Modelos corregidos para la estimación de productividad en el cultivo de banano(Tm/Ha)

<b>Variables</b>	<b>Modelo 01</b>	<b>Modelo 02</b>	<b>Modelo 03</b>	<b>Modelo 04</b>	<b>Modelo 05</b>
Constante	56.884269 (0.952417)	-12.232627 (-0.201654)	25.310809 (0.462467)	38.518267 (0.823644)	2.653116 (0.043870)
T°max. anual	0.316147 (0.239567)	1.017102 (0.836809)	1.357237 (1.111233)		2.353584 (0.940432)
T°med. Anual				0.890092 (0.726777)	-0.892107 (-0.394947)
HRmed. Anual	-0.676686 (-1.778158)	0.021955 (0.049045)	-0.162405 (-0.390146)	-0.212460 (-0.511006)	-0.013401 (-0.028641)
PPtotal anual		-0.007439 (-2.401692)	-0.004060 (-1.386206)	-0.005331 (-1.791647)	-0.004575 (-1.479145)
T°min. anual(año 0)			-1.874068 (-1.692578)	-1.299416 (-1.260109)	-1.694548 (-1.517087)
R <sup>2</sup>	0.197984	0.392620	0.550277	0.515435	0.5424143
R <sup>2</sup> ajustado	0.113562	0.291390	0.437847	0.394293	0.389886
Coeficiente de correlación múltiple	0.444954	0.626594	0.741807	0.717938	0.736488

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 11, podemos observar que los resultados obtenidos del análisis de regresión difieren de la tabla 10, debido a que se han utilizado los datos de productividad corregidos del año 2002, los modelos utilizados señalan diversidad de escenarios posibles en los que se puede insertar la decisión de promover e incursionar en el cultivo de banano. En esta tabla también

observamos que el modelo 01 y 02 deben ser descartados debido a que presentan un bajo coeficiente de determinación  $R^2 = 0.1980$  y  $R^2 = 0.3926$  respectivamente, esto indica que la productividad del banano esta explicada por el modelo 01 en un 19.80% por las variables temperatura máxima y humedad relativa y explicada por el modelo 02 en 39.26% por las variables de temperatura máxima, humedad relativa y precipitación; niveles que caen drásticamente si evaluamos mediante el  $R^2$  ajustado.

El escenario de significancia mejoran en los modelos 03, 04 y 05, incluso con coeficientes de correlación por encima del 70%; y si bien el modelo 03 presenta además, el mejor coeficiente de determinación  $R^2$  ajustado igual a 0.4378, podemos decir que la productividad del banano solo esta explicada en un 43.78 % por las variables temperatura máxima, mínima, humedad relativa y precipitación, y el 56.22 % por otras variables como suelo, fertilización y manejo agronómico. Según los resultados indican que la productividad del banano se mantuvo creciente, y que de presentarse un aumento de un grado centígrado en la temperatura máxima la productividad del banano aumenta en 1.357 Tm, manteniendo constante las demás variables. Por otro lado, también indica que por cada variación en una unidad el porcentaje de la humedad relativa la productividad del banano disminuye en 0.162 Tm, así mismo por cada variación en un milímetro de precipitación la productividad del banano disminuye en 0.004 Tm. Finalmente por cada variación en un grado centígrado en la temperatura mínima la productividad del banano disminuye en 1.874 Tm.

Entonces a partir del modelo 03, utilizando los datos de temperatura máxima, humedad relativa, precipitación y temperatura mínima de los diferentes escenarios, podemos realizar las proyecciones de productividad aplicando la siguiente formula.

$$P = 25.310809 + 1.357237 * T_{\text{max}} - 0.162405 * H - 0.004060 * P - 1.874068 * T_{\text{min}} \quad a \quad (\text{año } a)$$

Donde:

$T^{\circ}\text{max}_{\text{anual}}$  = Temperatura máxima anual

$HR_{\text{med}_{\text{anual}}}$  = Humedad Relativa media anual

$PP_{\text{total}_{\text{anual}}}$  = Precipitación total anual

$T^{\circ}\text{min}_{\text{anual}}$  = Temperatura mínima

### 5.3. Análisis de la productividad bajo los escenarios de cambio climático

El análisis nos ha permitido conocer el comportamiento que tendrá la productividad del banano bajo los diferentes escenarios del cambio climático proyectado desde el año 2016 al 2062.

Como podemos observar en la Figura 37 la productividad proyectada para los años 2016 al 2062 han sido calculadas a través de la función de productividad del modelo 03 que mejor coeficiente de determinación ha tenido  $R^2$  ajustado igual a 0.4378. A través de esta función y utilizando las proyecciones de cambio climáticas de cada escenario (temperatura máxima, temperatura mínima (año 0), humedad relativa y precipitación), se ha podido calcular la productividad promedio para cada uno de los escenarios siendo el escenario 01 el que presento el mayor promedio de productividad con 19.31 Tm /Ha, inferior a la productividad histórica de los años 1997 -2018 que es de 20,34 Tm/Ha.

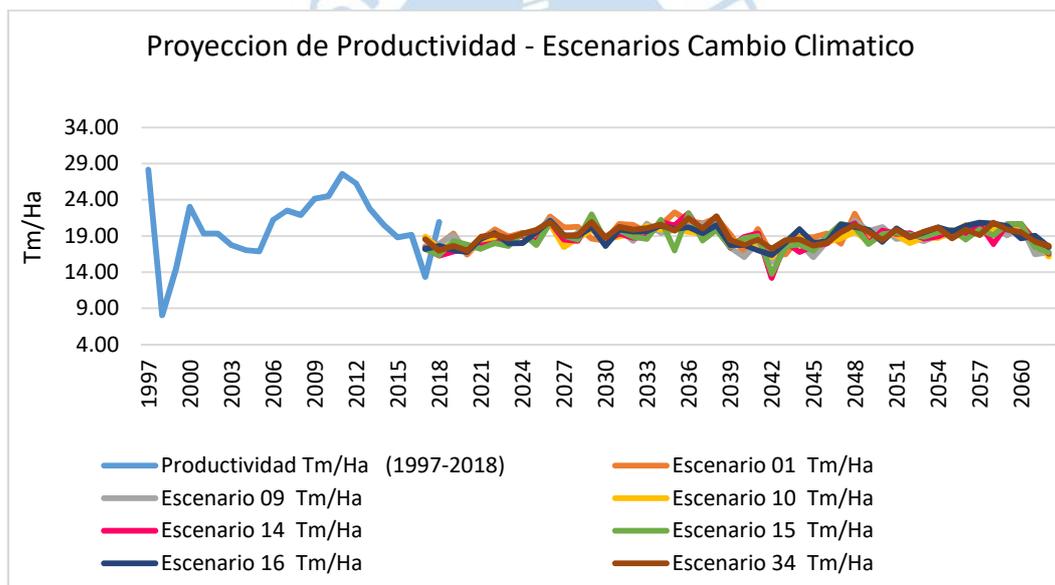


Figura 37. Análisis de serie de tiempo productividad bajo los escenarios de cambio climático

Fuente: Elaboración propia

También podemos observar que en el año 2042 la productividad en el escenario 14 y escenario 15 bajan a 13.22 Tm/Ha y 13.76 Tm/Ha respectivamente, esto se debe a que la temperatura mínima en estos dos escenarios presento un aumento de más de 3°C en relación a la temperatura mínima promedio de los años históricos que es de 17.82°C.

#### 5.4. Resultados de la correlación entre temperatura y productividad

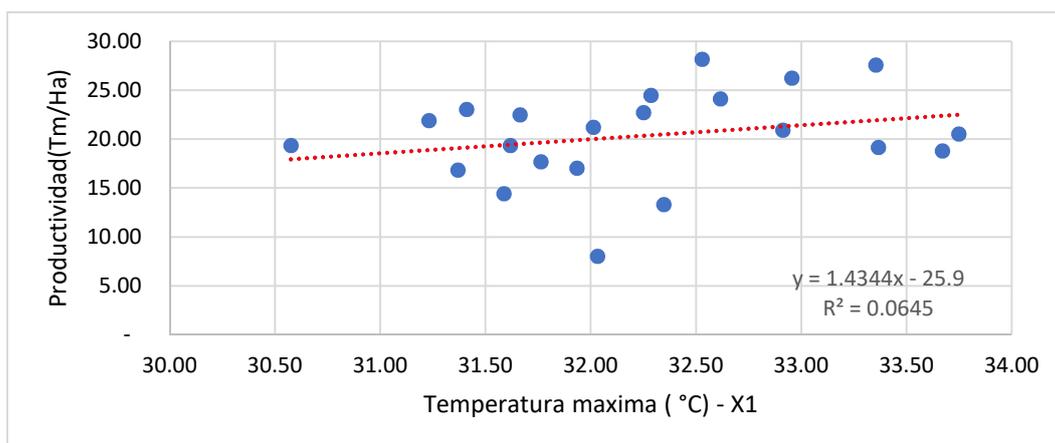


Figura 38. Correlación entre temperatura máxima y productividad

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 38 se observa que para el cultivo de banano, en un escenario sin cambio climático, existe una baja correlación entre la temperatura máxima (°C) y la productividad (Tm/Ha). Esta asociación es directa y positiva, lo cual indica que el cultivo de banano obtiene la mejor productividad cuando la temperatura máxima oscila entre 30°C y 34°C, pero cuando la temperatura máxima sobrepasa los 35°C sí podrían causar daños en el cultivo de banano ocasionando cese de los procesos fisiológicos como fotosíntesis, respiración, emisión foliar, crecimiento, toma de nutrientes, y la aparición de plagas y enfermedades.

Esta afirmación se corrobora si consideramos que el coeficiente de correlación múltiple es de 0.254 y que el coeficiente de determinación  $R^2$ , nos indica que la productividad del banano esta explicada en 6.45% por la variable temperatura máxima.

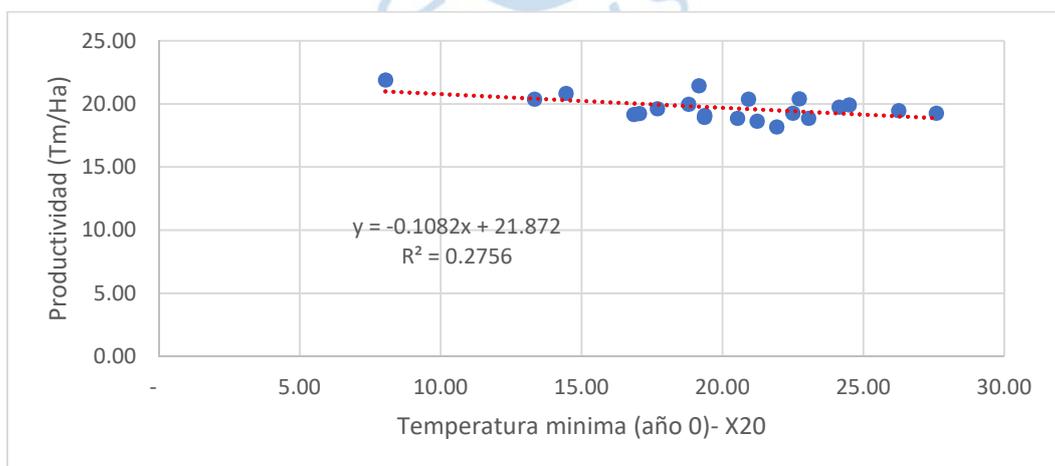


Figura 39. Correlación entre la temperatura mínima y productividad

Fuente: Elaboración propia

En la figura 39 se observa que para el cultivo de banano, en un escenario sin cambio climático, existe una clara influencia entre la temperatura mínima ( $^{\circ}\text{C}$ ) y la productividad ( $\text{Tm}/\text{Ha}$ ). Esta asociación es inversa y negativa, lo cual indica que el cultivo de banano reduce su productividad cuando la temperatura mínima sobre pasa los  $20^{\circ}\text{C}$ , la idoneidad de la temperatura mínima para lograr la mejor productividad es de  $18^{\circ}\text{C}$ , estudios demuestran que temperaturas menores a  $18^{\circ}\text{C}$  la productividad en el banano se reduce. Esta afirmación se corrobora si consideramos el coeficiente de correlación múltiple de 0.52 y que el coeficiente de determinación  $R^2$ , nos indica que la productividad del banano esta explicada en 27.56% por la variable temperatura mínima.

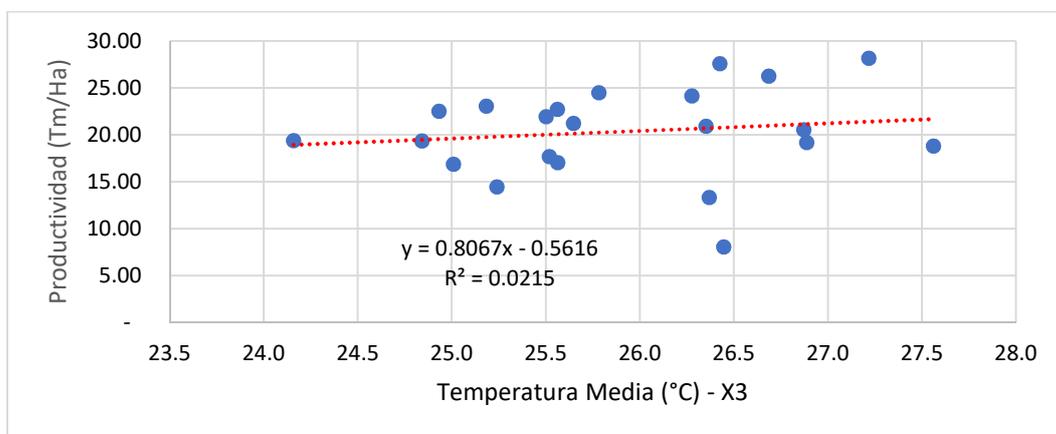


Figura 40. Correlación entre la temperatura media y productividad

Fuente: Elaboración propia

Según la figura 40 se observa que para el cultivo de banano, en un escenario sin cambio climático, existe una baja correlación entre la temperatura media ( $^{\circ}\text{C}$ ) y la productividad ( $\text{Tm}/\text{Ha}$ ). Esta asociación es directa y positiva, lo cual indica que el cultivo de banano para obtener la mejor productividad necesita que la temperatura media supere los  $24^{\circ}\text{C}$ , estas temperaturas medias están en el rango de idoneidad del cultivo de banano, pero también esta temperatura puede propiciar la aparición de plagas y enfermedades.

Esta afirmación se corrobora si consideramos el coeficiente de correlación múltiple es de 0.14 y que el coeficiente de determinación  $R^2$ , nos indica que la productividad del banano esta explicada en 2.15% por la variable temperatura media.

### 5.5. Resultados de la correlación entre la precipitación y productividad

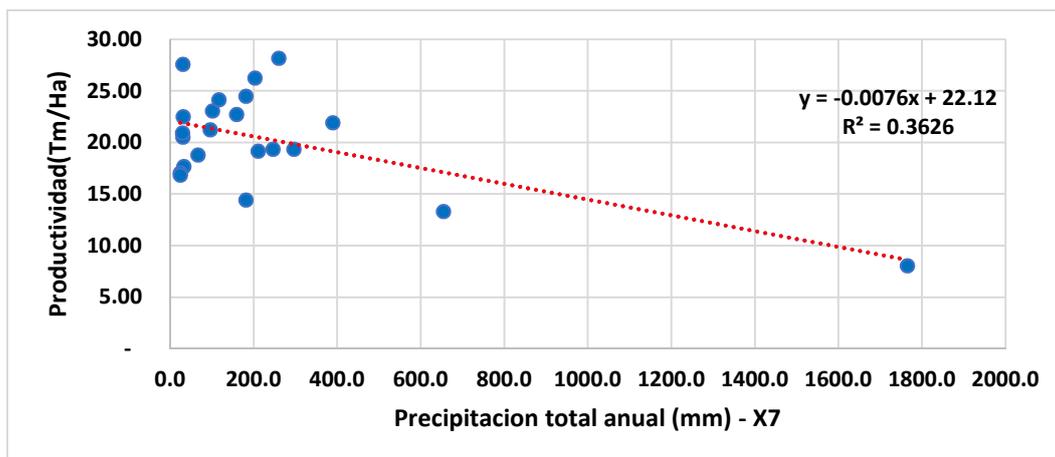


Figura 41. Correlación entre la precipitación y productividad

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la Figura 41 que para el cultivo de banano, en un escenario sin cambio climático, existe una clara influencia entre la precipitación (mm) y la productividad (Tm/Ha). Esta asociación es inversa y negativa, lo cual indica que el cultivo de banano obtiene la mejor productividad cuando la precipitación es menor a los 500 mm, pero cuando la precipitación sobrepasa los 500 mm sí podrían causar daños en el cultivo de banano ocasionando muerte de las raíces por la saturación de los suelos, aparición de plagas y enfermedades.

Esta afirmación se corrobora si consideramos el coeficiente de correlación múltiple de 0.602 y que el coeficiente de determinación  $R^2$ , nos indica que la productividad del banano esta explicada en 36.26% por la variable precipitación.

## 5.6. Resultados de la correlación entre la humedad relativa y la productividad

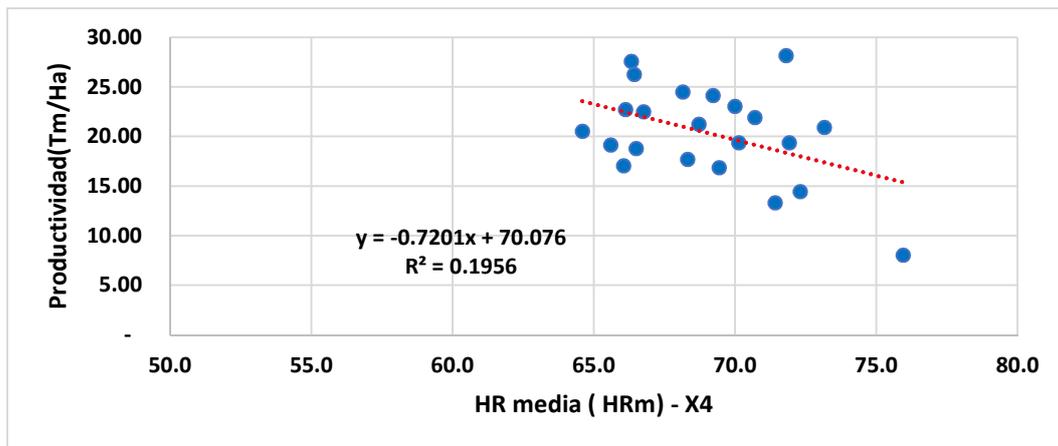


Figura 42. Correlación entre la humedad relativa y productividad

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 42 se observa que para el cultivo de banano, en un escenario sin cambio climático, existe una clara influencia entre la humedad relativa (Hr) y la productividad (Tm/Ha). Esta asociación es inversa y negativa, lo cual indica que cuando el cultivo de banano está expuesto a excesos de humedad relativa, por encima de los 75 % podrían causar disminución en la productividad, esto por la aparición de enfermedades como la Sigatoka Negra, Fusarium, etc. Esta afirmación se corrobora si consideramos el coeficiente de correlación múltiple es de 0.442 y que el coeficiente de determinación R<sup>2</sup>, nos indica que la productividad del banano esta explicada en 19.56% por la variable humedad relativa.

## 5.7. Análisis conjunto de las variables estudiadas

Tabla 12. Análisis estadístico de las variables de estudio

Año	Productividad	Promedio anual Tmax	Promedio anual Hrmed	Lluvia total anual	Promedio anual Tmin (año 0)
	Tm/Ha	°C	%	mm	°C
		X1	X4	X7	X20
<b>1997</b>	28.16	32.53	71.80	259.90	
<b>1998</b>	8.04	32.03	75.94	1764.20	21.91
<b>1999</b>	14.44	31.59	72.30	180.90	20.86
<b>2000</b>	23.05	31.41	69.99	101.00	18.89
<b>2001</b>	19.35	30.57	71.92	295.60	18.96
<b>2002</b>	19.36	31.62	70.12	245.80	19.11
<b>2003</b>	17.69	31.76	68.32	32.50	19.65
<b>2004</b>	17.04	31.93	66.04	24.00	19.27
<b>2005</b>	16.85	31.37	69.43	24.30	19.19

<b>2006</b>	21.22	32.01	68.71	95.70	18.65
<b>2007</b>	22.49	31.66	66.76	30.80	19.28
<b>2008</b>	21.91	31.23	70.69	389.20	18.20
<b>2009</b>	24.13	32.61	69.22	116.80	19.77
<b>2010</b>	24.49	32.29	68.14	181.50	19.94
<b>2011</b>	27.58	33.35	66.31	30.20	19.28
<b>2012</b>	26.24	32.95	66.42	202.60	19.50
<b>2013</b>	22.72	32.25	66.11	158.55	20.41
<b>2014</b>	20.53	33.75	64.59	30.40	18.87
<b>2015</b>	18.79	33.67	66.50	66.40	20.00
<b>2016</b>	19.15	33.37	65.59	210.20	21.45
<b>2017</b>	13.32	32.35	71.41	653.80	20.41
<b>2018</b>	20.92	32.91	73.15	29.10	21.39
<b>Promedio</b>	20.34	32.24	69.07	232.88	19.76
<b>Varianza</b>	22.51	0.71	8.49	139657.56	0.98
<b>Desv Estándar</b>	4.74	0.84	2.91	373.71	0.99
<b>Valor Max</b>	28.16	33.75	75.94	1764.20	21.91
<b>Valor Min</b>	8.04	30.57	64.59	24.00	18.20

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la Tabla 12 para el período de análisis, la productividad del banano orgánico muestra un nivel promedio de 20,34 Tm/Ha, valor que se dispersa entre valores mínimos de 8.04 Tm/Ha y niveles máximos de productividad de 28.16 Tm/Ha. Este resultado quiere decir, que los factores que determinan la productividad media del banano muestran una variabilidad hasta del 23.32% respecto a la media, valor que resulta relativamente alto si lo comparamos con la variabilidad de las variables dependientes como es la humedad relativa, y la temperatura. En éstos, se observa que se trata de variables de baja dispersión (menor al 5%), por lo que la alta vulnerabilidad de la productividad del banano se debería a otros factores como el manejo agronómico del cultivo, los tipos de suelos, la tecnología utilizada u los fertilizantes, entre otras prácticas culturales propias de la agricultura local, con respecto a la precipitación hay una alta dispersión (160.47%), por lo que la vulnerabilidad de la productividad del banano se da sobre todo en el fenómeno de El Niño.

Bajo ésta mirada, se puede afirmar que, por ejemplo, la temperatura máxima oscila entre niveles de 30.57 y 33.75 °C, lo cual sería un rango de variación de baja dispersión (2.61%) respecto al valor promedio de la temperatura máxima (32.24 °C), la temperatura mínima oscila entre niveles de 18.20°C y 21.91 °C, lo cual sería un rango de variación de baja dispersión (5.0%) respecto al valor promedio de la temperatura mínima (19.76 °C).

Con respecto a la humedad relativa los niveles porcentuales oscilan entre 64.59% y 75.94 %, lo cual sería un rango de variación de baja dispersión (4.22%) respecto al valor promedio de la humedad relativa (69.07%).

La precipitación también juega un papel importante en la productividad del banano, los niveles oscilan entre 24 mm y 1764.20 mm, lo cual sería un rango de variación de alta dispersión (160.47%) respecto al valor promedio de la precipitación (232.88 mm).



## Conclusiones

- ) Se concluye que, en efecto, existe relación inversa entre los efectos del cambio climático y la productividad del banano, debido a los factores de humedad relativa, precipitaciones y temperaturas. Dicho hallazgo verificado en la producción regional de banano muestra entonces que para mejorar la productividad en éste cultivo se debe implementar medidas de mitigación y adaptación a dichos efectos.
- ) Se concluye que, en efecto, existe una correlación directa entre la temperatura máxima e inversa entre la temperatura mínima y la productividad del banano, sin embargo la investigación demuestra que temperaturas mayores a 34°C y menores de 18°C la productividad baja, lo que demuestra que la región Piura es apropiada para el cultivo de banano, evidenciándose un incremento de áreas sembradas en la zona del alto Piura.
- ) Se concluye que, en efecto, existe una correlación inversa entre la precipitación y la productividad del banano, sobre todo en los años donde se presenta el fenómeno de El Niño o Niño Costero, causando inundaciones en los campos de cultivo por la deficiencia en la infraestructura del sistema de drenaje en nuestra región Piura.
- ) Se concluye que, en efecto, existe correlación inversa entre la Humedad Relativa y la productividad del banano por la aparición de enfermedades, dicho hallazgo es verificado en la producción regional de Piura, lo que demuestra que Piura tiene una ventaja comparativa con respecto a otras regiones del Perú donde la humedad relativa supera el 70%.



## Recomendaciones

- ) Se recomienda realizar planes de adaptación y mitigación como promover la investigación y la búsqueda de nuevos mercados, estos basados en estudios específicos de cada zona, donde el análisis combine modelos regionales y específicos que generen evidencias convenientes para la agricultura y así elaborar políticas que nos permita dirigirnos a una agricultura climáticamente inteligente utilizando eficientemente los recursos.
- ) Trabajar un sistema de alerta temprana para el cultivo de banano, que nos permita reducir y mitigar los impactos adversos en la actividad agrícola, articulando los esfuerzos de prevención de riesgos agropecuarios frente a las plagas cuarentenarias y enfermedades de importancia económica que afecta a la producción agrícola.
- ) Trabajar modelos de humedad relativa teniendo en cuenta escenarios futuros para ver el comportamiento de la producción de banano ante el cambio climático, evitando el uso de datos y aproximaciones que no necesariamente se ajustan a los resultados y a la productividad de éste cultivo.
- ) Realizar el estudio de correlación que permitan explicar el efecto de la temperatura y la precipitación sobre la tasa de emisión foliar, esto debido a que la tasa de emisión foliar es una variable clave en la productividad del banano ya que ésta influye en la duración del ciclo vegetativo y la producción de un racimo a otro.
- ) Realizar una evaluación biofísica del sistema agrícola bananero, con la finalidad de conocer los efectos generados por el cambio climático en todos sus componentes, permitiendo buscar las alternativas de adaptación como semillas resistentes a la sequía, uso de tecnología en riego, etc. que contribuyan a mantener la producción y productividad del banano y así contribuir con la seguridad alimentaria.

- ) Realizar la evaluación ambiental en el cultivo de banano que nos permita cubrir el ciclo del carbono y la huella de carbono como estrategia de mitigación al cambio climático, con la finalidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a la producción y comercialización del banano.
- ) Realizar un estudio del entorno productivo en términos de infraestructura de riego y drenaje considerando los escenarios climáticos para aumentar su resiliencia, esto con la finalidad de crear políticas que ayuden a la gestión eficiente del uso del agua, adoptando técnicas mejoradas de manejo y distribución del agua de riego.



## Referencias bibliográficas

- AGRODATAPERU (2019) Exportaciones Agropecuarios. Extraído de, <https://www.agrodataperu.com/exportaciones>
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2009). Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. Extraído de, <http://cort.as/-MLt9>
- Andrade, E. (2014) Buenas prácticas agrícolas para banano. Extraído de, <http://cort.as/-MLtO>
- Arias, P., Dankes, C., Liu, P., Pilkauskas, P. (2004). La economía mundial del banano 1985-2002. Panorama general de la producción y el comercio mundial de banano. Extraído de, <http://cort.as/-MKp7>
- Asociación de Pequeños Productores Orgánicos de Querecotillo - APOD (2019). Querecotillo: Piura
- Autoridad Nacional del Agua - ANA (2012). Diagnóstico de la Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca Chira-Piura. Extraído de, <http://cort.as/-MNPz>
- BCRP (2018) Caracterización del departamento de Piura. Extraído de, <http://cort.as/-MNPf>
- Cabrejos, C. (2011). Actualización del mapa regional del sector agrario en Piura. Piura: Editorial CEPCA. Extraído de, <http://cort.as/-MNPW>
- Capa, L.; Alaña, T. y Robinson, M. (2016). Ministerio del ambiente. De banano orgánico. Caso: provincia el oro, ecuador (2015) Cambio climático y fenómeno del niño: Evidencias científicas para la creación de políticas públicas en la gestión ambiental. Extraído de, <http://cort.as/-MLtD>
- Carvajal, M. (2016). Impactos de la variabilidad y el cambio climático sobre el cultivo de banano (*Musa spp*) en tres países productores de américa latina. Extraído de, <http://cort.as/-MKoX>
- Corporación Andina de Fomento - CAF (2000). El Fenómeno El Niño 1997 - 1998 Memoria, Retos Y Soluciones. Extraído de, <http://cort.as/-MLsk>

- Chuang, B. et al. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. Extraído el 03 de noviembre del 2019 de, <https://cutt.ly/1eMD5S2>
- Diario El Tiempo (2019). Piura: el crecimiento anual supera al promedio nacional. Extraído de, <http://cort.as/-MNPj>
- ECODES (2019). Cambio Climático. Extraído de, <http://cort.as/-MLs9>
- Ecologistas en acción (2006). ¿Por qué el cambio climático es un problema ambiental grave? Extraído de, <http://cort.as/-MLs8>
- Ecured (s/f.). Plátano. Extraído de, <http://cort.as/-MLsn>
- El País (2007). El cambio climático ya altera las lluvias en todo el planeta. Científicos miden por primera vez el efecto humano en las precipitaciones. Extraído de, <http://cort.as/-MLt1>
- FAO (s/f.). Agricultura Orgánica. Extraído de, <http://cort.as/-MLsU>
- FAO, OPS, WFP y UNICEF (2018). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2018. Santiago. Extraído de, <http://cort.as/-MKoq>
- Ferrero, R. (2018). Estructura y estabilidad de la producción agrícola ante las perturbaciones del cambio climático. Extraído de, <http://cort.as/-MKpH>
- Florio, S.; Real y Florio, G. (2012). Fenología del banano ó cambur (Musa AAA) en Venezuela. Extraído de, <http://cort.as/-MLtL>
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT (2004). Meteorología y climatología. Extraído de, <http://cort.as/-MLsy>
- Gaertner, M.; Gutiérrez, J. y Castro, M. (2012). Escenarios regionales de cambio climático. Extraído de, <http://cort.as/-MLsH>
- Gobierno Regional de Piura (2017). Resolución Directoral Regional N° 110 - Gobierno Regional Piura-DRA-DR. Extraído de, <http://cort.as/-MNPY>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático
- Guarín, G. (2011). Impacto de la variabilidad climática en la producción de banano en el Urabá Antioqueño. Universidad Nacional de Colombia. Extraído de, <http://cort.as/-MLsu>
- Guerra, E. (2018). Comportamiento de la precipitación frente al cambio climático en la microcuenca del río escudillas. Extraído de, <http://cort.as/-MLtB>
- Hernández, F. (s/f.) La Humedad del Aire, El Punto de Rocío y su Importancia en la Agricultura. Extraído el 20 de octubre del 2019 de, <https://cutt.ly/MeMD4Yf>
- Herrera, A.; Suarez, A. y Espinoza, W. (2016). Plan de inversión para ampliación y repotenciación de planta para atender el crecimiento de la demanda en el mercado. Extraído de, <http://cort.as/-MNPb>

- Higuera, I. (2015). Bananos y plátanos, frente al cambio climático. Extraído de, [http://cort.as/-MKp\\_](http://cort.as/-MKp_)
- INEI (2017) Perú: Perfil sociodemográfico. Informe nacional. Extraído de, <http://cort.as/-KIgh>
- IPCC (2013). Cambio climático 2013. Bases físicas. Extraído de, <http://cort.as/-MLsD>
- IPCC (2014). Cambio climático. Informe de síntesis. Extraído de, <http://cort.as/-MLt2>
- Kurtz, D., et al. (2016). EL FENÓMENO EL NIÑO. Comparación de superficies afectadas por excesos hídricos en Corrientes. Extraído de, <http://cort.as/-MLsd>
- Lachira, M. (2018). Control etológico mediante trampas cromáticas del “THRIPS DE LA MANCHA ROJA (Chaetanaphothrips signipennis) en el Valle del Chira-Samán. Distrito de Marcavelica Piura 2017”. Extraído de, <http://cort.as/-MLtC>
- Loyola, R. y Orihuela, C. (2010). El costo económico del cambio climático en la agricultura peruana: el caso de la región Piura y Lambayeque. Extraído de, <http://cort.as/-MKpT>
- MINAGRI (2013) Normales Decadales de Temperaturas y Precipitación y Calendario de Siembra y Cosecha (Pag.329)  
[http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroclima/ragroclimaticos/normales\\_decadales.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroclima/ragroclimaticos/normales_decadales.pdf)
- MINCETUR (2017). Reporte regional de comercio Piura. Extraído de, <http://cort.as/-MNPo>
- Ministerio del Ambiente (2010). Plan de acción de adaptación y mitigación al cambio climático. Extraído de, <http://cort.as/-MLsZ>
- Ministerio del Ambiente (2016). El Perú y el cambio climático. Tercera comunicación nacional del Perú. Extraído de, <http://cort.as/-MLsX>
- Municipalidad Provincial de Piura (2014). Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos de la provincia de Piura. Extraído de, <http://cort.as/-MNPv>
- Ordaz, J. et al. (2010). Costa Rica. Efectos del cambio climático sobre la agricultura. México: Editorial CEPAL. Extraído de, <http://cort.as/-MLsW>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2017a). El trabajo de la FAO sobre el cambio climático. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático 2017. Extraído de, <http://cort.as/-MLsP>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2017b). Foro Mundial Bananero. Colección de buenas prácticas. Certificación orgánica de bananos. Extraído de, <http://cort.as/-MLsT>
- Orihuela, C. (2014). Efecto económico del cambio climático sobre los cultivos permanentes de la agricultura peruana: periodo 2011-2050. Extraído de, <http://cort.as/-MKot>

- Orihuela, C. (2014). Efecto económico del cambio climático sobre los cultivos permanentes de la agricultura peruana: periodo 2011-2050. Extraído de, <http://cort.as/-MKot>
- PARA-Agua (2014b) PARthering for adaptation and resilience-Agua (PARA-Agua) Project. Deliverable 6 Chira-Piura: workshop Climate Synthesis report. Retrieved from Name website: <http://www.para-agua.net/weap/6.%20S%C3%ADntesis%20Clim%C3%ADtica.pdf>
- PromPerú Perfil (2018). Producto mercado. Banano orgánico en Bélgica. Extraído de, <http://cort.as/-MLtR>
- Rivri, L. y Ginarte, M. (2018). El cambio climático: sus efectos a nivel mundial y su regulación en el derecho internacional. Extraído de, <http://cort.as/-MNPk>
- Sáez, P. (2003) Uso de índices climáticos para el estudio del hongo sigatoka negra (*mycosphaerella fijiensis morelet*) en cultivos de plátanos. Estación Chama, sur del lago de Maracaibo. Terra Nueva Etapa, vol. XIX, núm. 28, pp. 11-33. Extraído el 10 de octubre del 2019 de, <https://cutt.ly/JeMD7SS>
- SENAMHI (2016a). Caracterización y escenarios climáticos de la región Tumbes. Extraído de, <http://cort.as/-MLsI>
- SENAMHI (2016b). Caracterización y escenarios climáticos de la región Piura. <http://cort.as/-MLsL>
- Sistema Integrado e Información de Comercio Exterior SIICEX (2019) Partidas arancelarias del producto, exportadas en los últimos años. Extraído de, [http://www.siicex.gob.pe/siicex/portal5ES.asp?\\_page\\_=172.17100&\\_portletid\\_=sfichaprodutoinit&scriptdo=cc\\_fp\\_init&pproducto=0803901100](http://www.siicex.gob.pe/siicex/portal5ES.asp?_page_=172.17100&_portletid_=sfichaprodutoinit&scriptdo=cc_fp_init&pproducto=0803901100)
- Torres, L. (2010). Análisis económico del cambio climático en la agricultura de la región piura. Caso: principales productos Agroexportables. Extraído de, <http://cort.as/-MLsi>
- Torres, S. (2012). Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira. Piura: Biblioteca Nacional del Perú. Extraído de, <http://cort.as/-MLtI>
- Valencia, A. (2018). Evaluación de técnicas de cirugía en el cultivo de banano (*Musa spp.*), para mejorar la calidad del racimo en la Hacienda Isabel II. Extraído de, <http://cort.as/-MLtG>
- Vargas, P. (2009). El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú. Extraído de, <http://cort.as/-MLsc>
- Vílchez, M. y Luque, G. (2013). Riesgo geológico en la región Piura. Extraído de, <http://cort.as/-MNQ4>

- XOCIUM (2015). El estudio de Línea Base del Proyecto "Mejoramiento de la Competitividad de la Cadena Productiva del Banano Orgánico para mejorar la oferta exportable en la Región Piura.
- Yael, et al. (2016). Efectos del cambio climático en la producción agrícola del banano en el cantón valencia. Revista: Caribeña de Ciencias Sociales. ISSN: 2254-7630. Extraído de, <http://cort.as/-MLss>
- Yamamoto, C. (2015). Estructura productiva-económica, comercial, competitividad y marketing del banano orgánico de Piura durante el periodo 2000 - 2013. Extraído de, <http://cort.as/-MLtN>
- Yauri, H. (2015). PNUD- IC -290/2015- "Consultoría Evaluación de la vulnerabilidad presente y futura de la agricultura frente a la variabilidad climática y el cambio climático en la Región Piura y formulación de propuestas de adaptación". Extraído de, <http://cort.as/-MsRa>

